Pièce 7

ETUDE D'IMPACT

MAI 2025

Dossier de démantèlement de l'installation « Parc d'entreposage des déchets radioactifs » de Cadarache (INB 56)

SOMMAIRE

INTRODUCTION 11
1. Présentation générale de l'étude d'impact 12
1.1. Objet 12
1.2. Réponse à la réglementation 12
1.3. Zones d'étude 15
2. Principe d'évaluation des impacts du projet 17
2.1. Définition des impacts d'un projet industriel 17
2.1.1. Définitions 17
2.1.2. Echelles de cotation 18
2.2. Evaluation des impacts résiduels du projet de démantèlement de l'INB 56 19

Partie 1 : Etat initial du site et de l'environnement 21
1. Introduction 22
2. Le site de Cadarache 23
2.1. Situation géographique 23
2.2. Présentation des entités présentes sur le site de Cadarache 27
2.2.1. CEA 27
2.2.2. ITER Organization 28
2.2.3. Agence ITER France 29
2.2.4. IRSN 29
2.2.5. INTERCONTROLE 30
2.2.6. TechnicAtome 30
2.2.7. COGESTAR 3 30
2.3. Activités du site de Cadarache 31
2.3.1. Le Centre de Cadarache 31
2.3.2. ITER 32
3. Climat 34
3.1. Introduction 34
3.2. Températures 35
3.3. Précipitations 36
3.3.1. Pluie 36
3.3.2. Phénomènes électriques associés aux précipitations 37
3.3.3. Neige 37
3.3.4. Humidité relative (à 2 m du sol) 38
3.4. Vents 39
3.4.1. Directions et vitesses de vents 39
3.4.2. Gradient thermique vertical et conditions de diffusion 40
4. L'air 44
4.1. Caractérisation de la qualité chimique de l'air 44
4.1.1. Valeurs de référence de la qualité chimique de l'air 44
4.1.2. Caractérisation de la qualité chimique de l'air à proximité du centre de Cadarache 46
4.2. Caractérisation de la qualité radiologique de l'air 51
4.2.1. Limites 51
4.2.2. Caractérisation de la qualité radiologique de l'air du Centre de Cadarache 51
4.3. Mesures d'exposition externe (irradiation) 59
5. Sols, végétaux et produits de consommation 65
5.1. Sols 65
5.1.1. Caractéristiques radiologiques et chimiques des sols autour de Cadarache 65
5.1.2. Caractérisation radiologique et chimique des sols autour de l'INB 56 69

5.2. Végétaux 74
5.2.1. Flore 74
5.2.2. Légumes 78
5.3. Lait de chèvre 82
6. Géologie 84
6.1. Contexte géologique structural 84
6.2. Géologie du site de Cadarache 87
6.3. Contexte tectonique et reconstruction de l'histoire géologique du site de Cadarache 90
6.4. Risques en lien avec la géologie 91
6.5. Contexte géologique local de l'INB 56 94
6.5.1. Zone du Parc 95
6.5.2. Zone des tranchées 96
7. Hydrogéologie 98
7.1. Contexte hydrogéologique à l'échelle du site de Cadarache 98
7.1.1. Aquifère des alluvions quaternaires 99
7.1.2. Aquifère dit « du Miocène » 99
7.1.3. Aquifère des calcaires du Crétacé – Jurassique 101
7.1.4. Conclusion 101
7.2. Contexte hydrogéologique local de l'INB 56 103
7.2.1. Zone du Parc 103
7.2.2. Zone des Tranchées 105
7.3. Usages des eaux souterraines 107
7.4. Qualité chimique des eaux souterraines 108
7.4.1. Contexte institutionnel – SDAGE et DCE 108
7.4.2. Objectifs de qualité 112
7.4.3. Qualité chimique des eaux souterraines du site 115
7.4.4. Qualité chimique des eaux souterraines à proximité de l'INB 56 117
7.5. Qualité radiologique des eaux souterraines 123
7.5.1. Valeurs guides 123
7.5.2. Qualité radiologique des eaux souterraines 124
7.5.3. Qualité radiologique des eaux à proximité de l'INB 56 125
8. Hydrographie, hydrologie 128
8.1. Hydrographie et hydrologie 128
8.1.1. Généralités 128
8.1.2. Le Verdon et les aménagements hydrauliques 128
8.1.3. La Durance 129
8.1.4. Utilisation de l'eau en aval du site de Cadarache 132
8.1.5. Sur le site de Cadarache : le Ravin de la Bête 133
8.1.6. Les cours d'eau à proximité du site 138
8.1.7. Risques d'inondation 139
8.2. Contexte institutionnel 139
8.2.1. SDAGE 139
8.2.2. SAGE 141
8.2.3. Contrat de rivière 141
8.3. Qualité chimique et biologique des eaux de surface 143
8.3.1. Objectifs de qualité 143
8.3.2. Qualité physicochimique et biologique des eaux et des milieux de la Durance 152
8.3.3. Qualité des eaux du Ravin de la Bête 164
8.4. Qualité radiologique des eaux de surface 169
8.4.1. Valeurs guides 169
8.4.2. Caractérisation radiologique de la Durance 169
8.4.3. Caractérisation radiologique du Ravin de la Bête 177
9. Environnement naturel (écologie) 179
9.1. Introduction 179
9.2. Méthodologie 179
9.2.1. Etude de l'environnement naturel 179

9.2.2. Evaluation des enjeux écologiques ... 181
9.3. Contexte écologique ... 183
9.3.1. Zonages de protection et de gestion ... 184
9.3.2. Zonages d'inventaire ... 190
9.3.3. Sur le Centre de Cadarache ... 192
9.4. Analyse des enjeux écologiques pour les zones de l'INB 56 ... 194
9.4.1. Habitats naturels ... 194
9.4.2. Flore ... 201
9.4.3. Faune ... 204
9.4.4. Continuités écologiques ... 223
10. Environnement humain ... 226
10.1. Démographie et urbanisation ... 226
10.2. Urbanisme ... 228
10.2.1. SCoT (Schéma de Cohérence Territoriale) ... 228
10.2.2. Document d'urbanisme communal ... 231
10.2.3. Maîtrise de l'urbanisme sur le Centre de Cadarache ... 232
10.3. Occupation des sols et agriculture ... 233
10.3.1. Végétation naturelle et environnement forestier ... 233
10.3.2. Utilisation agricole des sols et élevage ... 235
10.3.3. Organisation de la profession et labels ... 238
10.4. Activités industrielles ... 239
10.5. Activités de loisirs ... 241
10.6. Zones de servitude ... 242
10.7. Patrimoine culturel et historique ... 242
10.7.1. Le domaine de Cadarache ... 242
10.7.2. Les falaises de Saint-Eucher ... 244
10.7.3. Le pont de Mirabeau et le défilé de Canteperdrix ... 244
10.7.4. Chapelle de la Madeleine ... 246
10.8. Paysages ... 247
10.9. Environnement sonore ... 251
10.9.1. Réglementation ... 251
10.9.2. Etat des lieux ... 251
10.10. Environnement lumineux ... 254
10.11. Utilisation de l'énergie et des ressources naturelles ... 256
10.12. Voies de communication ... 257
10.12.1. Infrastructures routières ... 257
10.12.2. Réseau ferroviaire ... 259
10.12.3. Trafic fluvial ... 259
10.12.4. Activités aériennes ... 259
10.13. Contexte socio-économique ... 260
10.14. Enjeux sur l'environnement humain de l'INB 56 ... 263
10.15. Conclusions sur l'état initial du site et de l'environnement ... 263
10.15.1. Synthèse des enjeux ... 266
10.15.2. Evolution probable de l'environnement en l'absence du projet ... 266

Partie 2 : Présentation de l'INB 56 et du projet de démantèlement ... 267
1. Introduction ... 268
2. Description du site et de l'installation ... 269
2.1. Zone du Parc d'entreposage ... 270
2.1.1. Bâtiments implantés sur la zone du parc ... 270
2.1.2. Secteur des parties communes du parc ... 273
2.1.3. Secteur des hangars ... 274
2.1.4. Secteur des fosses ... 275
2.1.5. Secteur des piscines ... 278
2.2. Zone des tranchées ... 279
2.2.1. Bâtiments implantés en zone des tranchées ... 279

2.2.2. Secteur des tranchées *280*
2.2.3. Secteur du hangar TFA *282*
3. Description des opérations de démantèlement **283**
3.1. Opération à réaliser sur le secteur des hangars 283
3.1.1. Opérations de Reprise et de Conditionnement de déchets (phase A du démantèlement) *283*
3.1.2. Opérations d'assainissement et de déconstruction (phases B et C du démantèlement) *284*
3.1.3. Opérations de contrôles radiologiques finaux et de repli du chantier (phase D du démantèlement) *285*
3.2. Opérations à réaliser sur le secteur des fosses anciennes 285
3.2.1. Opérations de RCD (phase A du démantèlement) *285*
3.2.2. Opérations d'assainissement et de déconstruction (phases B et C du démantèlement) *286*
3.2.3. Contrôles radiologiques finaux et de repli du chantier (phase D du démantèlement) *286*
3.3. Opérations à réaliser sur le secteur des fosses récentes 286
3.3.1. Description des opérations de RCD *286*
3.3.2. Démontage de l'installation RCD (phases B) *287*
3.3.3. Assainissement et déconstruction (phase C) *287*
3.3.4. Contrôles radiologiques finaux et de repli du chantier (phase D) *287*
3.4. Opérations à réaliser sur le secteur des piscines 287
3.4.1. Travaux préparatoires de mise à l'état sûr de la piscine P1 (OPDEM) *287*
3.4.2. Traitement des parois des piscines *288*
3.4.3. Opérations d'assainissement et de déconstruction (phases B et C) *288*
3.4.4. Contrôles radiologiques finaux et de repli du chantier (phase D) *289*
3.5. Opérations à réaliser sur le secteur des tranchées 289
3.5.1. Description des nouvelles structures de RCD à créer *289*
3.5.2. Déroulement des opérations de RCD (phase A du démantèlement) *289*
3.5.3. Déroulement des opérations d'assainissement et de déconstruction (phases B et C du démantèlement) *290*
3.5.4. Contrôles radiologiques finaux et de repli du chantier (phase D) *290*
3.6. Opérations à réaliser sur le secteur du hangar TFA 290
3.7. Opérations de gestion des sols 291
4. Etat final envisagé **292**
4.1. Généralités 292
4.2. Etat physique final 292
4.3. Etat radiologique final 292
4.4. Prévisions d'utilisation ultérieure du site 292

Partie 3 : Déroulement de la séquence ERC « éviter, réduire, compenser » pour le projet de démantèlement 293
1. Introduction **294**
1.1. Objectif 294
1.2. Principe de recherche du projet de moindre impact : la séquence ERC : « éviter, réduire, compenser » 295
2. Synthèse des sources possibles d'incidences du projet sur l'environnement ou la santé humaine **298**
3. Mesures d'évitement et de réduction **300**
3.1. Principes et mesures de management de l'environnement 300
3.1.1. Système de management de la qualité, de la sécurité et de l'environnement *300*
3.1.2. Protection de l'environnement *301*
3.1.3. Management de l'environnement *301*
3.2. Mesures génériques appliquées à l'INB 56 302
3.2.1. Mesures d'évitement de rejets directs d'effluents atmosphériques radioactifs liés au fonctionnement normal d'une INB en démantèlement *302*
3.2.2. Mesures d'évitement de rejets d'effluents atmosphériques chimiques liés au fonctionnement normal d'une INB en démantèlement *307*
3.2.3. Mesures d'évitement de rejets directs d'effluents liquides radioactifs liés au fonctionnement normal d'une INB en démantèlement *307*
3.2.4. Mesures d'évitement relatives à la production de déchets radioactifs *310*
3.2.5. Mesures d'évitement de l'extension de l'installation en démantèlement sur l'environnement local *310*
3.2.6. Mesures d'évitement relatives à la gestion incidentelle *311*
3.3. Mesures additionnelles pour le démantèlement de l'INB 56 311

3.3.1. Mesures de réduction de l'impact des rejets d'effluents atmosphériques radioactifs 312
3.3.2. Mesures de réduction de rejets d'effluents atmosphériques chimiques liés au fonctionnement normal d'une INB en démantèlement 312
3.3.3. Mesures de réduction de l'impact des rejets d'effluents liquides radioactifs 313
3.3.4. Mesures de réduction relatives à la production de déchets radioactifs de l'installation 313
3.3.5. Mesures de réduction de l'emprise sur l'environnement local de l'installation 313
3.3.6. Mesures de réduction de l'impact des eaux pluviales 315
3.3.7. Mesures de réduction des travaux de terrassement 316
3.4. Synthèse des mesures d'évitement et de réduction 316
4. Contrôle et surveillance de l'environnement 318
4.1. Surveillance du bon fonctionnement de l'installation 318
4.1.1. Surveillance radiologique 318
4.1.2. Surveillance des rejets atmosphériques 319
4.1.3. Surveillance des effluents liquides 320
4.2. Surveillance de l'environnement au niveau du Centre 321
4.2.1. Introduction 321
4.2.2. Contrôle des rejets liquides potentiellement radioactifs 321
4.2.3. Surveillance radiologique réglementaire de l'environnement 324
4.2.4. Surveillance chimique de l'environnement 334
4.2.5. Contrôle et surveillance chimique des prélèvements, transferts et rejets d'effluents liquides 335
4.2.6. Conclusion 337
5. Estimation du coût des dépenses correspondantes 338

Partie 4 : Analyse des effets directs et indirects, et des impacts résiduels du projet de démantèlement 341
1. Introduction 342
1.1. Contenu en réponse à la réglementation 342
1.2. Principes de l'analyse des incidences pour le démantèlement de l'INB 56 343
1.2.1. Interactions avec l'environnement 343
1.2.2. Minimisation des rejets dans l'environnement 344
1.2.3. Valeurs maximales de rejets dans l'environnement utilisées pour les calculs d'impact 348
1.2.4. Limites réglementaires de transferts et de rejets 348
2. Incidences des rejets 353
2.1. Introduction 353
2.2. Incidences des rejets atmosphériques radiologiques 353
2.2.1. Caractérisation des effluents atmosphériques 353
2.2.2. Activité des rejets atmosphériques 354
2.2.3. Caractéristiques des émissaires de rejet atmosphérique 367
2.2.4. Proposition de limites de rejets atmosphériques radioactifs 367
2.2.5. Calculs d'impact des rejets atmosphériques 371
2.3. Incidences des rejets liquides radiologiques 379
2.3.1. Caractérisation, modes de transfert, de traitement et de rejet des effluents liquides radiologiques 379
2.3.2. Volumes et activités des effluents liquides produits 382
2.3.3. Proposition de limites de transfert d'effluents industriels 389
2.3.4. Calculs d'impact des rejets d'effluents liquides 391
2.4. Incidences des rejets atmosphériques chimiques 394
2.4.1. Caractérisation des rejets atmosphériques 394
2.4.2. Evaluation des incidences sur la santé humaine 402
2.4.3. Evaluation des incidences sur l'environnement 405
2.4.4. Etude de compatibilité du projet avec le PRQA, le PPA, et le SRCE 407
2.5. Incidences des rejets liquides chimiques 408
2.5.1. Caractérisation des effluents liquides chimiques produits 408
2.5.2. Volumes et concentrations des effluents liquides produits 409
2.5.3. Evaluation des incidences résiduelles sur la santé humaine 410
2.5.4. Evaluation des incidences résiduelles sur l'environnement 419
2.6. Utilisation de produits chimiques 424
2.7. Activités ajoutées à l'environnement 424
3. Incidences des rayonnements ionisants 425
3.1. Rayonnements à l'intérieur de l'installation 425

3.2. Rayonnements à l'extérieur de l'installation 426
4. Incidences sur l'environnement naturel (écologie) 427
4.1. Introduction 427
4.1.1. Principe de l'évaluation des incidences environnementales 427
4.1.2. Principales caractéristiques du projet prises en compte 428
4.1.3. Principaux effets potentiels identifiés 429
4.2. Evaluation des incidences sur l'environnement 431
4.2.1. Impacts bruts du projet de démantèlement 431
4.2.2. Propositions de mesures d'évitement et de réduction 444
4.2.3. Evaluation des impacts résiduels après mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction 445
4.2.4. Proposition de mesures de compensation 458
4.2.5. Propositions de mesure d'accompagnement 461
4.2.6. Propositions de mesures de suivi 461
4.2.7. Evaluation du cumul des incidences avec d'autres projets existants ou approuvés 462
4.3. Evaluation des incidences sur les sites Natura 2000 464
4.3.1. Objectifs de conservation des sites Natura 2000 464
4.3.2. Evaluation des incidences 464
4.3.3. Synthèse des incidences 467
5. Incidences sur l'environnement physique 468
5.1. Incidences sur le climat 468
5.1.1. Climat et changement climatique 468
5.1.2. Estimation des émissions de gaz à effet de serre du projet 468
5.1.3. Mesures de limitation des émissions de gaz à effet de serre 471
5.1.4. Evaluation des incidences résiduelles sur le climat 471
5.1.5. Vulnérabilité du projet au changement climatique 473
5.2. Incidences sur la ressource en eau 479
5.2.1. Incidences sur l'aspect quantitatif de la ressource en eau 479
5.2.2. Incidences sur l'aspect qualitatif de la ressource en eau 480
5.2.3. Etude de compatibilité du projet avec le SDAGE Rhône-Méditerranée 480
6. Incidences sur l'environnement humain 483
6.1. Incidences sur l'occupation des sols et l'urbanisme 483
6.2. Incidences sur l'agriculture 483
6.3. Incidences sur l'activité industrielle 483
6.4. Incidences sur les paysages, le tourisme, les loisirs, les biens, le patrimoine culturel et l'archéologie 483
6.5. Incidences sur la commodité du voisinage 484
6.5.1. Bruit 484
6.5.2. Emissions lumineuses 485
6.5.3. Odeurs 485
6.5.4. Vibrations 485
6.5.5. Poussières 485
6.6. Incidences des déchets 485
6.6.1. Introduction 485
6.6.2. Caractérisation et gestion des déchets radioactifs produits 486
6.6.3. Caractérisation et gestion des déchets solides conventionnels produits 490
6.6.4. Estimation des quantités de déchets solides issus du démantèlement 491
6.6.5. Etude de compatibilité avec les plans de gestion des déchets 493
6.6.6. Mesures de limitation de la production de déchets 497
6.6.7. Conclusion 497
6.7. Incidences sur les transports, les voies de communication 497
6.8. Incidences sur l'utilisation de l'énergie et des ressources naturelles (matériaux) 497
6.9. Incidences socio-économiques 498
7. Cumul des incidences du projet avec le site de Cadarache et les autres projets existants ou approuvés 499
7.1. Projets pris en compte 499
7.2. Incidences des rejets cumulés du projet avec le site de Cadarache et ITER 500
7.2.1. Incidences des rejets radiologiques (atmosphériques et liquides) 500
7.2.2. Incidences des rejets d'effluents liquides chimiques 501

8. Aperçu des incidences négatives notables du projet résultant de sa vulnérabilité à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs 507
8.1. Introduction 507
8.2. Conséquences potentielles du scénario de référence 507
8.3. Moyens de secours et d'alerte de la population 508
9. Conclusion 510
9.1. Synthèse des impacts résiduels 510
9.2. Mesure de compensation 511

Partie 5 : Intervenants et méthodologies des études d'évaluation des incidences 513
1. Introduction 514
2. Les intervenants 515
3. Etude écologique 516
4. Evaluation de l'impact des rejets sur l'environnement et la santé humaine 517
4.1. Méthodologie de calcul des impacts des rejets 517
4.1.1. Impact des rejets d'effluents radioactifs 518
4.1.2. Impact des rejets d'effluents chimiques 518
4.1.3. Utilisation du code CERES pour l'impact en fonctionnement normal 519
4.1.4. Conséquences potentielles des rejets d'effluents radioactifs sur l'environnement et la santé humaine 523
4.1.5. Hypothèses et méthodes utilisées pour les calculs d'impact des rejets atmosphériques 525
4.1.6. Hypothèses et méthodes utilisées pour le calcul d'impact des rejets liquides 531
4.2. Limites méthodologiques et incertitudes 533
4.2.1. Evaluation des rejets dans l'environnement 533
4.2.2. Calculs d'impacts sur la santé humaine 533
4.2.3. Calculs d'impacts des rejets radioactifs sur l'environnement 535

Glossaire des sigles et des définitions 539
1. Sigles 540
2. Définitions 547

Références 561
3. Références réglementaires 562
3.1. Textes communautaires 562
3.2. Cadre législatif français 562
3.3. Réglementation spécifique applicable au Centre de Cadarache 565
4. Arrêté n° 2020-497-PC du 27 octobre 2022 mettant à jour l'ensemble des prescriptions applicables au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) de Cadarache pour l'exploitation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) de son site de Saint-Paul-lez-Durance. [Cet arrêté remplace l'arrêté 113-2006-A du 25 septembre 2006, dit « arrêté ICPE-CEA »]Références bibliographiques 566
4.1. Documents 566
4.2. Sites Internet 567

Annexe 1 : Récapitulatif des limites de transferts et de rejets, et des seuils de décision des mesures dans l'environnement 571
5. Limites réglementaires de transferts et de rejets 572
5.1. Introduction 572
5.2. Limites de rejets atmosphériques radioactifs 572
5.3. Limites de transferts d'effluents liquides radioactifs 573
5.3.1. Limites applicables pour toutes les installations du Centre de Cadarache 573
5.3.2. Limites applicables pour l'INB 56 574
5.4. Limites réglementaires de rejet des effluents liquides de l'ensemble du Centre de Cadarache 575
6. Seuils de décision (SD) des mesures sur échantillons prélevés dans l'environnement 576
6.1. Seuils de décision minimaux demandés par la décision 2013-DC-0360 modifiée de l'ASN 576

6.2. Seuils de décision des mesures sur les échantillons prélevés dans l'environnement effectuées par le CEA de Cadarache....576
6.2.1. Mesures sur échantillons prélevés dans le milieu atmosphérique....577
6.2.2. Mesures sur échantillons prélevés dans le milieu terrestre....577
6.2.3. Mesures sur échantillons prélevés dans le milieu aquatique....578

INTRODUCTION

1. Présentation générale de l'étude d'impact

1.1. Objet

La présente étude d'impact est réalisée dans le cadre du dossier de démantèlement de l'Installation Nucléaire de Base « Parc d'entreposage des déchets radioactifs » (INB n° 56), située sur le site de Cadarache du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA).

1.2. Réponse à la réglementation

Le **contenu** de l'étude d'impact comprend les éléments définis à l'article R. 122-5 du Code de l'environnement, précisé et complété par l'article R. 593-17 de ce même code.

L'article R. 122-5 du Code de l'environnement précise que : « le contenu de l'étude d'impact est **proportionné** à la sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet, à l'importance et la nature des travaux, installations, ouvrages ou autres interventions dans le milieu naturel ou le paysage projetés et à leurs incidences prévisibles sur l'environnement ou la santé humaine ».

Cette étude d'impact précise les modalités de gestion des nuisances et impacts sur la santé et l'environnement, comme requis par l'arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux Installations Nucléaires de Base selon, une **approche proportionnée** à l'importance des risques ou inconvénients présentés par l'installation qui prend en compte l'ensemble des aspects techniques et des facteurs organisationnels et humains pertinents.

L'article expose par ailleurs le contenu attendu de l'étude d'impact, qui doit comporter :

«

1° Un résumé non technique des informations prévues ci-dessous. Ce résumé peut faire l'objet d'un document indépendant ;

2° Une description du projet, y compris en particulier :

– une description de la localisation du projet ;

– une description des caractéristiques physiques de l'ensemble du projet, y compris, le cas échéant, des travaux de démolition nécessaires, et des exigences en matière d'utilisation des terres lors des phases de construction et de fonctionnement ;

– une description des principales caractéristiques de la phase opérationnelle du projet, relatives au procédé de fabrication, à la demande et l'utilisation d'énergie, la nature et les quantités des matériaux et des ressources naturelles utilisés ;

– une estimation des types et des quantités de résidus et d'émissions attendus, tels que la pollution de l'eau, de l'air, du sol et du sous-sol, le bruit, la vibration, la lumière, la chaleur, la radiation, et des types et des quantités de déchets produits durant les phases de construction et de fonctionnement.

Pour les installations relevant du titre I^er du livre V et les installations nucléaires de base relevant du titre IX du même livre, cette description peut être complétée dans le dossier de demande d'autorisation en application des articles R. 181-13 et suivants et de l'article R. 593-1 ;

3° Une description des aspects pertinents de l'état initial de l'environnement, et de leur évolution en cas de mise en œuvre du projet ainsi qu'un aperçu de l'évolution probable de l'environnement en l'absence de mise en œuvre du projet, dans la mesure où les changements naturels par rapport à l'état initial de l'environnement peuvent être évalués moyennant un effort raisonnable sur la base des informations environnementales et des connaissances scientifiques disponibles ;

4° Une description des facteurs mentionnés au III de l'article L. 122-1 susceptibles d'être affectés de manière notable par le projet : la population, la santé humaine, la biodiversité, les terres, le sol, l'eau, l'air, le climat, les biens matériels, le patrimoine culturel, y compris les aspects architecturaux et archéologiques, et le paysage ;

5° Une description des incidences notables que le projet est susceptible d'avoir sur l'environnement résultant, entre autres :

a) De la construction et de l'existence du projet, y compris, le cas échéant, des travaux de démolition ;

b) De l'utilisation des ressources naturelles, en particulier les terres, le sol, l'eau et la biodiversité, en tenant compte, dans la mesure du possible, de la disponibilité durable de ces ressources ;

c) De l'émission de polluants, du bruit, de la vibration, de la lumière, la chaleur et la radiation, de la création de nuisances et de l'élimination et la valorisation des déchets ;

d) Des risques pour la santé humaine, pour le patrimoine culturel ou pour l'environnement ;

e) Du cumul des incidences avec d'autres projets existants ou approuvés, en tenant compte le cas échéant des problèmes environnementaux relatifs à l'utilisation des ressources naturelles et des zones revêtant une importance particulière pour l'environnement susceptibles d'être touchées.

Les projets existants sont ceux qui, lors du dépôt du dossier de demande comprenant l'étude d'impact, ont été réalisés.

Les projets approuvés sont ceux qui, lors du dépôt du dossier de demande comprenant l'étude d'impact, ont fait l'objet d'une décision leur permettant d'être réalisés

Sont compris, en outre, les projets qui, lors du dépôt du dossier de demande comprenant l'étude d'impact :

– ont fait l'objet d'une étude d'incidence environnementale au titre de l'article R. 181-14 et d'une consultation du public ;

– ont fait l'objet d'une évaluation environnementale au titre du présent code et pour lesquels un avis de l'autorité environnementale a été rendu public.

Sont exclus les projets ayant fait l'objet d'un arrêté mentionnant un délai et devenu caduc, ceux dont la décision d'autorisation est devenue caduque, dont l'enquête publique n'est plus valable ainsi que ceux qui ont été officiellement abandonnés par le maître d'ouvrage ;

f) Des incidences du projet sur le climat et de la vulnérabilité du projet au changement climatique ;

g) Des technologies et des substances utilisées.

La description des éventuelles incidences notables sur les facteurs mentionnés au III de l'article L. 122-1 porte sur les effets directs et, le cas échéant, sur les effets indirects secondaires, cumulatifs, transfrontaliers, à court, moyen et long termes, permanents et temporaires, positifs et négatifs du projet ;

6° Une description des incidences négatives notables attendues du projet sur l'environnement qui résultent de la vulnérabilité du projet à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs en rapport avec le projet concerné. Cette description comprend le cas échéant les mesures envisagées pour éviter ou réduire les incidences négatives notables de ces événements sur l'environnement et le détail de la préparation et de la réponse envisagée à ces situations d'urgence ;

7° Une description des solutions de substitution raisonnables qui ont été examinées par le maître d'ouvrage, en fonction du projet proposé et de ses caractéristiques spécifiques, et une indication des principales raisons du choix effectué, notamment une comparaison des incidences sur l'environnement et la santé humaine ;

8° Les mesures prévues par le maître de l'ouvrage pour :

– éviter les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine et réduire les effets n'ayant pu être évités ;

– compenser, lorsque cela est possible, les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits. S'il n'est pas possible de compenser ces effets, le maître d'ouvrage justifie cette impossibilité. La description de ces mesures doit être accompagnée de l'estimation des dépenses correspondantes, de l'exposé des effets attendus de ces mesures à l'égard des impacts du projet sur les éléments mentionnés au 5° ;

9° Le cas échéant, les modalités de suivi des mesures d'évitement, de réduction et de compensation proposées ;

10° Une description des méthodes de prévision ou des éléments probants utilisés pour identifier et évaluer les incidences notables sur l'environnement ;

11° Les noms, qualités et qualifications du ou des experts qui ont préparé l'étude d'impact et les études ayant contribué à sa réalisation ;

12° Lorsque certains des éléments requis ci-dessus figurent dans l'étude de maîtrise des risques pour les installations nucléaires de base ou dans l'étude des dangers pour les installations classées pour la protection de l'environnement, il en est fait état dans l'étude d'impact.

»

Pour répondre à l'ensemble de ces éléments, la présente étude d'impact a été articulée en 5 parties.

La partie 1 propose une description de l'état initial du site et de son environnement, avant la mise en œuvre du projet de démantèlement, état à partir duquel s'évaluent les impacts du projet.

La partie 2 comprend une description synthétique de l'installation et du scénario de démantèlement retenu, après examen de variantes. Les principales raisons du choix effectué sont indiquées.

La partie 3 présente le déroulé de la séquence ERC « éviter, réduire, compenser » pour le projet. Elle présente ainsi les mesures prévues pour éviter les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine, réduire les effets n'ayant pu être évités, et compenser les effets négatifs notables n'ayant pu être évités ni suffisamment réduits. Les dépenses correspondant à ces mesures sont estimées. Cette partie présente également le plan de surveillance de l'environnement qui permet de vérifier que les mesures d'évitement, de réduction, et, le cas échéant, de compensation des impacts, sont efficaces sur le long terme.

La partie 4 présente l'évaluation des incidences résiduelles notables que le projet de démantèlement final retenu, après mise en œuvre des mesures ERC, est susceptible d'avoir sur l'environnement et la santé humaine. Cette évaluation porte à la fois sur les effets directs et indirects, à court ou long terme, permanents et temporaires, positifs et négatifs du projet. Cette partie présente également le cumul des incidences avec d'autres projets existants ou approuvés, ayant eux-mêmes fait l'objet d'une étude d'impact.

Enfin, la partie 5 présente une description des méthodes utilisées pour identifier et évaluer les incidences notables sur l'environnement et la santé humaine. Elle présente également les noms, qualités et qualifications des experts qui ont préparé l'étude d'impact et les études ayant contribué à sa réalisation.

L'étude d'impact comprend également un **résumé non technique**.

Cette étude d'impact précise les modalités de gestion des nuisances et impacts sur la santé et l'environnement comme requis par l'arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux Installations Nucléaires de Base selon une **approche proportionnée** à l'importance des risques ou inconvénients présentés par l'installation qui prend en compte l'ensemble des aspects techniques et des facteurs organisationnels et humains pertinents.

1.3. Zones d'étude

Afin de mener à bien l'étude d'impact de l'INB 56, des zones d'étude ont été définies autour de chacune des parties de l'installation. Elles représentent les périmètres sur lesquels porte l'étude d'impact, à la fois en ce qui concerne la description de l'état initial du site et de son environnement, et l'analyse des incidences de l'installation sur la sécurité, la santé et la salubrité publiques et la protection de la nature et de l'environnement, après mise en œuvre des mesures pour éviter et réduire les impacts. Ces zones sont fonction de la taille et des enjeux du projet.

Trois zones d'étude sont prises en considération :

- **La zone d'étude immédiate : elle correspond à la zone** sur laquelle le projet de démantèlement est potentiellement réalisé. Cette zone doit être relativement étendue pour permettre une modification/extension du projet de démantèlement en cas de présence d'éléments environnementaux sensibles révélés lors de l'étude faune-flore.
- **La zone d'étude rapprochée : elle correspond à la zone d'influence directe des travaux**, c'est-à-dire l'ensemble de la surface perturbée lors de la réalisation des travaux (voies d'accès, zones affectées par le bruit ou touchées par la poussière…).
- **La zone d'étude éloignée : elle permet de prendre en compte les effets éloignés et induits. Elle** est représentée par l'ensemble des unités écologiques potentiellement perturbées par le projet.

Les zones d'étude rapprochées incluent les bâtiments sur lesquels auront lieu les opérations d'assainissement et de démantèlement, et les aires extérieures qui comportent les voies d'accès, les zones de stationnement et de circulation de camions, déjà actives dans le cadre du fonctionnement normal de l'installation ou envisagées lors des opérations de démantèlement.

Ces zones d'étude rapprochées, représentées sur la figure ci-dessous, correspondent aux zones d'étude retenues par la société Synergis Environnement, que le CEA a mandatée pour réaliser l'étude d'impact écologique du démantèlement.

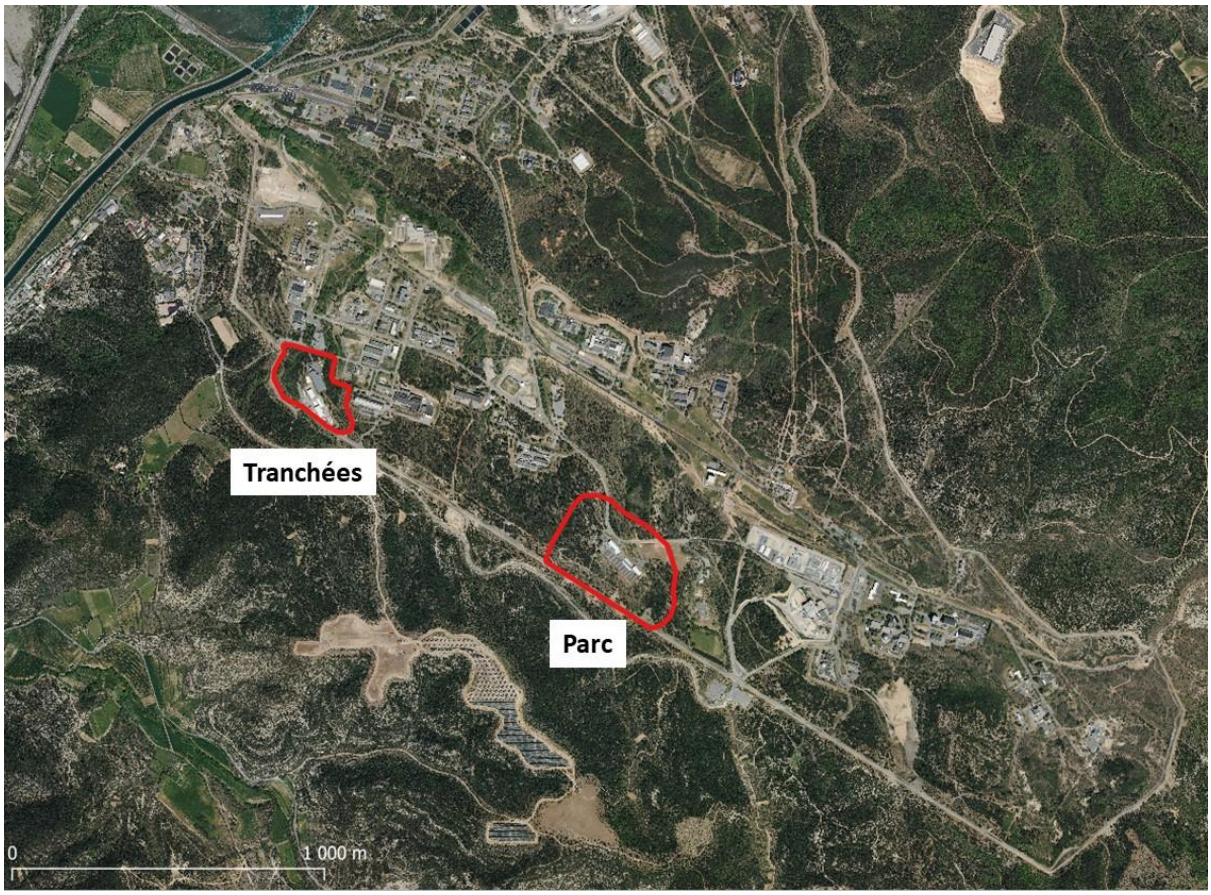


Figure 1 : Zones d'étude rapprochées de l'INB 56

Les zones d'étude rapprochées permettent d'englober l'ensemble des milieux naturels susceptibles d'être concernés par les incidences générées par les différentes options retenues pour les opérations de démantèlement. Ces zones englobent les deux sites d'implantation de l'installation, et couvrent respectivement une surface totale de 21 ha pour la zone du Parc et de 8 ha pour la zone des Tranchées.

La zone d'étude éloignée permet d'inclure l'environnement au sens large, les zones à enjeux écologiques (zones Natura 2000 de la Durance, etc.), ainsi que les groupes de population retenus pour l'analyse des incidences de l'installation sur la santé humaine (*cf.* partie 5 sur les méthodes d'évaluation utilisées).

L'aire éloignée inclut tous les milieux dans un rayon de 5 km autour de l'installation. Elle a été caractérisée au travers d'une analyse bibliographique et de prospections de terrain ciblées.

2. Principe d'évaluation des impacts du projet

2.1. Définition des impacts d'un projet industriel

2.1.1. Définitions

La réalisation d'un projet industriel, quel qu'il soit, occasionne des impacts sur son environnement, le terme étant à prendre au sens large. Certains de ces impacts peuvent être considérés comme positifs ; par exemple le soutien à l'activité économique d'une région. Les impacts négatifs doivent quant à eux être suffisamment faibles pour que le projet puisse être jugé comme acceptable.

Mais une définition même de la notion d'impact s'impose en préambule. Impact, *impactum*, vient du verbe latin *impigere*, qui veut dire « heurter ». Plus généralement, il est utilisé pour décrire la conséquence d'un fait. Cette définition est assez générale et mérite d'être précisée, d'autant que les termes d'effets et d'incidences sont souvent utilisés indifféremment pour nommer les conséquences d'un projet. Par exemple, l'impact de la destruction d'une partie d'un habitat naturel ne sera pas jugé de la même manière si cet habitat a une grande valeur patrimoniale (par sa rareté par exemple) ou bien s'il est commun et bien représenté localement. A partir de cet exemple, on voit que l'impact est constitué de deux paramètres : **l'effet** (la destruction d'une partie de l'habitat naturel) et **l'enjeu** de l'élément de l'environnement soumis à cet effet (assorti de sa sensibilité au dit effet).

L'effet représente la **conséquence objective** du projet sur l'élément de l'environnement considéré (par exemple, prélèvement d'une certaine quantité d'eau) : c'est une donnée factuelle, qui ne fait pas intervenir de jugement de valeur.

L'**enjeu** désigne la valeur matérielle ou morale que l'on risque dans n'importe quelle entreprise, et par extension, ce que l'on peut gagner ou perdre (au jeu, dans une compétition, dans une situation, face à un aléa, ...). L'enjeu est plus ou moins fort en fonction de l'importance qu'on lui accorde. Par exemple, l'enjeu de la protection d'une espèce animale en voie de disparition est jugé plus fort que celui d'une espèce commune (enjeu de conservation). On voit ici que la notion d'**enjeu** est plus **subjective**, et fait intervenir une échelle de valeurs, qui pourra être différente en fonction des personnes, de leur sensibilité, de leur implication dans le projet, etc.

Pour caractériser l'impact global d'un projet industriel, il est nécessaire de déterminer, pour chaque compartiment de l'environnement pris au sens large (population, biodiversité, sols, eau, patrimoine culturel, socio-économie, …), à la fois l'**enjeu** et l'**effet** engendré par le projet. C'est le **croisement** de ces deux critères qui permettra d'estimer l'impact du projet sur le compartiment considéré.

On retrouve ce même principe de croisement de critères dans d'autres domaines, en particulier dans l'analyse des risques naturels : croisement de l'aléa (inondation, séisme, …) avec les enjeux (personnes, biens, activités, moyens de communication, patrimoine, …) et leur vulnérabilité.

Il est important de noter que l'impact d'un projet s'évalue au regard de **l'état actuel de l'environnement**, avant le projet. Aussi, l'étude d'impact commence par une description des aspects pertinents de l'état initial de l'environnement, susceptibles d'être affectés par le projet.

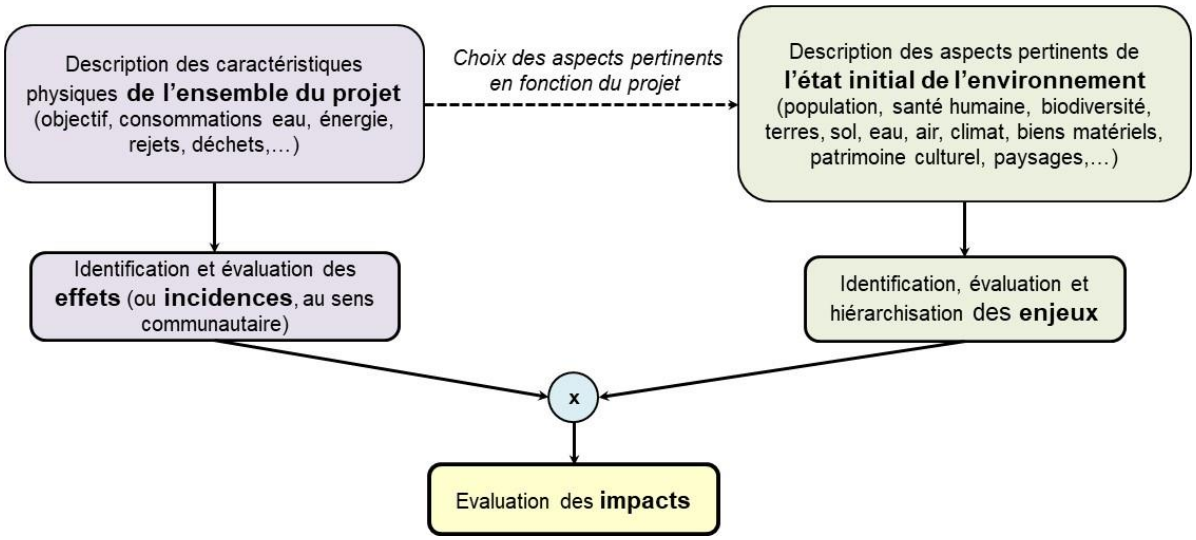


Figure 2 : Définitions et positionnement des termes d' « enjeux », « effets », et « impacts »

2.1.2. Echelles de cotation

Il existe des méthodes scientifiques qui permettent de quantifier les effets des rejets sur l'air, les eaux, les sols, les productions agricoles ou la santé humaine : ce sont les résultats des calculs d'impacts, qui fournissent des activités ajoutées dans l'air, l'eau, les sols et les productions agricoles, et des conséquences en termes de dose pour les populations.

Mais dans d'autres cas, les effets, les enjeux et donc les impacts sont plus difficiles à appréhender (parfois seulement qualitativement) ; par exemple, l'impact sur le paysage d'une nouvelle installation industrielle est une notion plus subjective qui dépendra de l'appréciation de chacun et de sa position par rapport au projet.

Les critères en jeu sont à la fois « quantitatifs » et « qualitatifs », donc difficiles à comparer. Il est néanmoins nécessaire de définir une échelle de cotation qui soit commune pour permettre d'avoir une vision d'ensemble à la fois des enjeux de l'environnement, et des incidences du projet pris dans sa globalité.

Dans le cadre de l'évaluation des impacts du démantèlement de l'INB 56, nous avons choisi pour qualifier les enjeux, de retenir une échelle qui va de « très faible » à « très forte ». Cette échelle est classique pour la qualification des niveaux d'enjeux des espèces et des habitats naturels. Elle permet d'avoir une échelle de cotation cohérente pour tous les enjeux du projet.

Les effets sont qualifiés selon une échelle allant de « négligeable » à « fort ».

Enfin, nous avons choisi, pour qualifier les impacts, de retenir une échelle qui va de « négligeable » à « très fort ». Cette échelle est la même que celle qui a été retenue par Synergis Environnement pour qualifier les niveaux des impacts écologiques. Cette échelle est classiquement retenue dans les études écologiques des projets. **Un impact est considéré comme significatif s'il est au moins « moyen »**.

La grille de cotation retenue pour qualifier les impacts, croisement des enjeux et des effets, est présentée ci-après. Le principe retenu est que, **pour le niveau d'effet maximal, le niveau d'impact correspond au plus à celui de l'enjeu**, car « on ne peut pas perdre plus que ce qui est mis en jeu ».

Impact = Enjeu x Effet		Enjeu					
		Très faible	***Faible***	***Moyen***	***Assez fort***	***Fort***	***Très fort***
Effet	***Négligeable***	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable
	Faible	Négligeable	Négligeable	Faible	Faible	Moyen	Assez fort
	Moyen	Négligeable	Faible	Faible	Moyen	Assez fort	Fort
	Fort	Négligeable	Faible	Moyen	Assez fort	Fort	Très fort

Figure 3 : Grille d'évaluation des niveaux d'impact retenue pour le projet de démantèlement de l'INB 56

2.2. Evaluation des impacts résiduels du projet de démantèlement de l'INB 56

Les impacts d'un projet s'évaluent toujours par rapport à l'état initial de l'environnement; aussi l'étude d'impact commence par l'identification et la qualification des enjeux dans la partie 1 « Etat initial de l'environnement ». Un tableau récapitulatif, en fin de la partie 1, donne une vue synthétique des enjeux sur chaque compartiment de l'environnement, selon la grille de cotation retenue.

La partie 3 est dédiée à la présentation des mesures d'évitement, de réduction et de compensation des incidences mises en œuvre dans la définition du projet de démantèlement pour limiter ses impacts sur l'environnement (**séquence ERC**). Ainsi, les impacts qui sont évalués en partie 4 correspondent aux **impacts résiduels après mise en œuvre de ces mesures**. Le CEA se fixe pour objectif que les **impacts résiduels du projet soient non significatifs, c'est-à-dire cotés au plus faibles**.

Partie 1 : Etat initial du site et de l'environnement

1. Introduction

La description de l'état initial du site et de l'environnement qui va être présentée dans cette partie, permet ensuite d'évaluer les incidences résiduelles du projet (après mise en œuvre des mesures pour éviter et réduire ses impacts).

S'agissant du projet de démantèlement de l'INB 56, située au sein du Centre CEA de Cadarache, précisons que cet état initial est celui qui existe après une soixantaine d'années de présence et d'activités du CEA, et quasiment autant de fonctionnement de l'installation.

Cette partie présente ainsi l'environnement du Parc d'Entreposage, et plus généralement celui du Centre de Cadarache, la surveillance de l'environnement, ainsi que le traitement des effluents liquides et leur rejet en Durance après traitement étant globalisés au niveau du Centre.

2. Le site de Cadarache

2.1. Situation géographique

Le site de Cadarache se trouve à l'extrémité nord-est du département des Bouches-du-Rhône (13), sur la commune de Saint-Paul-lez-Durance (~1 000 habitants), à 15 km de Manosque (~23 000 habitants), 20 km de Pertuis (~19 000 habitants), 35 km d'Aix-en-Provence (~144 000 habitants) et 60 km de Marseille (~859 000 habitants).

Figure 4 : Situation du site de Cadarache

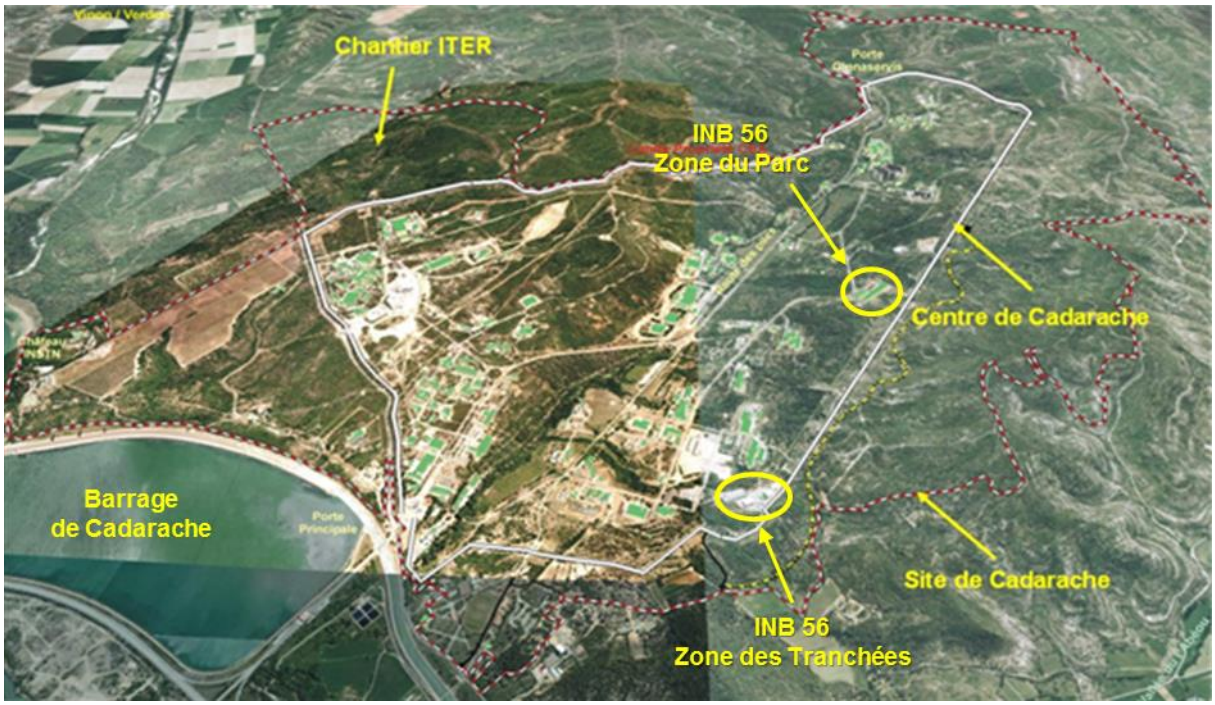


Figure 5 : Site de Cadarache, et limites de Centre (clôturées)

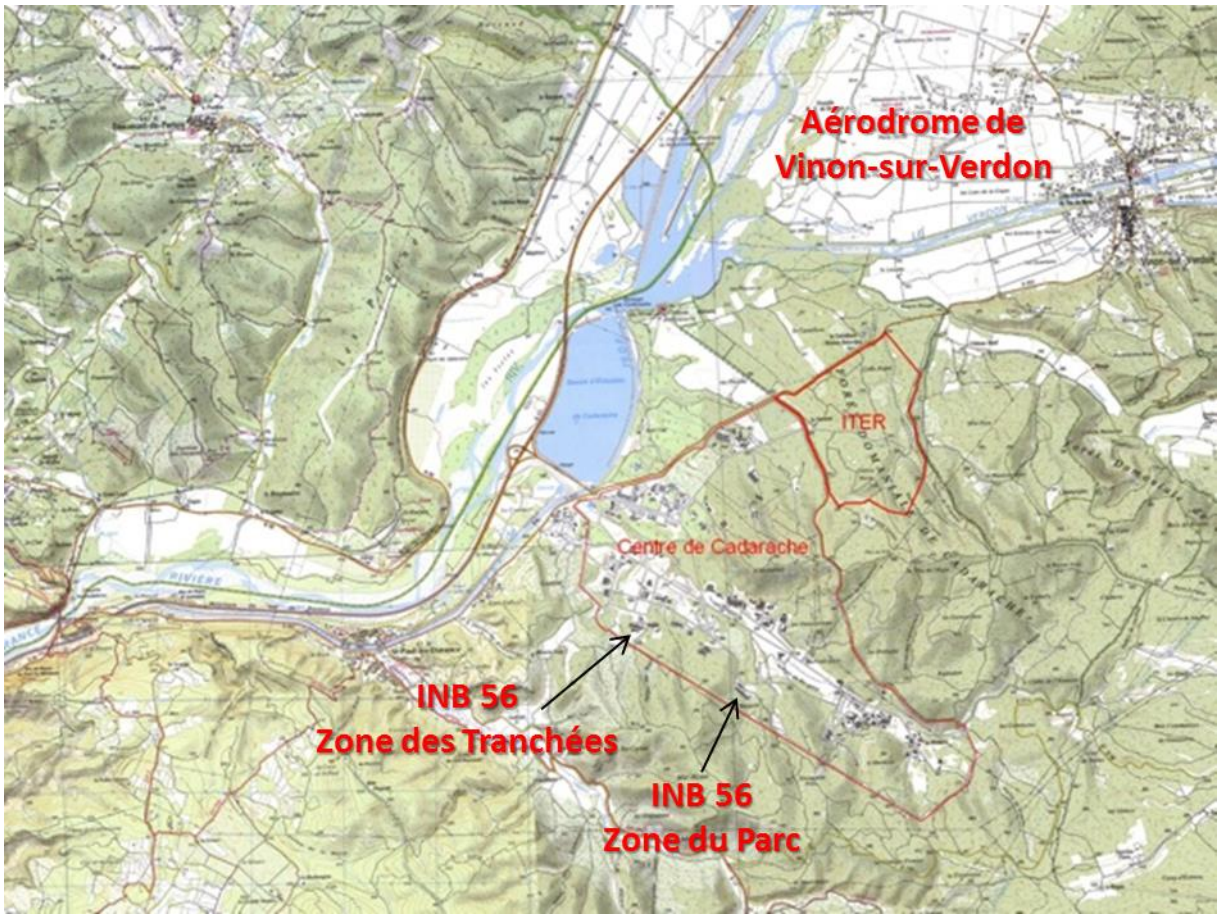


Figure 6 : Carte du site de Cadarache (avec les clôtures du Centre) et de ses environs

Par convention, « **site de Cadarache** » se réfère à la totalité de l'emprise foncière du CEA, et « **Centre de Cadarache** » se réfère à l'emprise et aux installations qui se trouvent à l'intérieur de la clôture « CEA ».

Le site de Cadarache se trouve près de la confluence de la Durance et du Verdon, à proximité des départements des Alpes-de-Haute-Provence, du Var et du Vaucluse. La commune de Saint-Paul-lez-Durance est située à l'extrémité sud de la vallée de la moyenne Durance, peu avant un rétrécissement très marqué au niveau du défilé de Mirabeau.

Le site, propriété du CEA, occupe une superficie totale de 2 050 hectares, dont 900 hectares sont clôturés ; 180 hectares contigus au nord-est sont également clôturés pour ITER.

Le reste du site n'est pas clôturé ; il abrite notamment le château de Cadarache (monument historique du XVème siècle, restauré par le CEA, qui sert à présent de maison d'hôte et accueille également des séminaires et conférences et les locaux de l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires (INSTN, établissement public d'enseignement supérieur, rattaché au CEA et placé sous la tutelle conjointe du Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et du Ministère de l'Economie, de l'Industrie et du Numérique).

Figure 7 : La château de Cadarache et les locaux de l'INSTN

L'orientation principale NO-SE du Centre suit celle d'une petite vallée affluente de la Durance, dite « Ravin de la Bête », le long de laquelle est implantée la majeure partie des réacteurs expérimentaux du CEA (elle est aussi appelée « vallée des piles »).

Figure 8 : Plan du Centre de Cadarache et localisation des deux zones de l'INB 56

Le reste du Centre consiste en une zone surplombant cette vallée, moyennement inclinée vers la Durance et s'étageant entre 250 et 400 mètres d'altitude. Le terrain, relativement accidenté, est en majeure partie couvert de forêts (bois domaniaux formés surtout d'espèces méditerranéennes).

Le site est desservi par la route départementale D 952, la nationale N 96 qui longe la rive droite de la Durance et l'autoroute A 51, laquelle emprunte l'ancien lit de la Durance.

La retenue de Cadarache et l'entrée du Centre

La clue de Mirabeau et la plaine nord

Figure 9 : Quelques vues du site de Cadarache (Source : ONF)

2.2. Présentation des entités présentes sur le site de Cadarache

De nombreuses entités sont présentes sur le site. Cette présentation se limitera aux exploitants d'installations soumises à autorisation (au sens du code de l'environnement) : Installation Nucléaire de Base (INB), Installation Nucléaire de Base Secrète (INBS) ou Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

2.2.1. CEA

Le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives est un organisme public de recherche à caractère scientifique, technique et industriel. Acteur majeur de la recherche, du développement et de l'innovation, le CEA intervient dans quatre grands domaines : la défense et la sécurité, les énergies bas-carbone nucléaire et renouvelables, les technologies pour l'industrie, et la recherche fondamentale (sciences de la matière et sciences de la vie). S'appuyant sur une capacité d'expertise reconnue, le CEA participe à la mise en place de projets de collaboration avec de nombreux partenaires académiques et industriels.

Le CEA en chiffres (fin 2021) :

- 9 centres de recherche,
- 5,6 milliards d'euros de budget, dont 2,4 MDS€ affectés aux activités civiles, 2,4 MDS€ aux activités de défense et 0,7 MDS€ aux activités d'assainissement-démantèlement
- Effectif total de 21148 agents, dont 16556 CDI, 1522 doctorants et 1018 alternants
- Partenaires académiques : 37 unités mixtes de recherche et assimilées, 5 alliances thématiques de recherche
- Présence dans le monde : 11 conseillers nucléaires en ambassade, 50 accords-cadre de coopération en vigueur avec des partenaires étrangers
- Partenaires industriels : Plus de 700 partenaires industriels, 55 Pôles de compétitivité dont 17 où le CEA est membre de la gouvernance, 6 plateformes régionales de transfert technologiques (PRTT), 3 Instituts du CEA labellisés Institut Carnot
- 31 infrastructures de recherche et 15 très grandes infrastructures de recherche
- 414 projets Horizon 2020 en cours
- Publications : 5307 publications scientifiques, dont 65 % co-publications internationales et 44 % co-publications européennes
- Innovations : 710 dépôts de brevets prioritaires, 228 start-up technologiques créées depuis 1972 dans le secteur des technologies innovantes
- 1450 enseignants et experts

Le CEA est implanté sur 9 centres répartis dans toute la France. Il développe de nombreux partenariats avec les autres organismes de recherche, les collectivités locales et les universités. A ce titre, le CEA est partie prenante des alliances nationales coordonnant la recherche française dans les domaines de l'énergie (ANCRE), des sciences de la vie et de la santé (AVIESAN), des sciences et technologies du numérique (ALLISTENE), des sciences de l'environnement (AllEnvi), et des sciences humaines et sociales (ATHENA).

Reconnu comme un expert dans ses domaines de compétences, le CEA est pleinement inséré dans l'espace européen de la recherche et exerce une présence croissante au niveau international. Le CEA a le statut d'EPIC (Établissement Public à caractère Industriel et Commercial).

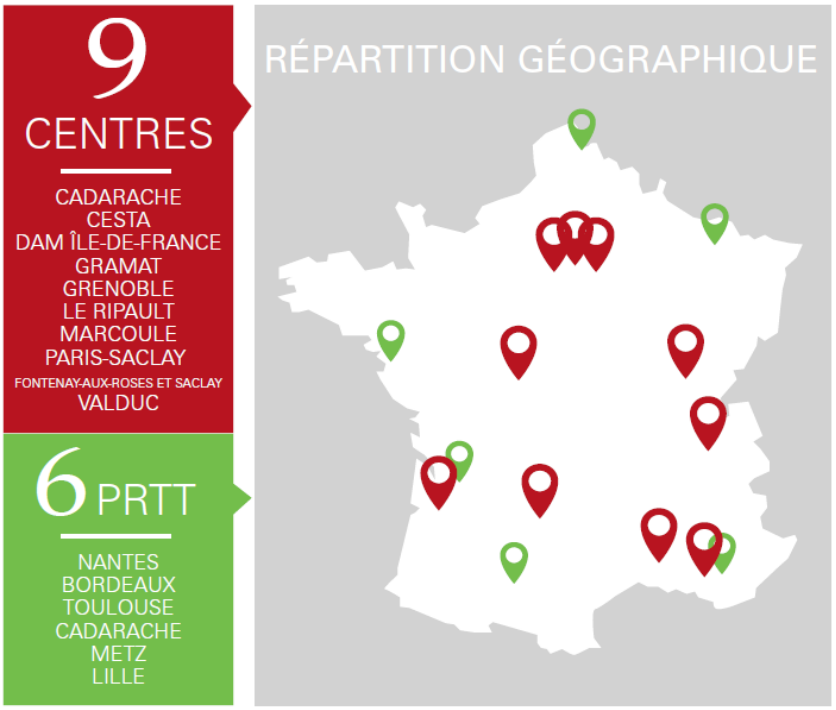


Figure 10 : Implantation des Centres CEA

2.2.2. ITER Organization

« ITER Organization » est une organisation internationale de droit public établie par l'accord sur l'établissement de l'organisation internationale ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor, et qui signifie aussi « le chemin » en latin) pour l'énergie de fusion en vue de la mise en œuvre conjointe du projet ITER, signé le 21 novembre 2006, par le gouvernement de la République Populaire de Chine, la Communauté Européenne de l'Energie Atomique, le gouvernement de la République d'Inde, le gouvernement du Japon, le gouvernement de la République de Corée, le gouvernement de la Fédération de Russie et le gouvernement des Etats-Unis d'Amérique, entré en vigueur le 24 octobre 2007, et déposé auprès de l'Agence Internationale pour l'Energie Atomique (AIEA).

L'organisation internationale est responsable de la conception de l'installation de recherche, de sa construction, de son fonctionnement pendant 20 ans et de sa mise à l'arrêt.

2.2.3. Agence ITER France

Le CEA, via l'Agence ITER France, participe à la bonne réalisation des engagements de la France pour l'accueil d'ITER sur le site de Cadarache (commune de Saint-Paul-lez-Durance) situé à proximité du site d'implantation du CEA. Depuis sa création en 2006, les missions de cette agence couvrent un large champ d'activités : de l'accueil des salariés de l'organisation internationale et de leur famille, à la collecte de la contribution française au projet en passant par la coordination des convois très exceptionnels ITER et les études visant à définir une filière de gestion pour les déchets produits par ITER durant les phases d'exploitation et de démantèlement.

Au titre de ses missions, le CEA-Agence ITER France met aussi en œuvre les prescriptions de l'arrêté préfectoral du 3 mars 2008, en compensation des impacts résiduels de l'aménagement du site ITER à Cadarache : acquisitions foncières, inventaires écologiques et plans de gestion, sensibilisation du public, comités de suivi, etc.

2.2.4. IRSN

L'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) est un établissement public à caractère industriel et commercial placé sous la tutelle conjointe des ministères chargés de l'écologie, de l'industrie, de la recherche, de la défense et de la santé.

Le champ de compétences de l'IRSN couvre l'ensemble des risques liés aux rayonnements ionisants, utilisés dans l'industrie ou la médecine, ou encore les rayonnements naturels. Plus précisément, l'IRSN exerce ses missions d'expertise et de recherche dans les domaines suivants :

- surveillance radiologique de l'environnement et intervention en situation d'urgence radiologique ;
- radioprotection de l'homme ;
- prévention des accidents majeurs dans les installations nucléaires ;
- sûreté des réacteurs ;
- sûreté des usines, des laboratoires, des transports et des déchets ;
- expertise nucléaire de défense.

2.2.5. INTERCONTROLE

INTERCONTROLE (Framatome) est spécialisée dans l'inspection en service par contrôle non destructif automatisé des composants du circuit primaire des réacteurs à eau pressurisée (REP).

INTERCONTROLE est l'exploitant technique opérationnel d'une ICPE sur le centre de Cadarache.

2.2.6. TechnicAtome

TechnicAtome, est spécialisée dans la conception, la réalisation, la mise en service et le maintien en conditions opérationnelles des réacteurs nucléaires compacts, au service de la propulsion navale, la recherche, la médecine nucléaire et l'énergie.

Elle conçoit également des systèmes électroniques, d'instrumentation, de contrôle et de simulation fiables et hautement disponibles. Elle intervient dans les secteurs de l'industrie pour lesquels la sûreté des installations, la sécurité des hommes et la disponibilité des équipements sont indissociables.

TechnicAtome est l'exploitant technique opérationnel de l'INBS Propulsion Nucléaire sur le site de Cadarache.

2.2.7. COGESTAR 3

COGESTAR 3, filiale de la société DALKIA créée en 2008, est une entreprise spécialisée dans le secteur d'activité de la production d'électricité.

Depuis 2018, COGESTAR 3 est l'exploitant d'une nouvelle centrale de cogénération gaz sur le centre de Cadarache. Celle-ci a pour objet la production d'électricité vendue à EdF Obligation d'Achat, ainsi que la fourniture de chaleur au CEA.

La centrale de cogénération est prévue pour fonctionner en Mode Continu pendant 13 hivers, à la suite de quoi l'entreprise sera en charge de son démontage.

2.3. Activités du site de Cadarache

2.3.1. Le Centre de Cadarache

Créé en 1959 et inauguré en 1963, le Centre CEA de Cadarache se consacre à des activités de recherche expérimentale et de développement dans le domaine de l'énergie nucléaire de fission et de fusion, des nouvelles technologies de l'énergie, de la biologie végétale et de la microbiologie.

Il constitue un organisme de recherche d'importance régionale.

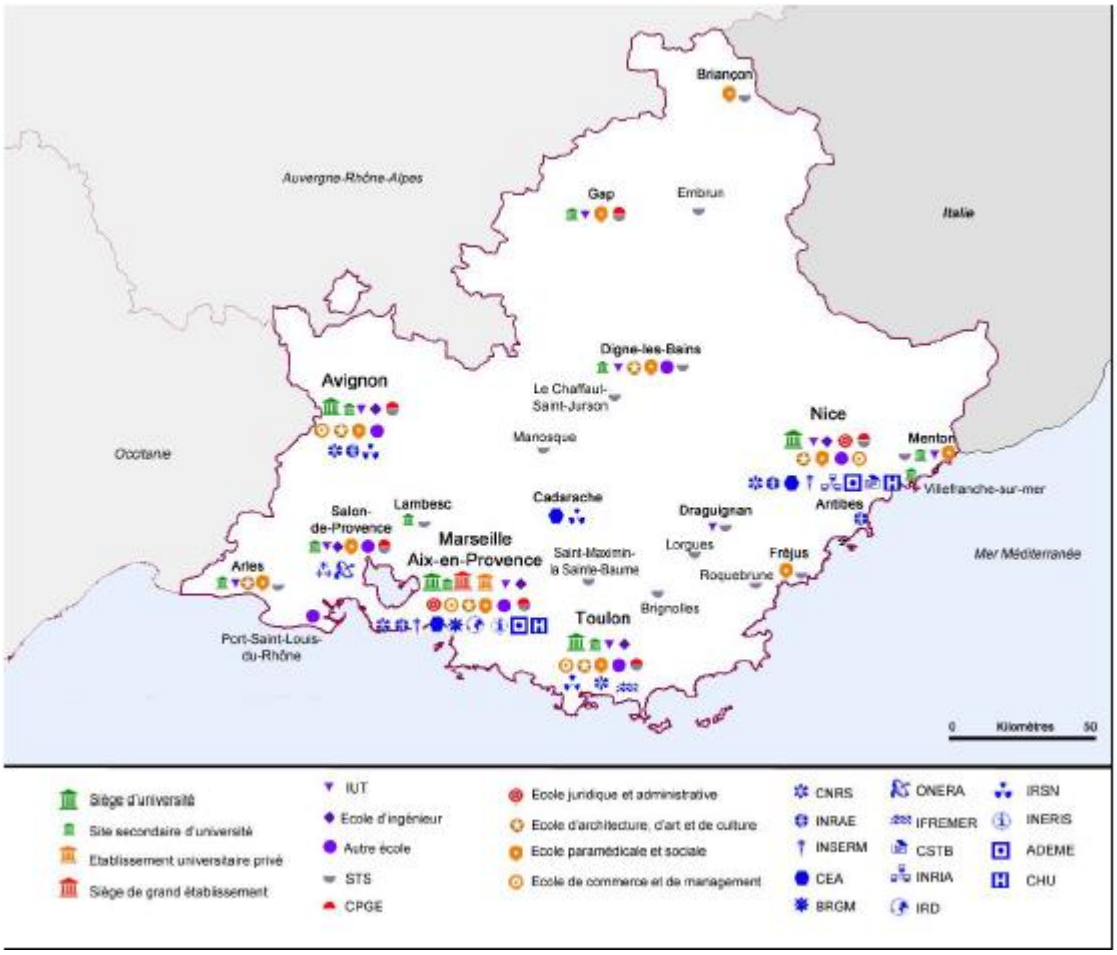


Figure 11 : Carte des implantations des principaux établissements d'enseignement supérieur et organismes de recherche en région PACA. (Source : STRATER, Diagnostic PACA, http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr)

Le Centre accueille des unités de la Direction de l'Energie Nucléaire (DEN), de la Direction de la Recherche Technologique (DRT), de la Direction de la Recherche Fondamentale (DRF), de la Direction des Applications Militaires (DAM), ainsi que de l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires (INSTN).

Comme vu précédemment, des entreprises et organismes non CEA sont également implantés à l'intérieur du Centre : IRSN, Framatome/INTERCONTROLE, TechnicAtome.

Les effectifs du Centre étaient, pour 2020, d'environ 5500 salariés issus des principaux donneurs d'ordres et de leurs sous-traitants, dont 2 500 salariés du CEA, 330 salariés de l'IRSN, 80 salariés de Framatome Intercontrole, 800 salariés de TechnicAtome, 150 doctorants et post-doctorants et environ 1100 stagiaires et étudiants par an.

Le site comprend 21 INB civiles, une INBS défense dédiée à la Propulsion Nucléaire pour la Marine Nationale dont l'exploitant technique opérationnel est TechnicAtome, des ICPE soumises à déclaration, enregistrement ou autorisation, ainsi que des installations mettant en œuvre des substances radioactives, autorisées par l'ASN au titre du Code de la santé publique (anciennement ICPE radioactives).

2.3.2. ITER

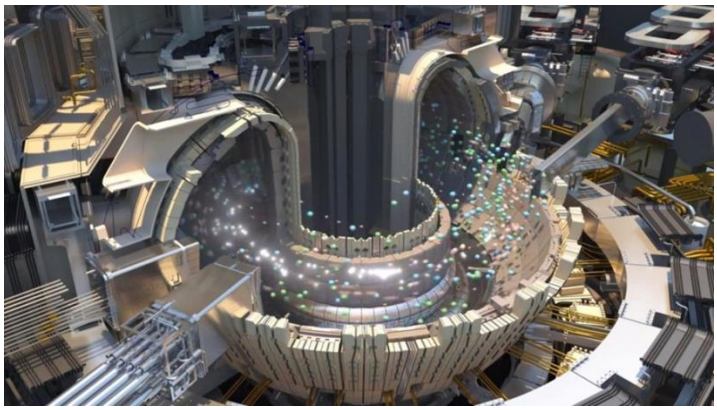
ITER Organization (https://www.iter.org/fr/accueil) emploie des personnes venues d'une trentaine de pays pour travailler ensemble dans le cadre du programme de coopération internationale ITER.

Le chantier s'est ouvert au cours de l'été 2010 sur une plateforme de 42 hectares préalablement défrichée et nivelée. Les fondations parasismiques ainsi que le radier sur lequel reposera le cœur de l'installation sont désormais en place et la construction du Complexe tokamak a commencé. C'est dans cet édifice, constitué de trois bâtiments, que se dérouleront les expériences de fusion.

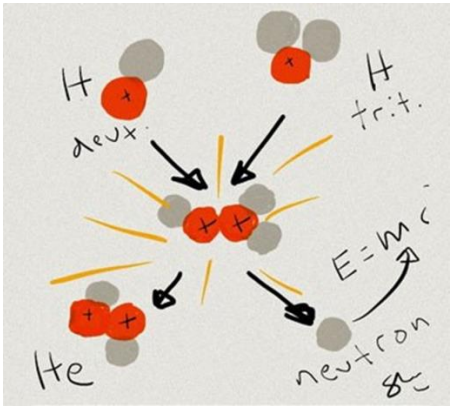
Des bâtiments auxiliaires (usine cryogénique, bâtiment de contrôle, installations pour l'eau de refroidissement, alimentation et transformation électrique, etc.) sont également en cours de construction.

De manière progressive, à partir de 2018, scientifiques et ingénieurs procéderont à l'intégration et à l'assemblage des différents éléments de l'installation ITER. Une phase d'essais, destinée à vérifier que l'ensemble des systèmes fonctionne de manière satisfaisante, préparera la machine en vue de son exploitation. La main d'œuvre chargée de l'assemblage, à la fois sur le site d'ITER et au sein des agences domestiques, atteindra 2 000 personnes lors des pics d'activité. La séquence précise des opérations d'assemblage a été définie et coordonnée dans les différents bureaux d'ITER à travers le monde. Elle a débuté par l'arrivée des premiers composants de grande taille sur le site d'ITER en 2015. Fin 2018, sont attendus les premiers très gros éléments : un secteur de la chambre à vide (440 tonnes) et la première des 18 bobines de champ toroïdal (310 tonnes).

Lors de sa 19ème session en novembre 2016, le Conseil ITER a fixé au mois de décembre 2025 la date du Premier Plasma, et à 2035 le début des opérations en deutérium-tritium.



Tokamak et plasma



Principe de la fusion

L'Organisation internationale ITER est un exploitant nucléaire en France depuis le décret n° 2012-1248 du 9 novembre 2012 autorisant l'Organisation internationale ITER à créer une installation nucléaire de base dénommée « ITER » sur la commune de Saint-Paul-lez-Durance (Bouches-du-Rhône) : l'INB 174.

3. Climat

3.1. Introduction

La connaissance fine des conditions météorologiques et climatiques est importante pour les études d'impact. Elle permet en effet de connaître et de modéliser les déplacements des masses d'air autour des installations et ainsi de pouvoir appréhender la dispersion des rejets atmosphériques (gazeux et particules en suspension).

Le site de Cadarache est situé à l'aval de la confluence de la Durance et du Verdon, peu avant un rétrécissement très marqué au niveau du défilé de Mirabeau. La vallée de la Durance y joue un rôle important dans les écoulements de masses d'air. Elle est orientée nord-est sud-ouest (NE-SO) au nord de Cadarache et passe est-ouest après le défilé de Mirabeau.
Le climat de la région de Cadarache est de type semi-continental ; il constitue une transition entre le climat méditerranéen et les climats alpin et rhodanien.

D'une manière générale, le climat du bassin de la moyenne Durance est caractérisé par de forts contrastes diurnes et annuels (température, humidité, vent), une siccité (sécheresse) importante de l'atmosphère à certains moments de l'année, des vents locaux placés sous l'influence prépondérante du relief (brises de vallées).

La climatologie du site de Cadarache est suivie par trois stations météorologiques : les stations de la Verrerie, de la Grande Bastide (station équipée d'un pylône de 110 m) et de Cabri.

Ces mesures sont complétées par celles d'une station météorologique (dite Xaria) exploitée suivant les règles de Météo-France et dont les données sont transmises en continu vers le Centre Météorologique Régional de Marignane. Cette station est située au lieu-dit de la Verrerie, à proximité immédiate de celle du CEA.

Implantation des postes météorologiques sur le site de Cadarache (Nord ↑)

Station Xaria

Figure 12 : Stations météorologiques sur le site de Cadarache

3.2. Températures

On dispose des valeurs mesurées à 2 mètres du sol sur les stations depuis 1960, archivées dans un premier temps sur support papier puis sur support informatique (début des années 1990).

L'évolution des températures moyennes annuelles obtenues sur cette période est présentée sur la Figure 13.

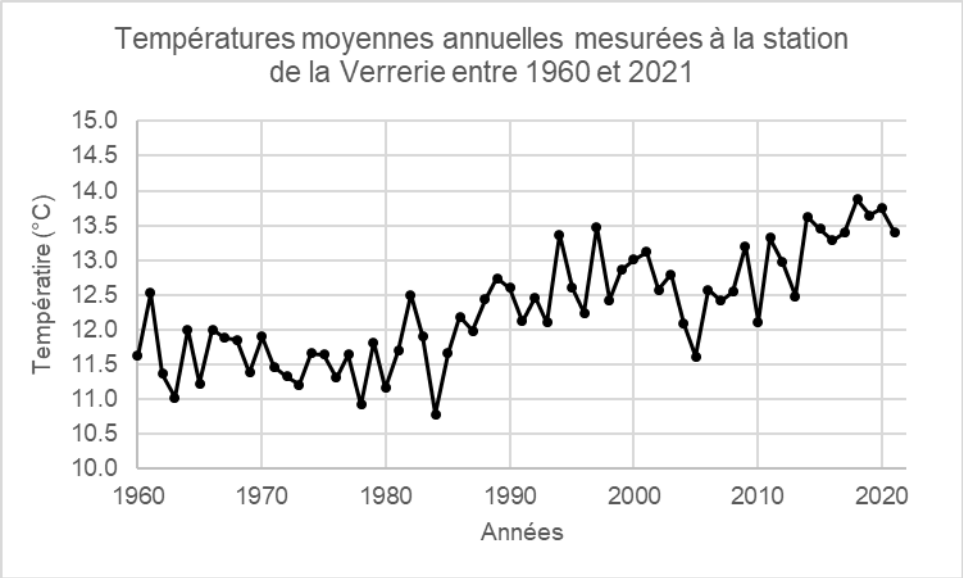


Figure 13 : Températures mesurées à la station de la Verrerie de 1960 à 2021

Pour avoir les données représentatives de la situation actuelle, le Tableau 1 présente un récapitulatif des valeurs de température observées (moyennes, minimums et maximums mensuels) sur la période 2010 à 2021 (acquisition au pas de temps 10 minutes).

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Année
2010	3,2	4	8	11,7	14,7	19,8	24,6	22,3	17,2	12	7,2	2,7	12,5
2011	3,5	5	8,4	13,5	17,5	19,7	21	22,4	19,5	14	9,1	5,8	13,2
2012	4,7	0,5	9,7	11,4	16,1	21,5	23,1	23,9	18,5	14,1	8,7	3,6	13
2013	3,2	2,8	7,8	11,9	13,8	19,7	22,7	22,2	18,4	15,4	7,1	4,2	12,2
2014	5,8	6,4	9	13,2	15,4	20,5	21,8	21,1	19,1	15,3	10,4	5,3	13,7
2015	4,4	3,9	9,3	12,7	17,7	21,5	25,2	22,6	16,9	12	8,5	6,3	13,4
2016	5,3	6,7	8	12,6	15,4	20,8	23,8	22,8	19,5	12,2	8,4	3,4	13,2
2017	1,9	8	10,4	12,1	16,6	22,9	24,5	23,9	16,4	14,3	6,7	2,7	13,4
2018	7,8	2,9	7,9	14	16,1	20,6	24,4	22,6	20,1	14,4	9,6	5,3	13,9
2019	2,3	5,8	9,6	11,1	14,6	22	24,9	23,7	19,2	15,2	7,7	6,7	13,7
2020	4,7	8,1	9	12,9	17,6	19,9	24,2	23,8	18,7	12,2	8,9	4,7	13,7
2021	4,4	7,9	8,6	10,4	15,1	21,9	23,6	22,5	19,3	12,6	7,6	4,4	13,2
Moyenne	**4,2**	**5,3**	**8,8**	**12,3**	**16,1**	**21,1**	**23,9**	**22,9**	**18,6**	**13,7**	**8,4**	**4,7**	**13,4**
Minimum	**-10,2**	**-12,8**	**-6,9**	**-4,9**	**0,9**	**6,6**	**9**	**7,1**	**1,1**	**-1,9**	**-6,5**	**-10,8**	**-12,8**
Maximum	**19,6**	**23,5**	**25,8**	**29,5**	**32,9**	**44**	**38,7**	**40,1**	**34,9**	**30,1**	**23,5**	**21,4**	**44**

Tableau 1 : Températures moyennes et extrêmes depuis 2010 (en °C)

3.3. Précipitations

3.3.1. Pluie

Cadarache connaît un régime de pluie correspondant au climat méditerranéen, avec des étés secs et les plus fortes pluies au printemps et à l'automne. Les pluies sont le plus souvent intenses et brèves.

Les hauteurs de précipitation sont mesurées par :

- un relevé journalier et manuel d'un pluviomètre à lecture directe ;
- l'enregistrement automatique des basculements d'un pluviomètre à coupelle.

Pluviomètre à lecture directe

Pluviomètre à coupelle

Ces deux moyens sont donc complémentaires car ils permettent de s'assurer que la valeur de pluie est cohérente d'un instrument à l'autre, et le cas échéant de compléter les mesures indisponibles (mise en sécurité électrique notamment).

Le Tableau 2 donne les hauteurs de pluie mensuelles et annuelles mesurées sur Cadarache à la station de la Verrerie (à partir des relevés journaliers manuels) pour la période 2010-2021.

	Cumuls mensuels (mm/mois)												Cumuls annuels (mm/an)
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	
2010	78.3	62.1	60.6	37.3	63.3	112.8	1	5.6	37.2	123.8	64.6	60.9	708
2011	26.8	25.9	63.4	42.6	5.4	87.3	62	21.8	63.9	56.2	266.1	10.4	732
2012	22.7	0.2	10	91.3	92.7	7.6	0.4	16.9	32.8	151.9	132.5	28.7	588
2013	23.1	21.2	136.7	70.2	84	1.8	33.8	18.8	25.8	42.4	31.3	89.8	579
2014	129.3	99.8	27.6	23.2	18.6	33.3	45.9	51.2	34.4	71.6	135.1	19.2	689
2015	51.4	73.8	34.3	18.4	1.4	165	15.1	107.6	50.1	105.2	11.8	4.4	639
2016	16.6	55.7	38.3	9.6	61.9	28.5	25.1	6.5	65.5	134.8	141.1	10.9	595
2017	15	25.3	78.9	55.5	43	17.8	0.6	4	13.8	0	18.4	81.6	354
2018	66.3	21.6	65.9	56.2	133.5	51.5	38.3	60.6	5.4	270.3	101.5	38.8	910
2019	5.3	17.3	0.2	89.7	44.7	9.7	11.8	29	62.9	240.8	210.4	83.8	806
2020	15	11.6	32.8	41.2	62.9	83.1	0.2	9.6	51.4	35.4	36.9	41	421
2021	59	32.8	4.4	73.8	81	4.8	19	33.9	82.9	72.3	59.3	78.8	602
Moyenne	***39***	***36***	***43***	***49***	***58***	***47***	***20***	***33***	***44***	***100***	***101***	***46***	***605***

Tableau 2 : Hauteurs de pluie moyennes mensuelles mesurées à la station de la Verrerie

Les précipitations sont très variables d'une année sur l'autre, avec globalement un maximum de précipitations entre octobre et novembre. Depuis 2010, la moyenne interannuelle est d'environ 605 mm/an, avec un minimum de 354 mm en 2017 et un maximum de 910 mm en 2018.

La pluie peut entrainer un dépôt au sol accéléré d'aérosols qui se trouvent en suspension dans l'air. Pour les calculs d'impact des rejets atmosphériques, il est donc important de connaître avec précision le débit de pluie instantané et la durée de la pluie.

De plus, les données relatives à la pluie permettent d'évaluer la contamination des nappes d'eau souterraine ou d'estimer le risque d'inondation par remontée de nappe.

3.3.2. Phénomènes électriques associés aux précipitations

D'une manière générale, les phénomènes orageux sont fréquents dans la région. Les renseignements fournis par Météorage permettent de comparer les phénomènes observés sur le site de Cadarache, avec les moyennes de ceux observés pour le reste de la France (base de données allant de 1992 à 2011).

Le nombre d'impacts de foudre par an, dans un rayon de 10 km, est de 632 dans la région de Cadarache, soit plus de deux fois la moyenne française (276). Le nombre d'impacts de très forte intensité (> 100 000 A) est de 5,1, à comparer à 3,75 pour la moyenne nationale.

3.3.3. Neige

Dans la région PACA, 25 épisodes neigeux à une altitude inférieure à 500 m ont été recensés pour la période 2000-2013. Huit de ces épisodes ont donné une hauteur de neige supérieure à 10 cm.

La densité moyenne de la neige est voisine de 0,1 ce qui signifie que 1 cm de neige équivaut à 1 mm de précipitation. La densité de la neige atteint 0,2 dans le cas de neige collante.

Chute de neige sur le Centre en 2002

3.3.4. Humidité relative (à 2 m du sol)

La Figure 14 présente l'histogramme d'humidité relative mesurée depuis 2009 (période d'acquisition au pas de temps 10 minutes).

On y constate une probabilité forte de conditions proches de la saturation (avec une humidité relative supérieure à 90 %) qui peuvent correspondre à des conditions de brouillard.

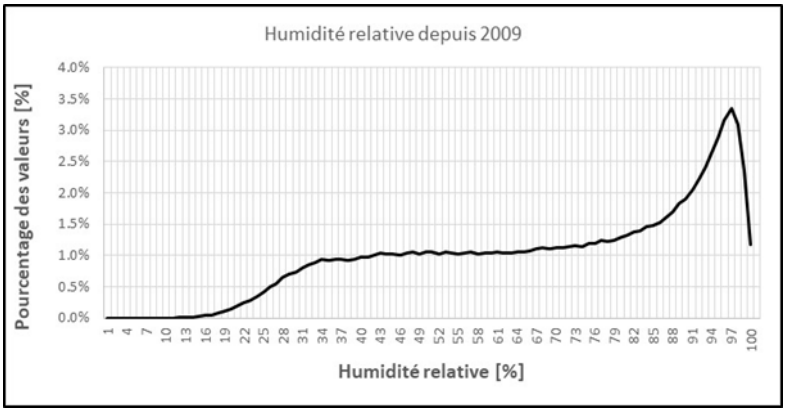


Figure 14 : Répartition des mesures d'humidité relative depuis 2009

Cette situation est souvent liée aux conditions d'inversion thermique qui sont propices à l'apparition de brouillard dit « de rayonnement ». En se refroidissant au contact du sol l'air atteint son point de rosée, ce qui entraîne la formation d'une nappe de brouillard.

La probabilité d'atteindre des conditions saturées en humidité est variable pendant l'année, elle est maximale pour les mois d'automne. De même, la probabilité de saturation de l'air en humidité suit un cycle journalier. Les histogrammes ci-dessous présentent l'évolution de la probabilité de saturation de l'air (humidité relative supérieure à 90 %) en fonction des heures de la journée, et ce pour différents mois de l'année.

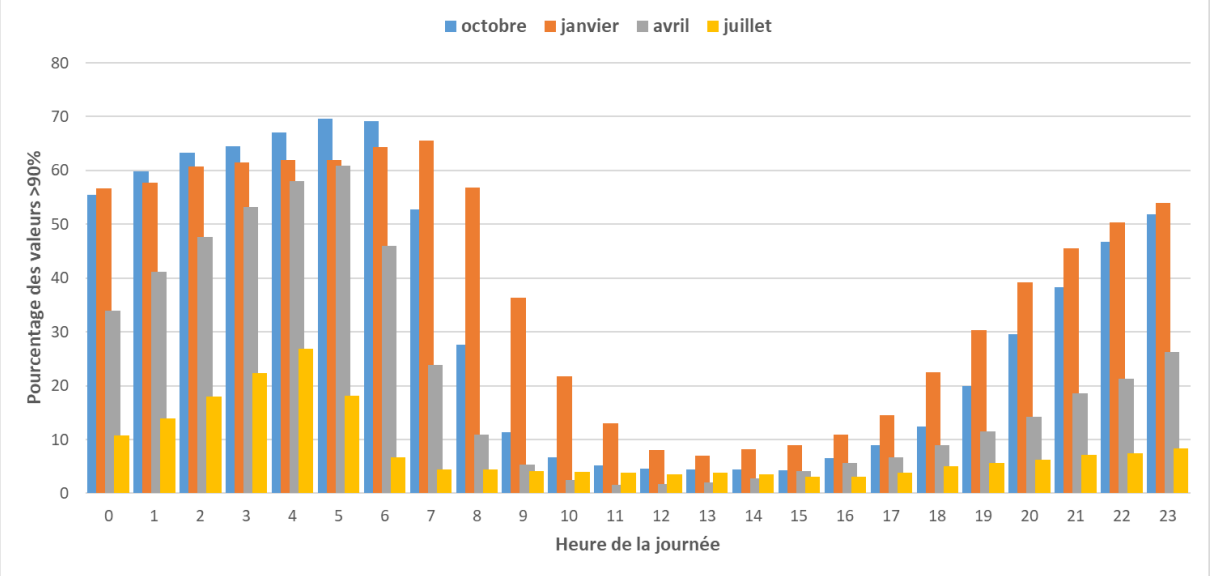


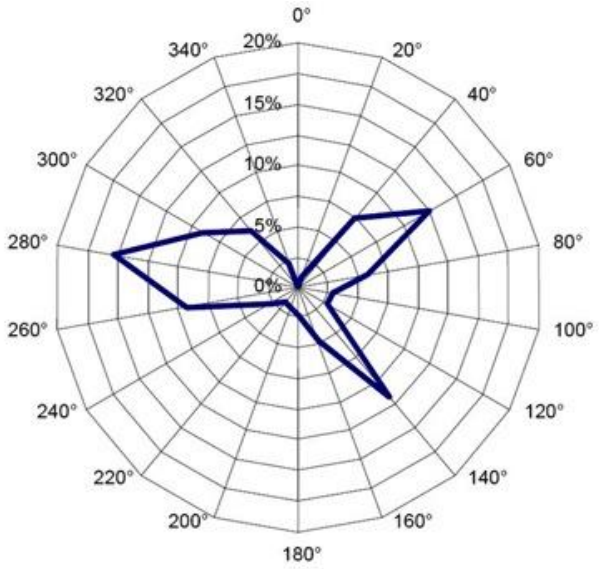
Figure 15 : Evolution de la probabilité de saturation de l'air en humidité en fonction du mois de l'année

3.4. Vents

3.4.1. Directions et vitesses de vents

Sur Cadarache, la direction et la vitesse du vent sont mesurées aux stations météorologiques de la Verrerie (à 15 m au-dessus du sol) et Grande Bastide (à 110 m au-dessus du sol).

La localisation du mât de 110 m de la Grande Bastide a été choisie au confluent des deux vallées principales (vallée des Piles et vallée de la Durance). La hauteur de mesure à 110 m permet de se dégager en partie de l'influence du relief de la vallée des Piles, et de donner des caractéristiques plus proches de celles du vent en altitude (vent synoptique).



Principe de lecture de la rose des vents

Pour lire la rose des vents : un exemple

Le point à 280° est à environ 15%. Cela signifie que 15% du temps, les vents viennent de cette direction à +/- 10° (donc entre 270° et 290°).

0° correspond au nord, 90° à l'est, 180° au sud et 270° à l'ouest.

Cette rose des vents présente 3 directions principales :

- les vents d'ouest/nord-ouest (280°) peuvent avoir plusieurs origines : circulation générale d'ouest, brise de mer, circulation plaine-montagne, ou Mistral. Ce dernier, qui présente les vitesses de vent les plus fortes, est associé à des conditions diffusives (diffusion normale « DN » dans le formalisme de Doury, cf. encart ci-après) ;
- le vent de sud-est (140°), souvent associé à la pluie, est traditionnellement appelé « Marin » ;
- le vent de nord-est (60°) qui est canalisé par la vallée de la Durance.

Mât de la Grande Bastide

Le vent de nord-est est essentiellement constaté de nuit et a en général une origine thermique (vent catabatique).

3.4.2. Gradient thermique vertical et conditions de diffusion

Le vent seul ne permet pas d'avoir une perception exacte des conditions atmosphériques, il faut également connaître le **gradient thermique vertical** (c'est-à-dire la variation de la température avec l'altitude) qui donne une indication de la stabilité atmosphérique, c'est-à-dire de la capacité de brassage thermique de l'air sur la verticale.

Le mécanisme sous-jacent du brassage d'origine thermique est le suivant : du fait de la baisse de la pression atmosphérique avec l'altitude, un volume d'air élémentaire déplacé vers le haut se détend, et par conséquent se refroidit. Ainsi, pour une élévation de 100 m, l'air saturé en eau se refroidit de 0,5°C (gradient pseudo-adiabatique).

L'évolution de la température de l'atmosphère avec l'altitude peut cependant s'écarter de ces conditions (cf. la figure suivante) :

- Si le gradient vertical de température de l'atmosphère est **inférieur** au gradient thermique de l'adiabatique, alors tout volume d'air déplacé vers le haut a une température plus élevée que l'air de son voisinage. Il est donc plus léger que l'air qui l'environne et continue de ce fait de se déplacer vers le haut. **L'atmosphère favorise alors les déplacements de l'air sur la verticale et est qualifiée d'instable**.
- Si le gradient vertical de température de l'atmosphère est **supérieur** au gradient thermique de l'adiabatique, alors tout volume d'air déplacé vers le haut a une température moins élevée que l'air de son voisinage. Il est donc plus lourd que l'air qui l'environne et tend à revenir vers le bas à sa position initiale. **L'atmosphère ne favorise alors pas les déplacements de l'air sur la verticale et est qualifiée de stable**.

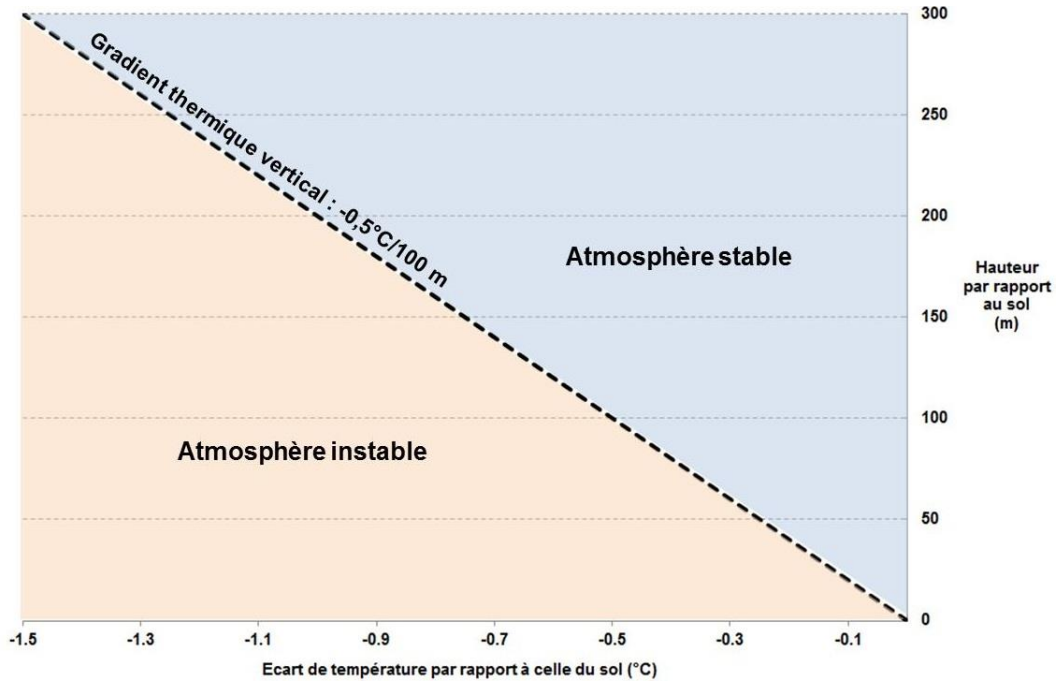


Figure 16 : Comparaison entre gradient vertical de température de l'atmosphère réelle et gradient thermique pseudo-adiabatique

Classes de stabilité de l'atmosphère, dispersion et formalisme de Doury : les conditions de stabilité de l'atmosphère vont avoir un impact sur la dispersion de panaches de gaz. Différents modèles existent, qui lient les paramètres de dispersion aux conditions de stabilité de l'atmosphère. Le modèle établi par Doury, à partir de résultats de plusieurs campagnes de mesures, ne retient que deux classes de stabilité : la diffusion normale (DN) et la diffusion faible (DF), qui sont fonction du gradient thermique vertical de l'atmosphère.

Si le gradient thermique vertical est **inférieur ou égal à -0,5°C/100m**, alors les conditions atmosphériques sont instables, diffusives : c'est la situation de **diffusion normale (DN)**.

Si le gradient thermique vertical est **supérieur à -0,5°C/100m**, alors les conditions atmosphériques sont stables, peu diffusives : c'est la situation de **diffusion faible (DF)**.

Les conditions de stabilité atmosphérique pour la zone de Cadarache sont estimées à partir de la mesure du gradient thermique vertical au niveau de la station de la Grande Bastide. Cette mesure est déduite de l'écart des températures mesurées entre le sommet du mât à 110 m et sa base à 2 m.

De manière générale on constate sur Cadarache une forte probabilité de conditions stables, associées à des conditions de vent faible.

Les mesures indiquent de fréquentes **inversions thermiques** (couche d'air où la température croît avec l'altitude). Cependant, la mesure de température n'étant effectuée qu'en deux points distants il n'est pas possible de connaître avec précision la hauteur de la couche d'inversion.

Inversion thermique au-dessus du bassin de Cadarache révélée par un écobuage

L'observation de panaches de fumées à proximité du site permet d'observer l'effet d'une couche d'inversion thermique : elle bloque le développement du panache sur la verticale, et celui-ci reste bloqué à une certaine hauteur dans la couche d'inversion.

La condition de stabilité doit aussi être corrélée **à la présence ou à l'absence de pluie**, qui modifie la stabilité atmosphérique et influence le dépôt au sol. Il n'y a pas de conditions stables par temps de pluie, la stabilité ne se développant que par temps clair, sans nuages.

Suivant les conditions de stabilité atmosphérique rencontrées sur Cadarache, on considère trois situations de brassage atmosphérique :

- diffusion faible – temps sec (DF) ;
- diffusion normale – temps sec (DN) ;
- diffusion normale – temps de pluie (DNp).

A chaque situation est associée une rose des vents, présentées ci-après sous forme de graphique, et sous forme de tableaux.

Ce sont ces roses des vents qui sont utilisées pour les calculs d'impact des rejets atmosphériques du Centre CEA de Cadarache.

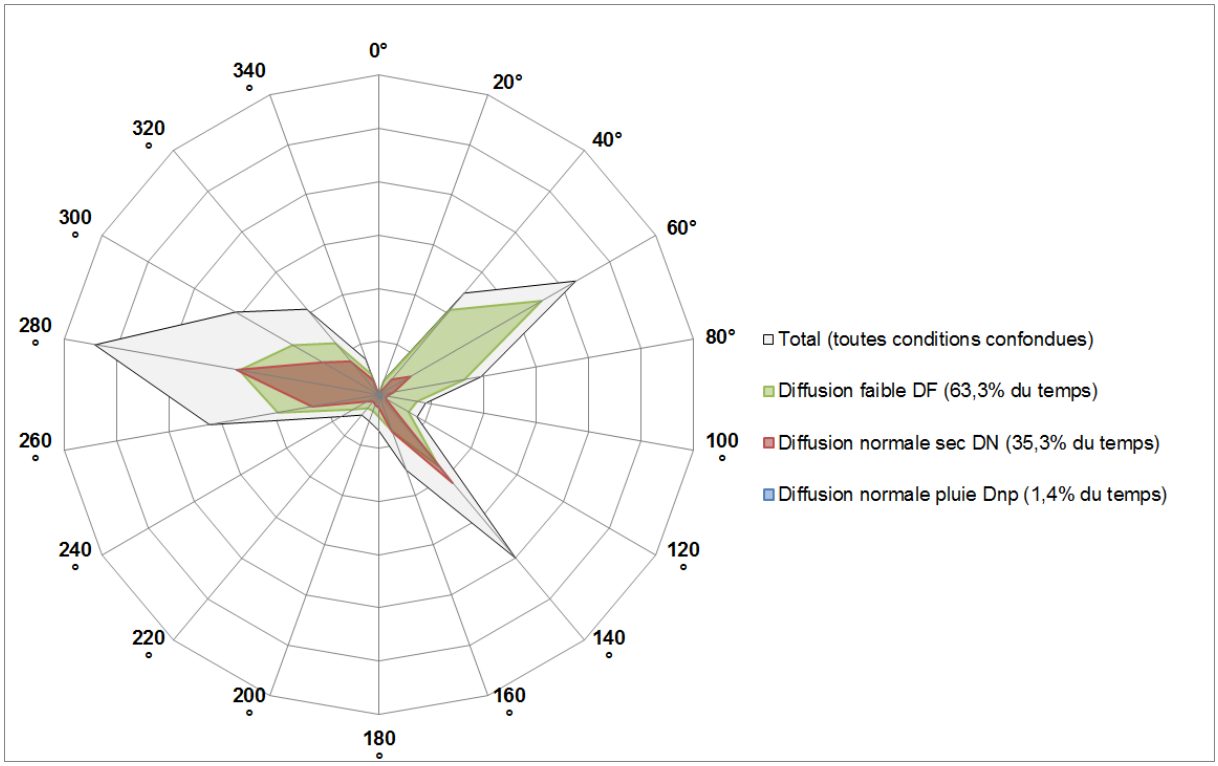


Figure 17 : Rose des vents à la Grande Bastide 110 m présentée suivant les conditions de stabilité atmosphérique rencontrées sur Cadarache (période 1999-2001)

La répartition en fréquence met en évidence la prédominance de conditions de diffusion faible. Elles sont associées à une stratification des couches de l'atmosphère, rendue possible par les conditions nocturnes de ciel clair avec de faibles vitesses de vent. A contrario, dès que sont atteintes des conditions de vent modéré (par exemple 3 m/s, soit environ 11 km/h), le brassage généré par la turbulence empêche la formation de ces couches stables de fond de vallée.

Qualification du vent pour Météo France[1] : sur terre, l'expression de **vent calme** traduit l'absence de vent ou l'existence d'un vent excessivement faible, de 1 ou 2 km/h au maximum (< 1 m/s). Au-delà, jusqu'à une douzaine de km/h (~ 3 m/s), souffle le **vent faible** (encore appelé vent léger), qui est un vent discret, mais perceptible. Au-delà, jusqu'à une trentaine de km/h (~ 8 m/s), vient le **vent modéré**, qui est un vent nettement perçu, mais sans effets gênants. Au-delà, jusqu'à une cinquantaine de km/h au maximum (~ 13 m/s) souffle le **vent assez fort**, perçu comme un facteur important de l'environnement instantané et comme un porteur possible d'effets gênants, en raison notamment des rafales susceptibles de l'accompagner. Le **vent fort**, ensuite, est perçu comme un facteur prioritaire de l'environnement immédiat et comme un porteur possible d'effets très gênants, avec une vitesse pouvant atteindre environ 75 km/h (~ 21 m/s), et des rafales proches de la centaine de km/h (~ 28 m/s).

[1] D'après : http://www.meteofrance.fr/publications/glossaire/154552-vent

La rose des vents est représentative des conditions de vent dans l'environnement immédiat (quelques kilomètres) ; à une plus grande échelle les conditions de vent sont très différentes, comme le montre la carte suivante, à l'échelle de la région PACA.

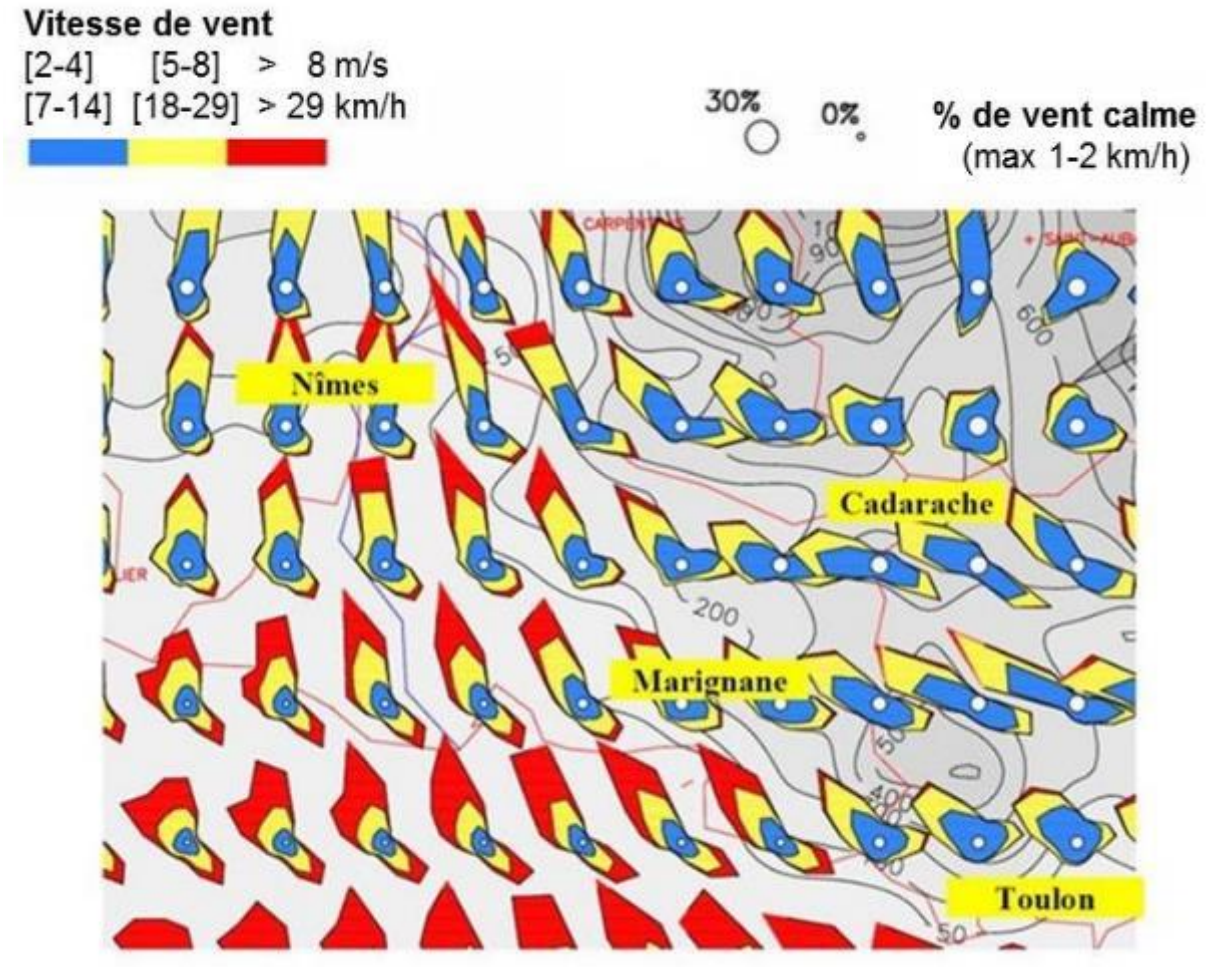


Figure 18 : Variation de la rose des vents sur la région PACA (Source : Météo France)

On constate sur la figure précédente :

- la réorientation du Mistral qui passe d'une direction nord dans la vallée du Rhône, à une direction ouest dans le secteur de Cadarache ;
- l'atténuation de la vitesse du vent dans le secteur de Cadarache avec l'augmentation de la probabilité de vents calmes.

4. L’air

4.1. Caractérisation de la qualité chimique de l’air

4.1.1. Valeurs de référence de la qualité chimique de l’air

Les objectifs de qualité chimique de l'air, les seuils d'alerte et les valeurs limites sont définis à l'article R. 221-1 du code de l’environnement. Cet article fixe également un ensemble de valeurs repères importantes pour la protection de la santé humaine et de l’environnement, dont les valeurs sont précisées dans le Tableau 3 :

- une « valeur limite » correspond à un niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser (en d’autres termes un niveau maximal supportable pendant une durée limitée) ; il est fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble ;
- un « objectif de qualité » correspond à un niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble ;
- un « seuil d’information et de recommandation » correspond à un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population, et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions ;
- un « seuil d’alerte » correspond à un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population, ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence ;
- un « niveau critique » correspond à un niveau fixé sur la base des connaissances scientifiques, au-delà duquel des effets nocifs directs peuvent se produire sur certains récepteurs, tels que les arbres, les autres plantes ou écosystèmes naturels, à l'exclusion des êtres humains.

	Valeurs limites (santé humaine)	**Objectifs de qualité (santé humaine et environnement)**	**Seuils d'information et de recommandation (santé humaine, groupes sensibles)**	**Seuils d'alerte (santé humaine et l’environnement)**	**Niveaux critiques pour la protection de la végétation**
NO_2	- moyenne annuelle civile : 40 µg/m^3 - moyenne horaire : 200 µg/m^3 à ne pas dépasser plus de 18 fois par année civile	moyenne annuelle civile : 40 µg/m^3	moyenne horaire : 200 µg/m^3	moyenne horaire : - 400 µg/m^3 - 200 µg/m^3 si dépassement de ce seuil la veille et risque de dépassement le lendemain	
NO_x					moyenne annuelle civile (équivaut à du NO_2) : 30 µg/m^3

	Valeurs limites (santé humaine)	Objectifs de qualité (santé humaine et environnement)	Seuils d'information et de recommandation (santé humaine, groupes sensibles)	Seuils d'alerte (santé humaine et l'environnement)	Niveaux critiques pour la protection de la végétation
PM_{10}	Pour la protection de la santé humaine : - moyenne annuelle civile : 40 µg/m³ - moyenne journalière : 0 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par année civile	moyenne annuelle civile : 30 µg/m³	moyenne sur 24h : 50 µg/m³ (selon modalités de déclenchement définies par arrêté du ministre chargé de l'environnement)		
$PM_{2,5}$	moyenne annuelle civile : 25 µg/m³ (augmentés de marges de dépassement indiquées dans l'article pour les années antérieures à 2015)	moyenne annuelle civile : 10 µg/m³			
Plomb	moyenne annuelle civile 0,5 µg/m³	moyenne annuelle civile : 0,25 µg/m³			
SO_2	pour la protection de la santé humaine : moyenne journalière : 125 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par année civile. - moyenne horaire : 350 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 24 fois par année civile.	moyenne annuelle civile : 50 µg/m³	moyenne horaire : 300 µg/m³	moyenne horaire : 500 µg/m³ dépassés pendant 3 heures consécutives	- moyenne annuelle : 20 µg/m³ - moyenne hivernale (1er oct-1er mars) : 20 µg/m³
CO	pour la protection de la santé humaine : Maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures : 10 mg/m³				
Ozone O_3		pour la protection de la santé humaine : max journalier de la moyenne sur 8 h, pendant une année civile : 120 µg/m³ pour la protection de la végétation : 6 000 µg/m³ par heure à partir des valeurs enregistrées sur une heure de mai à juillet	moyenne horaire : 180 µg/m³	Seuil d'alerte, en moyenne horaire, pour une protection sanitaire pour toute la population : 240 µg/m³ Seuils, en moyenne horaire, pour la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence : 1er seuil : 240 µg/m³ dépassés pendant 3 h consécutives 2ième seuil : 300 µg/m³ dépassé pendant 3 h consécutives 3ième seuil : 360 µg/m³	
Benzène	moyenne annuelle civile : 5 µg/m³	moyenne annuelle civile : 2 µg/m³			

Nota 1 : *1 µg = 1 microgramme = 0,001 mg*

Nota 2 : *$PM_{2,5}$ et PM_{10}= poussières aérodynamiques de diamètre inférieur à 2,5 et 10µm respectivement*

Tableau 3 : Valeurs de référence en matière de qualité chimique de l'air (article R.221-1 du Code de l'environnement)

Les valeurs réglementaires relatives à la qualité de l'air, ainsi définies, seront utilisées :

- afin d'évaluer la qualité actuelle de l'air au niveau du Centre de Cadarache ;
- pour évaluer l'impact des rejets atmosphériques induits par le projet.

Le contexte institutionnel relatif au climat et à la qualité de l'air est présenté en annexe 1.

4.1.2. Caractérisation de la qualité chimique de l'air à proximité du centre de Cadarache

Dans la région Provence Alpes Côte d'Azur, la qualité de l'air est vérifiée en continu par l'association AtmoSud (anciennement Air PACA) grâce à des stations fixes où sont mesurées les concentrations en différents polluants. De plus, AtmoSud dispose de stations mobiles (véhicules laboratoires, cabines) de mesure de polluants de l'air, permettant de multiplier les campagnes mobiles en sillonnant le territoire. Elle peut également mettre en place des campagnes de mesures temporaires sur certains sites.

AtmoSud dispose d'une cinquantaine de stations fixes de mesure sur le département des Bouches-du-Rhône (Figure 19).

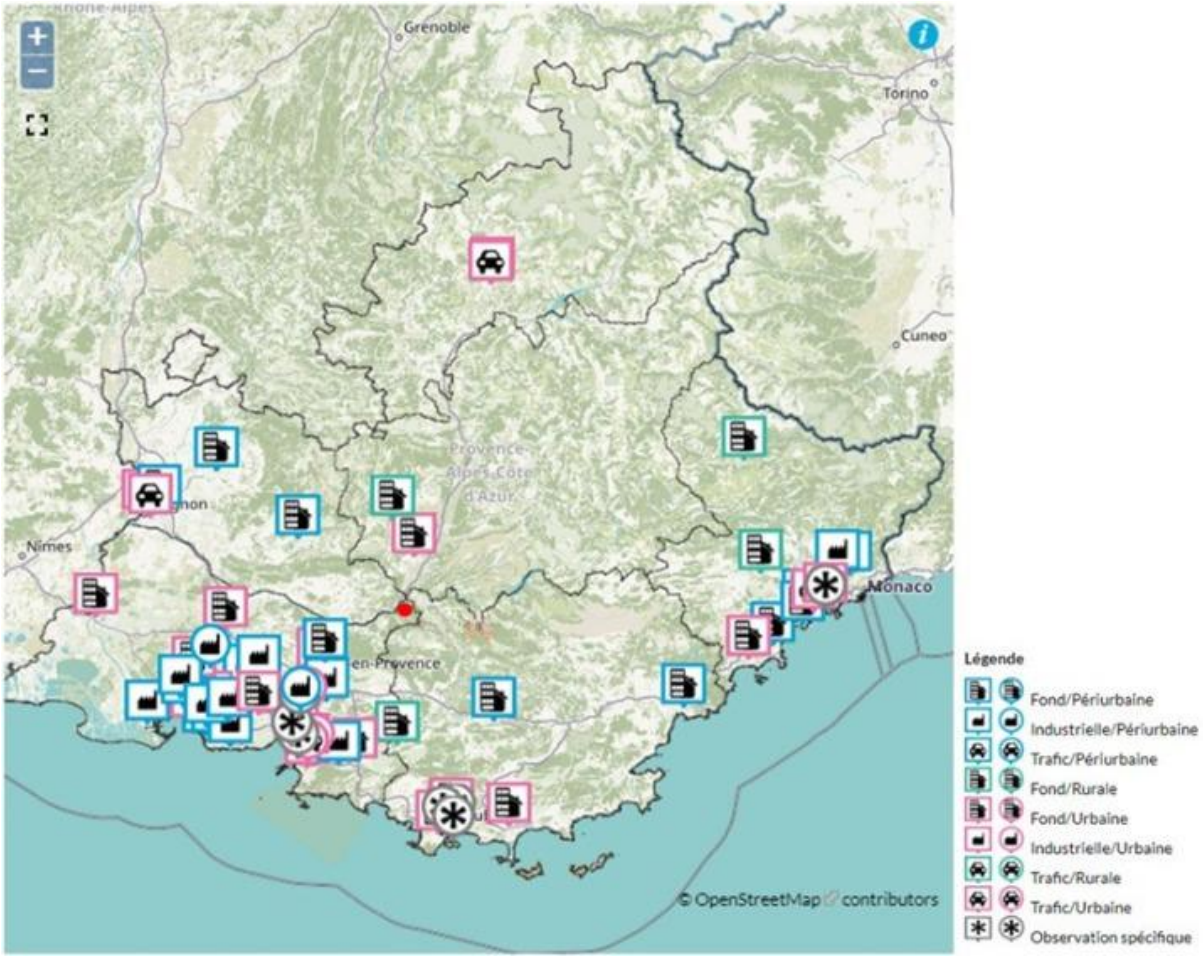


Figure 19 : Stations fixes de mesures de la qualité de l'air en région PACA (Atmosud)

La surveillance de la qualité de l'air permet de mettre en évidence la baisse régulière, par rapport à l'année de référence 2000, des concentrations de polluants réglementés en région PACA (Figure 20). Cette tendance suit celle observée à l'échelle nationale.

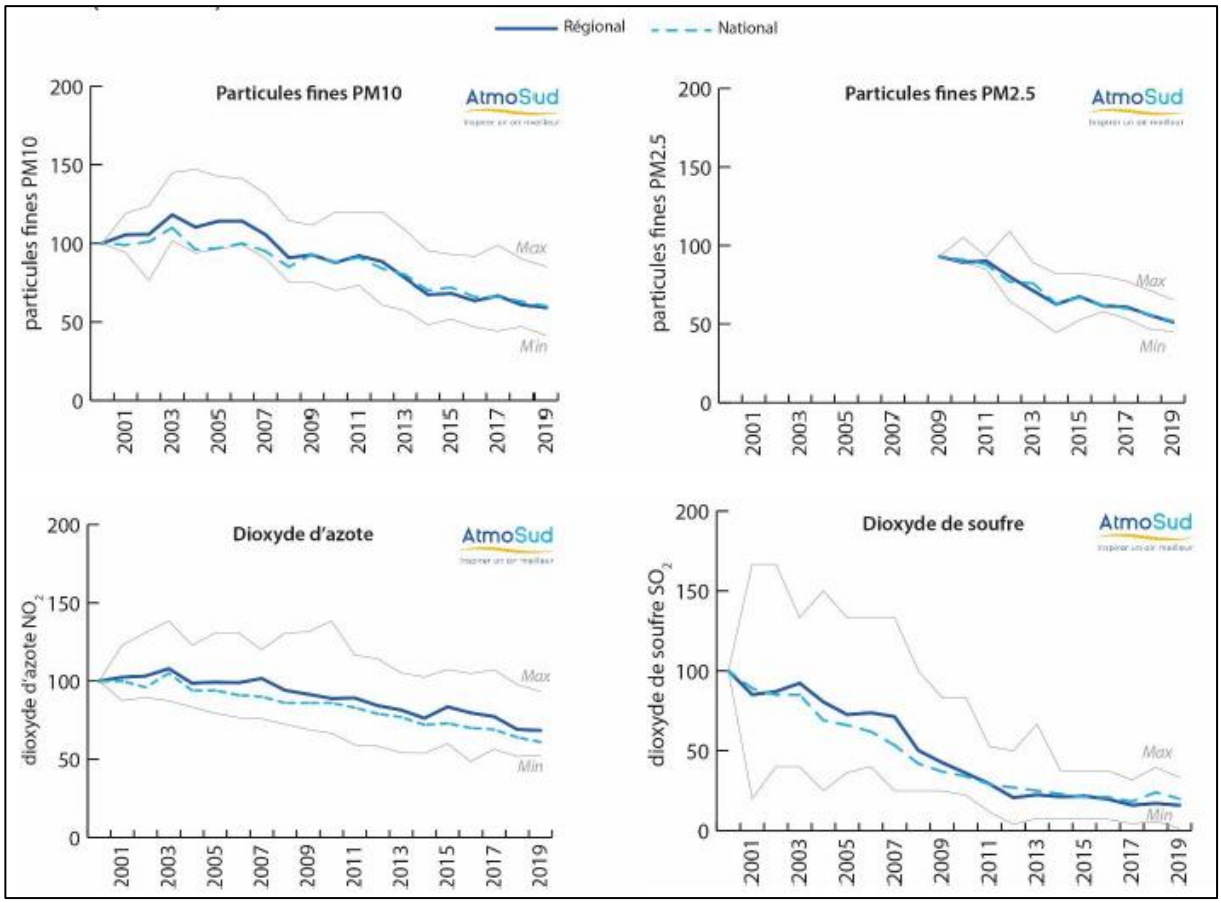


Figure 20 : Evolution depuis 2000 des concentrations de polluants réglementés dans l'air, en région PACA

La diminution des concentrations mesurées en polluants est le résultat d'un renforcement de nombreuses réglementations en matière d'émissions, d'une amélioration des procédés industriels et des technologies de dépollution. Cette tendance globale à la baisse se combine cependant avec des fluctuations annuelles, en lien direct avec la rigueur climatique (conditionnant en particulier les besoins en combustible de chauffage). On observe par ailleurs des disparités locales sur la région : les zones les plus urbanisées du territoire, où les sources de pollution sont les plus nombreuses et dans lesquelles la dispersion des polluants est moins efficace, présentent des concentrations plus élevées.

On notera que la concentration en ozone dans la région ne suit pas cette même tendance à la baisse (Figure 21). Les températures estivales élevées et l'influence du climat Méditerranéen constituent en effet des conditions propices à la formation de polluants secondaires comme l'ozone (dont les précurseurs sont notamment les polluants d'origine industrielle et automobile). Les conditions météorologiques caniculaires en périodes estivales, communes aux régions du Sud de la France, favorisent la formation et l'accumulation d'ozone.

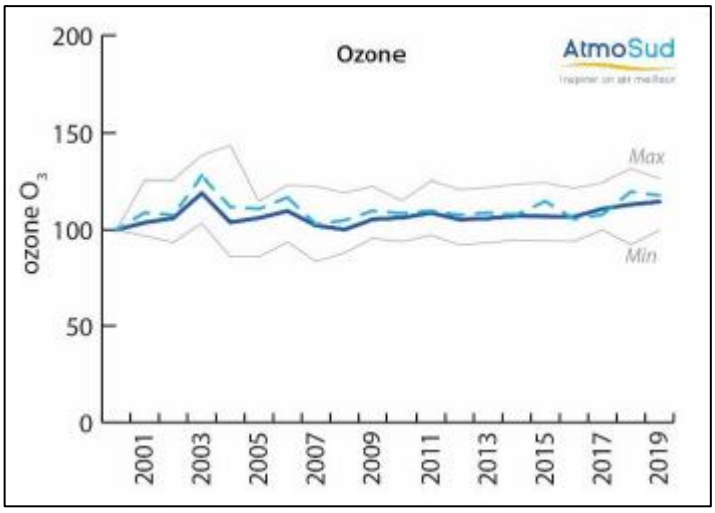


Figure 21 : Evolution de la concentration en ozone depuis 2000, en région PACA

Plus localement, la Figure 22 présente les contributions des principaux secteurs à la pollution chimique de l'air de la commune de Saint-Paul-lez-Durance.

Le transport routier est majoritairement à l'origine des émissions des polluants sur la commune de Saint-Paul-lez-Durance : particules et oxydes d'azote NO_x, (véhicules diesel, poids lourds notamment), benzène (véhicules essence) et de certains métaux lourds inclus dans les carburants.

Le résidentiel / tertiaire émet essentiellement des polluants liés à la combustion (chauffage, brûlages…). Il s'agit du monoxyde de carbone CO, du dioxyde de soufre SO_2, des particules et du Benzo(a)Pyrène B(a)P, induit par le chauffage domestique.

L'industrie est moins présente sur la commune de Saint-Paul-lez-Durance, contribuant pour moins de 13 % environ pour les particules, le dioxyde de soufre, les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), et certains métaux.

L'agriculture, sylviculture et nature est le principal émetteur en COVNM parmi lesquels ceux d'origine naturelle sont majoritaires.

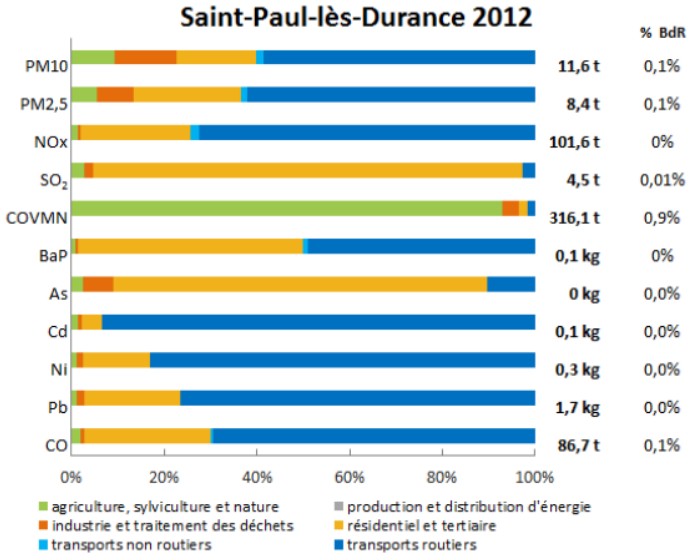


Figure 22 : Contributions des principaux secteurs à la pollution chimique de l'air de la commune de Saint-Paul-lez-Durance (source données : inventaire 2012-v2014, AtmoSud)

À titre indicatif, les seuils de recommandation et d'alerte n'ont jamais été atteints vis-à-vis des concentrations volumiques en SO_2, CO et NO_x à Saint-Paul-lez-Durance, durant la période pendant laquelle ces paramètres y étaient mesurés. En revanche, pour l'ozone, la valeur cible pour la protection de la santé humaine (120 µg/m³ pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures) est régulièrement dépassée (plus de 25 jours par an). Ce phénomène est dû au transfert atmosphérique de la pollution émise dans les régions situées au sud de Cadarache (Figure 23).

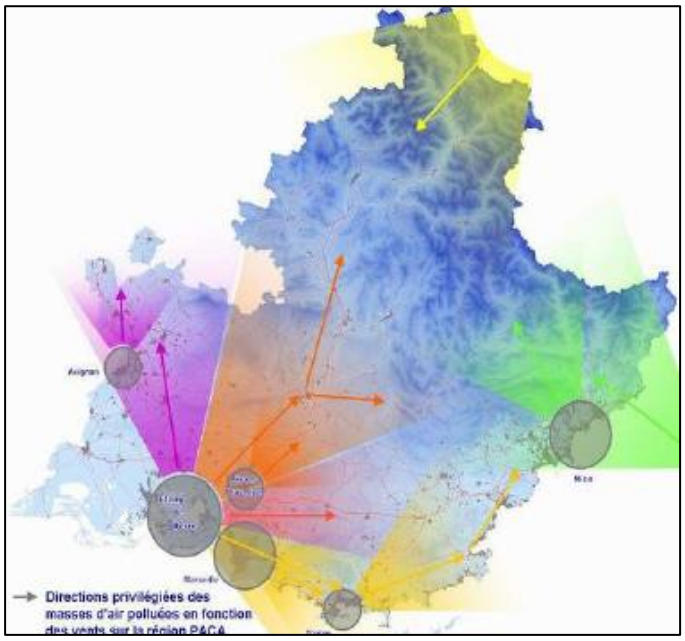


Figure 23 : Directions privilégiées des masses d'air polluées en fonction des vents en PACA (PPA des Bouches du Rhône)

La station fixe de mesure de qualité de l'air la plus proche de Cadarache est celle de Manosque. La concentration moyenne journalière en ozone (O_3), mesurée à la station de Manosque depuis 2010, est présentée sur la Figure 24 (Source : Atmosud). Elle met en évidence les variations saisonnières, avec des périodes estivales où l'objectif de qualité est régulièrement dépassé.

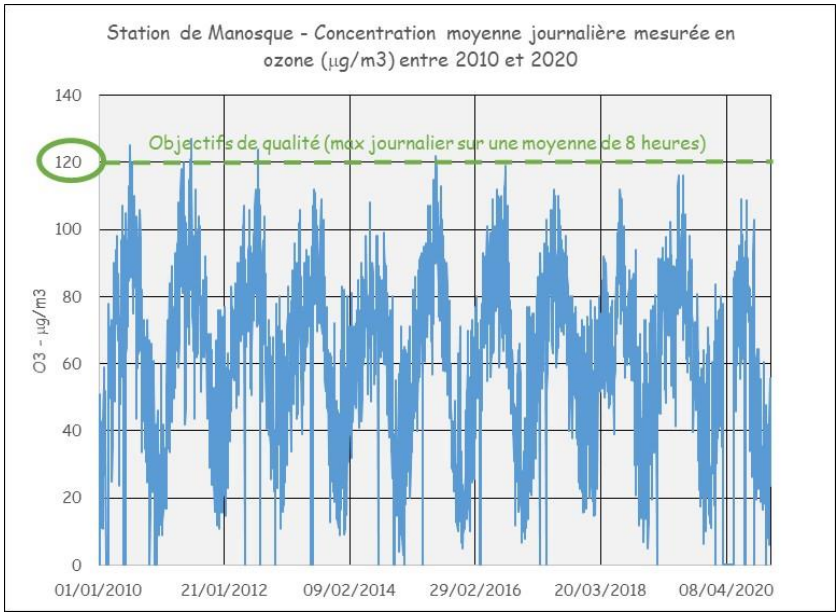


Figure 24 : Concentration en ozone dans l'air (en µg/m³) à la station de Manosque depuis 2010 (source données : AtmoSud)

Le Tableau 4 présente les moyennes annuelles des concentrations en polluants mesurées sur la station de Manosque, depuis 2010.

Moyennes annuelles des polluants mesurés sur la station de Manosque depuis 2010						
Année	**NO µg/m³**	**NO_2 µg/m³**	**NO_X µg/m³**	**O_3 µg/m³**	**PM_{10} µg/m³**	**$PM_{2,5}$ µg/m³**
2010				62,49		
2011				65,22		
2012				65,39		
2013	4,00	12,86	18,95	62,11		
2014	3,37	11,38	16,54	59,61	18,53	11,47
2015	3,76	11,91	17,80	62,03	17,60	12,46
2016	4,54	11,82	18,93	60,95	15,94	11,22
2017	3,82	11,52	17,48	64,85	17,97	12,80
2018	2,9	10,1	14,7	60	16,8	
2019	2,7	10,2	14,4	64,6	13,4	8,2
2020	2,4	8,6	12,3		13,3	8,4
2021	2,5	8,3		60,4	13,7	8,0

Tableau 4 : Moyennes annuelles depuis 2010 des polluants mesurés sur la station de Manosque (source données : AtmoSud)

L'indice Synthétique Air (ISA) pour la région PACA en 2017, basé sur les concentrations annuelles en particules (PM10), ozone et dioxydes d'azote (NO_2), est présenté sur la Figure 25.

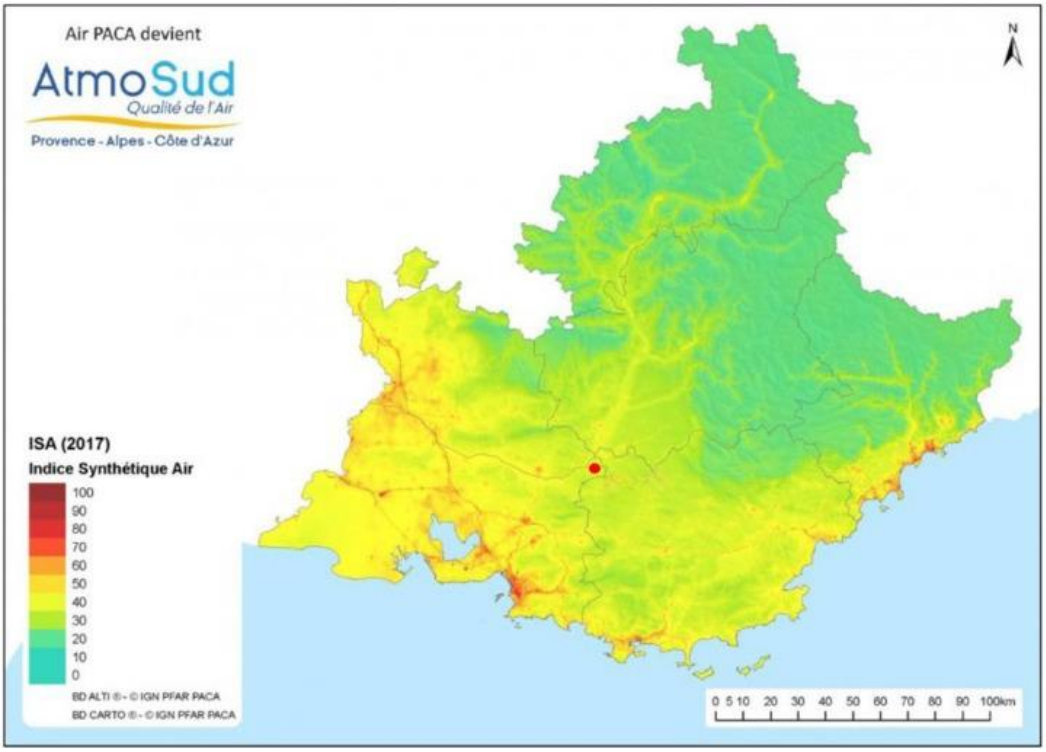


Figure 25 : Indice Synthétique Air pour la région PACA en 2017 (source données : AtmoSud)

Les pôles urbains denses (Aix-Marseille, Avignon, Toulon, Nice, Cannes), ainsi que la zone industrielle de Fos-Berre et les grands axes routiers, restent les zones de plus forte exposition de la population à la pollution. La qualité de l'air aux environs de Cadarache est globalement bonne. Les niveaux de particules sont à l'origine de presque tous les indices mauvais, rencontrés principalement en période hivernale (chauffage collectif, brûlages…). L'ozone est en cause en période estivale.

4.2. Caractérisation de la qualité radiologique de l'air

4.2.1. Limites

Il n'existe à l'heure actuelle aucune valeur guide de qualité radiologique de l'air en Europe ou en France.

Les **limites annuelles de dose efficace ajoutée** en vigueur, fixées dans le code de la santé publique, sont les suivantes :

- pour le public : 1 mSv/an (cela ne concerne ni l'exposition médicale ni l'exposition aux rayonnements ionisants d'origine naturelle) ;
- pour les travailleurs : 20 mSv/an, sauf pour les femmes enceintes pour lesquelles il est prévu que la dose équivalente reçue par l'enfant à naître demeure inférieure à 1 mSv.

4.2.2. Caractérisation de la qualité radiologique de l'air du Centre de Cadarache

Le Laboratoire d'Analyses Nucléaires et de Surveillance de l'Environnement (LANSE) du CEA de Cadarache effectue des contrôles sur les aérosols, les halogènes, le tritium le carbone 14 et le radon.

Il mesure par ailleurs la radioactivité des retombées humides (précipitations) et l'irradiation ambiante. Les stations fixes de la Grande Bastide, de la Verrerie et de Cabri assurent le contrôle et la surveillance atmosphérique à l'intérieur du Centre.

À l'extérieur du site, deux stations sont placées sous les vents dominants : la station de Ginasservis et la station de Saint-Paul-lez-Durance.

Aérosols (particules en suspension)

Des mesures d'activités α global et β global sur des prélèvements d'aérosols (filtres) sont réalisées de façon journalière sur les stations de Ginasservis, Saint-Paul-lez-Durance, la Grande Bastide et la Verrerie. Les activités volumiques (alpha global et bêta global) moyennes calculées annuellement à partir des mesures journalières réalisées sur les filtres de 2017 à 2021 sont reportées dans les Tableau 5 et Tableau 6. Tous les types de mesures ne sont pas effectués systématiquement pour toutes les stations, en accord avec le programme de surveillance radiologique de l'environnement du Centre de Cadarache.

Station de surveillance de l'environnement	Activité volumique alpha global moyenne (Bq/m^3)				
	2017	2018	2019	2020	2021
Grande Bastide	4,5E-05	3,8E-05	4,8E-05	4,8E-05	5,2E-05
Verrerie	5,6E-05	3,9E-05	4,7E-05	5,2E-05	5,5E-05
St-Paul-lez-Durance	4,9E-05	3,7E-05	4,4E-05	4,9E-05	5,2E-05
Ginasservis	4,7E-05	3,9E-05	4,8E-05	5,1E-05	5,7E-05

Tableau 5 : Activités volumiques moyennes *α* global des aérosols (en Bq/m^3) calculées annuellement de 2017 à 2021

Station de surveillance de l'environnement	Activité volumique bêta global moyenne (Bq/m^3)				
	2017	2018	2019	2020	2021
Grande Bastide	5,8E-04	6,4E-04	6,3E-04	7,1E-04	6,9E-04
Verrerie	7,4E-04	6,0E-04	6,4E-04	7,4E-04	7,3E-04
St-Paul-lez-Durance	6,5E-04	6,4E-04	6,2E-04	7,3E-04	7,0E-04
Ginasservis	6,2E-04	6,5E-04	6,4E-04	7,4E-04	7,4E-04

Tableau 6 : Activités volumiques moyennes *β* global des aérosols (en Bq/m^3) calculées annuellement de 2017 à 2021

Les activités mesurées sont essentiellement dues aux poussières radioactives naturellement présentes dans l'air et qui se déposent sur les filtres. La réalisation de mesure par spectrométrie gamma sur les filtres d'aérosols permet de retrouver par exemple :

- le **Béryllium-7,** radionucléide solide émetteur γ résultant de l'interaction du rayonnement cosmique avec la haute atmosphère ;
- le **Plomb-210**, descendant solide du Radon-222.

A titre indicatif, le bilan de l'état radiologique de l'environnement français 2018 à 2020 réalisé par l'IRSN montre des activités volumiques de Beryllium-7 et de Plomb-210 dans l'atmosphère qui varient en fonction des saisons et des régions. Les activités mesurées sont de l'ordre de 0,3 à 0,7 mBq/m^3 pour le Plomb-210 et de 2 à 10 mBq/m^3 pour le Béryllium-7 (voir Figure 27). Les valeurs observées à Cadarache sont donc comparables aux bornes inférieures de celles observées en France.

Halogènes

Des mesures d'activités en Iode 131 représentatif des halogènes sont effectuées de façon hebdomadaire sur des cartouches de charbon actif, prélevées au niveau des stations de la Grande Bastide, de la Verrerie, de Cabri, de Ginasservis et de Saint-Paul-lez-Durance. Les résultats d'activité volumique moyenne en ^{131}I, calculés annuellement à partir des mesures réalisées entre 2017 et 2021 sur les cartouches sont reportés dans le Tableau 7 :

Station de surveillance de l'environnement	Activité volumique moyenne en ^{131}I (Bq/m^3)				
	2017	2018	2019	2020	2021
Grande Bastide	< 1,6E-03	< 1,9E-03	< 1,3E-03	< 1,3E-03	< 1,4E-03
Verrerie	< 1,6E-03	< 9,2E-03	< 1,3E-03	< 2,0E-03	< 1,7E-03
Cabri	< 1,4E-03	< 1,1E-03	< 1,9E-03	< 1,3E-03	< 1,5E-03
Saint Paul-lez-Durance	< 1,7E-03	< 1,6E-03	< 1,2E-03	<1,4E-03	< 1,5E-03
Ginasservis	< 1,8E-03	< 1,3E-03	< 1,4E-03	< 1,8E-03	< 2,3E-03

Tableau 7 : Activités volumiques moyennes en ^{131}I (en Bq/m^3) calculées annuellement de 2017 à 2021

Les analyses effectuées sur la période 2017-2021 sur les cartouches des 5 stations de surveillance donnent des résultats non significatifs. Les valeurs moyennes reportées correspondent au seuil de décision maximum. Il n'y a donc aucun impact sur l'environnement dû aux rejets des halogènes du Centre CEA de Cadarache.

Un peu de métrologie…

Les notions de « seuil de décision » (SD) et de « valeur non significative » sont expliquées rapidement ci-dessous pour faciliter la lecture de la suite du document. Des explications plus détaillées peuvent être trouvées dans les définitions données à la fin du document, à l'entrée L : « Limite de quantification de méthodes d'analyses et termes apparentés ».

Seuil de Décision (SD) : Dans le cas de la recherche de très faibles activités, la mesure d'un échantillon peut donner un résultat très proche de celui obtenu lors de la détermination du bruit de fond (bdf) de l'installation de mesure (signal détecté en l'absence du radionucléide recherché).

Le seuil de décision correspond à une valeur de comptage, pour laquelle on estime que, compte-tenu des fluctuations statistiques du bruit de fond, on peut affirmer avec une probabilité suffisamment élevée de ne pas se tromper, qu'un comptage supérieur à cette valeur SD révèle effectivement la présence de radioactivité dans l'échantillon mesuré.

Valeur non significative : Une valeur est dite non significative lorsqu'elle est inférieure au seuil de décision. Les résultats non significatifs sont exprimés : « inférieurs au seuil de décision » (< SD)

Tritium (^{3}H)

Les mesures d'activités du tritium sont effectuées de façon hebdomadaire sur les stations de la Grande Bastide, de la Verrerie, de Cabri et de Saint-Paul-lez-Durance. Elles sont réalisées en deux étapes :

- le tritium de l'air sous forme de vapeur d'eau (HTO) et sous forme gazeux (HT) est piégé en continu dans des « barboteurs » ;
- l'activité en tritium de l'eau de ces barboteurs est ensuite mesurée en différé par scintillation liquide.

Les résultats des mesures d'activité du tritium réalisées entre 2017 et 2021 sur les barboteurs au niveau des quatre stations sont reportés dans le Tableau 8. On constate qu'ils sont tous inférieurs au seuil de décision requis par la réglementation (< 0,5 Bq/m^3). Seules quelques mesures significatives ont été mesurées en 2019 et 2020 à la station de Cabri, à l'occasion du fonctionnement du réacteur CABRI.

Barboteur pour la mesure du tritium

Station de surveillance de l'environnement		Activité volumique moyenne en Tritium (Bq/m^3)				
		2017	2018	2019	2020	2021
Grande Bastide	Phase vapeur d'eau	< 0,22	< 0,14	< 0,14	< 0,24	< 0,14
	Phase gazeuse	< 0,21	< 0,14	< 0,22	< 0,13	< 0,13
Verrerie	Phase vapeur d'eau	< 0,30	< 0,14	< 0,13	< 0,25	< 0,14
	Phase gazeuse	< 0,29	< 0,14	< 0,14	< 0,13	< 0,14
Cabri	Phase vapeur d'eau	< 0,22	< 0,13	**0,38**	**0,26**	< 0,12
	Phase gazeuse	< 0,22	< 0,14	< 0,13	**0,47**	< 0,13
Saint Paul-lez-Durance	Phase vapeur d'eau	< 0,22	< 0,14	< 0,12	< 0,25	< 0,12
	Phase gazeuse	< 0,14	< 0,13	< 0,12	< 0,12	< 0,13

Tableau 8 : Activités volumiques moyennes en tritium (en Bq/m^3) mesurées de 2017 à 2021

Dans son « Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2018 à 2020 », l'IRSN indique que l'activité en tritium d'origine naturelle est de l'ordre de 0,1 à 0,6 Bq/L dans l'eau, ce qui correspond à des activités de l'ordre de 0,001 à 0,006 Bq/m^3 d'air (tritium sous forme de vapeur d'eau).

Les activités en tritium mesurées dans l'environnement sont toujours supérieures à ces valeurs, car à ce tritium naturel s'ajoute la rémanence du tritium apporté par les retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires dans l'hémisphère nord de 1945 à 1980, mais principalement entre 1953 et 1963. L'activité en tritium dans l'eau de pluie a ainsi atteint un maximum de près de 600 Bq/L en 1963. Elle a considérablement décru ensuite, après l'arrêt des essais atmosphériques d'armes nucléaires. Le bruit de fond du tritium varie maintenant de 0,3 à 2 Bq/L dans l'eau de pluie, ce qui correspond à une activité de l'air de l'ordre de 0,005 à 0,01 Bq/m^3 (voir Figure 27).

Gaz rares

Les gaz rares sont des gaz dépourvus d'affinité chimique et ne donnant aucun composé ; ils se dispersent dans l'air et sont sans conséquence sur les autres composantes de l'environnement. Certains isotopes de gaz rares sont des produits de fission et sont donc radioactifs. Ce sont le néon, l'hélium, le krypton, le xénon et le radon.

Les gaz rares atmosphériques sont mesurés en continu à l'aide de chambres d'ionisation différentielles à circulation de gaz sur les stations de Cabri, de la Grande Bastide et de la Verrerie. Les mesures réalisées par ces chambres sont ensuite ramenées à une activité volumique en équivalent-radon.

Les activités volumiques moyennes des gaz rares calculées annuellement entre 2017 et 2021 à partir des mesures des chambres d'ionisation, sont reportées dans le Tableau 9.

Station de surveillance de l'environnement	Activité volumique moyenne en gaz rares (Bq/m^3 équivalent radon)				
	2017	2018	2019	2020	2021
Grande Bastide	21,7	18,9	18,4	*renouvellement en cours*	43
Verrerie	18,4	21,4	26,4	27	27
Cabri	26,1	*hors service*	*hors service*	*renouvellement en cours*	14

Tableau 9 : Activités volumiques moyennes des gaz rares (en Bq/m^3 équivalent radon) calculées annuellement 2017 à 2021 sur les stations de surveillance

Carbone 14

Les mesures d'activité du carbone 14 sont effectuées de façon mensuelle sur les stations de la Verrerie, de Ginasservis et de Saint-Paul-lez-Durance. Elles sont réalisées en deux étapes :

- le carbone 14 présent dans l'air sous forme de dioxyde de carbone ou de composés organiques gazeux est piégé dans des flacons appelés « barboteurs » et contenant une solution aqueuse (solution de soude NaOH pour augmenter le rendement du piégeage) ;
- l'activité en carbone 14 de la solution aqueuse contenue dans ces barboteurs est ensuite mesurée en différé par scintillation liquide.

Entre 2017 et 2021, les résultats d'activité volumique moyenne annuelle calculée en carbone 14 sur l'ensemble des stations de surveillance, sont présentés dans le Tableau 10. Ils sont tous inférieurs au seuil de décision requis par la réglementation (< 0,1 Bq/m^3).

Station de surveillance de l'environnement	Activité volumique moyenne en ^{14}C (Bq/m^3)				
	2017	2018	2019	2020	2021
Ginasservis	0,063	0,063	0,064	0,067	0,064
Verrerie	0,062	0,070	0,074	0,077	0,070
Saint Paul-lez-Durance	0,061	0,071	0,066	0,069	0,070

Tableau 10 : Activités volumiques moyennes en ^{14}C (en Bq/m^3) mesurées de 2017 à 2021 sur les stations de surveillance

A titre indicatif, l'IRSN donne dans le bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2018 à 2020 un bruit de fond de carbone-14 atmosphérique situé entre 0,02 et 0,06 Bq/m^3 (Figure 27). Comme pour le tritium, ce bruit de fond est légèrement supérieur à l'activité d'origine naturelle, du fait de la rémanence des essais atmosphériques d'armes nucléaires dans l'hémisphère nord.

Radon

Compte-tenu de leur fonction d'entreposage de déchets, l'INB n°56 (Parc d'entreposage) et l'INB n°164 (CEDRA) font l'objet d'une surveillance particulière dédiée à la mesure du radon (^{222}Rn), au moyen de deux stations qui effectuent une mesure en continu de l'activité volumique de ce radionucléide.

Les résultats d'activité volumique moyenne en ^{222}Rn calculés annuellement à partir des mesures réalisées entre 2017 et 2021 sur les deux stations sont reportés dans le Tableau 11.

Station de surveillance de l'environnement	Activité volumique moyenne en Radon (Bq/m^3)				
	2017	2018	2019	2020	2021
INB 56 – Parc d'entreposage	27,0	25,6	27,7	26,8	32,6
INB 164 – CEDRA	8,5	4,8	4,6	13,4	13,6

Tableau 11 : Activité volumique moyenne en radon (en Bq/m^3) calculée annuellement à partir des mesures en continu de 2017 à 2021 sur le site de Cadarache.

Les niveaux d'activité sont globalement stables et comparables à ceux mesurés les années précédentes.

Les activités volumiques en radon mesurées près des installations surveillées ne révèlent pas d'émanation consécutive à des éléments radifères (contenant du radium), soit entreposés dans les bâtiments contrôlés, soit en tant qu'éléments composant le sol *in situ*.

Dans le bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2018 à 2020, l'IRSN précise que les activités volumiques en radon mesurées dans l'atmosphère sont comprises, pour ce qui concerne le bruit de fond radiologique naturel, entre quelques Bq/m^3 et une centaine de Bq/m^3. Elles varient en fonction de nombreux facteurs dont la géologie, la distance par rapport au sol, la topographie, ainsi que les conditions atmosphériques.

Pour le cas particulier de l'air dans des habitations, l'IRSN fournit des valeurs d'activités volumiques en radon par zone géographique, en fonction des roches composant le sous-sol (Figure 26). Les moyennes mesurées vont de 0 à 50 Bq/m^3 dans les Bouches-du-Rhône, tandis que l'activité volumique moyenne en ^{222}Rn à l'intérieur de l'habitat en France métropolitaine, pondérée par la population et le type d'habitat, est de 60 Bq/m^3.

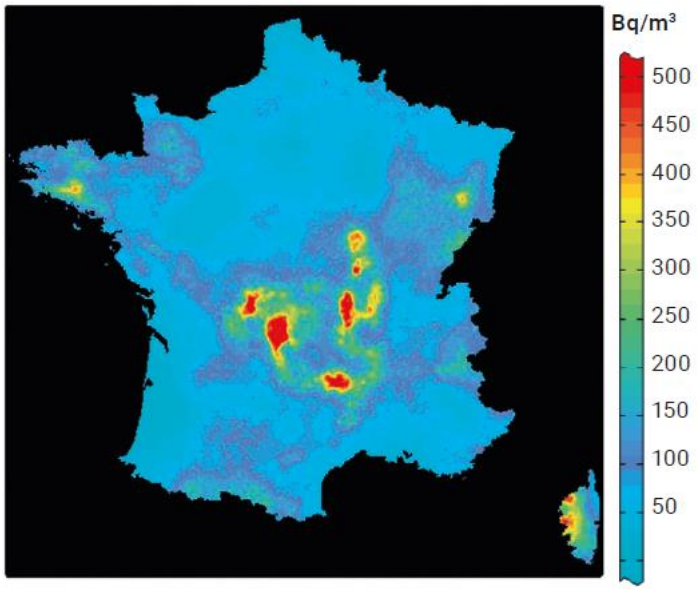


Figure 26 : Activité volumique (Bq/m³) potentielle du radon à l'intérieur des habitations, déduite de la nature des roches composant le sous-sol

La Figure 27 propose une synthèse du bruit de fond radiologique dans l'air en France, en présentant des activités moyennes sur les 10 dernières années, de quelques radionucléides artificiels et naturels mesurés par l'IRSN. Pour chaque radionucléide sont fournis le nombre de résultats exploités (supérieurs au seuil de décision, SD) et le nombre total d'analyses (exemple : 15/20)

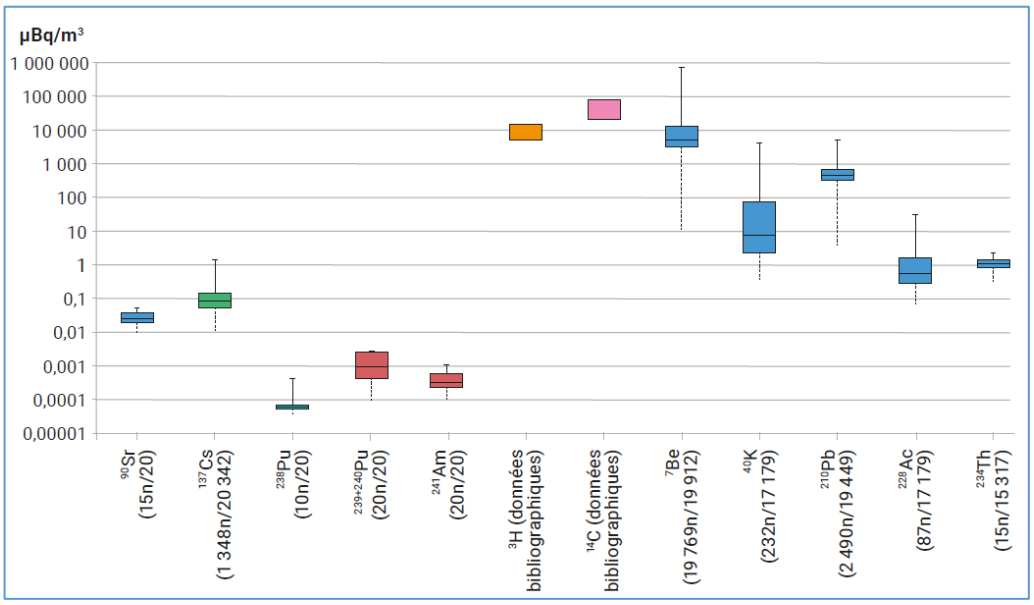


Figure 27 : Synthèse du bruit de fond radiologique dans l'air en France, moyennées sur les 10 dernières années

La Figure 28 présente une synthèse de l'évolution des activités des principaux radionucléides artificiels mesurés dans l'air au cours des 60 dernières années. Ces données ont été acquises en France par l'IRSN (principalement après 2012) et en Allemagne (Physikalisch-Technische Bundesanstalt (source H. Verschofen).

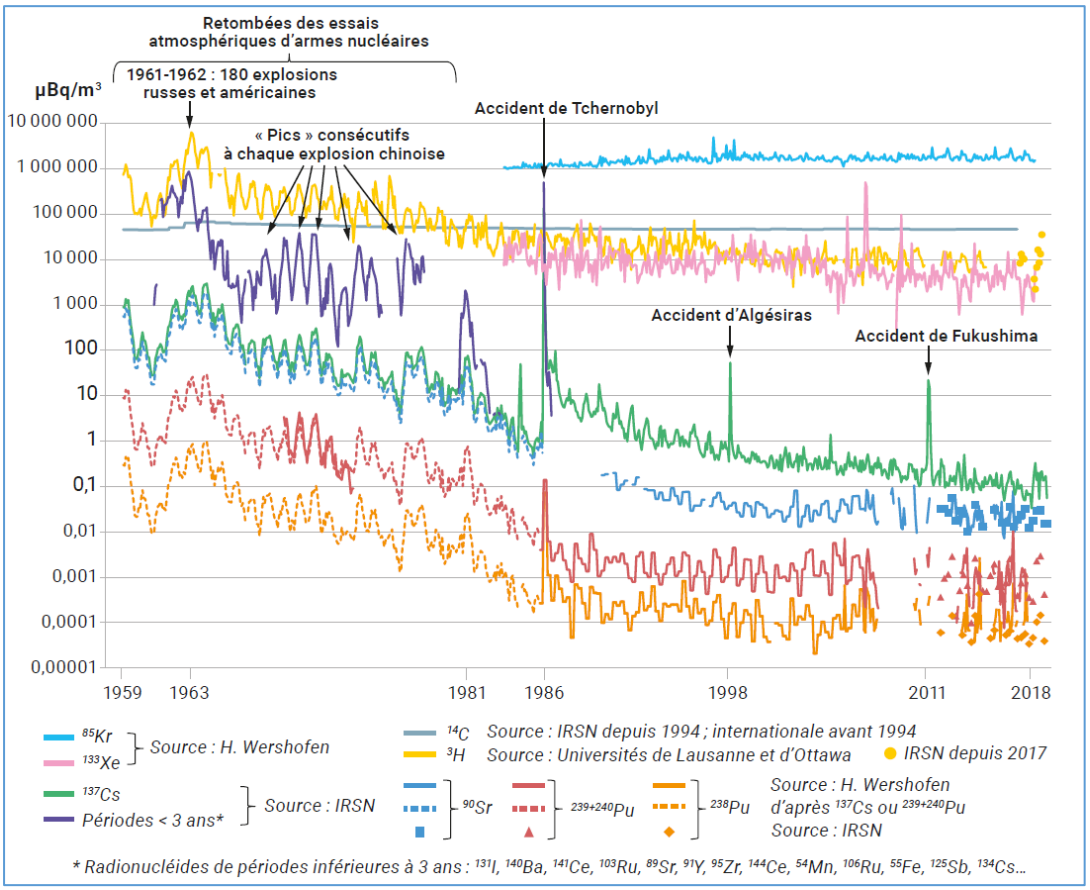


Figure 28 : Evolution des activités de principaux radionucléides artificiels et naturels mesurés dans l'air en France et en Allemagne au cours des 60 dernières années (Source : Bilan radiologique de l'environnement français de 2018 à 2020 de l'IRSN)

Retombées atmosphériques humides

Les eaux de pluies sont collectées sur les stations de Ginasservis, de la Verrerie (station de référence Météo-France), de Vinon-sur-Verdon et de Saint-Paul-lez-Durance. Chaque semaine, un échantillon est prélevé (en cas d'épisodes pluvieux suffisants) et soumis à trois types de mesure en différé :

- mesures d'activités volumiques en émetteurs alpha et bêta global sur l'eau brute ; si l'activité bêta est supérieure au seuil de décision, une mesure de potassium sur eau filtrée et une spectrométrie gamma sur eau brute sont réalisées ;
- mesures d'activité volumique en tritium sur l'eau filtrée.

Les résultats des mesures réalisées entre 2017 et 2021 sur les prélèvements hebdomadaires des précipitations collectées sur l'ensemble des stations de surveillance, sont présentés dans le Tableau 12.

Activités volumiques des précipitations (Bq/L)					
Années	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**
Ginasservis					
alpha global	8,1E-02	3,2E-02	3,0E-02	6,3E-02	< 6,1E-02
béta global	1,1E-01	7,0E-02	1,0E-01	9,3E-02	6,9E-02
Tritium	5	< 4,71	< 4,58	< 4,5	< 9,0
Verrerie					
alpha global	7,2E-02	3,3E-02	7,5E-02	5,0E-02	4,1E-02
béta global	1,2E-01	8,2E-02	1,2E-01	9,1E-02	9,0E-02
Tritium	< 4,8	< 4,72	< 4,63	< 4,5	< 4,6
Vinon-sur-Verdon					
alpha global	8,9E-02	5,8E-02	5,7E-02	8,5E-02	5,2E-02
béta global	1,8E-01	1,1E-01	9,6E-02	1,7E-01	1,2E-01
Tritium	< 4,85	< 4,73	< 4,76	< 4,9	< 5,0
Saint-Paul-Lez-Durance					
alpha global	5,5E-02	4,8E-02	6,8E-02	5,1E-02	4,2E-02
béta global	1,2E-01	8,8E-02	1,7E-01	7,0E-02	9,7E-02
Tritium	< 4,9	< 4,83	< 5,09	< 4,5	< 4,5

Tableau 12 : Activités volumiques (Bq/L) alpha globales, béta globales et tritium des précipitations collectées entre 2017 et 2021

Les résultats montrent des valeurs stables, comparables aux années précédentes, sur les prélèvements hebdomadaires d'eau de pluie. Ces résultats sont à rapprocher des seuils de décision requis par la réglementation, c'est-à-dire < 0,05 Bq/L pour les mesures alpha, < 0,25 Bq/L pour les mesures bêta, et < 10 Bq/L pour le tritium.

À chaque mesure bêta significative (supérieure au seuil de décision) sur un échantillon d'eau de pluie, une spectrométrie gamma et un dosage en potassium ont été réalisés. Lors de ces investigations, aucun radioélément artificiel n'a été détecté par spectrométrie gamma sur la période 2017-2021, et les valeurs élevées sont liées à la présence de Potassium.

Les activités en tritium des précipitations mesurées en 2021 sont non significatives (inférieures au seuil de décision proche de 5 Bq/L hormis au mois de décembre pour la station de Ginasservis avec un résultat inférieur à la limite de détection 9 Bq/L).

4.3. Mesures d'exposition externe (irradiation)

Mesures de dosimétrie active gamma (γ) ambiant

Cinq balises mesurent en continu **le débit de dose (γ) ambiant** sur les stations de Ginasservis, Saint-Paul-Lez-Durance, Grande Bastide, Verrerie et Cabri. Ces dispositifs permettent de mesurer à la fois la radioactivité naturelle et la radioactivité artificielle. Les résultats de débit de dose gamma ambiant moyen calculés à partir des mesures effectuées sur les 5 stations de surveillance, pour les années 2017 à 2021, sont présentés dans le Tableau 13.

Station de surveillance de l'environnement	Valeur moyenne du débit de dose gamma ambiant en nSv/h				
	2017	2018	2019	2020	2021
Ginasservis	72	73	74	71	71
St-Paul-lez-Durance	73	73	73	72	73
Grande Bastide	76	75	76	77	77
Verrerie	89	90	89	89	90
Cabri	74	74	73	73	73
Moyenne des stations	**76**	**77**	**77**	**76**	**77**

Tableau 13 : Débits de dose γ ambiant annuels moyens (en nSv/h) calculés à partir des mesures de dosimétrie active en continu de 2017 à 2021 sur les stations de surveillance

Les résultats du tableau précédent sont exprimés en sievert (Sv), unité de l'équivalent de dose (ou de dose efficace).

En retenant comme hypothèses pénalisantes la valeur moyenne annuelle la plus élevée de 77 nSv/h, et une présence permanente 24h/24 et 365 jours par an, la dose calculée serait de 0,7 mSv/an. Elle reste inférieure à la limite maximale réglementaire d'exposition aux rayonnements ionisants d'origine artificielle (hors applications médicales) pour le public, qui est de **1 mSv/an** (Art. R1333-11 du code de la santé publique).

Les valeurs mesurées sont en grande partie liées à la radioactivité naturelle, et notamment :

- aux rayonnements cosmiques constitués de particules chargées de haute énergie qui réagissent avec l'atmosphère pour aboutir à la formation de radionucléides émetteurs gamma ;
- aux rayonnements telluriques dus à la désintégration de radionucléides émetteurs gamma présents naturellement dans les sols tels que le potassium 40 et les isotopes de la chaîne de l'uranium.

La Figure 29 , issue du bilan radiologique de l'environnement français de 2018 à 2020 de l'IRSN, présente ainsi la carte des débits de dose gamma, cosmique et tellurique, établie à partir de dosimètres témoins. Elle fait apparaître que les régions présentant les débits de dose les plus élevés (Massif central, Massif armoricain, les Vosges et la Corse) sont toutes constituées de formations géologiques granitiques, relativement riches en uranium. On constate que le débit de dose gamma ambiant moyen de 77 nSv/h, mesuré sur les stations de surveillance à proximité du centre de Cadarache, est cohérent avec les données locales issues du bilan radiologique de l'IRSN.

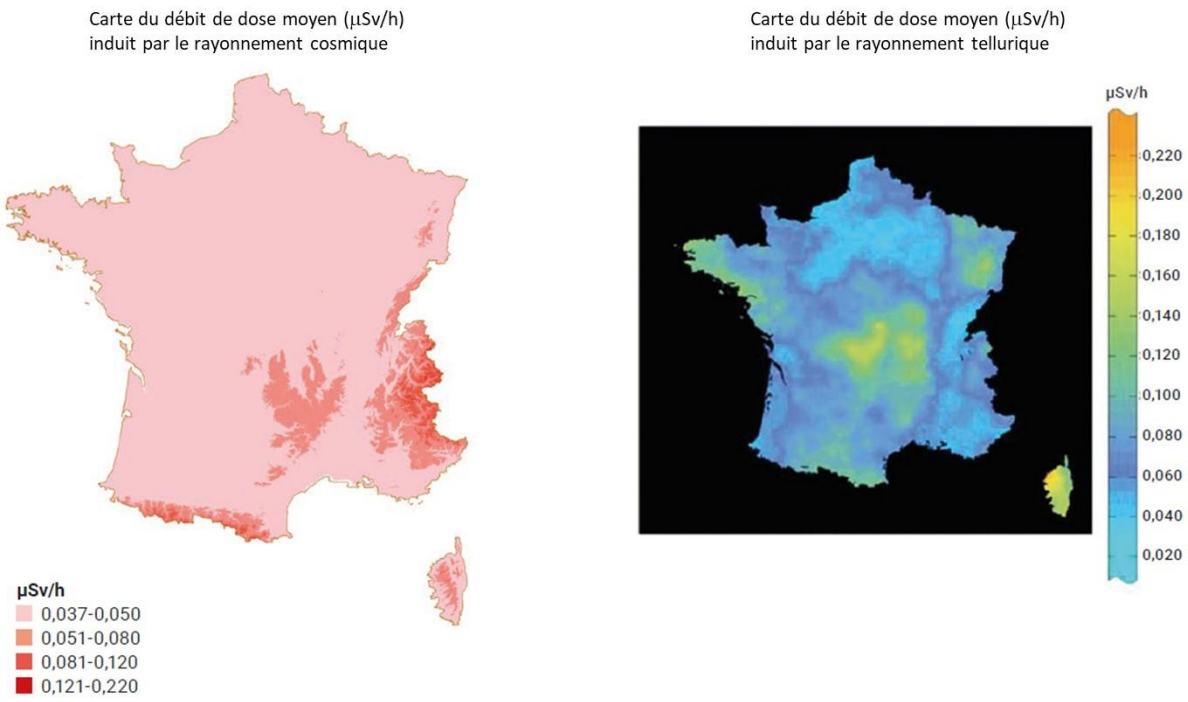


Figure 29 : Carte des débits de dose gamma induits par les rayonnements cosmique et tellurique (Source : IRSN, Bilan radiologique 2018-2020)

Mesures de dosimétrie passive gamma (γ) ambiant en clôture du Centre

Des mesures de débit de dose γ ambiant sont également réalisées en continu avec traitement mensuel et trimestriel en différé en clôture du Centre de Cadarache.

La localisation des points de mesure en clôture de Centre est présentée sur la Figure 30, et les moyennes annuelles calculées à partir des mesures de dosimétrie passive, réalisées entre 2017 et 2021, sont présentées dans le Tableau 14.

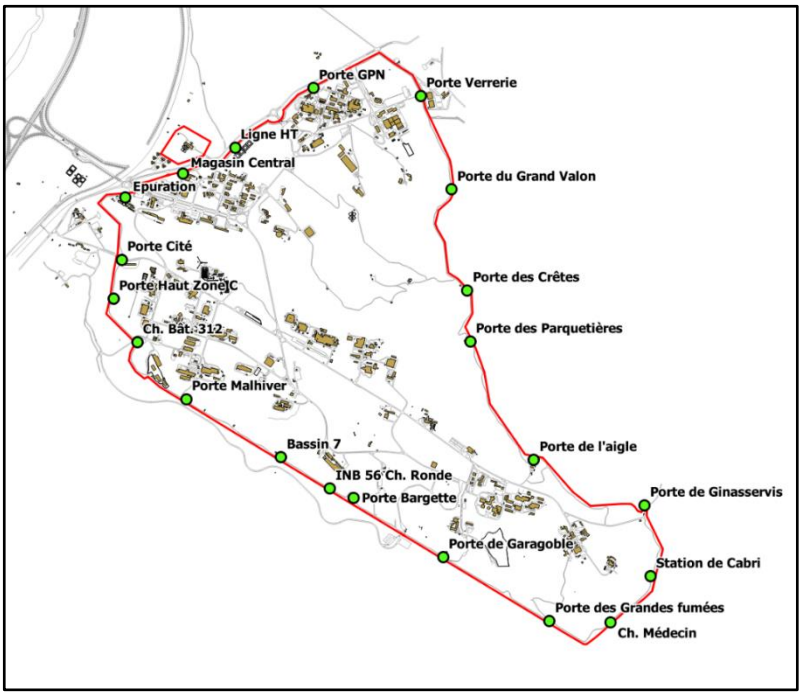


Figure 30 : Stations de mesure en continu du débit de dose gamma ambiant en clôture de Centre (dosimétrie passive)

Débit de dose gamma ambiant annuel moyen calculé à partir des mesures de dosimétrie passive (nSv/h)					
Station en clôture / Année	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**
Bassin 7	64	60	64	68	69
Station de Cabri	82	80	74	67	73
Ch. Bât. 312	73	63	62	70	76
Ch. Médecin	74	71	68	69	71
Épuration	84	79	70	62	71
INB 56 Ch. Ronde	122	137	123	89	111
Ligne HT	79	72	65	56	71
Magasin Central	67	68	63	64	70
Point Haut Zone C	94	81	77	65	82
Porte de l'aigle	84	78	72	69	84
Porte Bargette	95	85	87	82	97
Porte Cité	85	77	71	67	80
Porte des Crêtes	72	69	64	60	67
Porte de Garagobie	73	58	65	73	64
Porte Grandes fumées	77	82	66	66	73
Porte de Ginasservis	69	78	75	81	76
Porte GPN	79	80	72	66	75
Porte du Grand Vallon	74	65	67	71	72
Porte Malhivert	72	73	67	58	66
Porte des Porquetières	69	64	60	65	63
Porte Verrerie	75	75	72	59	66

Tableau 14 : Débits de dose γ ambiant annuels moyens (en nSv/h) calculés à partir des mesures de dosimétrie passive, réalisées en continu à différentes localisations en clôture du Centre de Cadarache de 2017 à 2021

Ces résultats montrent d'une manière générale, que les débits de dose γ ambiants mesurés à la clôture du centre sont stables voire diminuent. La Figure 31 permet de comparer les mesures obtenues pour l'année 2021 aux valeurs moyennes calculées sur les 5 dernières années, et confirme cette tendance à la diminution.

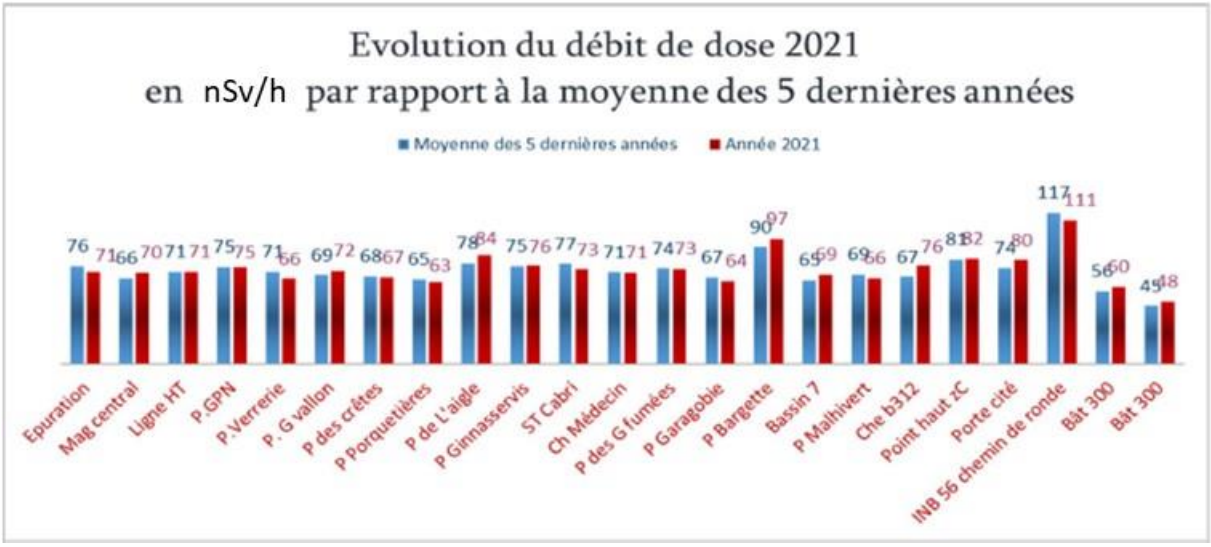


Figure 31 : Comparaison des valeurs annuelle moyennes de dosimétrie ambiante (nSv/h) mesurées en clôture du site pour 2021, aux valeurs moyennes des 5 dernières années

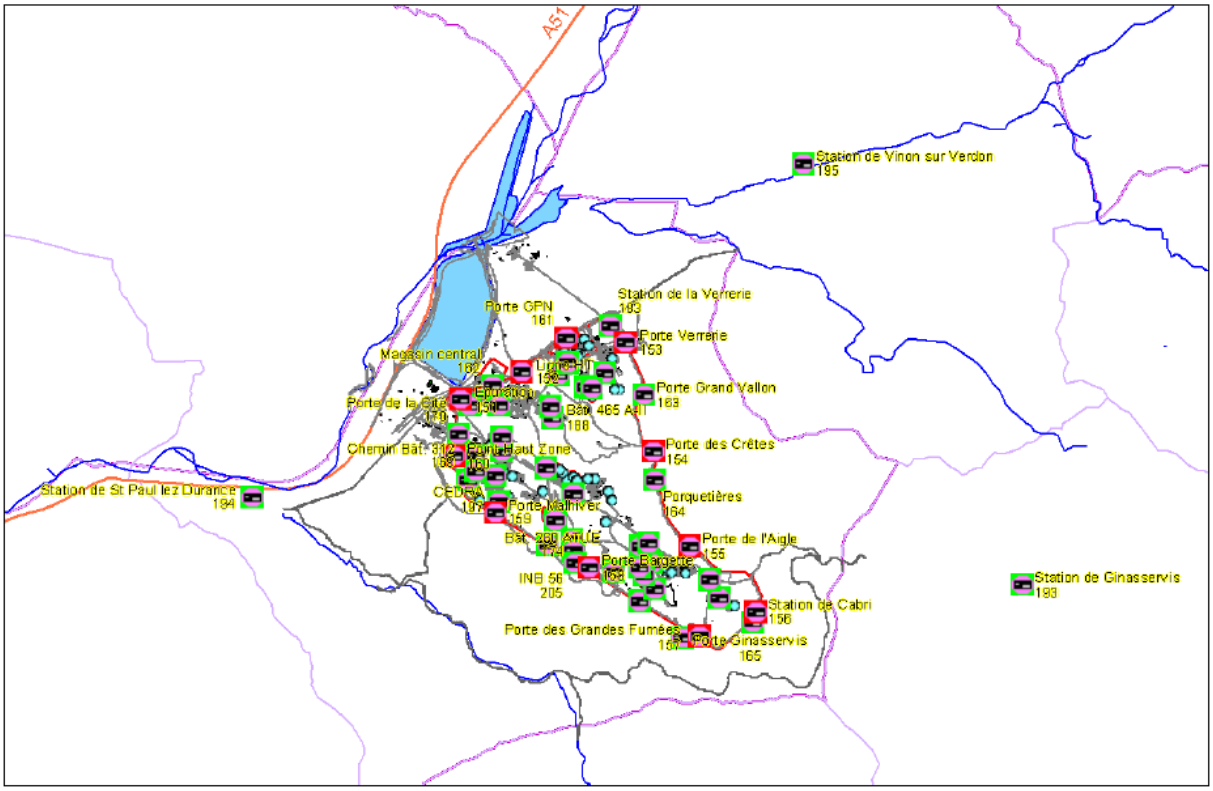
Les valeurs de dosimétrie ambiante mesurées en clôture de site en 2021 sont globalement inférieures à la valeur moyenne calculée depuis 2017. Il convient de noter cependant que la valeur annuelle moyenne sur les 5 dernières années du débit de dose du dosimètre « INB 56 chemin de ronde » est égale à 117 nSv/h. Cette valeur est due à l'influence de l'entreposage de déchets sur l'INB 56 en bordure de clôture.

À titre de comparaison, la valeur moyenne enregistrée à Manosque (valeur régionale, hors de toute activité nucléaire) est de 79 nSv/h en 2021.

Malgré les hypothèses pénalisantes de temps de présence à la clôture, la dose ajoutée reste, dans tous les cas, inférieure à la limite de 1 mSv/an pour le public (Art. R1333-11 du Code de la santé publique).

Mesures de dosimétrie passive gamma (γ) ambiant à proximité des installations

Des dosimètres ont également été implantés sur le site de Cadarache pour mesurer en continu, avec traitement trimestriel en différé, le débit de dose γ ambiant **à proximité des installations**. La Figure 32 montre le positionnement de ces dosimètres.



Nota : des dosimètres témoins placés à Sainte-Tulle et Manosque n'apparaissent pas sur la figure

Figure 32 : Stations de mesure de dosimétrie différée pour la mesure de l'exposition gamma ambiant.

La Figure 33 présente le débit de dose γ ambiant moyen annuel calculé d'après les mesures en continu, pour les différents dosimètres installés, pour l'année 2021.

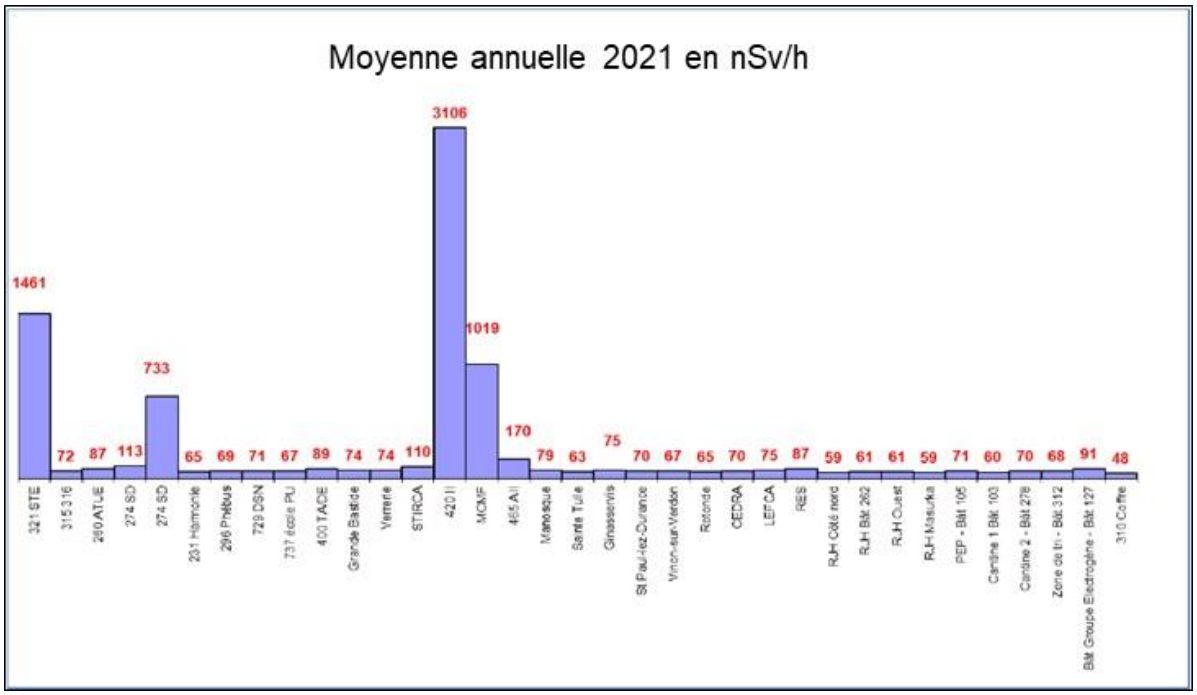


Figure 33 : Débit de dose γ ambiant moyen annuel (en nSv/h) calculé d'après les mesures en continu pour les différents dosimètres installés à proximité des installations

Les valeurs de dosimétrie intégrée moyenne mesurées en 2021, les plus élevées, correspondent à des points de mesure situés à proximité d'installations d'entreposage de déchets ou d'effluents radioactifs. Ce sont les points de mesures suivants :

- le dosimètre noté « 321 STE », situé à proximité de l'INB 37B ;
- le dosimètre noté « 274 SD », situé à proximité de l'INB 56 ;
- le dosimètre noté « MCMF », situé à proximité du MCMF (bâtiment 411) ;
- le dosimètre noté « 420 II », situé à proximité du bâtiment où sont entreposés les fûts de résidus radifères Rhodia.

5. Sols, végétaux et produits de consommation

5.1. Sols

5.1.1. Caractéristiques radiologiques et chimiques des sols autour de Cadarache

5.1.1.1. Caractéristiques radiologiques

En application de la prescription [CEACAD-46] de la décision de l'ASN n° 2017-DC-0597 du 11 juillet 2017, un prélèvement annuel de sol est effectué à Saint-Paul-lez-Durance à proximité de la station de surveillance atmosphérique, sur lequel une spectrométrie gamma et une spectrométrie alpha sont réalisées. Les résultats des analyses radiologiques réalisées sur la terre brute entre 2017 et 2021 sont reportés dans le tableau 15.

Année	Radioéléments artificiels (Bq/kg sec)						
	^{137}Cs	^{238}Pu	^{239}Pu + ^{240}Pu	^{241}Am	^{234}U	^{235}U	^{238}U
2017	3,9	< 0,01	0,15	0,08	-	-	-
2018	5,1	< 0,015	0,12	< 0,032	9,7	0,46	9,2
2019	12	< 0,028	< 0,26	0,1	22	1,3	22
2020	6,9	< 0,023	0,14	< 0,095	20	0,96	21
2021	19	< 0,16	0,45	0,024	19	0,81	18

Tableau 15 : Activités massiques de l'échantillon de terre (sol) prélevé à Saint-Paul-lez-Durance.

Des traces de radionucléides d'origine artificielle, tels que le césium-137 ou le plutonium (239+240), sont parfois mesurées.

À titre de comparaison, des analyses ont été réalisées par le CEA sur des échantillons de terre prélevés sur la commune de Cucuron (commune située à une trentaine de kilomètres au nord-nord-ouest de Cadarache) considérés comme **échantillons de référence** de la radioactivité « naturelle » de la région proche de Cadarache (échantillons non marqués par les activités du site de Cadarache, du fait de la situation géographique de la commune).

Le tableau 16 présente les résultats des mesures effectuées sur les échantillons de terre prélevés à Cucuron en 2008, 2009 et 2010.

Point, Année	Radioéléments Naturels (Bq/kg sec)			Radioéléments artificiels (Bq/kg sec)			
	^{228}Ra+desc.	^{40}K	^{210}Pb	^{137}Cs	^{238}Pu	^{239}Pu + ^{240}Pu	^{241}Am
TER1, 2008	15	140	44	33			
TER2, 2008	27	490	42	16			
TER3, 2009	11	130		19	< 0,05	0,4	< 0,05
TER4, 2010	14	140		24			

Tableau 16 : Activités massiques des échantillons de terre (sol) prélevés à Cucuron

Les activités massiques mesurées en 2019 pour les radionucléides artificiels sont comparables.

Ces éléments montrent que les activités mesurées en 2019 en césium 137, et en plutonium 239 et plutonium 240 dans l'échantillon prélevé à Saint-Paul-lez-Durance sont comparables, non seulement à celles mesurées les années précédentes, mais également à celles faisant office de référence en matière de radioactivité naturelle. L'activité massique en césium 137 est par ailleurs cohérente avec le niveau moyen d'activité mesuré sur le territoire français et consécutif aux retombées de l'accident de Tchernobyl de 1986. Les activités massiques en plutonium sont, elles, cohérentes avec le marquage dû aux retombées des essais aériens d'armes nucléaires (de 1945 à 1980).

Les activités massiques d'un plus grand nombre de radionucléides ont été mesurées sur des échantillons de sol (sur six points de prélèvement) dans le cadre du « point zéro radiologique » d'ITER réalisé en 2007[2]. La localisation des points de prélèvements est précisée sur la Figure 34, et les résultats sont présentés dans le Tableau 17.

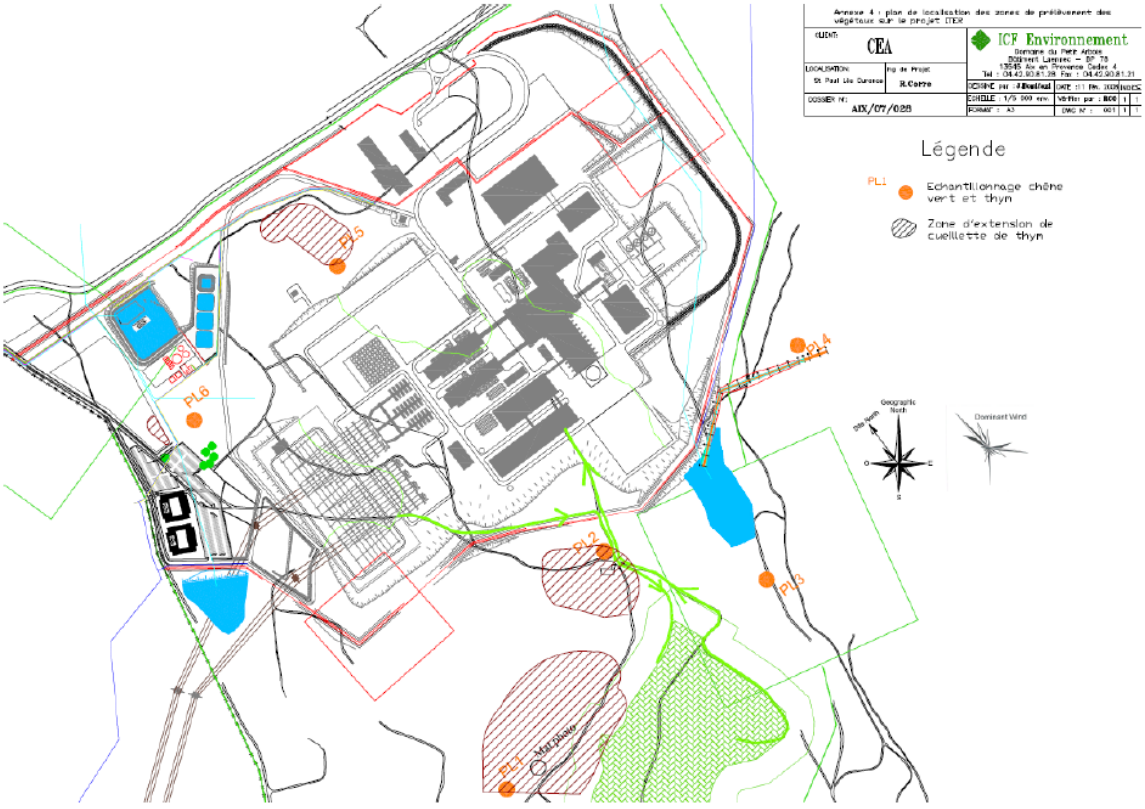


Figure 34 : Points de prélèvements des sols superficiels et des végétaux sur le site d'ITER

[2] Point zéro réalisé dans le cadre du dossier de Demande d'Autorisation de Création (DAC) d'ITER sur le site de Cadarache en 2007. L'analyse de l'état initial du site d'ITER est présentée dans l'étude d'impact qui est consultable sur le site Internet d'ITER à l'adresse suivante : *https://www.iter.org/fr/dac*.

Radionucléide	Prélèvements de sol de 0 à -0,05 m (Bq/kg de matière sèche)	Prélèvements de sol De -0,05 à - 0,20 m (Bq/kg de matière sèche)
^{7}Be	< 3 à 6,7	< 3
^{40}K	147 à 379, 5	170,1 à 379,5
^{51}Cr	<1 à < 3	<2 à < 3
^{54}Mn	< 0,2 à < 0,3	<0,2 à < 0,3
^{60}Co	<0,1 à < 0,3	<0,2 à < 0,3
^{129}I	<3 à < 5	<3 à < 5
^{133}Ba	<0,4 à < 0,5	<0,3 à < 0,5
^{134}Cs	<0,2 à < 0,3	< 0,2 à < 0,3
^{137}Cs	< 0,5 à 61,34	4,23 à 22,91
^{226}Ra	< 1 à 44,6	10,2 à 33,7
^{228}Ra	< 2 à 32,5	14,6 à 37,6
Radionucléide	**Prélèvements de sol de 0 à -0,05 m (Bq/kg de matière sèche)**	**Prélèvements de sol De -0,05 à - 0,20 m (Bq/kg de matière sèche)**
^{152}Eu	<0,5 à < 1,2	<0,5 à < 1
^{154}Eu	<0,5 à < 2	<0,8 à < 1
^{22}Na	<1 à < 4	<3 à < 4
^{235}U	<3 à < 4	< 3 à 5,3
^{238}U	12,6 à 24,9	8,8 à 23,1
^{241}Am	<0,6 à < 0,9	<0,5 à < 0,8
^{90}Sr	21,3 et 52,4	27,7 et 30,5
Mesure α totale	8,27 et 13,6	8,45 et 12,02
Carbone 14	<42 à < 64	<57 à < 60

Tableau 17 : Activités massiques (Bq/kg sec) des sols superficiels mesurées sur le site d'ITER

A titre indicatif, la Figure 35 présente les activités des principaux radionucléides dans les sols et les sédiments français (Bilan de l'état radiologique de l'environnement français publié par l'IRSN). Pour chaque catégorie de sols ou de sédiments sont fournis le nombre de résultats exploités (supérieurs au seuil de décision) et le nombre d'analyses (exemple : 262/270).

Les activités volumiques mesurées ne montrent aucune anomalie par rapport aux valeurs caractéristiques de la région.

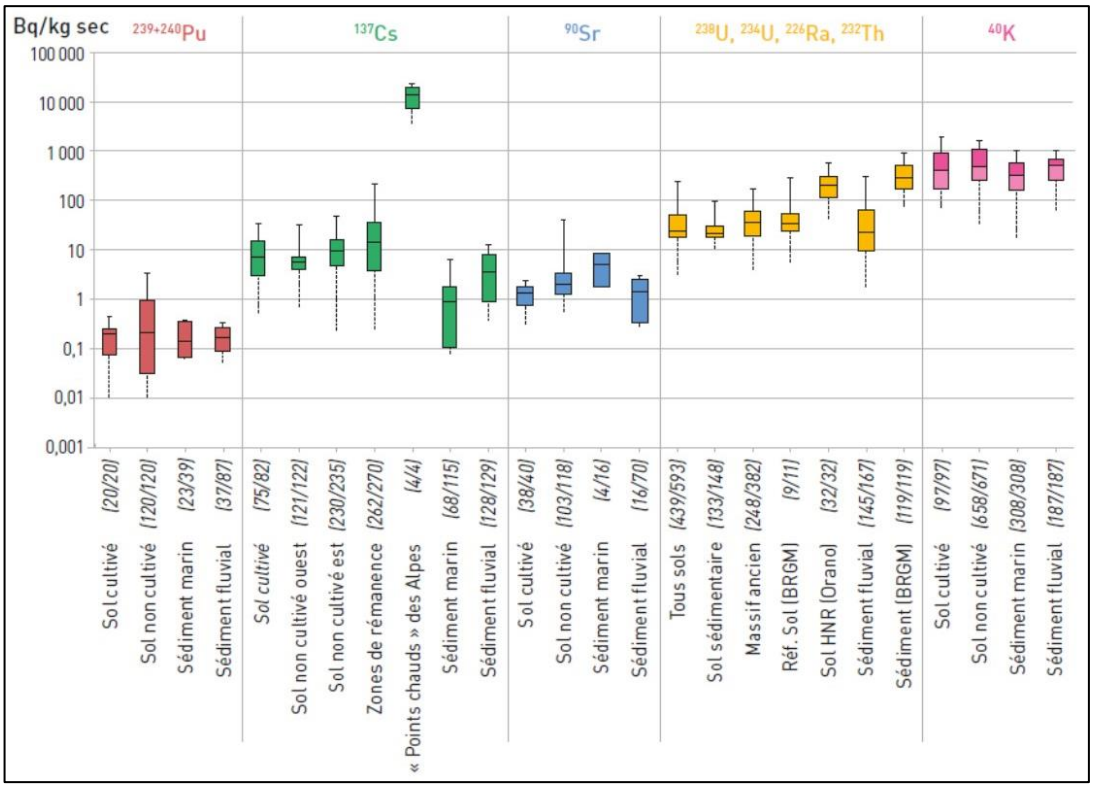


Figure 35 : Principaux radionucléides dans les sols et les sédiments français (Source : IRSN)

5.1.1.2. Caractéristiques chimiques

Dans le cadre du « point zéro chimique » d'ITER, des analyses chimiques détaillées ont été réalisées sur des échantillons de sols superficiels prélevés entre 0,2 à 0,4 m, ainsi que sur des échantillons de sols profonds prélevés entre 2 et 19 m (prélèvements réalisés à partir de carottes de terrain issues de la construction de piézomètres sur la zone du projet ITER). Les résultats de ces analyses, ainsi que la concentration de référence de chaque substance chimique dans les sols pour la région PACA (bruit de fond géochimique), sont présentés dans le tableau suivant.

Substance	Unité	Concentration des sols superficiels entre 0,2 et 0,4 m	Concentration des sols profonds entre 2 et 19 m	Bruit de fond
Dioxines et Furannes	pg/g	0 à 1,65	0	
Aluminium	mg/kg	19 000 à 48 000	150 00 à 24 000	
Arsenic	mg/kg	5,5 à 15	1,6 à 8,8	8,96
Béryllium	mg/kg	< 0,5	< 0,5	< 2
Cadmium	mg/kg	< 0,5	< 0,5	0,12 / 0,42
Chrome total	mg/kg	26 à 93	21 à 160	44 / 75
Cuivre	mg/kg	4,2 à 20	2,2 à 11	22,2 / 14,9
Mercure	mg/kg	< 0,05	< 0,05	0,022
Nickel	mg/kg	16 à 48	11 à 27	21,8 / 41,3
Plomb	mg/kg	7,8 à 24	3,2 à 7,6	17,2 / 64,8
Zinc	mg/kg	21 à 65	12 à 50	47 / 149
Fer	mg/kg	10 000 à 31 000	6 000 à 13 000	
Manganèse	mg/kg	200 à 1 000	140 à 180	1585
Cyanures totaux	mg/kg	< 2	< 2	
Indice Hydrocarbures	mg/kg	< 200	< 200	

Nota : le second chiffre, quand il est présent dans la colonne du bruit de fond correspond à la valeur de référence pour le programme ASPITET (Programme lancé par l'INRA en 1994 : Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Eléments Traces)

Tableau 18 : Concentrations en substances chimiques dans les sols échantillonnés sur la zone ITER

Les concentrations en substances chimiques mesurées dans les prélèvements de sols autour d'ITER montrent toutes des niveaux comparables au bruit de fond pour la région PACA. Seul le chrome a été détecté à des valeurs plus significatives aux points PL3 et IT43 (Figure 36). Ces concentrations pourraient s'expliquer par la présence d'une verrerie dans le passé, qui aurait utilisé du chrome pour la fabrication du verre ou de ses accessoires.

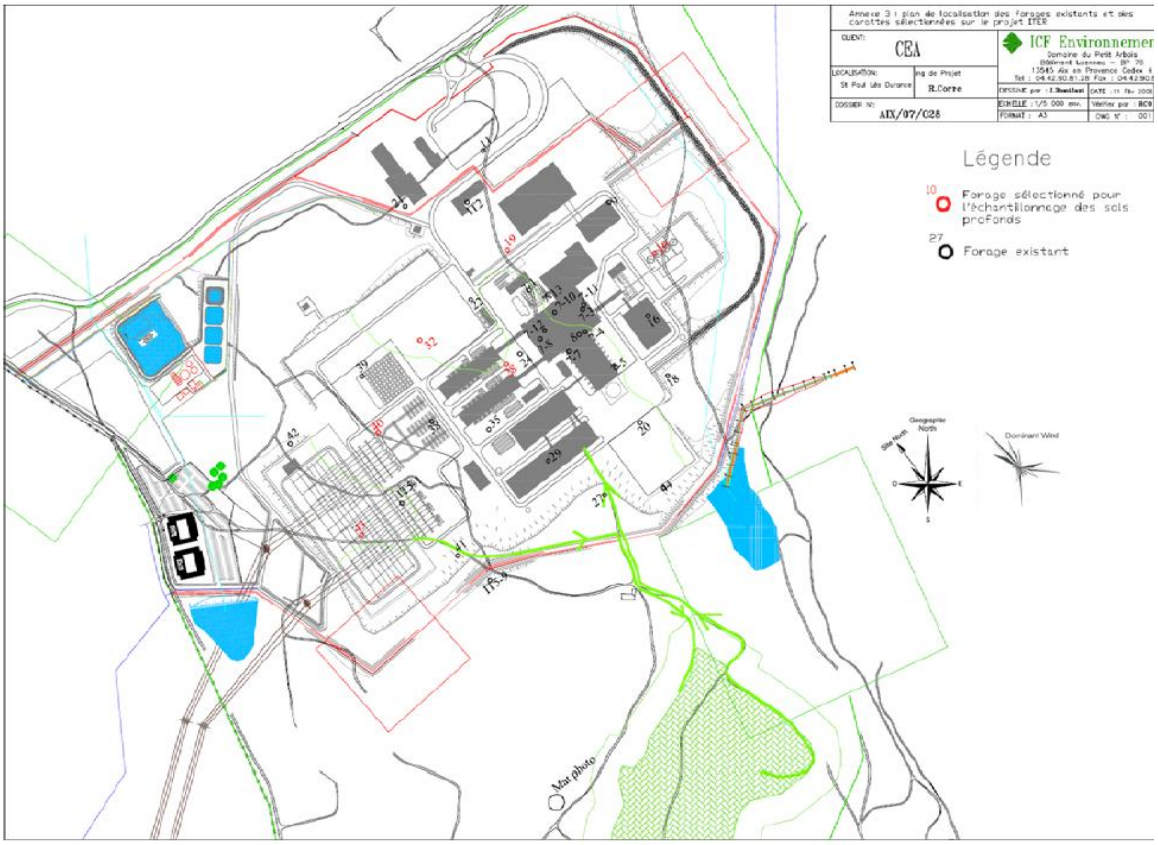


Figure 36 : Emplacement des sondages pour les prélèvements de sols profonds et d'eaux souterraines sur le site d'ITER

5.1.2. Caractérisation radiologique et chimique des sols autour de l'INB 56

Un état des lieux de l'état radiologique et chimique des sols autour de l'INB 56 a été effectué en 2015. Les paragraphes suivants présentent la méthodologie de caractérisation, et les résultats obtenus.

5.1.2.1. Méthodologie appliquée

La méthodologie de caractérisation préliminaire des sols du périmètre de l'INB 56, présentée ci-après, suit les principes édictés dans la Norme ISO 18 557 « Principes de caractérisation des sols, bâtiments et infrastructures contaminées par des radionucléides, à des fins de réhabilitation ».

Depuis les années 2000, le CEA a mis en place une méthodologie basée sur le retour d'expérience du centre de Fontenay-Aux-Roses et les méthodologies existantes (Guide IRSN de gestion des sites potentiellement contaminés par des substances radioactives version 2001, directive EURATOM 96-29, etc.).

La méthodologie comprend plusieurs étapes qu'il est possible de synthétiser selon le logigramme ci-après.

Analyse historique et fonctionnelle

La réalisation d'études historiques et fonctionnelles est une phase préalable, incontournable et d'une grande importance pour la maîtrise de l'état radiologique initial. Sans ces études, les actions nécessaires à la réalisation de l'état initial imposent beaucoup plus d'investigations, de prélèvements et d'analyses qui induisent des coûts importants. Cette étape doit permettre d'identifier toutes les activités qui se sont déroulées sur le site, le(s) périmètre(s) qu'ont connu(s) les installations, les radionucléides manipulés, les événements, etc. L'étude des vues aériennes existantes est indispensable. La précision des relevés et des cartographies doit être inférieure au mètre si l'on ne veut pas générer, lors de l'assainissement final, des mètres cubes de déchets inutiles. Dans ce contexte, le CEA/Fontenay-aux-Roses a développé KARTOTRAK®, un système d'information géographique (SIG) permettant d'utiliser tout type de support géoréférencé, selon plusieurs formats (vectoriel, etc.).

L'utilisation d'un GPS avec correction différentielle submétrique en continu permet de connaitre avec précision la position notamment des points de prélèvement et de mesures in-situ

Mesures radiologiques des sols en surface

La seconde étape consiste à caractériser les sols en surface. Lorsque les polluants sont des émetteurs gamma, l'utilisation de détecteurs usuels (NaI, Spectrométrie-Gamma, Scintillateurs Plastiques) permet de mesurer le flux. L'association d'un positionnement GPS et d'une mesure in-situ et/ou d'un prélèvement est un minimum. Le CEA a développé des dispositifs de mesures en temps réel associés à la plateforme logicielle KARTOTRAK, qui permet, le dispositif se déplaçant à 2,6 km/h, de collecter à chaque seconde les mesures des différents détecteurs. L'exploitation par géostatistique de ces données, très souvent collectées de façon exhaustive sur le site, permet une restitution en 2D d'une carte mettant en évidence, les zones d'intérêt où le flux gamma est différent. Complétées par quelques échantillons dans un premier temps, les cartographies sont très rapidement exploitables. Dans l'impossibilité de réaliser des mesures gamma in situ pour certains radionucléides, des prélèvements d'échantillons sont réalisés en utilisant un maillage approprié. Cette méthodologie a été utilisée sur la zone du Parc qui présente un bruit de fond gamma trop élevé pour être investiguée avec les outils décrits ci-dessus.

La **géostatistique** se réfère aux méthodes d'analyse probabiliste pour étudier des phénomènes corrélés dans l'espace appelés « phénomènes régionalisés ». Elle propose des solutions de prédiction spatiale de variables mesurées en différents points d'une zone d'intérêt, d'analyse du risque de dépassements de seuils, ainsi que d'optimisation d'échantillonnage.

Les méthodes géostatistiques sont utilisées dans de nombreux domaines, notamment dans les géosciences, dès lors qu'il est besoin d'interpolation spatiale « intelligente » à partir de mesures ponctuelles, assortie d'une cartographie quantifiée de l'incertitude associée à cette interpolation : domaine minier, domaine pétrolier, sites et sols pollués, bathymétrie, pluviométrie, hydrogéologie, etc.

Plan d'échantillonnage dans les zones d'intérêt

Cette étape permet d'implanter les sondages dans les aires où l'incertitude et la variabilité sont importantes contrairement à ce qui était habituellement fait par le passé lorsque l'on implantait presque tous les sondages dans les zones où l'activité était la plus importante.

Analyse des profils de la pollution

Les sondages de sols sont réalisés avec des techniques n'utilisant pas l'eau pour minimiser la lixiviation de l'échantillon, il convient de collecter des échantillons représentatifs de carotte ou de tronçon de carotte. Cette opération est précédée dans un premier temps par une mesure de gamma scanning de la carotte par pas de 10 cm afin d'identifier la présence d'éventuels « points chauds » (c'est-à-dire des points de mesure qui se dégagent nettement de la valeur moyenne), puis dans un second temps par des prélèvements sur la carotte. Ceux-ci sont réalisés par pas de 25 cm.

Chaque échantillon fait l'objet en laboratoire de mesures par spectrométrie gamma et/ou de mesures radiochimiques et d'émetteurs bêta purs. Les résultats permettent de tracer les profils des différents radionucléides. A partir de cette étape, on peut valider l'analyse fonctionnelle du site, et s'attacher à comprendre les mécanismes de pénétration de chaque radionucléide dans les sols qu'ils soient composés de remblais ou de terrain naturel.

Les mesures radiologiques ont été complétées à partir de 2004 par des mesures chimiques afin d'identifier d'éventuelles pollutions chimiques associées aux pollutions radiologiques. Outre un suivi permanent des opérations de sondages par un géologue et un contrôle visuel des carottes, des échantillons sont analysés en laboratoire afin de déterminer les exutoires prévisionnels (déchets conventionnels, déchets radioactifs).

Cartographie radiologique en 3D

Comme pour la réalisation des cartographies en 2D, la réalisation d'une cartographie tridimensionnelle utilise la géostatistique comme technique d'analyse des données et d'estimation des niveaux d'activité. Cette cartographie va permettre d'obtenir des épures basées notamment sur des probabilités de dépassement de niveau d'activité. Ces résultats sont utilisés dans un premier temps pour comparer les différents scénarios de réhabilitation de la zone d'un point de vue technique et financier.

Etude coût/avantage – Réhabilitation et impact sanitaire associé

A partir du résultat des différentes étapes et pour un impact sanitaire résiduel (après retrait de la contamination) acceptable en fonction de la réutilisation envisagée du site, une étude coût /avantage est conduite pour chaque profil de pollution. En fonction des profondeurs à atteindre pour assainir le site, le coût pourra évoluer très rapidement. L'ensemble de ces données va permettre d'élaborer une représentation synthétique de l'approche coût/avantage à travers un graphe dont l'analyse montrera quel objectif il est raisonnable d'atteindre. Il peut indiquer également si l'enlèvement supplémentaire de sols est efficace en terme de réduction de l'impact sanitaire à partir d'une certaine profondeur. A contrario, dès lors que la pollution est bien bornée et peu profonde, l'étude conclut généralement à un retrait total de la contamination.

Contrôles finaux à la fin de la réhabilitation

En fin d'assainissement, on utilisera des outils statistiques (selon la norme ISO/TR 8550) afin de s'assurer de l'atteinte de l'objectif final.

Il conviendra aussi de prendre en compte l'analyse des profils de sols ainsi que les ratios des mesures alpha et bêta existant après le traitement d'une pollution afin d'adapter le type de contrôle et d'analyse à faire sur les échantillons pour l'estimation de l'activité résiduelle.

5.1.2.2. Résultats

La réalisation de l'étude historique a permis de mettre en évidence certaines régions d'intérêt historiques sur la zone du Parc et des Tranchées. Les données récoltées mettaient parfois en évidence la réalisation d'un assainissement antérieur des sols sans toutefois indiquer de valeurs précises. De ce fait, ces zones connues historiquement ont été évaluées.

En complément de cette étude historique, une campagne de mesure radiologique surfacique a été réalisée en juillet 2015 sur la zone du Parc et des Tranchées.

Ces campagnes surfaciques ont associé des mesures du flux gamma émergent en temps réel à la réalisation de prélèvements.

L'analyse d'une centaine d'échantillons de prélèvements de surface a mis en évidence côté zone du Parc des zones de marquage en ^{137}Cs, ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu et ^{241}Pu. Celles-ci ont migré par le ruissellement d'eaux de pluie sur les talus, dans les caniveaux entourant l'INB 56.

Sur la zone des Tranchées, des mesures significatives sont observées à proximité de la tranchée T5 (0,06 Bq/g en ^{137}Cs, 0,13 Bq/g en ^{234m}Pa, 0,086 Bq/g en ^{241}Am, 0,037 Bq/g en $^{239+240}$Pu).

Cette étude a été complétée par une cartographie en profondeur (maximum 5 mètres) par sondage (prise en compte de l'historique et des zones d'intérêt mises en évidence par les mesures surfaciques pour définir leur emplacement selon la norme ISO 18557), avec la réalisation de 16 sondages de sols sur la zone du Parc et de 13 sondages de sols sur la zone des Tranchées (qui ont permis d'aboutir à la réalisation de profils de migration verticale). Seuls les sondages présentant des mesures supérieures au bruit de fond ont fait l'objet de profils de migration.

Les résultats d'analyses des nombreux prélèvements (sur la zone du Parc et celle des Tranchées) en laboratoire indiquent des activités maximales majoritairement inférieures à 1 Bq/g pour les principaux radionucléides rencontrés : ^{234}Th, ^{137}Cs, ^{241}Am, ^{235}U, $^{239+240}$Pu et ^{90}Sr.

Les résultats d'analyses chimiques permettent de mettre en évidence une absence de polluant chimique sur les zones investiguées hormis au niveau de l'ancienne zone de retournement des camions (à proximité de l'ancien poste de transfert des combustibles) de la zone du Parc.

Figure 37 : Localisation des points de sondage et de prélèvements de sols sur la zone du Parc

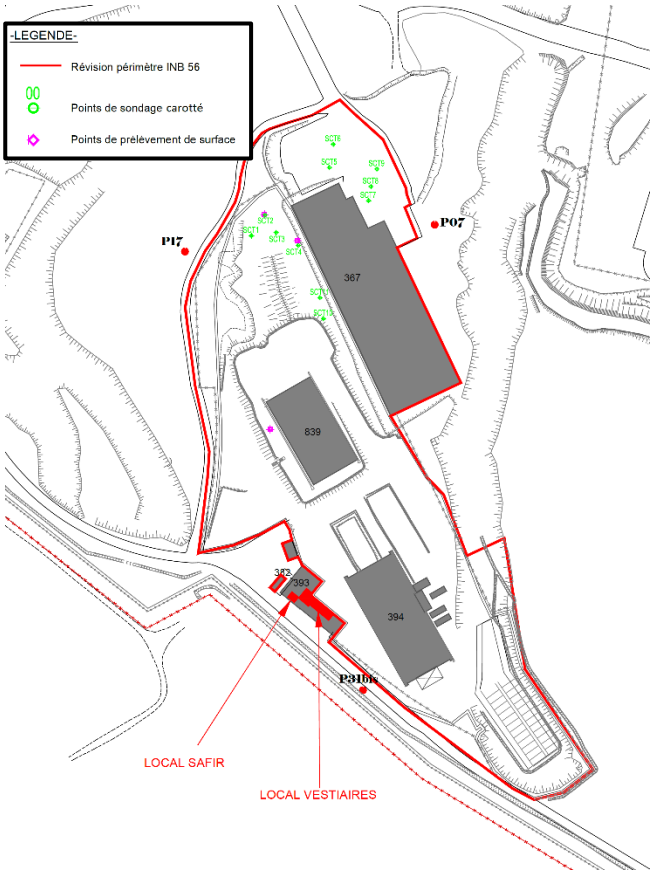


Figure 38 : Localisation des points de sondage et de prélèvements de sols sur la zone des Tranchées

5.2. Végétaux

Pour assurer la surveillance du milieu terrestre, le laboratoire de surveillance de l'environnement du CEA de Cadarache prélève dans les communes situées autour du site, divers types d'échantillons d'origine végétale, avec en particulier des denrées alimentaires destinés à la consommation humaine (fruits et légumes à feuilles et à racines), ainsi que du lait de chèvre et du thym.

5.2.1. Flore

5.2.1.1. Analyses radiologiques

Chaque mois, des prélèvements de thym sont effectués par le CEA sur les stations de Ginasservis, Saint-Paul-lez-Durance, La Grande Bastide et la Verrerie. Le thym est un bio-indicateur qui permet de renseigner sur une éventuelle contamination radiologique car il concentre certains radionucléides émis par l'industrie nucléaire, en particulier le Césium 137.

Après traitement (étuvage et calcination), les végétaux prélevés sont analysés au laboratoire afin de :

- réaliser une mesure d'activité bêta global ;
- rechercher des émetteurs gamma, notamment le potassium 40.

Une fois par an, des mesures de l'activité en tritium (libre et organiquement lié) et en carbone 14 sont également effectuées sur des échantillons lyophilisés, ainsi qu'une spectrométrie alpha sur l'échantillon calciné.

Les suivants présentent les résultats obtenus entre 2017 et 2021 sur des prélèvements de thym (valeurs moyennes en Bq/kg frais, sauf pour le ^{14}C en Bq/kg de carbone total).

Activités massiques moyennes en Bq/kg frais				
2017	**Ginasservis**	**Saint-Paul-lez-Durance**	**Grande Bastide**	**Verrerie**
^{40}K	256	295	227	190
^{137}Cs	0,41	0,66	0,51	0,48
^{134}Cs	< 1,8	< 2,3	< 1,7	< 2,6
^{14}C(Bq/kg de C total)	237	248	225	210
^{3}H libre	< 0,30	< 0,36	< 0,51	< 0,41
^{3}H lié	< 0,67	< 0,60	< 0,52	< 0,24
^{238}Pu + ^{241}Am	< 1,3E-03	< 1,2E-03	< 2,5E-03	< 7,0E-04
^{239}Pu + ^{240}Pu	9,5E-03	1,2E-02	< 5,2E-03	6,6E-03

Tableau 19 : Activités massiques moyennes mesurées dans le thym prélevé sur les stations de surveillance de l'environnement en 2017

Activités massiques moyennes en Bq/kg frais				
2018	**Ginasservis**	**Saint-Paul-lez-Durance**	**Grande Bastide**	**Verrerie**
^{40}K	207	211	144	132
^{137}Cs	< 2,1	2,4	< 2,1	< 2,1
^{134}Cs	< 2,3	< 2,2	< 2,4	< 2,2
^{14}C(Bq/kg de C total)	240	248	228	220
^{3}H libre	< 0,70	< 0,69	< 0,70	< 0,82
^{3}H lié	< 0,42	< 0,48	< 0,38	< 0,42
^{234}U	2,8	2,4	2,1	3,0
^{235}U	1,3E-01	< 6,9E-02	< 5,9E-02	< 1,7E-01
^{238}U	2,3	2,1	1,6	2,6
^{238}Pu	< 1,0E-02	< 1,8E-02	< 3,0E-02	< 3,1E-01
^{239}Pu + ^{240}Pu	8,0E-02	9,9E-02	8,8E-02	5,1E-01
^{241}Am	< 4,0E-02	< 2,5E-02	< 4,4E-02	< 4,1E-02

Tableau 20 : Activités massiques moyennes mesurées dans le thym prélevé sur les stations de surveillance de l'environnement en 2018

Activités massiques moyennes en Bq/kg frais				
2019	**Ginasservis**	**Saint-Paul-lez-Durance**	**Grande Bastide**	**Verrerie**
^{40}K	196	204	168	176
^{137}Cs	< 2,2	1,8	1,1	< 2,4
^{134}Cs	< 2,5	< 2,6	< 2,8	< 2,7
^{14}C(Bq/kg de C total)	241	247	238	236
^{3}H libre	< 7,4E-01	< 7,3E-01	< 8,4E-01	< 8,1E-01
^{3}H lié	< 4,1E-01	< 3,7E-01	< 3,2E-01	< 4,3E-01
^{234}U	1,0	1,23E-01	1,2E-01	6,8E-02
^{235}U	4,8E-02	< 3,73E-03	< 4,2E-03	< 3,72E-03
^{238}U	8,8E-01	1,0E-01	1,1E-01	5,6E-02
^{238}Pu	< 1,9E-03	< 1,2E-03	< 3,4E-03	< 2,5E-03
^{239}Pu + ^{240}Pu	< 6,4E-04	7,9E-03	1,75E-02	< 5,3E-03
^{241}Am	< 9,3E-03	< 4,8E-03	< 3,8E-03	< 8,6E-03

Tableau 21 : Activités massiques moyennes mesurées dans le thym prélevé sur les stations de surveillance de l'environnement en 2019

Activités massiques moyennes en Bq/kg frais				
2020	**Ginasservis**	**Saint-Paul-lez-Durance**	**Grande Bastide**	**Verrerie**
^{40}K	219	200	224	194
^{137}Cs	< 2,6	< 2,3	< 2,6	< 3
^{134}Cs	< 3,1	< 2,7	< 3,1	< 3,4
^{14}C(Bq/kg de C total)	219	210	230	227
^{3}H libre	< 7,1E-01	< 7,9E-01	< 7,3E-01	< 7,2E-01
^{3}H lié	< 5E-01	< 3,9E-01	< 4,8E-01	< 5,3E-01
^{234}U	8,2E-02	8,9E-02	8,7E-02	1,9E-01
^{235}U	< 5E-03	< 6,6E-03	< 4,1E-03	8,2E-03
^{238}U	7,1E-02	7,5E-02	8,2E-02	1,8E-01
^{238}Pu	< 2,6E-03	< 5,6E-03	< 8,2E-03	< 4,3E-03
^{239}Pu + ^{240}Pu	< 5,2E-03	< 7,5E-03	7,2E-02	< 1E-02
^{241}Am	< 1E-02	< 1,1E-02	< 1,4E-01	< 1,2E-02

Tableau 22 : Activités massiques moyennes mesurées dans le thym prélevé sur les stations de surveillance de l'environnement en 2020

Activités massiques moyennes en Bq/kg frais				
2021	**Ginasservis**	**Saint-Paul-lez-Durance**	**Grande Bastide**	**Verrerie**
^{40}K	2,01E+02	2,05E+02	2,14E+02	2,22E+02
^{137}Cs	< 1,6E+00	< 1,5E+00	< 1,9E+00	< 2,6E+00
^{134}Cs	< 1,8E+00	< 1,9E+00	< 2,2E+00	< 3,0E+00
^{14}C(Bq/kg de C total)	1,94E+02 ± 14%	2,0E+02 ± 14%	2,05E+02 ± 13,7%	2,27E+02 ± 14,4%
^{3}H libre	< 5,6E-01	< 7,1E-01	< 7,2E-01	< 7,2E-01
^{3}H lié	< 6,5E-01	< 5,6E-01	< 5,1E-01	< 1,1E+00
^{234}U	2,0E-01 ± 11%	1,7E-01 ± 12%	1,0E-01 ± 17%	2,7E-01 ± 9,8%
^{235}U	1,3E-02 ± 36%	< 1,1E-02	3,2E-02 ± 32%	1,3E-02 ± 35%
^{238}U	2,1E-01 ± 11%	1,9E-01 ± 12%	1,1E-01 ± 19%	2,7E-01 ± 9,9%
^{238}Pu	< 4,9E-03	< 4,1E-03	< 1,1E-02	< 3,4E-03
^{239}Pu + ^{240}Pu	< 1,2E-02	< 1,3E-02	< 4,1E-02	< 1,3E-02
^{241}Am	< 1,1E-02	< 1,4E-02	< 1,8E-02	< 8,4E-03

Tableau 23 : Activités massiques moyennes mesurées dans le thym prélevé sur les stations de surveillance de l'environnement en 2021

Le potassium 40, isotope radioactif du potassium est naturellement présent dans les végétaux à l'inverse du césium 137 qui a une origine artificielle. A titre indicatif, les analyses réalisées en 2009 et 2010 sur des échantillons de thym « de référence » prélevés à Cucuron, à une trentaine de kilomètres de Cadarache et hors influence, montrent des niveaux d'activité massique en potassium 40 de l'ordre de 202 Bq/kg frais.

Les niveaux d'activité massique en carbone 14 (en moyenne 207 Bq/kg de carbone en 2021) sont proches des valeurs trouvées communément dans les végétaux.

Les niveaux d'activité massique en césium 137 sont du même ordre de grandeur que ceux mesurés sur le sol français (retombées de l'accident de Tchernobyl en 1986).

Les valeurs annuelles en tritium libre et en tritium organiquement lié sont toutes inférieures aux seuils de décision.

Enfin, les valeurs en uraniums sont cohérentes avec les valeurs publiées par l'IRSN dans le bilan radiologique de l'environnement français (Figure 39).

Des mesures ont également été réalisées dans le cadre du « point zéro radiologique » d'ITER en 2007, sur des échantillons de thym et de chêne vert, ce dernier étant un bio-indicateur de tritium dans le cycle de l'eau. Les résultats des analyses sont présentés dans le Tableau 24.

Elément	Activités massiques - Thym (Bq/kg de matière sèche)	Activités massiques - Chêne vert (Bq/kg de matière sèche)
^{7}Be	60,6 à 197,9	18,8 à 89,4
^{40}K	<11 à 429	<11 à <194
^{51}Cr	<1 à <11	<1 à <12
^{54}Mn	<0,4 à <0,7	< 0,3 à <0,7
^{60}Co	<0,3 à <0,7	< 0,3 à <0,8
^{129}I	<2 à <72	< 2 à <72
^{133}Ba	<0,3 à <0,9	< 0,4 à <0,7
^{134}Cs	<0,4 à <0,7	<0,3 à <0,6
^{137}Cs	<0,3 à 2,17	<0,3 à 1,95
^{226}Ra	<4 à <12	< 5 à <10
^{228}Ra	1,8 à 3,53	<1 à <3
^{152}Eu	<0,5 à <1	<0,4 à <0,8
^{154}Eu	<0,2 à <0,7	< 0,3 à <0,6
^{22}Na	<0,4 à < 0,8	< 0,3 à <0,7
^{235}U	<0,3 à <0,7	< 0,3 à <0,6
^{238}U	< 1 à <27	< 1 à <23
^{241}Am	<0,3 à <0,9	< 0,3 à <1
Tritium de l'eau libre	<3 à < 24	<3 à < 9
Tritium sous forme organique	0,5 à <4,2(*)	0,4 à <1,2
Carbone 14	47 à 232	44,1 à 230
Carbone organique total	58 à 163	38 à 110

(*) Quelques valeurs plus élevées ont été mesurées en plusieurs endroits sur le site ITER. Les mêmes échantillons ont ensuite été mesurés par plusieurs laboratoires du CEA et par le seul laboratoire français accrédité pour les mesures OBT, à savoir l'IRSN. Tous ces résultats ont confirmé des valeurs inférieures à la limite de détection en ce qui concerne l'OBT présupposant une erreur dans la mesure initiale ou dans le traitement de l'échantillon. Les valeurs mentionnées ici sont celles qui ont été trouvées par le laboratoire accrédité et exprimées en Bg/l.

Tableau 24 : Activités massiques mesurées sur des échantillons de thym et de chêne vert prélevés sur le site d'ITER

Ces différents résultats ne montrent pas de valeur anormale dans l'environnement autour du site de Cadarache.

5.2.1.2. Analyses chimiques

Pour ce qui concerne le volet chimique, on dispose des analyses des végétaux réalisées en 2007 lors du « point zéro chimique » sur le site d'ITER. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Nature	Unité	Concentration des végétaux - Thym	Concentration des végétaux - Chêne vert	Bruit de fond géochimique (*)
Dioxines et furannes	pg/g	0 à 0,29	0 à 0,79	
Aluminium	mg/kg	410 à 990	120 à 420	
Arsenic	mg/kg	< 0,5	< 0,5	
Béryllium	mg/kg	< 0,5	< 0,5	
Cadmium	mg/kg	< 0,5	< 0,5	
Chrome total	mg/kg	0,91 à 2,4	0,62 à 2,5	0,2 à 1
Cuivre	mg/kg	6,3 à 8,3	3,5 à 4,6	2 à 12
Mercure	mg/kg	0,052 à 0,078	< 0,05 à 0,07	
Nickel	mg/kg	1,1 à 1,7	< 0,5 à 10	0,1 à 3
Plomb	mg/kg	0,86 à 1,3	< 0,5 à 0,95	<3
Zinc	mg/kg	58 à 85	24 à 31	10 à 100
Fer	mg/kg	290 à 660	110 à 350	
Manganèse	mg/kg	49 à 140	25 à 450	
Cyanures totaux	mg/kg	< 2	< 2	
Hydrocarbures	mg/kg	1200 à 4900	< 660 à 830	

(*) : Aucune valeur de bruit de fond géochimique n'ayant été trouvée pour la France, les valeurs indiquées par le Ministère Fédéral Allemand de la Coopération et du Développement Economique (BMZ) ont été utilisées

Tableau 25 : Concentrations en substances chimiques du thym et du chêne vert prélevés sur le site d'ITER

5.2.2. Légumes

Afin d'évaluer l'impact potentiel des rejets radioactifs du CEA Cadarache sur les produits de consommation d'origine végétale cultivés dans la région, des légumes sont achetés tous les trimestres dans des communes situées autour du Centre : à Saint Paul-lez-Durance, Vinon-sur-Verdon, Ginasservis et Gréoux-les-Bains (à noter que ce suivi trimestriel a eu lieu jusqu'à fin 2017, et qu'à partir de 2018, cette collecte devient annuelle, conformément à la décision ASN n° 2017-DC-0597).

Dans la mesure du possible, différents types de végétaux de consommation sont sélectionnés : légumes-fruits ou -fleurs (aubergines courgettes, tomates), légumes-feuilles (blettes, salades) et légumes-racines (carottes, pommes de terre, oignons).

Après traitement (étuvage, calcination), une mesure de l'activité bêta globale, et une spectrométrie gamma permettant notamment la mesure du potassium 40, sont réalisées sur chaque échantillon. Pour chaque lieu de récolte, ces mesures sont complétées sur un échantillon par des mesures de l'activité tritium, carbone 14, strontium-90/yttrium-90 et par une spectrométrie alpha permettant notamment la mesure des transuraniens (Am, Pu). A noter que suite à la mise en application de la décision ASN 2017-DC-0597, la mesure béta globale a été supprimée.

Compte-tenu d'un manque de producteur susceptible de fournir des légumes en 2018 et en 2021, la collecte des végétaux de consommation de Saint-Paul-lez-Durance n'a pu être réalisée. La quantité de matrice racine insuffisante n'a pas permis une analyse complète.

Les résultats des analyses des végétaux de consommation prélevés de 2017 à 2021 sont reportés dans les tableaux suivants. Les moyennes sont calculées pour chaque type de légumes (feuilles, fruits et racines), toutes stations confondues. Les seuils de décision indiqués dans les tableaux sont les seuils les plus élevés obtenus sur l'ensemble des mesures réalisées pour un type de légumes.

Activités massiques moyennes en Bq/kg frais (sauf 14C en Bq/kg de C)			
2017	**Légume feuilles**	**Légume fleurs**	**Légume racines**
^{14}C	231	-	268
^{3}H Eau libre	< 1,2	-	< 1,0
^{3}H organiquement lié	< 6,2E-02	-	< 0,18
^{40}K	117	94	130
^{137}Cs	< 0,13	< 0,11	< 0,11
^{239}Pu + ^{240}Pu	< 3,7E-04	-	< 5,1E-04
^{238}Pu	< 5,9E-04	-	< 5,1E-04
^{241}Am	< 6,5E-04	-	< 6,2E-04
^{90}Sr	< 2,8E-02	-	< 1,8E-02

Tableau 26 : Activités massiques moyennes dans les végétaux de consommation prélevés en 2017

Activités massiques moyennes en Bq/kg frais (sauf 14C en Bq/kg de C)			
2018	**Légume feuilles**	**Légume fleurs**	**Légume racines**
^{14}C	234	224	-
^{3}H Eau libre	< 0,73	< 1,3	-
^{3}H organiquement lié	< 0,35	< 4,9E-02	-
^{40}K	70	73	125
^{137}Cs	< 0,19	< 0,16	< 0,39
^{239}Pu + ^{240}Pu	< 5,3E-04	< 3,5E-04	-
^{238}Pu	< 2,4E-03	< 1,7E-04	-
^{241}Am	< 4,9E-04	< 2,5E-04	
^{90}Sr	< 2,8E-02	< 1,8E-02	-
^{234}U	1,6E-02	4,1E-03	
^{235}U	< 9,3E-04	< 3,2E-04	
^{238}U	1,6E-02	3,2E-03	

Tableau 27 : Activités massiques moyennes dans les végétaux de consommation prélevés en 2018

Activités massiques moyennes en Bq/kg frais (sauf 14C en Bq/kg de C)			
2019	**Légume feuilles**	**Légume fleurs**	**Légume racines**
^{14}C	259	243	260
^{3}H Eau libre	< 1	< 1,2	< 1,1
^{3}H organiquement lié	< 1,1E-01	< 6,7E-02	< 9,8E-02
^{40}K	223	88	105
^{137}Cs	< 6,5E-01	< 4,5E-01	< 4,3E-01
^{239}Pu + ^{240}Pu	< 2,85E-03	< 1,2E-03	< 4,3E-03
^{238}Pu	< 8,3E-04	< 3,75E-04	< 7,6E-04
^{241}Am	< 2,1E-03	< 5,4E-03	< 1,2E-03
^{90}Sr	< 1,7E-01	< 5,3E-02	< 8,8E-02
^{234}U	3,3E-02	2,8E-03	1,4E-02
^{235}U	< 1,7E-03	< 6,2E-04	< 8,8E-04
^{238}U	3,0E-02	2,7E-03	1,2E-02

Tableau 28 : Activités massiques moyennes dans les végétaux de consommation prélevés en 2019

Activités massiques moyennes en Bq/kg frais (sauf ^{14}C en Bq/kg de C)			
2020	**Légume feuilles**	**Légume fleurs**	**Légume racines**
^{14}C	246	238	262
^{3}H Eau libre	< 1,3E+00	< 1,3E+00	< 1,0E+00
^{3}H organiquement lié	< 2,0E-01	< 5,0E-02	< 2,0E-01
^{40}K	102	81	111
^{137}Cs	<3,6E-01	< 3E-01	< 3,6E-01
^{239}Pu + ^{240}Pu	< 1,5E-03	< 6,4E-04	< 4,0E-03
^{238}Pu	< 9,7E-04	< 9,3E-04	< 6,3E-03
^{241}Am	< 2,1E-03	< 1,1E-03	< 2,1E-03
^{90}Sr	< 1,4E-01	< 1,1E-01	< 6,3E-01
^{234}U	2,3E-02	4,1E-03	2,7E-02
^{235}U	< 1,2E-03	< 1,1E-03	< 3,8E-03
^{238}U	1,7E-02	1,8E-03	2,3E-02

Tableau 29 : Activités massiques moyennes dans les végétaux de consommation prélevés en 2020

Activités massiques moyennes en Bq/kg frais (sauf ^{14}C en Bq/kg de C)			
2021	**Légume feuilles**	**Légume fleurs**	**Légume racines**
^{14}C	2,02E+02 ± 17%	2,0E+02 ± 14%	2,24E+02 ± 14,1%
^{3}H Eau libre	< 1,5E+00	< 1,3E+00	< 1,2E+00
^{3}H organiquement lié	< 6,2E-02	< 6,1E-03	< 1,3E-01
^{40}K	1,02E+02	6,8E+01	6,8E+01
^{137}Cs	< 2,7E-01	< 1,2 E-01	< 2,2E-01
^{239}Pu + ^{240}Pu	< 5,3E-04	< 1,2E-03	< 1,5E-03
^{238}Pu	< 3,2E-03	< 7,7E-04	< 8,6E-04
^{241}Am	< 6,4E-04	< 9,0E-04	< 1,9E-03
^{90}Sr	< 7,0E-02	< 6,4E-02	< 1,2E-01
^{234}U	7,0E-03 ± 13%	2,5E-03 ± 25%	5,9E-03 ± 18%
^{235}U	< 8,3E-04	< 4,7E-04	< 1,0E-03
^{238}U	6,4E-03 ± 15%	2,2E-03 ± 26%	5,6E-03 ± 20%

Tableau 30 : Activités massiques moyennes dans les végétaux de consommation prélevés en 2021

Les analyses réalisées montrent la présence de potassium 40, isotope radioactif du potassium naturellement présent dans les végétaux, avec des activités comprises entre 44 et 168 Bq/kg frais en 2021.

À titre indicatif, les analyses réalisées sur des échantillons de végétaux de consommation « de référence » prélevés en 2009 et 2010 à Cucuron, à une trentaine de kilomètres de Cadarache et hors influence, montrent que les activités en potassium 40 sont de l'ordre 154 Bq/kg de frais.

Les activités mesurées en tritium, ^{90}Sr, $^{239+240}Pu$, ^{238}Pu, ^{241}Am et ^{137}Cs sont toutes inférieures aux seuils de décision.

A titre indicatif, l'IRSN donne, dans ses bilans annuels de l'état radiologique de l'environnement français, des valeurs de bruit de fond en strontium 90 mesuré sur les salades : de l'ordre de 0,1 Bq/kg frais en 2009, et 0,076 Bq/kg frais en 2011. Ce bruit de fond est attribuable aux traces encore mesurables des retombées des essais aériens d'armes nucléaires (la période radioactive du strontium 90 est de 29,14 ans).

Les niveaux d'activité en carbone 14 (environ 209 Bq/kg de carbone en moyenne en 2021) sont proches des valeurs trouvées communément dans les végétaux (les mesures effectuées sur les échantillons de végétaux prélevés à Cucuron ont montré des activités en carbone 14 de l'ordre de 266 ± 35 Bq/kg de carbone).

Les mesures en uraniums sont cohérentes avec les valeurs publiées par l'IRSN et inférieures.

Il en est de même pour le césium 137, dont les mesures sont la plupart du temps inférieures au seuil de décision.

Les valeurs publiées par l'IRSN dans le bilan de l'état radiologique de l'environnement français, et présentées sur les Figure 39 et Figure 40, montrent que les mesures issues de la surveillance sont cohérentes avec les valeurs de bruit de fond.

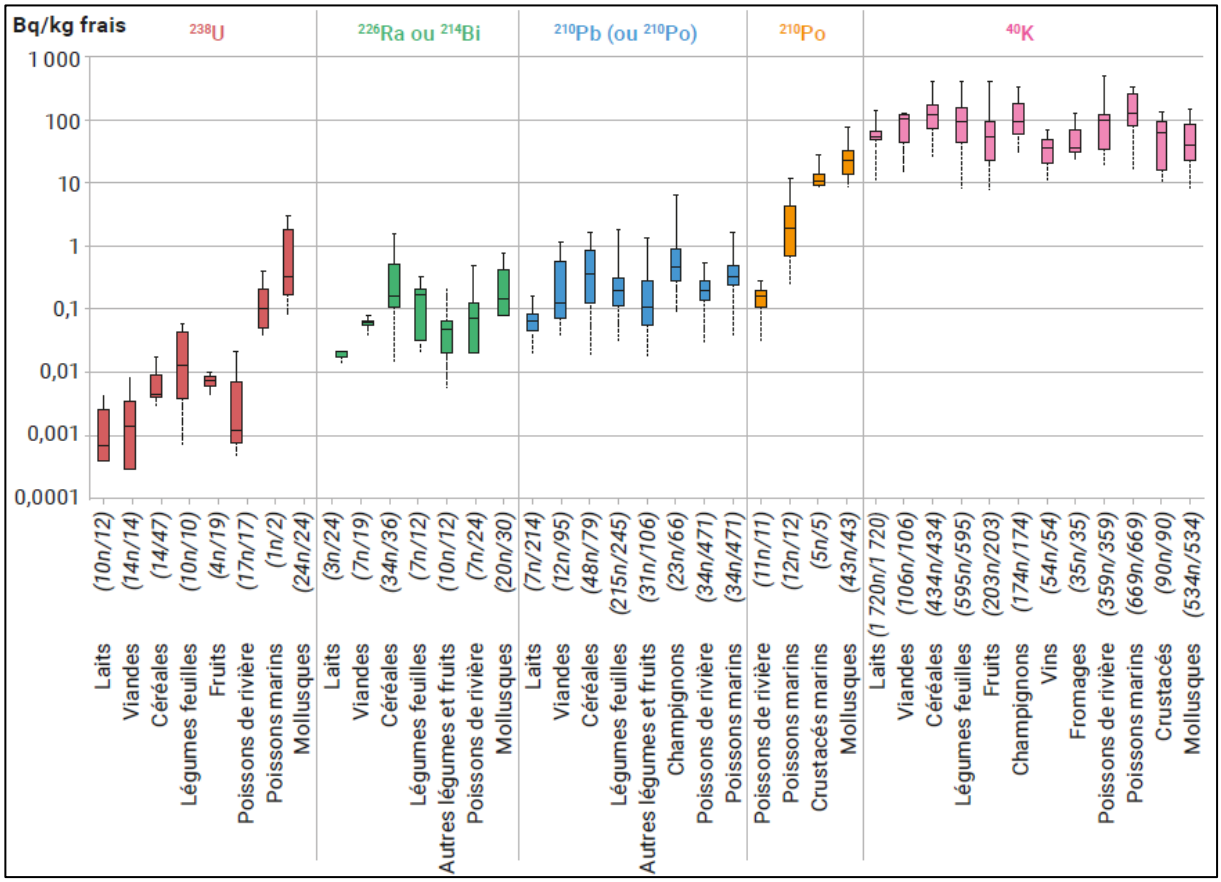


Figure 39 : Activités (Bq/kg frais) des principaux radionucléides naturels dans les denrées produites en France (IRSN : Bilan radiologique de l'environnement français)

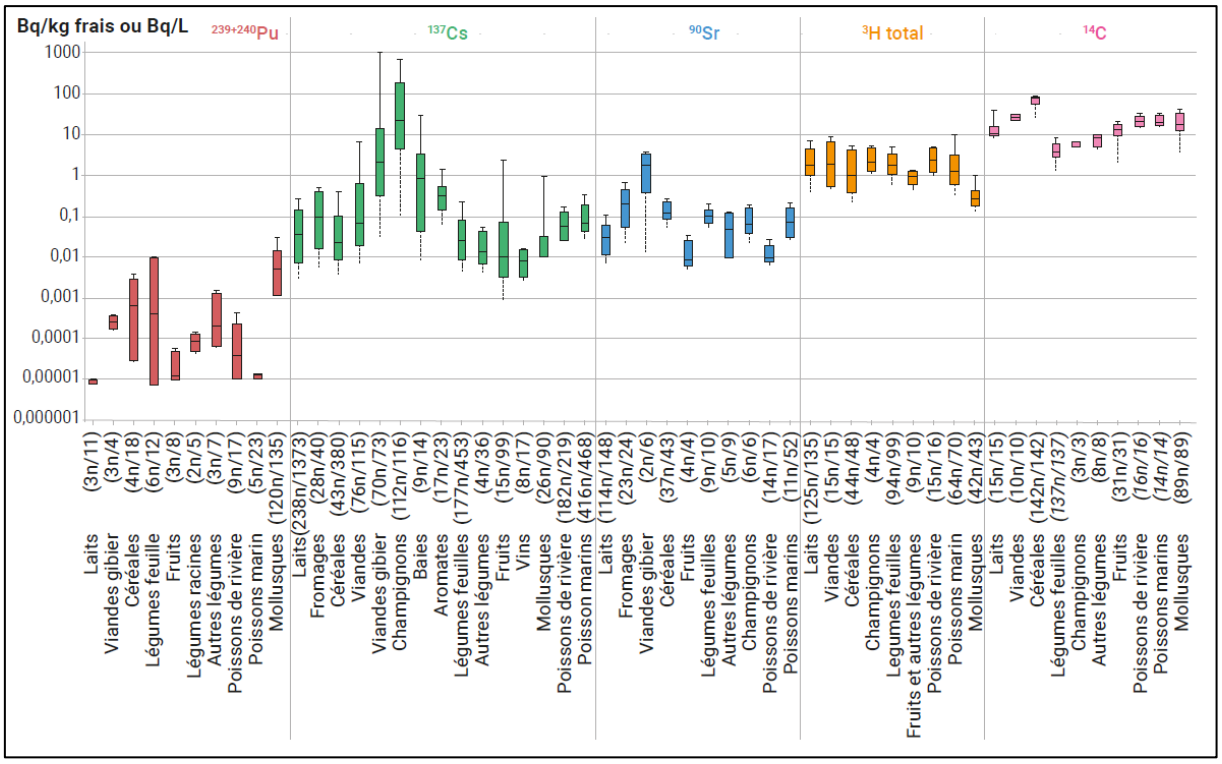


Figure 40 : Activités des principaux radionucléides artificiels dans les denrées produites en France en Bq/kg frais (IRSN : Bilan radiologique de l'environnement français)

5.3. Lait de chèvre

Afin d'évaluer l'impact des rejets radioactifs du CEA Cadarache sur les produits de consommation d'origine animale de type laitage, un échantillon de lait de chèvre est collecté tous les trimestres chez un éleveur local, conformément à la décision de l'ASN n° 2017-DC-0597.

Les analyses radiologiques réalisées sur ces échantillons sont :

- la mesure de l'activité volumique bêta ;
- une spectrométrie gamma permettant notamment la mesure de l'iode 131 et du potassium 40.

Une fois par an, une analyse complémentaire est faite sur un échantillon pour mesurer le carbone 14 et le tritium (libre et organiquement lié), et, à partir de 2019, le strontium 90. A noter qu'aucun prélèvement n'est réalisé au cours de la période hivernale car le lait produit par les chèvres à cette période de l'année est réservé aux chevreaux.

Les résultats des analyses des laits prélevés entre 2017 et 2021 sont reportés dans le Tableau 31.

Année	Activités volumiques moyennes en Bq/L (sauf pour le ^{14}C, activité en Bq/kg de carbone)							
	^{14}C	^{3}H eau libre	^{3}H organiquement lié (TOL)	^{40}K	^{137}Cs	^{131}I	^{134}Cs	^{90}Sr
2017	218	< 1,09	< 0,14	69	< 0,35	< 0,35	-	-
2018	234	< 1,1	< 0,14	58	< 0,55	< 0,61	-	-
2019	232	< 1,2	< 0,14	61	< 0,56	< 0,59	-	< 0,096
2020	249	< 1,2	< 0,15	55	< 0,38	< 0,38	< 0,43	< 0,14
2021	230	< 1,2	< 0,17	63	< 0,45	< 0,44	< 0,4	< 0,14

Tableau 31 : Activités volumiques moyennes mesurées dans le lait de chèvre prélevé entre 2017 et 2021

Les mesures réalisées en césium 137 et en iode 131 sont inférieures aux seuils de décision. Les mesures réalisées en tritium sont inférieures à 10 Bq/L, seuil de décision requis réglementairement.

Le potassium 40, isotope radioactif du potassium, et le carbone 14, isotope radioactif du carbone, sont des composants naturels présents dans le lait.

À titre indicatif, des analyses réalisées sur des échantillons de lait de chèvre prélevés à une trentaine de kilomètres de Cadarache ont montré des niveaux d'activité volumique en potassium 40 du même ordre de grandeur (de 52 à 62 Bq/L).

Les niveaux d'activité en carbone 14 sont proches des valeurs trouvées communément dans les matières vivantes d'après le bilan IRSN de l'état radiologique de l'environnement français de 2015 à 2017.

Dans tous les cas, les résultats des analyses radiologiques effectuées sur le lait de chèvre collecté localement ne dépassent pas les normes d'acceptabilité en matière de produits de consommation humaine (Codex Standard 193-1995 du Codex alimentarius FAO/OMS).

À titre indicatif, la Figure 41, issue du bilan radiologique de l'environnement français 2018-2020 réalisé par l'IRSN, présente l'évolution des activités dans le lait et les salades entre 1963 (au plus fort des retombées des essais d'armes nucléaires) et 2020. La figure montre un maximum mesuré lors des retombées de l'accident de Tchernobyl (1986) ; elle montre également qu'il n'y a actuellement pratiquement plus de tritium et de carbone 14 artificiels, hérités des essais nucléaires.

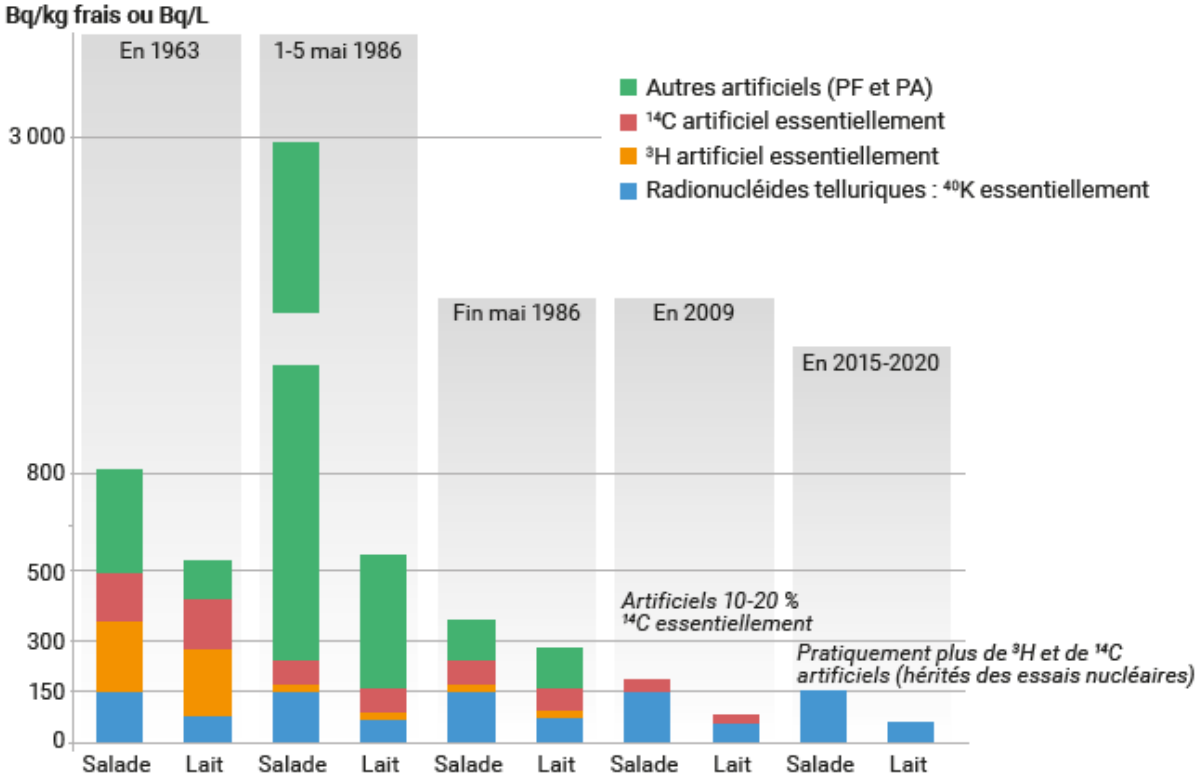
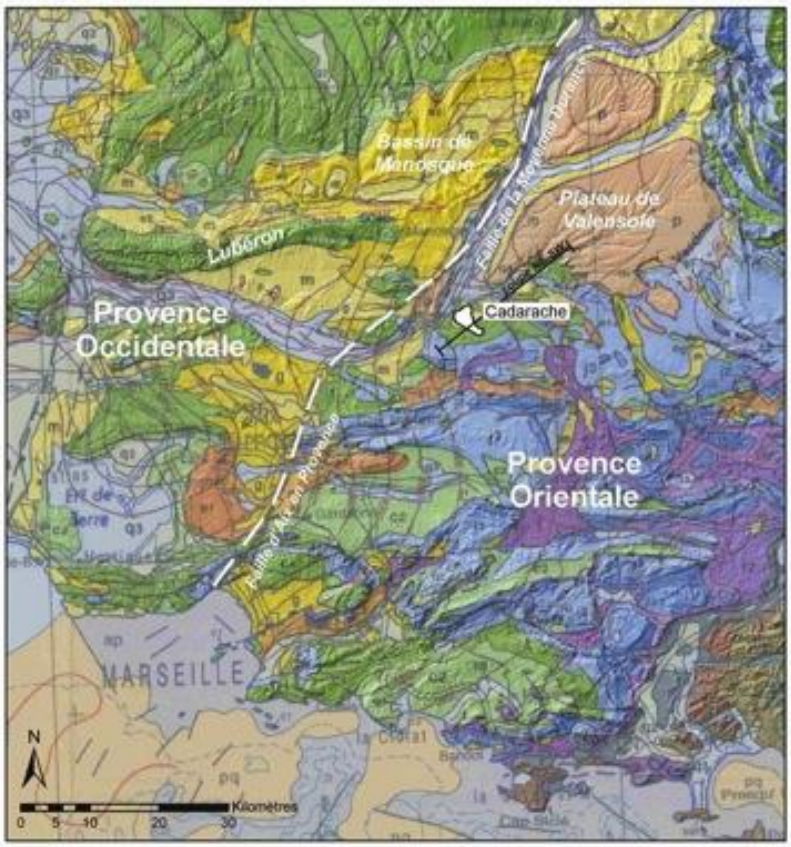


Figure 41 : Activités des salades (Bq/kg de frais) et du lait (Bq/L) en France au plus fort des retombées des essais d'armes nucléaires (1963), maximales lors des retombées de l'accident de Tchernobyl (du 1er au 5 mai 1986), fin mai 1986, en 2009, et en 2015 - 2020 (Source ; IRSN – Bilan radiologique de l'environnement français)

6. Géologie

6.1. Contexte géologique structural

A l'échelle régionale, le site de Cadarache se déploie en bordure ouest de la « Provence Orientale » au sens géologique du terme, c'est-à-dire à l'est de la Moyenne Durance. L'épaisseur des sédiments déposés et préservés depuis le début de l'ère secondaire, il y a environ 250 millions d'années, est d'environ 2 km. Cette caractéristique contraste fortement avec la « Provence Occidentale » (ouest de la Moyenne Durance) où cette épaisseur sédimentaire pourrait atteindre, voire dépasser, les 10 km.



Carte géologique de la Provence

La transition entre ces deux domaines, aux comportements mécanique et tectonique différents, se fait par le système de failles de la Moyenne Durance. Ce système de failles, majeur à l'échelle régionale, se localise à quelques kilomètres à l'ouest du site de Cadarache.

A une échelle intermédiaire, en analysant une coupe NE-SO, le site de Cadarache se situe entre deux plis de rampe : les chevauchements de Vinon-Gréoux au nord (déversés vers le nord) et le pli de la Vautubière au sud (déversé vers le sud).

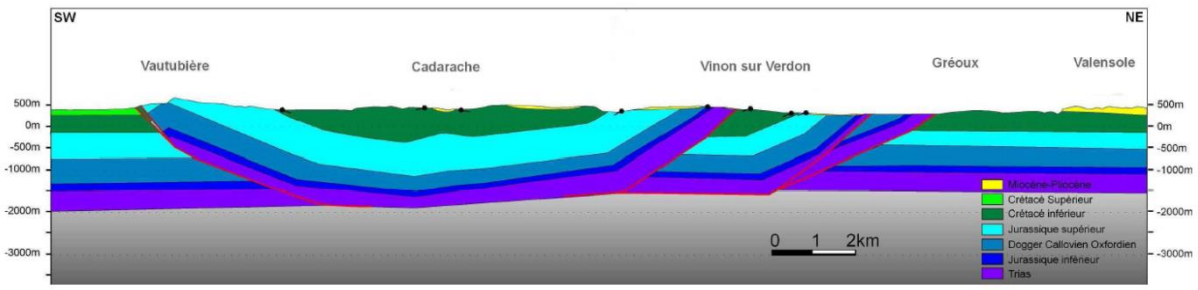


Figure 42 : Coupe géologique NE-SO (l'emplacement de la coupe est repéré sur la figure précédente)

Entre ces deux structures, on peut dénombrer 3 vallées principales, avec du nord au sud :

- la vallée du ruisseau de Boutre ;
- la vallée de la Bête ;
- la vallée de l'Abéou.

Le Centre de Cadarache est majoritairement situé dans la vallée centrale qu'emprunte le ruisseau de la Bête, rebaptisée « vallée des Piles » à la création du Centre.

A l'échelle locale, d'autres vallées secondaires sont des tributaires de celle de la Bête (vallon de Mourre Frais et de Bargette notamment). La vallée actuelle emprunte globalement le tracé ancien d'une vallée plus profonde, aujourd'hui comblée de sédiments (on parlera de « paléovallée »).

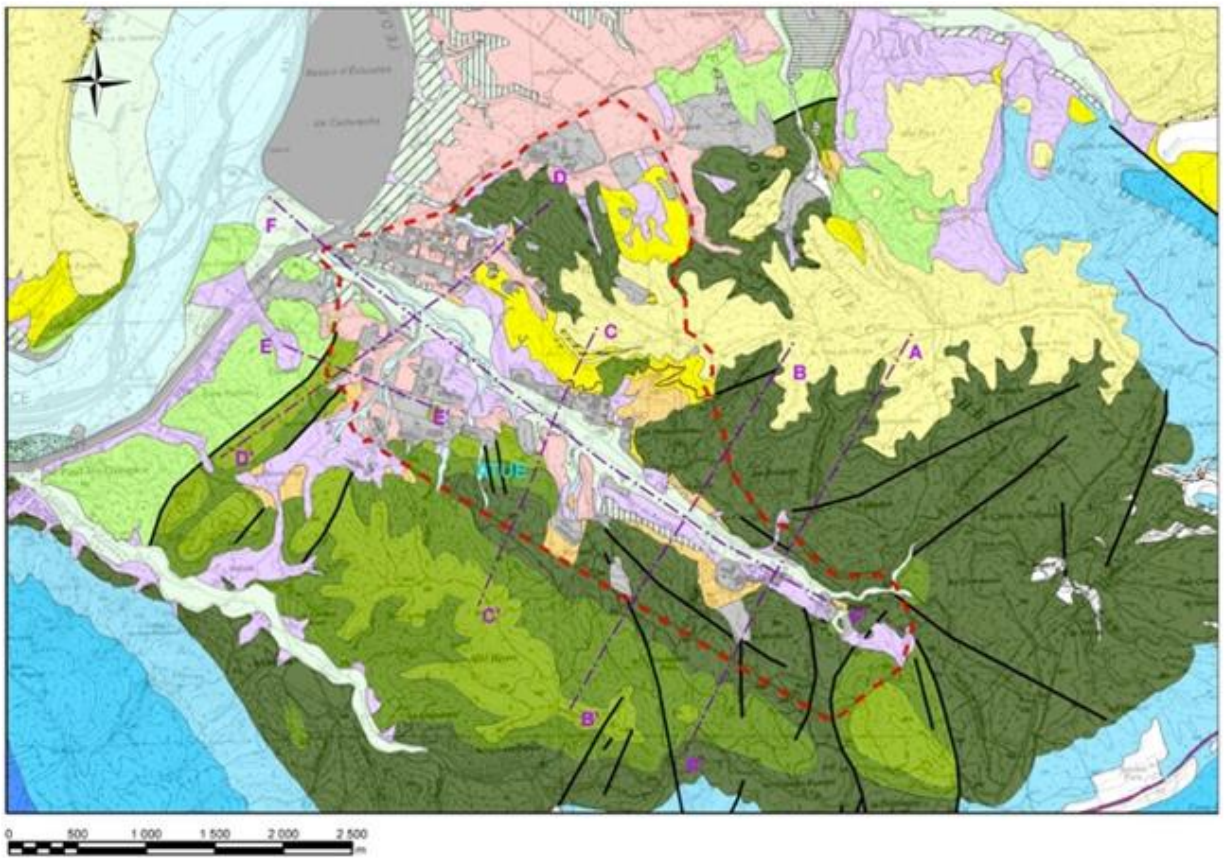


Figure 43 : Carte géologique du site de Cadarache (avec l'emplacement des coupes géologiques)

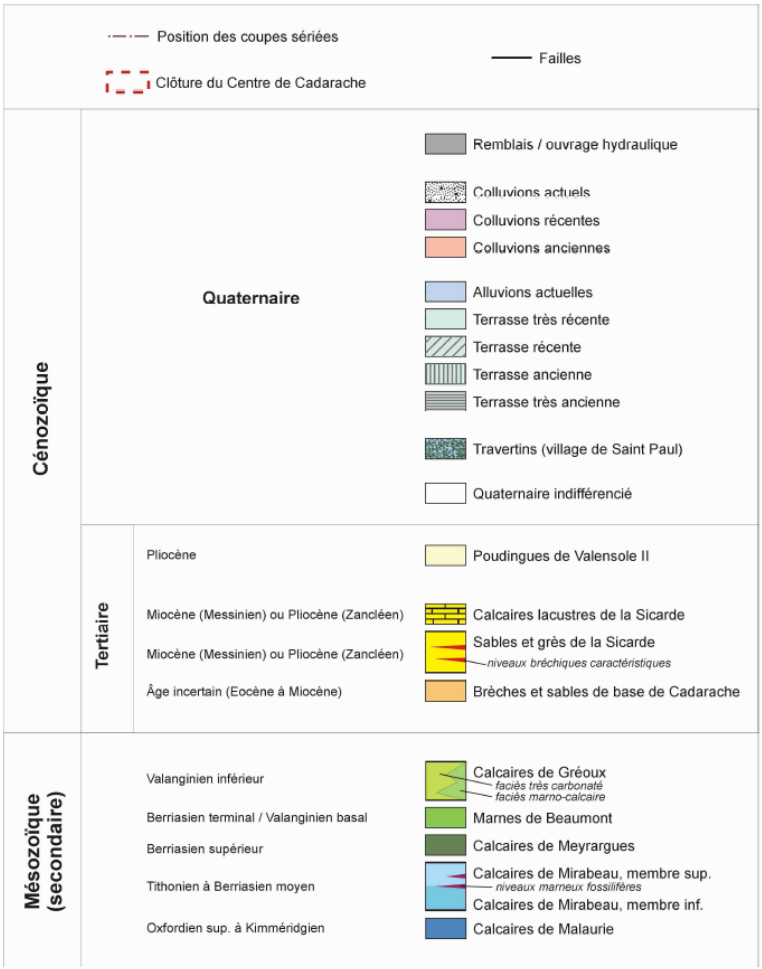


Figure 44 : Légende de la carte et des coupes géologiques

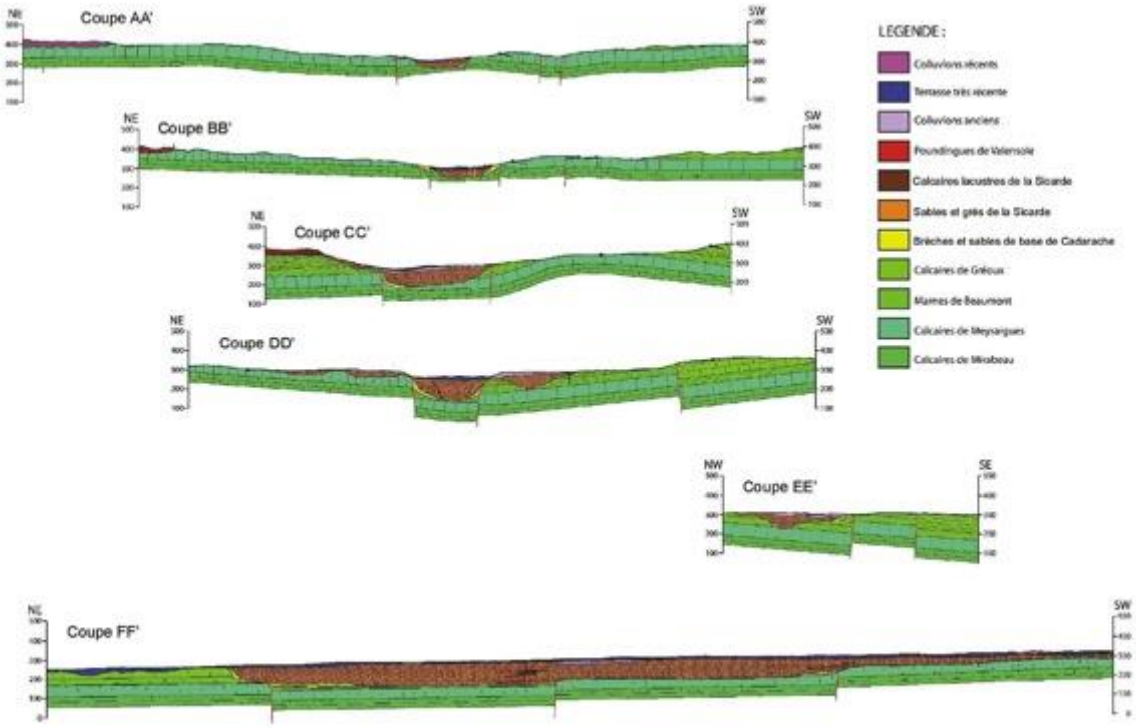


Figure 45 : Coupes géologiques (la localisation des coupes est indiquée sur la carte géologique de Cadarache)

6.2. Géologie du site de Cadarache

Les paléovallées du site ont été creusées dans des **formations carbonatées du Secondaire** (Mésozoïque). Sur Cadarache, on identifie trois unités principales (des plus anciennes aux plus récentes) :

- les calcaires de Meyrargues épais de 50 à 60 mètres ;
- les marnes de Beaumont dans lesquelles s'intercalent de petits bancs de calcaire d'épaisseur centimétrique ; leur épaisseur est d'une quarantaine de mètres ;
- les calcaires de Gréoux épais de 60 à 80 mètres.

Les formations du Secondaire affleurent sur une bande d'environ 300 m de large au nord du site dans la zone ITER, au niveau de la plateforme du Tokamak.

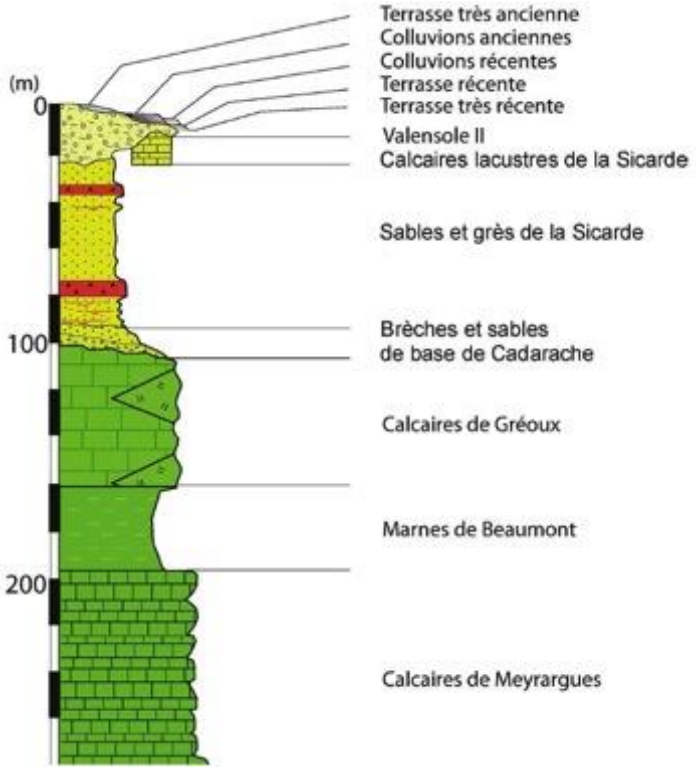
Les **formations tertiaires** sont les suivantes (des plus anciennes aux plus récentes) :

- Les brèches et sables de base de Cadarache.
- Les sables et grès de la Sicarde, de près de 100 m d'épaisseur, où alternent des sables limoneux à dominante rouge et ces mêmes sables transformés en grès. Il s'agit de la principale formation de remplissage (en termes de volume) de la paléovallée de Cadarache.
- Les calcaires lacustres de la Sicarde. On les rencontre sur la colline du Maladroit (à peu près au milieu du site sur la rive droite du Ravin de la Bête), sur une épaisseur d'une dizaine de mètres.
- Les poudingues de Valensole. Généralement, il s'agit de galets d'origine durancienne, altérés, à dominante jaune et joints par une matrice. L'épaisseur de cette formation varie de 25 à 50 mètres.

Les **formations quaternaires** sont nombreuses et organisées en terrasses et cônes de déjection (ou colluvions). Les terrasses forment des aplanissements plus ou moins marqués dans le paysage et sont, pour certaines, étagées. Les cônes de déjections sont disposés de manière étagée au débouché des vallées et reposent sur les terrasses. On dénombre cinq unités alluviales et deux formations de colluvions dans la vallée de Cadarache.

Les unités alluviales :

- La terrasse très ancienne, constituée de galets duranciens, forme des replats généralement situés entre 320 et 323 mètres d'altitude.



Stratigraphie type de Cadarache

- La terrasse ancienne est caractérisée par un conglomérat n'affleurant qu'en position de relief ou dans les fonds de vallon. Son épaisseur varie de 4 m en amont à 10 m en aval et elle se situe entre 269 et 278 mètres d'altitude.
- La terrasse récente, formée par un conglomérat hétérogène à matrice sableuse grise, est localisée entre 259 mètres d'altitude (depuis l'entrée du Centre) et 273 mètres.
- La terrasse très récente, composée d'éléments fins (alluvions) et grossiers (grèzes), constitue les bords de la plaine alluviale de la Durance. Elle n'affleure donc pratiquement jamais et est difficilement dissociable de la terrasse récente. Lorsqu'elle est bien différenciée, elle se situe entre 258 et 260 mètres d'altitude (Château de Cadarache).
- Les alluvions actuelles, formées de galets, d'argiles et limons, elles correspondent au lit majeur de la Durance, aux « ravins » actuels (Ravin de la Bête par exemple), etc.

Les formations de colluvions :

- Les colluvions anciennes, caractérisées par des dépôts fins limoneux ainsi que des reliquats de roches fracturées par le gel, se présentent sous forme de tabliers d'éboulis. Les travaux sur le chantier d'AGATE en ont révélé une formation dépassant 10 mètres d'épaisseur. Inclus dans cette formation, des calcaires travertineux[3] ont été découverts à l'est de la Maison Forestière.
- Les colluvions récentes, également constituées de débris de roches fracturées par le gel ainsi que de dépôts sableux et argileux, ne s'organisent pas en tabliers comme les formations de colluvions anciennes mais s'observent plus particulièrement en position de talus en bordure des terrasses très récentes.

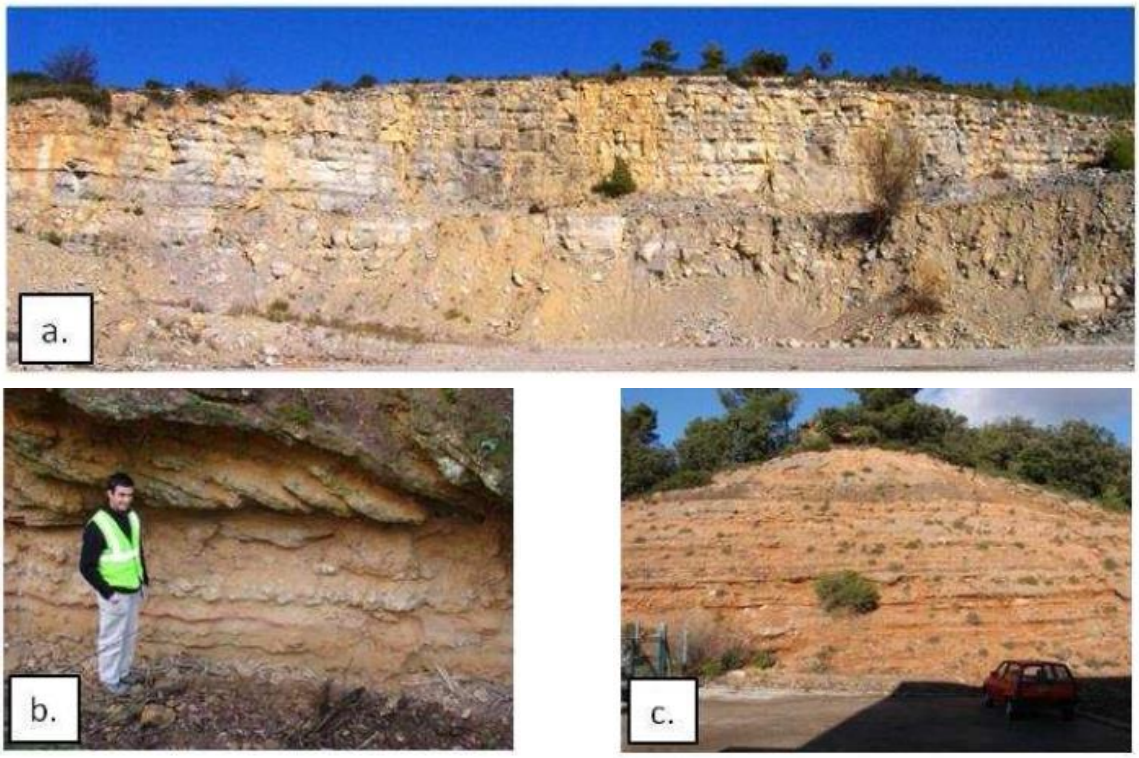
La datation approximative de ces différentes formations est présentée dans le tableau ci-après.

Quelques exemples de photos de formations à l'affleurement sont présentés sous le tableau.

[3] Les travertins sont des roches sédimentaires calcaires à aspect concrétionné. Ils se déposent aux émergences de certaines sources, et dans les cours d'eau peu profonds à petites cascades : ils sont dus à la précipitation de carbonates, qui est activée par les turbulences et la perte de CO_2.

Eres	Système ou Période		Séries ou époques	Âges (MA)	Age des formations de Cadarache	Evénements non géologiques
Quaternaire			Holocène actuel Pléistocène	1,8	Formations quaternaires	Homo sapiens
CENOZOÏQUE (Tertiaire)	NEOGENE		Pliocène	5,3	Poudingues (-3,6 / -1,9) ; Sicarde (-7/-5)	Glaciations Homo habilis
			Miocène	23		Anthropoïdes
	PALEOGENE		Oligocène	23	Brèches et sables de base (-40/-7)	
			Eocène	34		
			Paléocène	54		
MESOZOÏQUE (Secondaire)	CRETACE		Crétacé supérieur	65	Formations du secondaire (-140/145)	Fin des dinosaures Plantes à fleurs
			Crétacé inférieur			
	JURASSIQUE		Jurassique supérieur	145		Oiseaux Premiers mammifères
			Jurassique moyen			
			Jurassique inférieur			
	TRIAS			195		Premiers dinosaures Conifères
PALEOZOÏQUE (Primaire)	PERMIEN			235		
	SUP	CARBONIFERE	Carbonifère supérieur	290		reptiles, insectes
		DEVONIEN	Dévonien supérieur	340		Amphibiens Fougères Poissons
			Dévonien moyen			
			Dévonien inférieur			
	INF	SILURIEN		400		Plantes terrestres
		ORDOVICIEN	Ordovicien supérieur	440		
			Ordovicien moyen			
			Ordovicien inférieur			
		CAMBRIEN		500		
ANTECAMBRIEN				570 3200 4600		Appartion de la vie Formation de la terre

Tableau 32 : Age de mise en place des formations géologiques de Cadarache



a) Affleurement des calcaires de Meyrargues à Saint-Paul-lez-Durance, alternance régulière de bancs calcaires dominants et d'inter-bancs marneux. b) Sables et grès à stratifications obliques (formation des « brèches et sables de base de Cadarache »). c) alternance de sables limoneux et passées bréchiques (formation des « sables et grès de la Sicarde »)

Figure 46 : Aperçu de quelques-unes des formations géologiques présentes sur le site de Cadarache

6.3. Contexte tectonique et reconstruction de l'histoire géologique du site de Cadarache

Vers -84 millions d'années, au Crétacé et jusqu'à la fin de l'Eocène (-23 millions d'années), le régime tectonique devient compressif, en raison d'un changement du mouvement relatif du bloc ibérique et du bloc européen. C'est la phase dite « pyrénéo-provençale » qui donne notamment naissance à la chaîne des Pyrénées. A cette époque, le bloc Corse-Sardaigne ne s'était pas encore détaché du continent : une chaîne de montagne se prolongeait à l'est des Pyrénées actuelles, à la position de l'actuel Golfe du Lion. Une haute chaîne de montagne existait au sud de la Provence actuelle. C'est dans ce contexte que de nombreuses structures tectoniques de la Provence se sont mises en place. Le raccourcissement a d'abord induit une déformation cassante précoce, puis un plissement accompagné de failles inverses à petite et grande échelles (rampes et chevauchements). La mise en place du chevauchement de Vinon-sur-Verdon et de la Vautubière date de cette période. Le Luberon prend lui aussi naissance lors de cette phase pyrénéo-provençale mais son histoire se prolongera ultérieurement.

A la fin de l'Eocène et pendant l'Oligocène, le régime tectonique devient extensif. Le bloc corso-sarde se sépare du continent. En Provence, des failles induisent la création de fossés - ou graben - (bassin de Manosque par exemple). La paléovallée de Cadarache correspond probablement à un petit graben, bordé de failles qui ne sont plus actives aujourd'hui.

Au Miocène, le régime tectonique global redevient compressif et c'est au tour des Alpes de se former. A la latitude de Cadarache, les accidents de la Provence orientale sont peu réactivés, à l'inverse de ceux de la Provence occidentale (notamment le Luberon). La Durance charrie en grande quantité les produits de l'érosion des Alpes, des galets notamment qui vont former les poudingues de Valensole. Ceux-ci sont présents sous le Belvédère de Cadarache. Leur dépôt s'achève vers -2 millions d'années.

Le Quaternaire se caractérise par l'alternance de périodes glaciaires et interglaciaires très marquées impliquant des modifications du niveau de la mer, et, en conséquence, du niveau de base du réseau hydrographique local. Il en résulte la mise en place de différents niveaux de terrasses, étagées ou emboîtées.

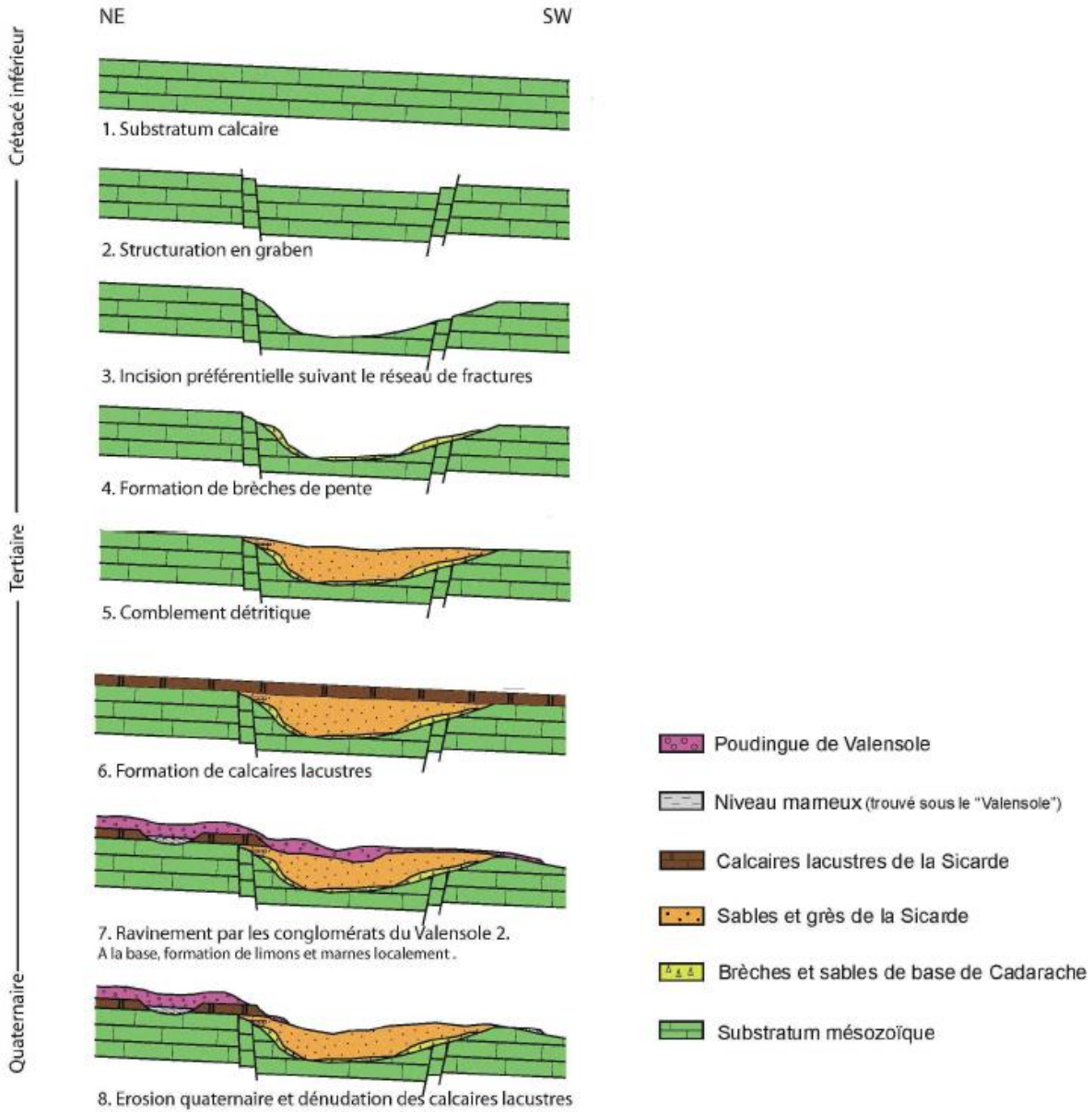


Figure 47 : « Histoire géologique » possible de la mise en place des formations de Cadarache

6.4. Risques en lien avec la géologie

Zonage sismique

Le territoire national est divisé en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (articles R. 563-1 à R. 563-8 du code de l'Environnement) :

- zone de sismicité 1 (très faible) ;
- zone de sismicité 2 (faible) ;
- zone de sismicité 3 (modérée) ;
- zone de sismicité 4 (moyenne) ;
- zone de sismicité 5 (forte).

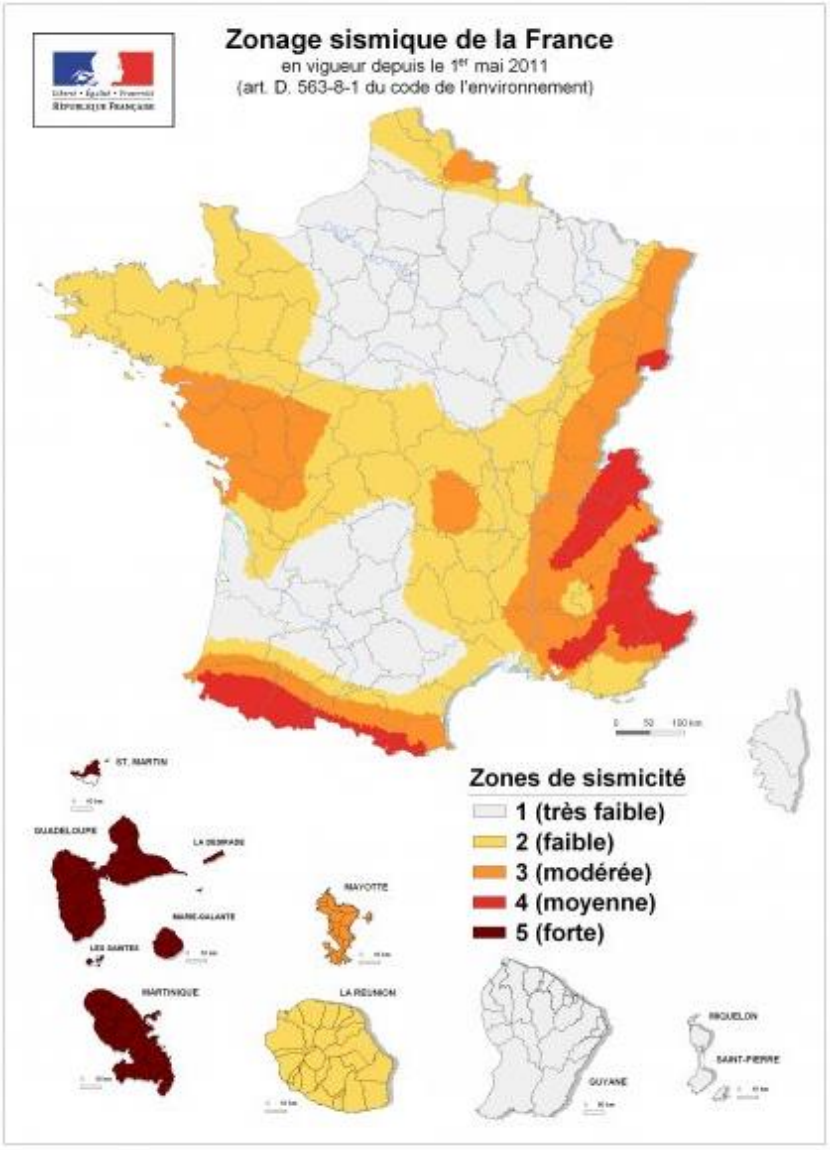


Figure 48 : Carte de zonage sismique en France (Source : Ministère de l'environnement)

D'après l'article D. 563-8-1 du code de l'environnement, la commune de Saint-Paul-lez-Durance est en zone de sismicité moyenne (4).

Prise en compte de l'aléa sismique pour les installations nucléaires

La règle fondamentale de sûreté (RFS) n°2001-01 éditée par l'Autorité de sûreté nucléaire spécifie comment doit être déterminé le risque sismique pour la sûreté des installations nucléaires de base de surface. Cette RFS est téléchargeable sur le site Internet de l'ASN à l'adresse suivante :

http://www.asn.fr/Reglementer/Regles-fondamentales-de-surete-et-guides-ASN/Guides-de-l-ASN-et-RFS-relatifs-aux-INB-autre-que-REP/RFS-2001-1-RFS-I.1.c.-du-31-05-2001

Elle définit en particulier comment doivent être déterminées les caractéristiques des séismes représentatifs de la sismicité du site et les calculs des mouvements sismiques correspondants à prendre en compte pour la vérification de la tenue des bâtiments.

Le lecteur désireux d'obtenir plus de renseignements sur l'aléa sismique du site de Cadarache peut consulter le chapitre Géologie-Sismologie de l'étude d'impact du Centre.

Liquéfaction des sols

La liquéfaction est un phénomène qui se produit sous sollicitation sismique. Le passage d'une onde sismique provoque, dans certaines formations géologiques, la perte de résistance d'un matériau sableux saturé en eau, liée à une augmentation de la pression interstitielle engendrée par les déformations cycliques. La déconsolidation brutale du matériau se traduit par la déstructuration du sol, rendant alors particulièrement instables les constructions reposant sur ces formations.

Le phénomène de liquéfaction nécessite, en plus de la sollicitation sismique, la réunion d'au moins deux conditions : formations peu compactes, et saturées en eau. Sur le site de Cadarache, le risque de liquéfaction est donc exclu pour les installations fondées sur les formations crétacées, de même que pour celles fondées sur les brèches de base. Pour les autres installations des analyses spécifiques sont réalisées afin d'évaluer le risque et de déterminer les parades si nécessaires.

Karstification

La karstification est la conséquence de la dissolution progressive de roches calcaires sous l'effet de la circulation d'eau chargée de gaz carbonique. Cumulée sur de très longues périodes, elle peut conduire à la formation de cavités souterraines qui peuvent potentiellement s'effondrer et provoquer des dommages aux installations de surface.

Sur le site de Cadarache, les formations carbonatées du Crétacé présentent une karstification peu développée. Des cavités décimétriques à métriques ont toutefois pu être mises en évidence dans les formations crétacées, mais également dans les brèches de base. Par « propagation » de ces cavités vers le haut par effondrements successifs (phénomène dit de « fontis »), il ne peut être exclu de trouver des cavités dans les autres formations de remplissage de la paléovallée.

Des méthodes permettent à présent de détecter ces cavités : micro-gravimétrie, radar géologique, tomographie sismique, inspections télévisuelles. En cas de présence de cavités potentiellement dommageables pour le génie civil des constructions neuves, elles peuvent être traitées par des dispositions adaptées (par exemple injection de matériau de substitution).

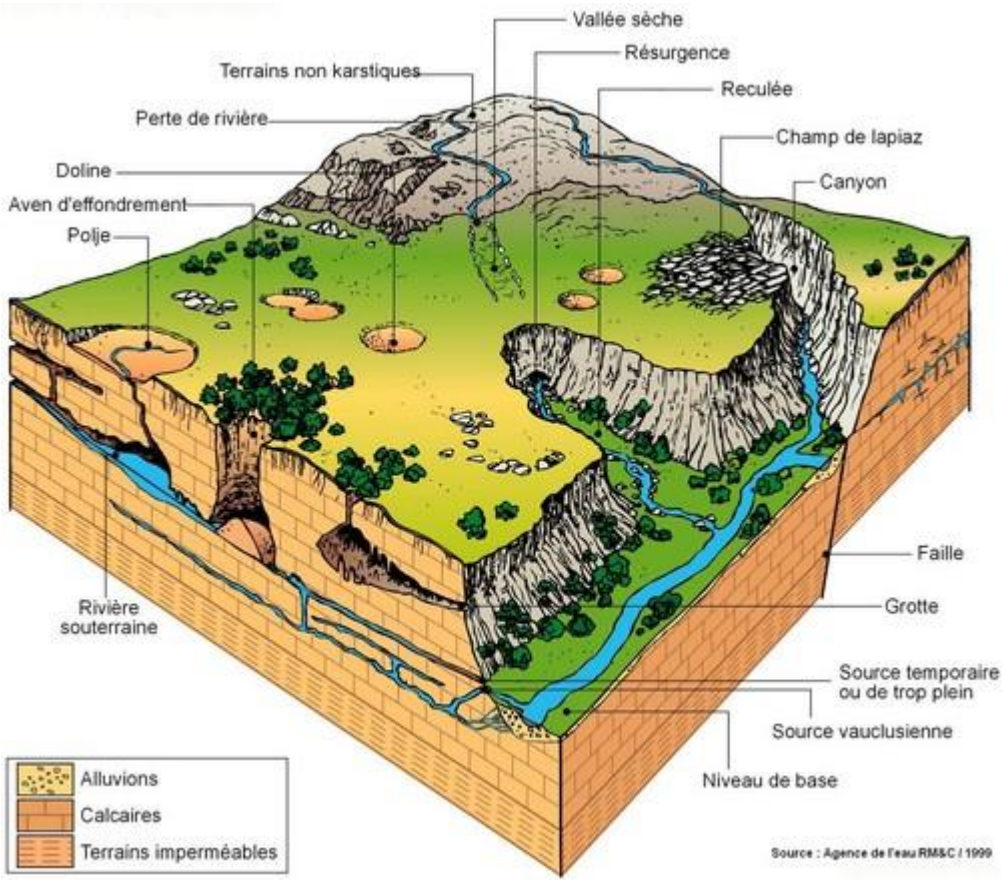


Figure 49 : Modelé karstique (source : http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/)

Mouvements de terrain

Le Centre de Cadarache n'est pas concerné par le risque mouvements de terrain. D'après la base de données nationale des mouvements de terrain[4] gérée par le Brgm, aucun mouvement de terrain n'y est recensé. Les plus proches concernent les falaises de Saint-Eucher et le défilé de Mirabeau.

6.5. Contexte géologique local de l'INB 56

L'INB n° 56 « Parc d'entreposage » est répartie sur deux localisations distinctes, la Zone du Parc (quartier de la Bargette) et la Zone des Tranchées (quartier de la Bastide), distantes d'environ 1 500 m (*cf.* présentation de l'installation en partie 2).

[4] Cf. le site internet : http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/mouvements-de-terrain/#/

6.5.1. Zone du Parc

Le Parc d'entreposage se situe sur le versant sud du Ravin de la Bête, dans le secteur dit du vallon de Bargette. Ce vallon correspond à un paléo-affluent du ruisseau de la Bête. Cette dépression, qui entaille les calcaires crétacés suivant une direction N030, est en partie comblée par des dépôts miocènes hétérogènes sur lesquels repose l'installation (cf. la carte en figure suivante). Les formations miocènes affleurent suivant une bande d'environ 300 m de large, à peine plus grande que l'installation elle-même. Elles sont essentiellement constituées de sables plus ou moins argileux et grésifiés, et de grès, et sont en partie recouvertes par des colluvions quaternaires au nord de l'installation. L'épaisseur de la série miocène au droit de l'installation atteint une soixantaine de mètres au cœur du vallon de la Bargette, et 20 à 30 m aux extrémités est et ouest de la zone du Parc.

La transition entre les formations miocènes et les formations calcaires sous-jacentes peut être marquée par la présence d'une brèche de pente plus ou moins bien consolidée, à éléments calcaires et à ciment gréseux, gréso-argileux ou argilo-sableux.

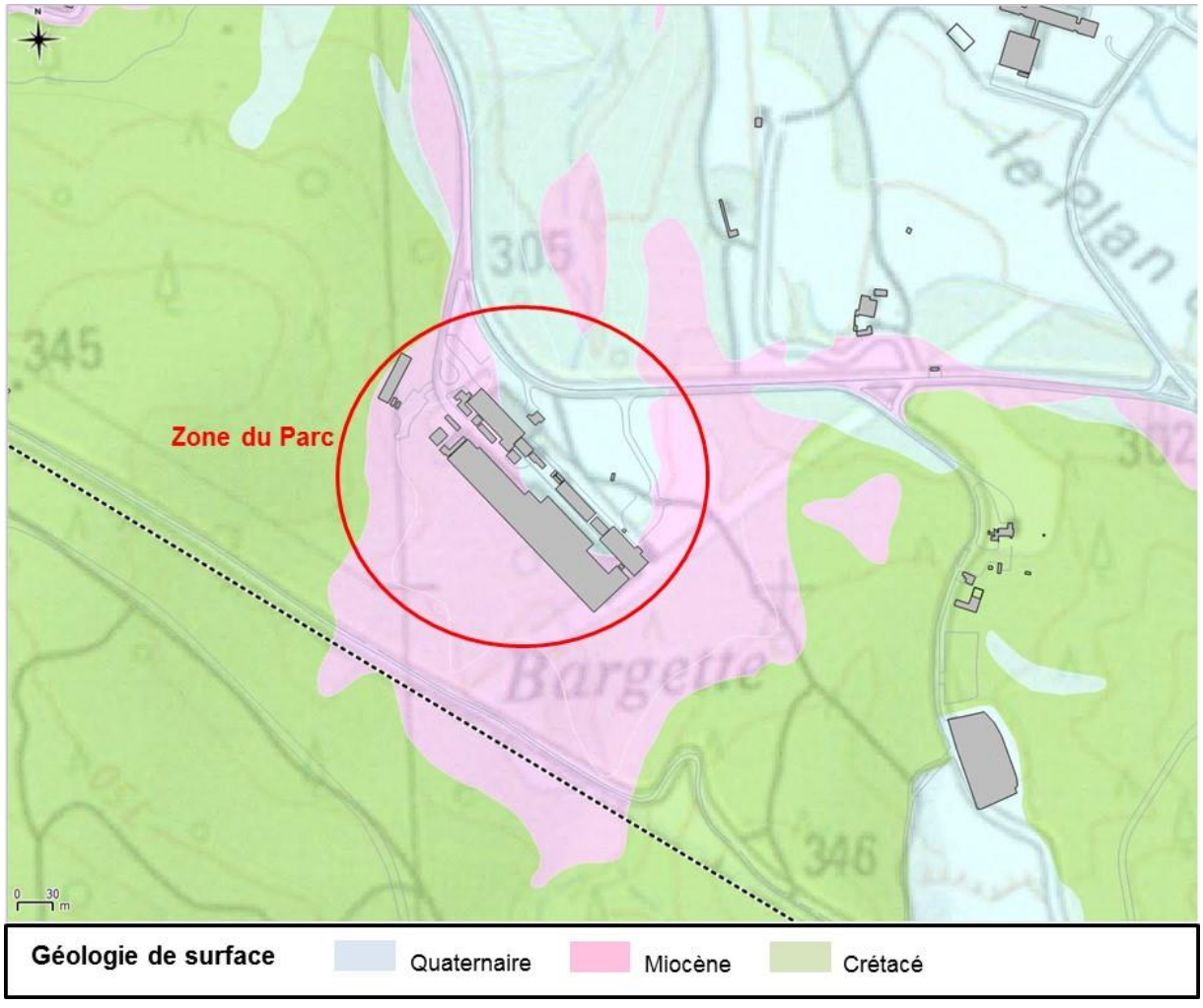


Figure 50 : Contexte géologique local de la zone du Parc

6.5.2. Zone des tranchées

La zone des tranchées de l'INB 56 se situe sur la bordure sud-est de la paléo-vallée de la Grande Bastide / Mourre Frais, qui est la plus imposante de Cadarache. Cette paléo-dépression d'orientation nord-est / sud-ouest, qui entaille les calcaires crétacés sous-jacents, est comblée de dépôts miocènes eux-mêmes en partie recouverts par des colluvions quaternaires (cf. la carte en figure suivante).

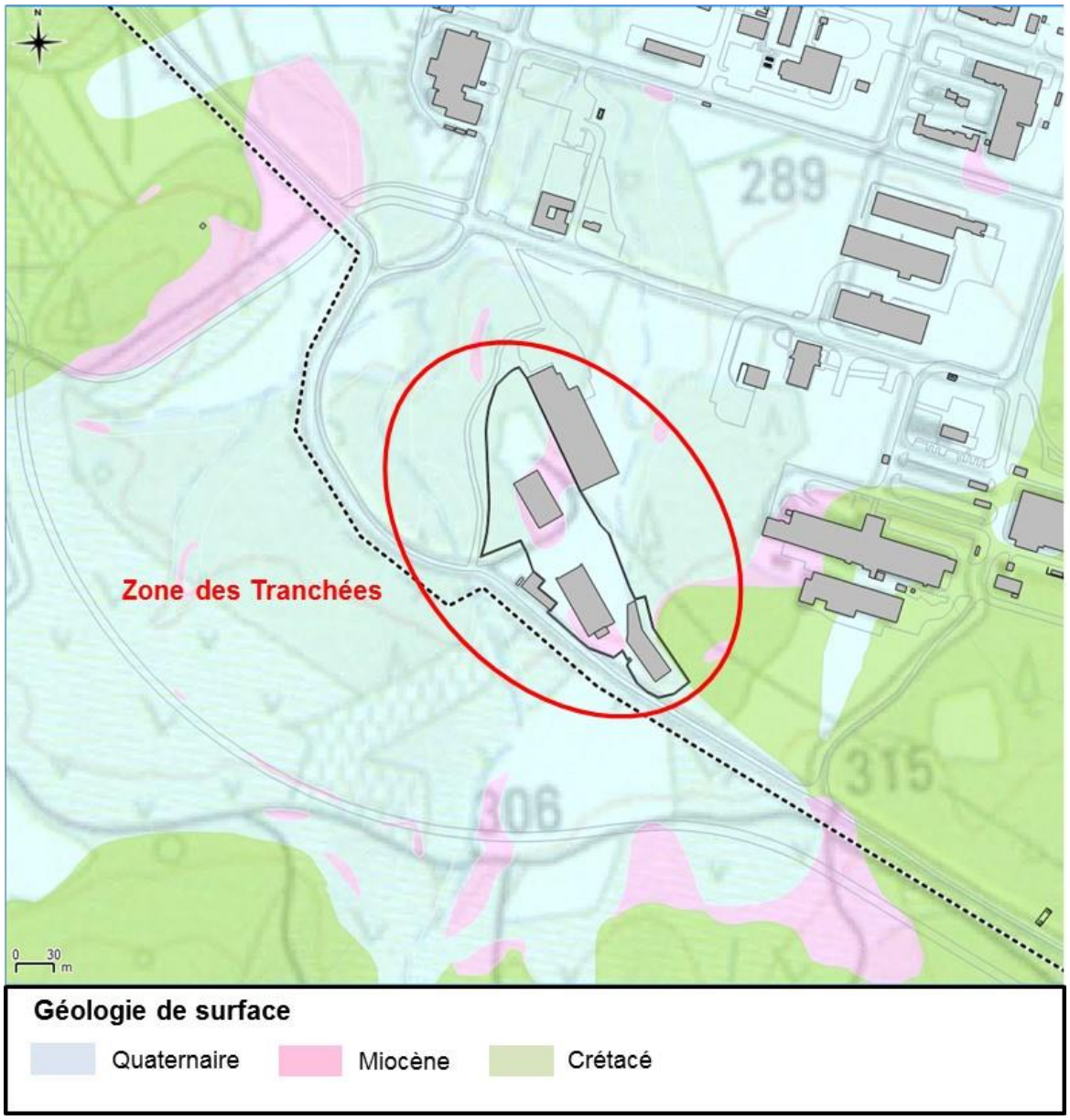


Figure 51 : Contexte géologique local de la zone des Tranchées

De haut en bas, on retrouve :

- un recouvrement superficiel quaternaire de 1 à 3 m formé de limons sableux jaunâtres et de cailloutis ;
- des formations miocènes représentées par deux ensembles :
    - un ensemble gréso-sablo-argileux rouge à nodules calcaires et passages bréchiques dont l'épaisseur est de 15 à 30 m au droit des tranchées ;

- un ensemble conglomératique (brèche de pente) formé d'éléments calcaires enrobés dans une matrice calcaréo-gréseuse à sablo-argileuse rouge plus ou moins bien consolidée, dont l'épaisseur varie de 2 à 16 m environ. A sa base, un passage très induré (ciment carbonaté) assure généralement la transition avec les calcaires ;

- les calcaires crétacés qui correspondent généralement à des calcaires marneux beiges assez peu tectonisés.

7. Hydrogéologie

7.1. Contexte hydrogéologique à l'échelle du site de Cadarache

Trois principaux aquifères sont présents à l'échelle du site de Cadarache, avec des comportements hydrauliques a priori spécifiques et des interactions. Ce sont, du haut en bas :

- l'aquifère des alluvions quaternaires ;
- l'aquifère des formations miocènes ;
- l'aquifère des calcaires du Crétacé – Jurassique.

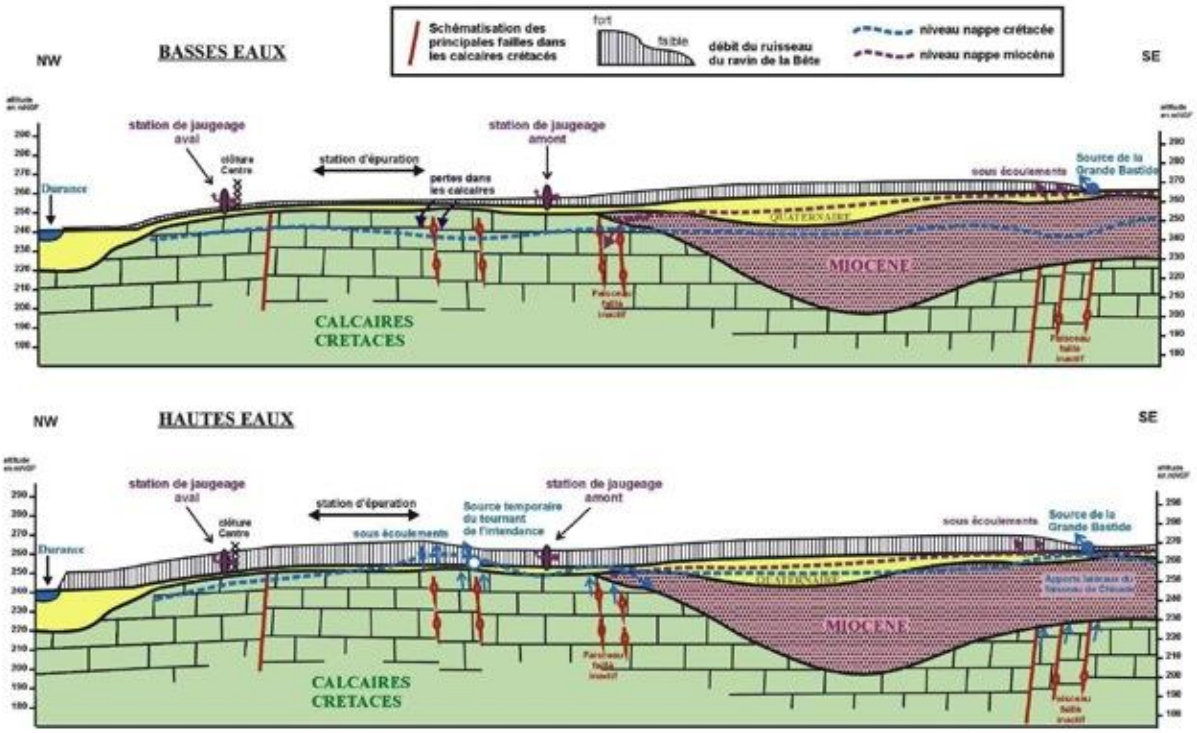


Figure 52 : Schéma interprétatif des relations hydrauliques entre le Ravin de la Bête et les différents aquifères

Ces trois aquifères présentent des connexions hydrauliques entre eux, varient en fonction du régime hydrologique (période de basses eaux ou de hautes eaux). Ainsi, des phénomènes de drainance ou de mise en charge peuvent avoir lieu entre ces différentes unités.

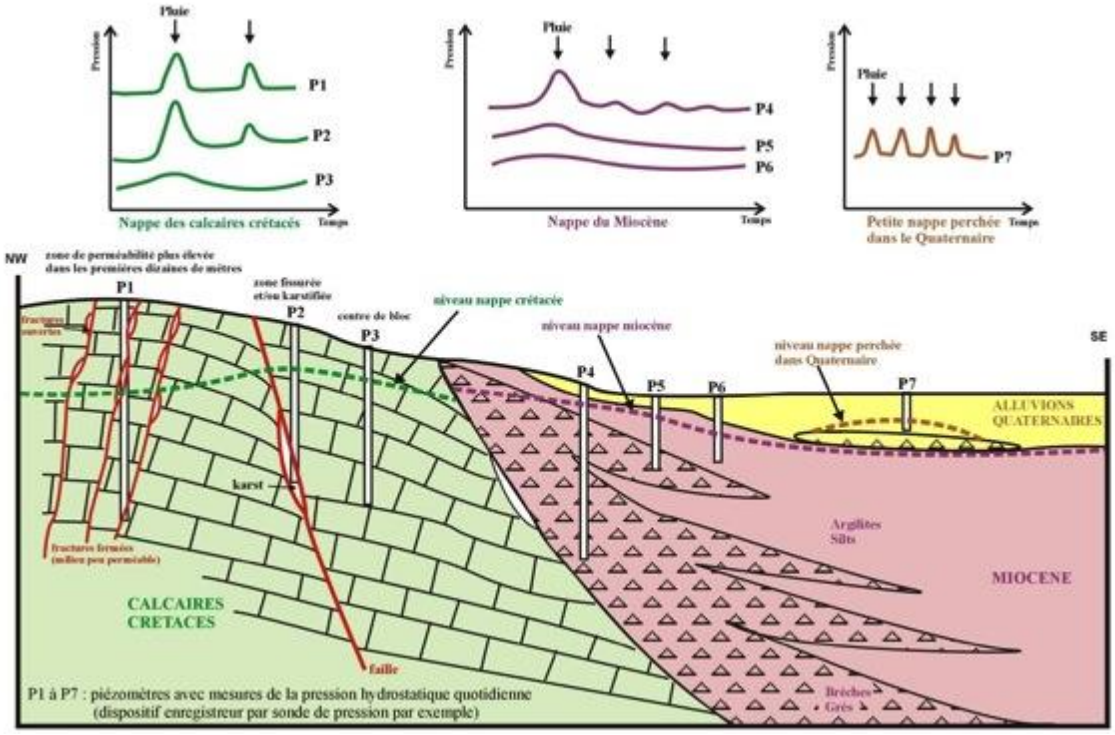


Figure 53 : Schéma illustrant le comportement piézométrique des trois principaux aquifères présents au niveau du site

7.1.1. Aquifère des alluvions quaternaires

Les alluvions quaternaires reposent sur les sables miocènes, voire directement sur les calcaires au niveau de trois secteurs : la vallée de la Durance, le Ravin de la Bête et le vallon de Mourre-Frais (au sud-ouest, à l'extérieur du site). Il n'y a pas d'existence de formations imperméables permettant d'individualiser un système aquifère unique au niveau de ces secteurs. Néanmoins, la présence d'un imperméable peut permettre l'existence d'un aquifère perché : ce type de configuration a été mis en évidence au niveau de l'INB n°56, dans la partie sud du site de CEDRA, et sur le site d'AGATE.

L'alimentation de cet aquifère au niveau du site de Cadarache se fait par l'infiltration directe des précipitations, mais également par des alimentations des aquifères sous-jacents ou adjacents (Miocène et Crétacé), lors d'épisodes de crues (hautes eaux).

La conductivité hydraulique est variable, forte au niveau des niveaux de galets, sables et cailloutis avec des valeurs comprises entre 1E-05 et 1E-03 m/s et plus faible pour les formations argileuses (1E-08 à 1E-07 m/s). Une quarantaine de piézomètres sont implantés au niveau des alluvions du Quaternaire.

7.1.2. Aquifère dit « du Miocène »

Cet aquifère se développe au sein des formations de remplissage des paléovallées (Ravin de la Bête et 3 paléovallées principales situées au sud : Vallon du Mourre Frais, la Bargette par ex.), ainsi que dans la partie septentrionale, séparée du vallon du Ravin de la Bête par un escarpement de calcaires. Sa géométrie est liée d'une part à celle de son soubassement constitué par les calcaires crétacés affectés par des failles, et d'autre part aux conditions de dépôt sédimentaire.

Les formations aquifères sont des sables, des grès, des brèches. Des niveaux de plus faibles perméabilités existent au niveau de formations argileuses.

L'aquifère est alimenté principalement par les précipitations, mais également par l'aquifère sous-jacent lors de conditions hydrologiques de hautes eaux (mise en charge). Il existe des connexions hydrauliques entre l'aquifère sous-jacent contenu dans les calcaires du Crétacé et l'aquifère dit du Miocène ; ces échanges peuvent se dérouler dans les deux sens en fonction des différences de charges hydrauliques entre les deux nappes. L'exutoire de l'aquifère dit du Miocène se situe au niveau des sources de la Grande Bastide ; ces sources ne constituent probablement pas l'exutoire unique de cet aquifère, au vu de l'existence localisée d'échanges entre les aquifères et des directions d'écoulement au sein de cet aquifère.

Les directions d'écoulement en fonction des conditions hydrologiques se font soit en suivant l'axe de drainage du vallon du Ravin de la Bête en direction de la Durance, soit plus au nord, pour rejoindre probablement la vallée de la Durance. Une centaine de piézomètres sont implantés au niveau des formations dites du Miocène.

La figure suivante présente un exemple de carte piézométrique établie pour l'aquifère du Miocène à partir des mesures de niveau piézométrique effectuées en contexte de hautes eaux (avril 2009).

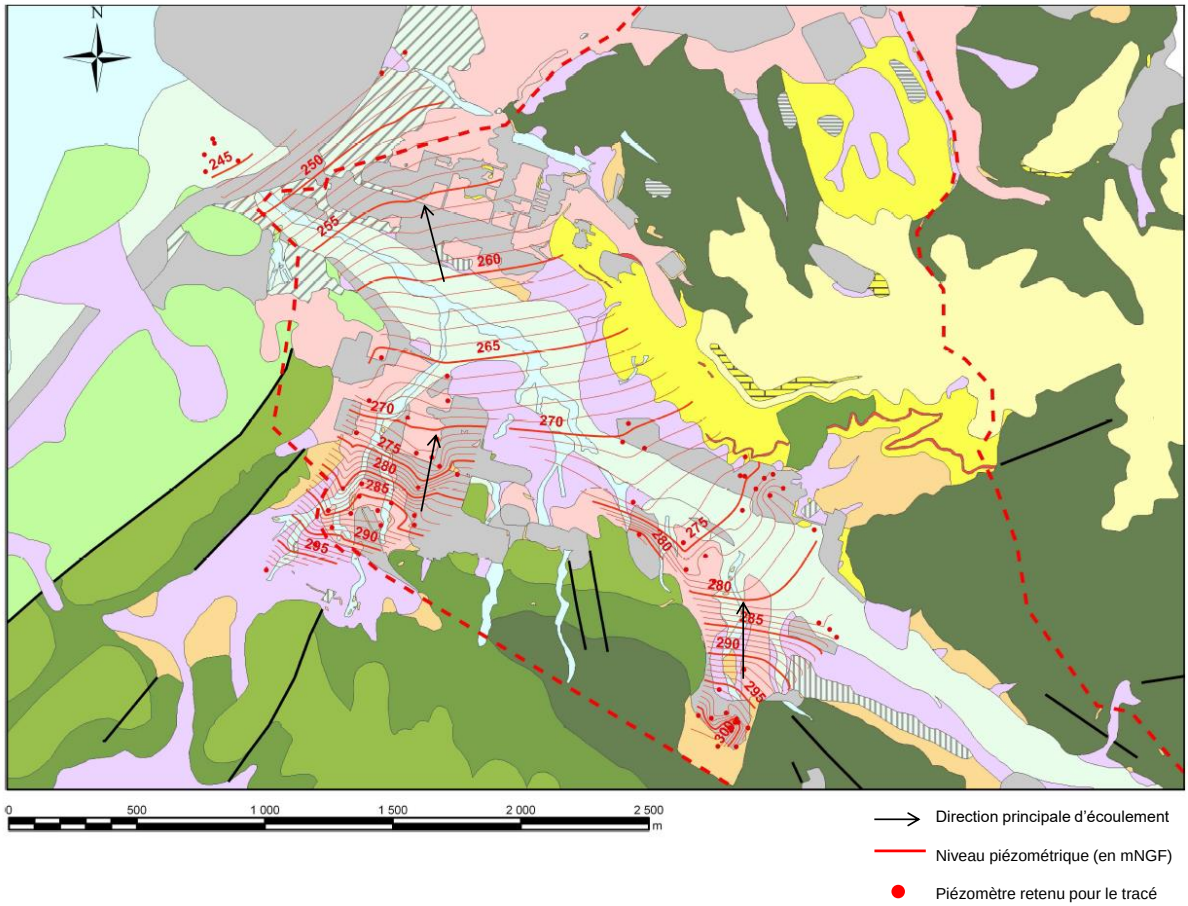


Figure 54 : Carte piézométrique de l'aquifère miocène en contexte de hautes eaux (avril 2009)

7.1.3. Aquifère des calcaires du Crétacé – Jurassique

L'aquifère se développe au sein des formations calcaires massives au niveau du Jurassique et de la base du Crétacé, avec des formations caractérisées par davantage d'inter-bancs dans la partie sommitale. Les calcaires sont affectés par des discontinuités : plans de stratification, fractures, structures de distension, de dissolution. On note une ouverture des fractures N-S et des fractures NE-SO et une tendance générale de fermeture des fractures E-O, en considérant le champ de contraintes qui a régné depuis le début du Tertiaire (cf. l'histoire tectonique exposée au §5.3). Les circulations seraient associées à des ouvertures pluri-centimétriques de fractures décrochantes sans dissolution importante. Des phénomènes de dissolution sous la discordance du Miocène existent : vestige de lapiaz et épikarst avec remplissage. Les indices de karstification rencontrés au niveau des fouilles et des forages sur les différents sites, sont globalement peu importants ; ils ne sont pas reconnus au-delà des cotes 275 m NGF[5] (entre 320 et 275 m NGF, sur la bordure SO du site de Cadarache).

Des faisceaux de failles jouant un rôle hydraulique très local sont présents, notamment au niveau de l'installation CHICADE (vers le milieu du Centre de Cadarache), mais ne marquent pas la piézométrie. Néanmoins, des contrastes de perméabilité existent et se traduisent notamment par des phénomènes de mise en charge importante et des remontées de nappe sous certains des bâtiments.

L'établissement d'une carte piézométrique traduit un aquifère de type milieu continu fissuré pouvant être localement compartimenté, mais globalement sans existence d'un réseau de conduits karstiques très perméables et très organisés au niveau de la zone prospectée. Environ 200 piézomètres concernent les calcaires du Crétacé et deux, les calcaires et dolomies du Jurassique.

L'alimentation de cet aquifère carbonaté est assurée par infiltration gravitaire au niveau des formations crétacées affleurantes dans le périmètre du Centre de Cadarache mais également à l'extérieur, au niveau des formations jurassiques, par les aquifères sus-jacents et/ou adjacents (Miocène et Quaternaire) et par la perte de cours d'eau (Ravin de la Bête et peut être par les pertes au niveau de l'Abéou en période de basses eaux). Lorsque les calcaires sont directement en contact avec les alluvions de la Durance, en fonction du niveau de charge, on peut supposer que l'aquifère se décharge à ce niveau. Les sources de l'Abéou situées à l'extérieur de l'emprise du Centre de Cadarache pourraient théoriquement constituer un des exutoires des calcaires du Crétacé et du Jurassique. Un autre exutoire possible est, en conditions de hautes eaux, un drainage de l'aquifère vers les aquifères de sub-surface et une alimentation des cours d'eau. La source de la Grande Bastide pourrait être un exutoire indirect de l'aquifère des calcaires, lors de mises en charge.

7.1.4. Conclusion

Trois aquifères sont présents au niveau du site de Cadarache, l'aquifère quaternaire, l'aquifère dit du Miocène et l'aquifère des calcaires du Crétacé, dont la limite inférieure ne correspond pas à la base des formations du Crétacé mais au niveau des marnes callovo-oxfordiennes du Jurassique moyen. Si les propriétés hydrauliques de ces aquifères sont connues du point de vue de l'échelle macroscopique, des incertitudes existent au niveau de leurs limites, de leur exutoire et au niveau de leurs échanges.

Les eaux des aquifères du Crétacé et du Miocène sont du même faciès, mais néanmoins il est possible de les distinguer les unes des autres.

[5] NGF : Nivellement Général de la France.

Les limites hydrogéologiques ainsi que les directions principales d'écoulements sont synthétisées au sein de la carte hydrogéologique présentée ci-après.

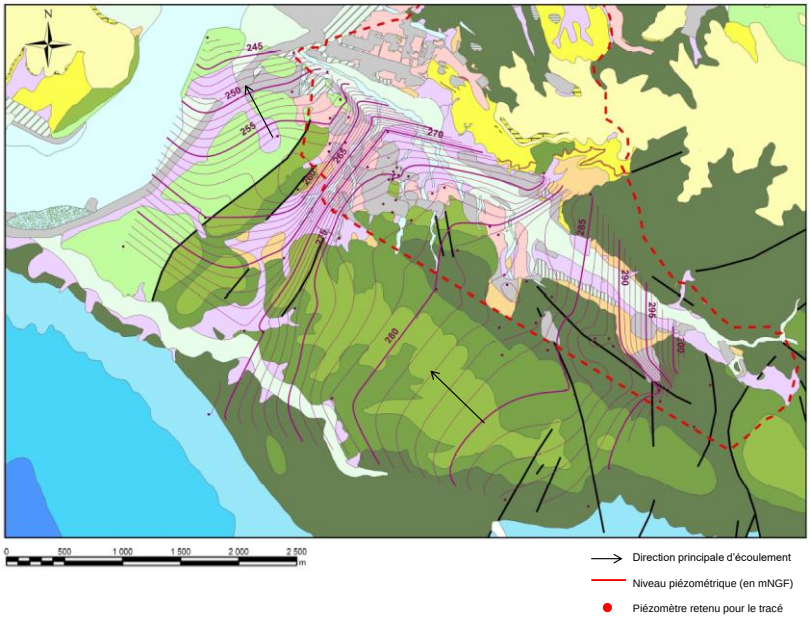


Figure 55 : Carte piézométrique de l'aquifère crétacé en contexte de hautes eaux (avril 2009)

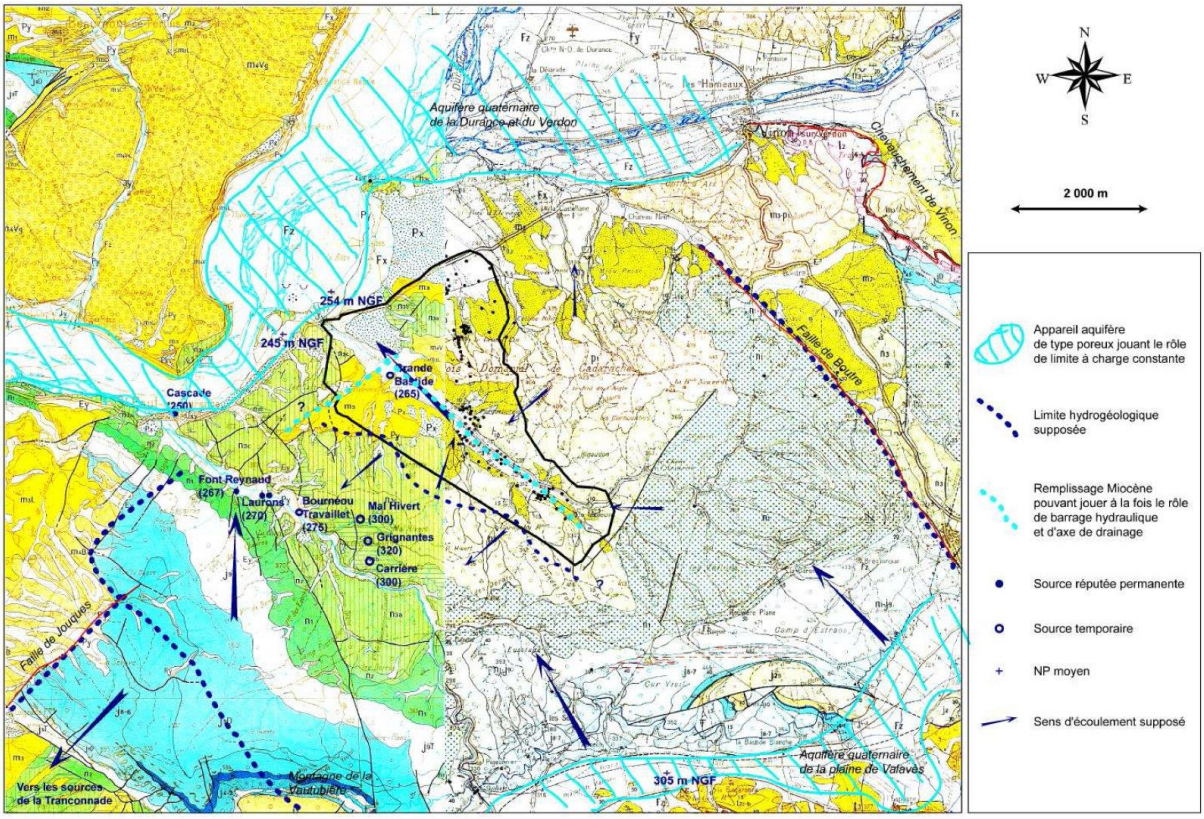


Figure 56 : Carte hydrogéologique du site de Cadarache à grande échelle

7.2. Contexte hydrogéologique local de l'INB 56

7.2.1. Zone du Parc

Le Parc d'entreposage est implanté dans le vallon de la Bargette, qui correspond à un paléo-affluent du ruisseau de la Bête. Cette dépression, qui entaille les calcaires crétacés, est en partie comblée par des dépôts miocènes (sables plus ou moins argileux et grésifiés), eux-mêmes recouverts par des colluvions quaternaires au nord de l'installation. Cette série mio-quaternaire, d'une épaisseur maximale d'une soixantaine de mètres au cœur du vallon de la Bargette, renferme un aquifère de type poreux.

Les calcaires crétacés sous-jacents renferment quant à eux un aquifère de type fissuré / fracturé.

Le comportement des nappes miocène et crétacée dans la zone du Parc peut être suivi grâce à un réseau de piézomètres relativement dense (cf. carte en figure suivante).

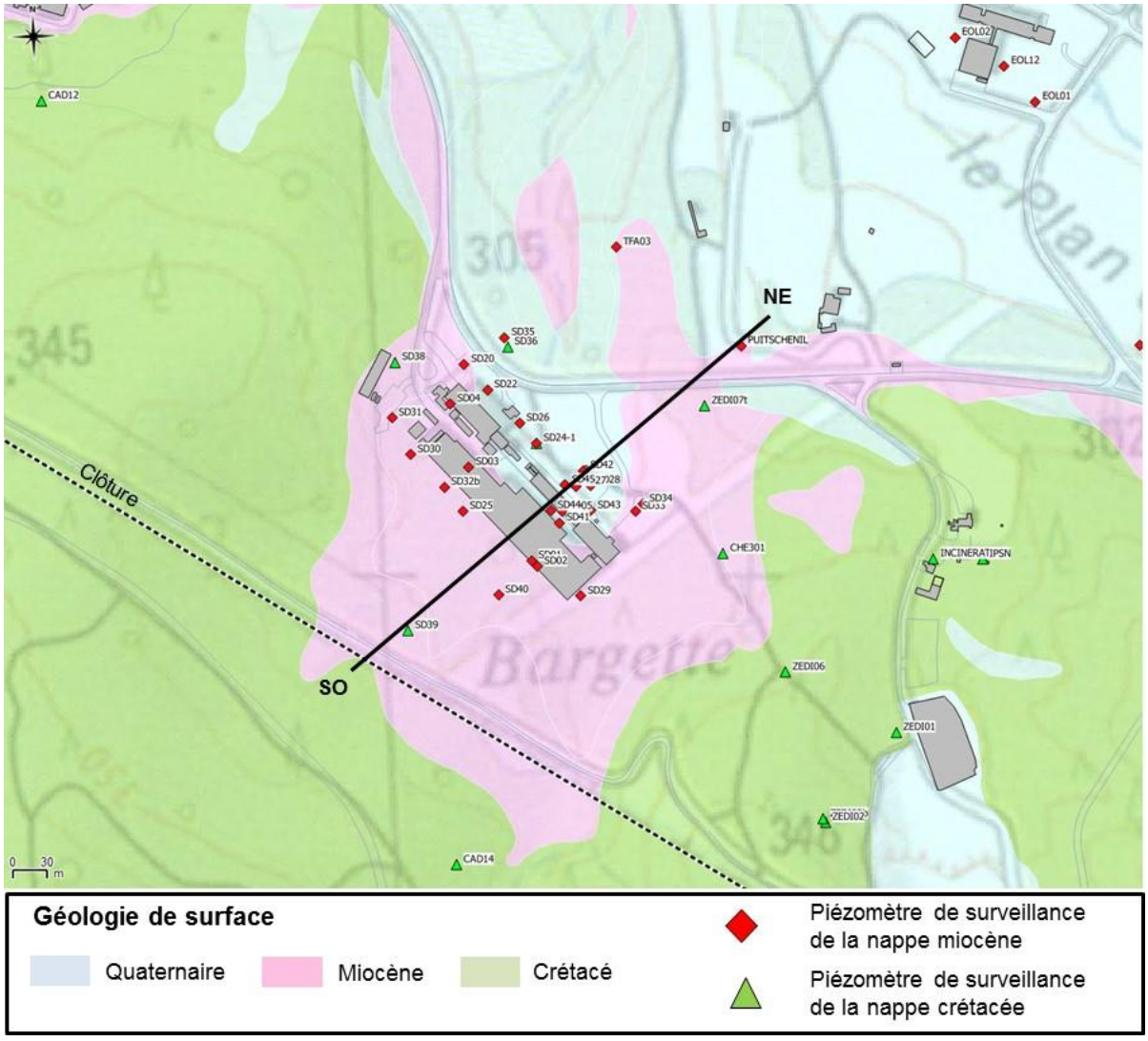


Figure 57 : Contexte hydrogéologique local et localisation des piézomètres à proximité de la zone du Parc

La figure suivante présente la coupe géologique nord-est sud-ouest (plan de coupe indiqué sur la figure précédente) de la zone du Parc, sur laquelle ont été reportés les niveaux piézométriques des nappes miocène et crétacées relevés en juillet 2016, soit en contexte de basses eaux. La cote piézométrique de la nappe miocène est d'environ 300 m NGF, et celle de la nappe crétacée d'environ 270 m NGF.

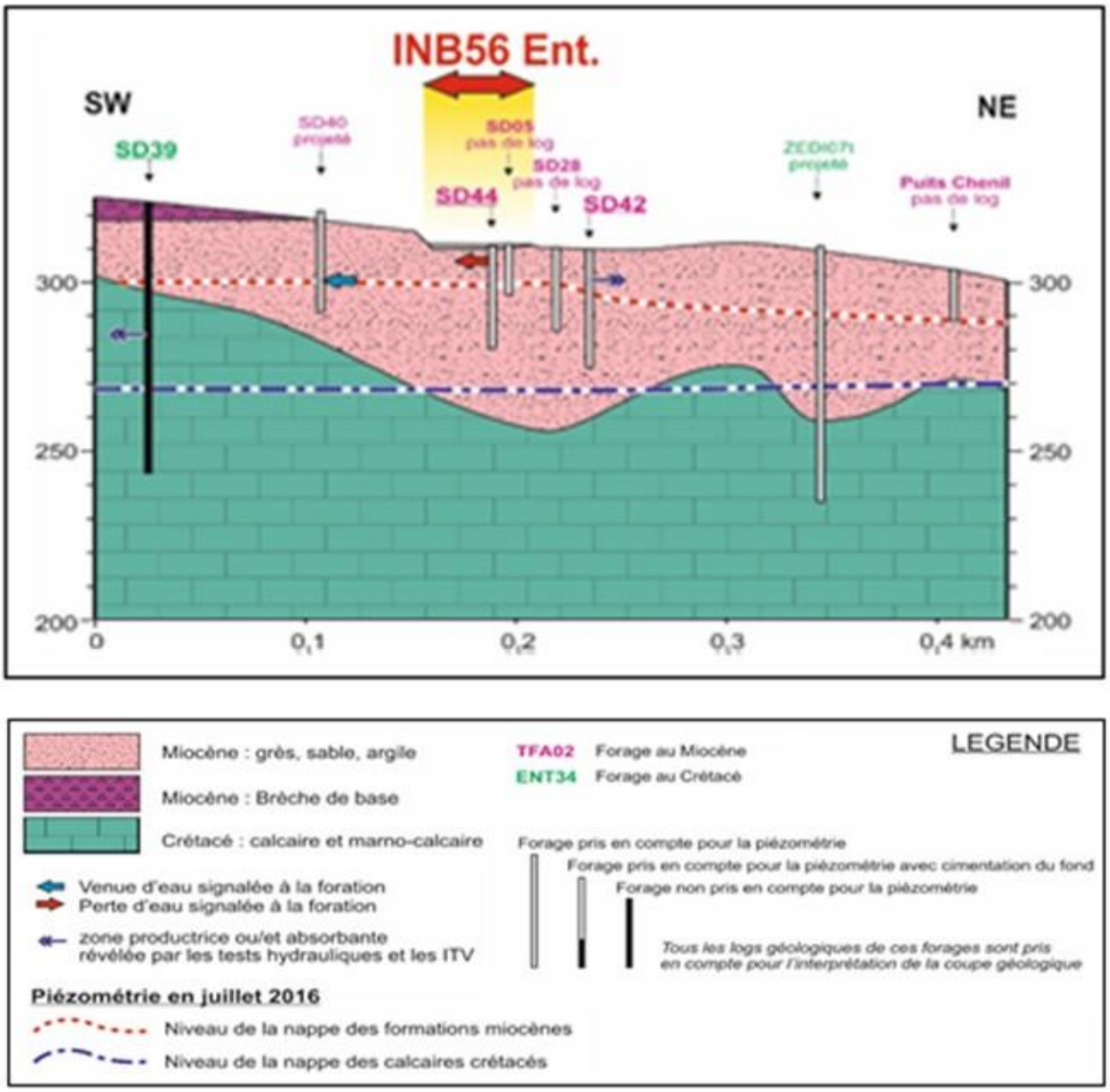


Figure 58 : Coupe géologique et piézométrie en juillet 2016 pour la zone du Parc

Les variations piézométriques en fonction des pluies sont différentes en fonction de la nappe suivie, comme l'illustre la figure suivante, avec les résultats du suivi en continu sur deux piézomètres :

- variations assez lentes et d'amplitude modérée (de l'ordre du mètre, sur plusieurs semaines) pour la nappe miocène ;
- variations plus rapides et de grande amplitude (plusieurs dizaines de mètres en quelques jours) pour la nappe crétacée.

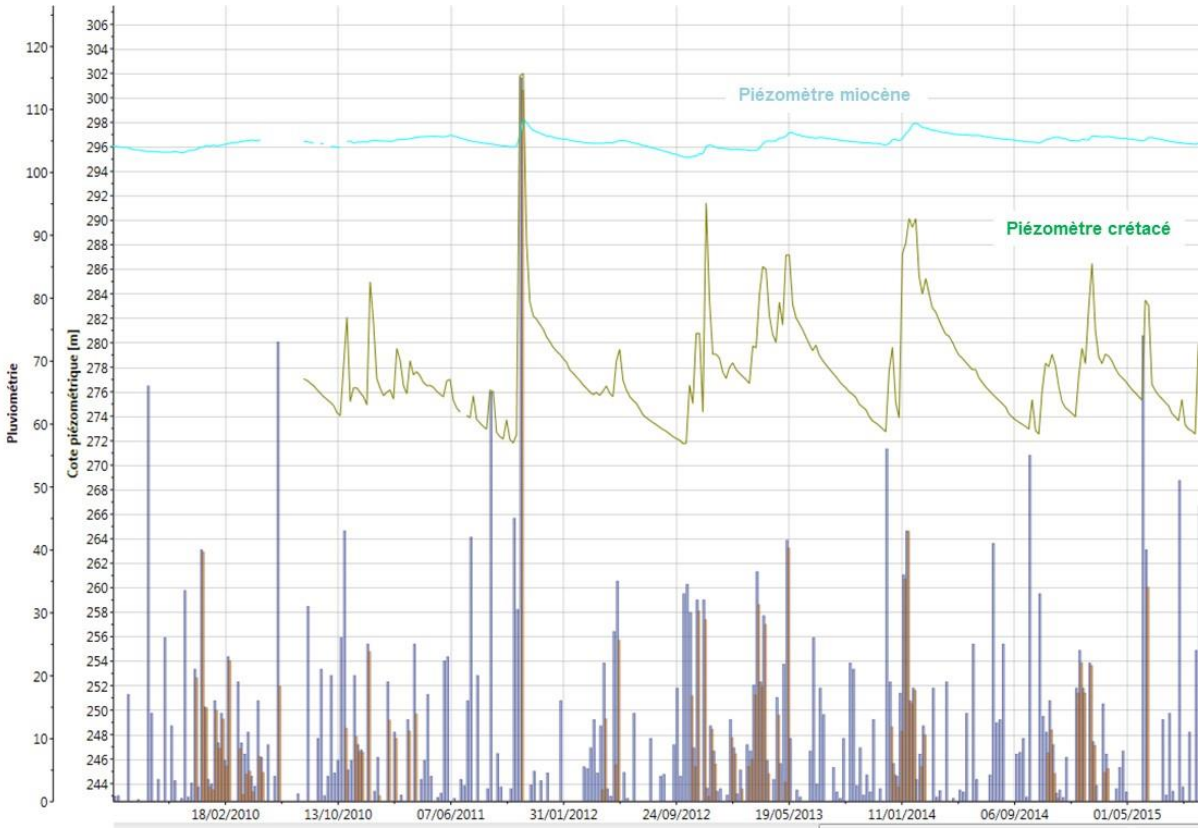


Figure 59 : Exemple de variations piézométriques enregistrées sur la zone du Parc

L'écoulement général de la nappe miocène s'effectue vers le nord-est, dans l'axe actuel du vallon de Bargette, et en direction du Ravin de la Bête.

Les directions d'écoulement de la nappe crétacée sont similaires à ceux de la nappe miocène.

7.2.2. Zone des Tranchées

Sur la zone des Tranchées, trois nappes sont en présence, avec de haut en bas :

- nappe superficielle dans les formations quaternaires (milieu poreux) ;
- nappe dans les formations miocènes (milieu poreux) ;
- nappe dans les calcaires crétacés (milieu de type fissuré / fracturé).

Le comportement des différentes nappes dans la zone des Tranchées peut être suivi grâce à un réseau de piézomètres relativement dense (cf. carte en figure suivante).

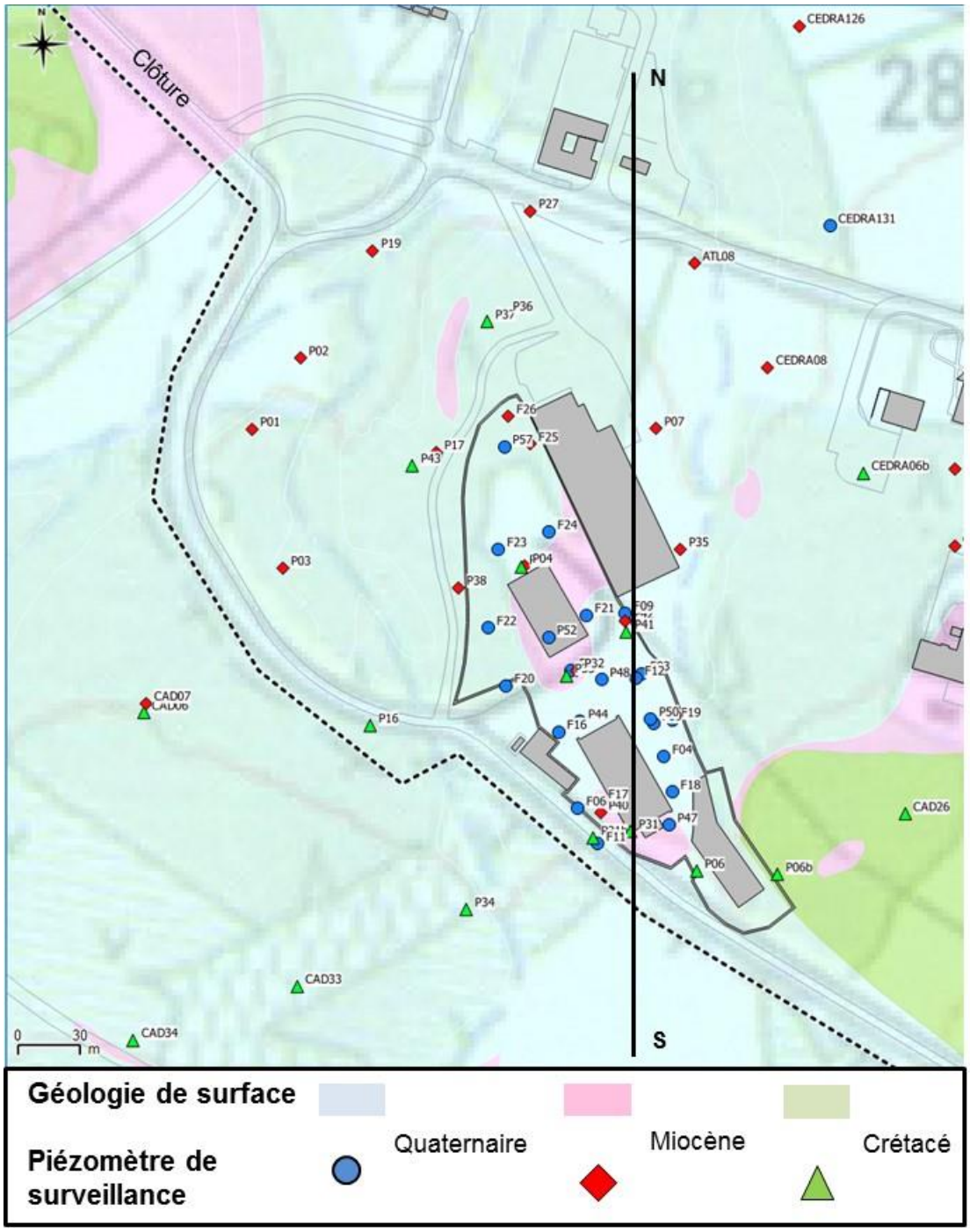


Figure 60 : Contexte hydrogéologique local et localisation des piézomètres à proximité de la zone des Tranchées

La figure suivante présente la coupe géologique nord-sud (plan de coupe indiqué sur la figure précédente) de la zone des Tranchées, sur laquelle ont été reportés les niveaux piézométriques des nappes miocène et crétacées relevés en juillet 2016, soit en contexte de basses eaux. La cote piézométrique de la nappe miocène est d'environ 290 m NGF, et celle de la nappe crétacée d'environ 270 m NGF.

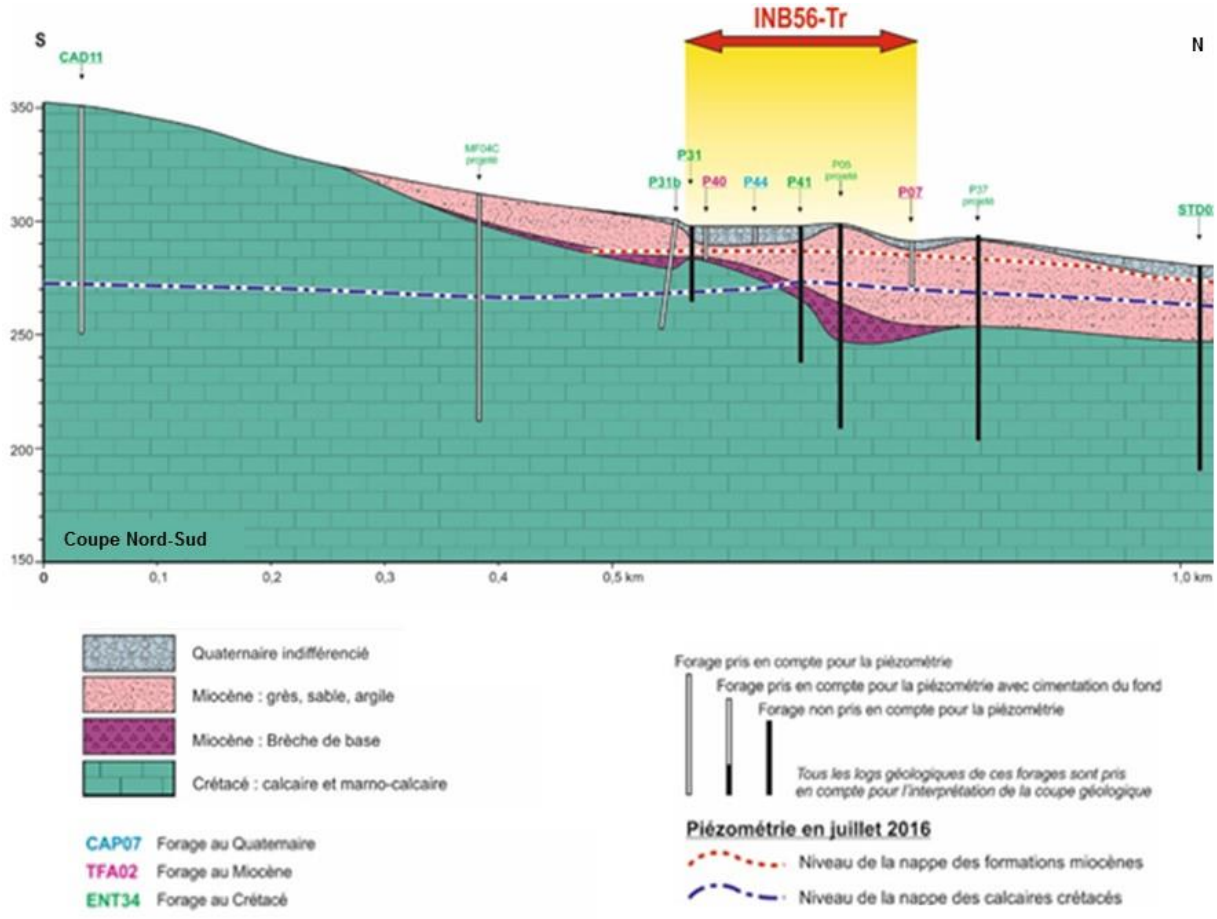


Figure 61 : Coupe géologique et piézométrie en juillet 2016 pour la zone des Tranchées

Tout comme pour la zone du Parc, et plus généralement à l'échelle de Cadarache, les variations piézométriques en fonction des pluies sont différentes en fonction de la nappe suivie : variations rapides et de grande amplitude pour la nappe crétacée, contrastant avec celles, plus lentes et de plus faible amplitude, de la nappe miocène.

La nappe superficielle contenue dans les formations quaternaires présente une direction d'écoulement orientée vers le nord-nord-ouest.

A l'échelle de la zone des tranchées, les écoulements de la nappe miocène présentent une composante globalement nord-nord-ouest, avant de s'orienter plus nord-nord-est, dans l'axe du vallon de Mourre-Frais/Grande Bastide en remontant vers le nord. A l'échelle plus générale du Centre de Cadarache, les écoulements rejoignent ensuite le Ravin de la Bête.

Les écoulements de la nappe crétacée ont une composante ouest-nord-ouest à nord-ouest, en direction de la Durance.

7.3. Usages des eaux souterraines

Selon l'arrêté préfectoral n° 2020-497-PC du 27 octobre 2022, l'installation de potabilisation du Centre de Cadarache peut être alimentée en secours par des captages dans la nappe alluviale de la Durance (ces captages ne sont cependant plus utilisés actuellement).

Les eaux souterraines présentent sous les deux zones de l'INB 56 dans les différentes formations (quaternaires, miocènes et crétacées) ne sont pas utilisées pour l'eau potable (ni par le Centre ni en aval immédiat du Centre).

7.4. Qualité chimique des eaux souterraines

7.4.1. Contexte institutionnel – SDAGE et DCE

Depuis les années 1970, la politique publique de l'eau s'inscrit dans un cadre européen. La loi sur l'eau du 3 janvier 1992 a posé le principe que l'eau fait partie du patrimoine commun de la nation et que sa protection est d'intérêt général.

L'une des grandes innovations instituées par cette loi est l'utilisation de moyens en vue de la planification et de la gestion de la ressource en eau, et le maintien ou la restauration du bon état des milieux aquatiques. Pour parvenir au bon état, la DCE prévoyait une évolution progressive sur trois cycles de six ans. Pour chacun d'entre eux, les États-membres devaient réaliser une évaluation - un état des lieux - de leurs différents bassins hydrographiques, et s'appuyer sur ce dernier afin de concevoir les actions à mettre en œuvre pour viser le bon état.

En France, la programmation des objectifs se concrétise à travers le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (**SDAGE**), accompagné de son programme de mesure (PDM).

Le SDAGE définit la politique à mener pour stopper la détérioration et retrouver un bon état de toutes les eaux : cours d'eau, plans d'eau, nappes souterraines et eaux littorales. Il est élaboré par les comités de bassin de chaque grand bassin hydrographique français. Il s'agit d'un document de planification pour l'eau et les milieux aquatiques qui fixe pour une période de 6 ans, les « **orientations fondamentales »** pour une gestion équilibrée de la ressource en eau.

Il intègre les nouvelles orientations de la Directive Cadre Européenne (**DCE**) sur l'eau 2000/60/CE du 23 octobre 2000. Cette directive a fixé comme objectif **le bon état de toutes les masses d'eau en 2015** (1er cycle DCE 2010-2015).

La réglementation prévoyait toutefois que si, pour des raisons techniques, financières ou tenant aux conditions naturelles, les objectifs de bon état en 2015 ne pouvaient être atteints dans ce délai, le SDAGE pouvait fixer des échéances plus lointaines, en les motivant, sans que les reports puissent excéder la période correspondant à deux mises à jour du SDAGE (art. L. 212-1 V. du code de l'environnement), soit **2021** ou **2027 au plus tard**.

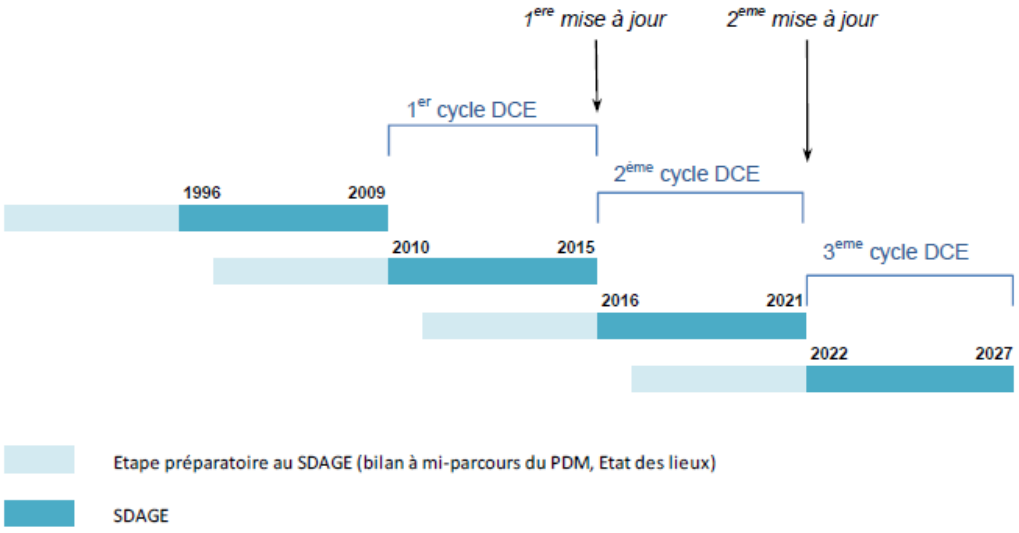


Figure 62 : Principe des reports d'échéance prévus et encadrés par la Directive Cadre sur l'Eau (Source : SDAGE 2022-2027 du bassin Rhône-Méditerranée)

Par exemption, l'article 4.5 de la DCE permet néanmoins de fixer des Objectifs Moins Stricts (OMS) pour les masses d'eau qui n'atteindront pas le bon état fin 2027 et pour lesquelles subsistent des pressions anthropiques limitant l'atteinte du bon état au-delà de 2027, malgré la mise en œuvre de toutes les mesures techniquement faisables et à un coût disproportionné durant la période 2022-2027.

L'objectif d'atteindre le bon état à court, moyen ou long terme n'est pas abandonné. L'objectif moins strict correspond à un état intermédiaire établi pour l'horizon 2027 ; il traduit donc un point d'étape sur une trajectoire qui vise le retour au bon état à terme.

Un objectif moins strict (OMS) est déterminé pour chaque élément de qualité déclassant des masses d'eau évaluées en état moins que bon en 2021, et pour lesquelles des impacts de pressions significatifs résiduels subsisteront en 2027. La réduction de ces impacts nécessite de poursuivre l'action de réduction de ces impacts au-delà de 2027 pour atteindre le bon état.

Les objectifs moins stricts sont réexaminés lors de chaque mise à jour du SDAGE, c'est-à-dire tous les 6 ans.

La fixation d'un objectif moins strict doit être justifiée par des critères appropriés, évidents et transparents (art. 4.5 de la DCE). La justification de cette situation tient notamment à la persistance de l'impact des pressions limitant l'atteinte du bon état à l'échéance 2027. Pour des raisons de faisabilité technique ou de coûts disproportionnés, toutes les mesures nécessaires à la réduction significative de l'impact des pressions, et donc à l'atteinte du bon état, ne pourront être mises en œuvre d'ici à 2027.

Le SDAGE du bassin « Rhône-Méditerranée »

La gestion des eaux de Cadarache s'inscrit dans le cadre du SDAGE du bassin « Rhône-Méditerranée ».

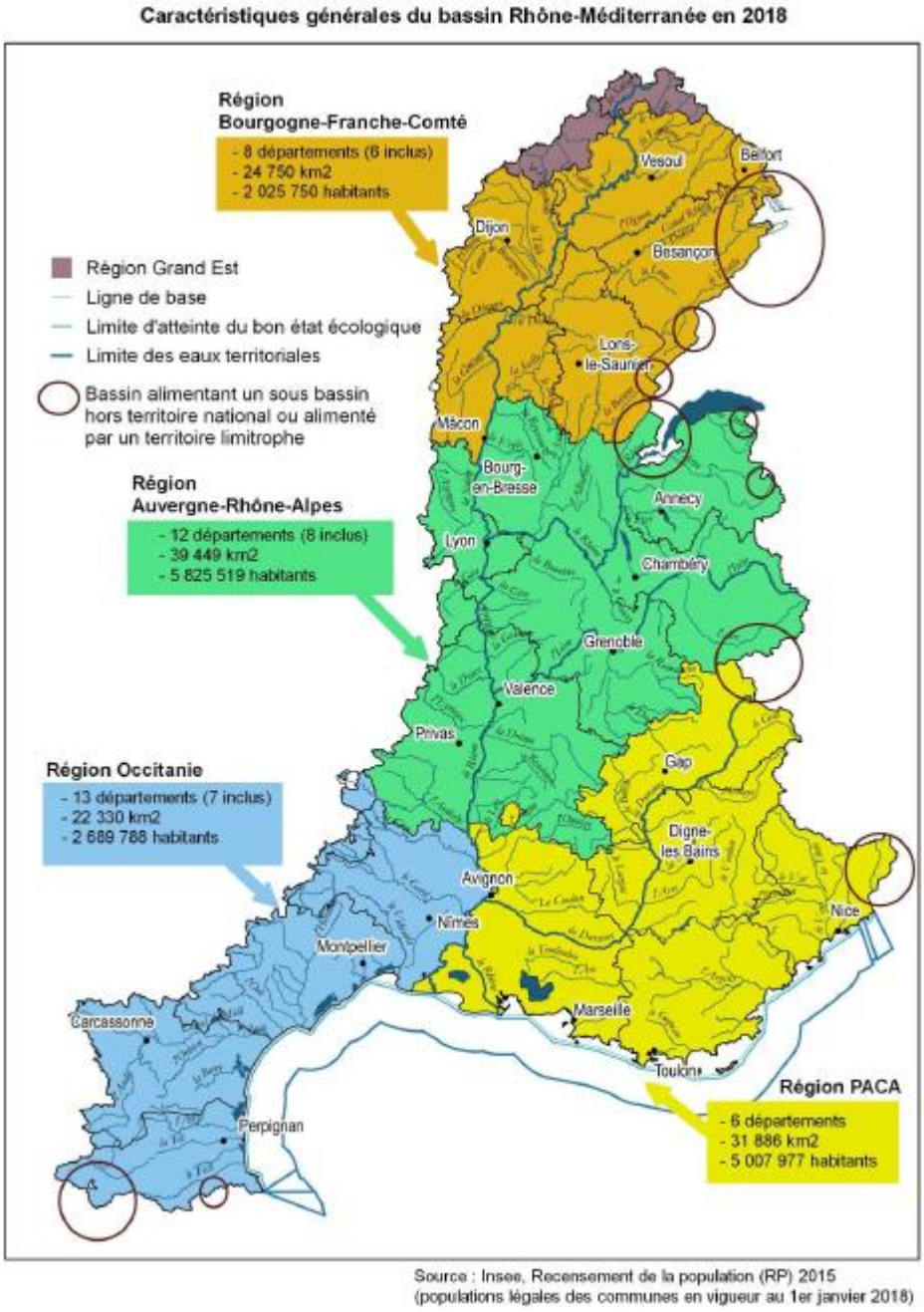


Figure 63 : Caractéristiques générales du Bassin « Rhône-Méditerranée » (SDAGE 2022-2027)

Bassin Rhône-Méditerranée : Le bassin Rhône-Méditerranée est constitué de l'ensemble des bassins versants français des cours d'eau continentaux s'écoulant vers la Méditerranée et du littoral méditerranéen continental. Il couvre, en tout ou partie, 5 régions (Provence-Alpes-Côte d'Azur, Occitanie, Auvergne-Rhône-Alpes, Bourgogne-Franche-Comté, Grand-Est) et 29 départements. Il s'étend sur environ 121600 km^2, soit près de 20 % de la superficie du territoire national. Cette superficie correspond au bassin versant hydrographique rapporté aux limites communales.

Les ressources en eau du bassin Rhône-Méditerranée sont relativement abondantes comparées à l'ensemble des ressources hydriques de la France (réseau hydrographique dense et morphologie fluviale variée, richesse exceptionnelle en plans d'eau, forte présence de zones humides riches et diversifiées, glaciers alpins, grande diversité des types de masses d'eau souterraine). Cependant, une majorité des territoires du sud-est de la France présente de manière chronique un déséquilibre entre l'eau disponible dans le milieu naturel et les prélèvements effectués que ce soit pour l'eau potable, l'agriculture ou l'industrie.

Le bassin Rhône-Méditerranée est marqué par de forts reliefs et la moitié du bassin est couverte par des espaces naturels. Les territoires artificialisés se concentrent principalement au niveau des pôles urbains, industriels et des voies de communication.

Le SDAGE 2022-2027 Rhône-Méditerranée et son programme de mesures associé sont entrés en vigueur le 18 mars 2022 pour les années 2022 à 2027 (Figure 64).

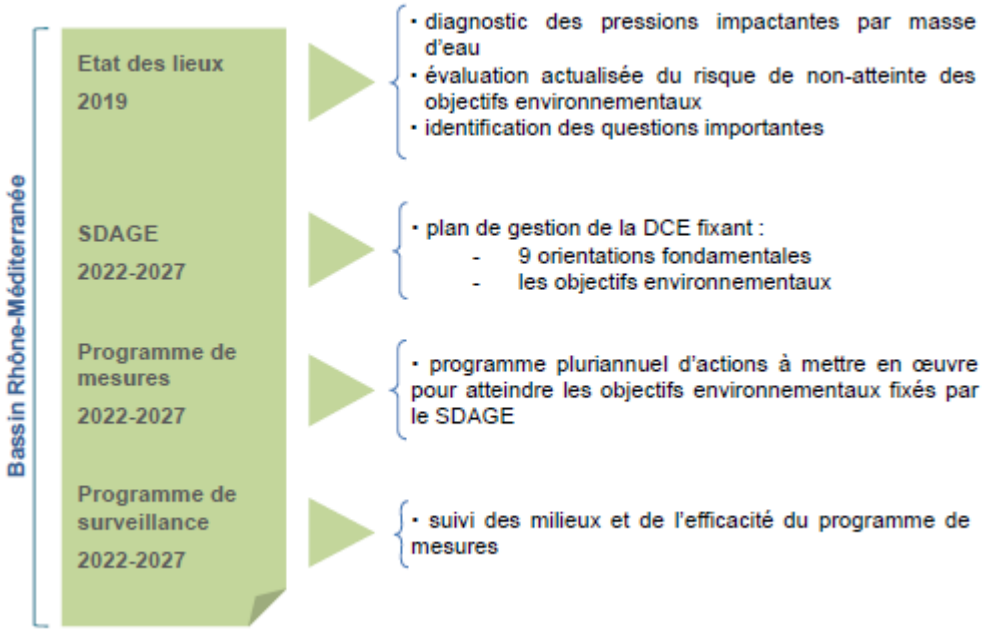


Figure 64 : Organisation et objectifs du SDAGE 2022-2027 Rhône-Méditerranée

Il définit **9 orientations fondamentales (OF)**, dont les libellés et l'organisation ont été globalement conservés de la version précédente (2016-2021) à quelques ajustements près, mais intègre les évolutions du contexte du bassin Rhône-Méditerranée et des orientations et instructions nationales relatives à la politique de l'eau :

- OF0 : s'adapter aux effets du changement climatique ;
- OF1 : privilégier la prévention et les interventions à la source pour plus d'efficacité ;
- OF2 : concrétiser la mise en œuvre du principe de non dégradation des milieux aquatiques ;
- OF3 : Prendre en compte les enjeux sociaux et économiques des politiques de l'eau ;
- OF4 : Renforcer la gouvernance locale de l'eau pour assurer une gestion intégrée des enjeux ;
- OF5 : Lutter contre les pollutions, en mettant la priorité sur les pollutions par les substances dangereuses et la protection de la santé ;
- OF5A : Poursuivre les efforts de lutte contre les pollutions d'origine domestique et industrielle ;

- OF5B : Lutter contre l'eutrophisation des milieux aquatiques ;
- OF5C : Lutter contre les pollutions par les substances dangereuses ;
- OF5D : Lutter contre la pollution par les pesticides par des changements conséquents dans les pratiques actuelles ;
- OF5E : Evaluer, prévenir et maîtriser les risques pour la santé humaine ;
- OF6 : Préserver et restaurer le fonctionnement des milieux aquatiques et des zones humides ;
- OF6A : Agir sur la morphologie et le décloisonnement pour préserver et restaurer les milieux aquatiques;
- OF6B : Préserver, restaurer et gérer les zones humides ;
- OF6C : Intégrer la gestion des espèces de la faune et de la flore dans les politiques de gestion de l'eau ;
- OF7 : Atteindre et préserver l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource en eau et en anticipant l'avenir ;
- OF8 : Augmenter la sécurité des populations exposées aux inondations en tenant compte du fonctionnement naturel des milieux aquatiques.

On notera que les dispositions relatives à la gestion durable et à l'organisation des services publics d'eau et d'assainissement, qui relevaient de l'orientation fondamentale n°3 du SDAGE 2016-2021, sont intégrées à l'orientation fondamentale n°4 du SDAGE 2022-2027. Celle-ci vise une gestion intégrée de tous les enjeux de l'eau sur les territoires et traite de l'organisation de l'ensemble des compétences liées à l'eau (gestion des milieux aquatiques, prévention des inondations, eau potable, assainissement).

Au-delà de ces ajustements techniques nécessaires, l'actualisation des orientations fondamentales du SDAGE 2022-2027 s'est focalisée sur trois sujets majeurs identifiés par le comité de bassin Rhône-Méditerranée :

- la gestion équilibrée de la ressource en eau dans le contexte de changement climatique ;
- la lutte contre les pollutions par les substances dangereuses ;

la restauration physique des cours d'eau et la réduction de l'aléa d'inondation.

7.4.2. Objectifs de qualité

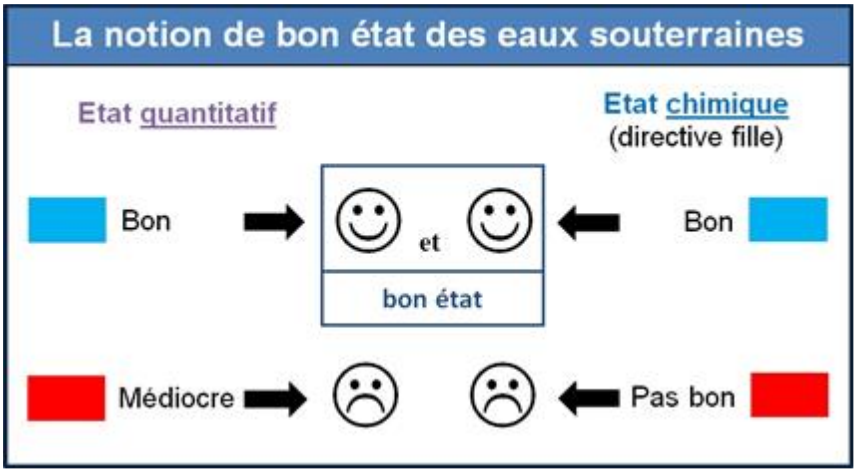
Cadre européen et transposition dans le droit français

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) adoptée en 2000 a pour objectif l'atteinte **du bon état** des toutes les masses d'eau, dont les masses d'eau souterraine.

Définition du bon état d'une eau souterraine : Le bon état d'une eau souterraine est défini par la combinaison de critères à la fois qualitatifs et quantitatifs. L'état d'une masse d'eau souterraine est considéré comme « bon » lorsque son état chimique et son état quantitatif sont au moins « bons ».

L'état chimique d'une eau souterraine est considéré comme bon lorsque les concentrations en polluants dues aux activités humaines ne dépassent pas les normes définies par arrêté du ministre chargé de l'environnement, lorsqu'elles n'entravent pas l'atteinte des objectifs fixés pour les masses d'eaux de surface alimentées par cette masse d'eau souterraine et lorsqu'il n'est constaté aucune intrusion d'eau salée « ou autre » due aux activités humaines.

L'état quantitatif d'une eau souterraine est considéré comme bon lorsque les prélèvements ne dépassent pas la capacité de renouvellement de la ressource disponible, compte tenu de la nécessaire alimentation en eau des écosystèmes aquatiques de surface et des zones humides directement dépendantes.



Le DCE annonçait l'adoption, au niveau européen, de mesures visant à prévenir et contrôler la pollution des eaux souterraines. La directive 2006/118/CE du parlement européen et du conseil du 12 décembre 2006 sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration, a répondu à cette annonce. Pour cette raison, elle est appelée « directive fille » eaux souterraines de la DCE.

Au niveau français, la mise en œuvre de la « directive fille » eaux souterraines s'est notamment traduite :

- par l'arrêté 17 décembre 2008 modifié établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines ;
- et par l'arrêté du 17 juillet 2009 modifié relatif aux mesures de prévention ou de limitation des introductions de polluants dans les eaux souterraines.

Normes de qualité environnementales (NQE) et valeurs seuils pour les eaux souterraines

Norme de qualité environnementale (NQE) : Une Norme de Qualité Environnementale ou NQE est définie comme la « concentration d'un polluant ou d'un groupe de polluants dans l'eau, les sédiments ou le biote qui ne doit pas être dépassée, afin de protéger la santé humaine et l'environnement ».

Valeur seuil : Norme de qualité d'une eau souterraine fixée selon la méthodologie de l'arrêté du 17 décembre 2008 modifié. Les valeurs seuils sont fixées de façon à permettre de constater que les conditions nécessaires pour atteindre le bon état chimique d'une masse d'eau ou d'un groupe de masses d'eau souterraine sont remplies.

Les normes de qualité environnementales (**NQE**) pour les eaux souterraines sont définies dans l'annexe I de l'arrêté du 17 décembre 2008 modifié. Elles sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Polluant	Norme de Qualité
Nitrates	50 mg/l

Polluant	Norme de Qualité
Substances actives des pesticides, ainsi que les métabolites et produits de dégradation et de réaction pertinents (1)	0,1 µg/l 0,5 µg/l (total) (2)
(1) On entend par pesticides les produits phytopharmaceutiques et les produits biocides. *(2) On entend par total la somme de tous les pesticides détectés et quantifiés dans le cadre de la procédure de surveillance, y compris leurs métabolites, les produits de dégradation et les produits de réaction pertinents*	

Tableau 33 : Normes de Qualité pour les eaux souterraines données en annexe I de l'arrêté du 17 décembre 2008 modifié

Les **valeurs seuils** pour les eaux souterraines sont définies dans l'annexe II de l'arrêté du 17 décembre 2008 modifié. La partie A de l'annexe II fixe la **liste minimale** des paramètres et valeurs seuils associées retenues au **niveau national**. Ils sont repris dans le tableau ci-après. Il est à noter que nitrites et les orthophosphates ont été ajoutés à cette liste minimale de niveau national par l'arrêté du 23 juin 2016 qui a modifié l'arrêté du 17 décembre 2008.

Paramètres	Valeurs seuils retenues au niveau national
Arsenic	10 µg/l (1)
Cadmium	5 µg/l
Plomb	10 µg/l (2)
Mercure	1 µg/l
Trichloréthylène	10 µg/l
Tétrachloréthylène	10 µg/l
Ammonium	0,5 mg/l (1)
Nitrites	0,3 (mg NO_2^-/l)
Orthophosphates	0,5 (mg PO_4^{3-}/l)
(1) Valeur seuil applicable uniquement aux aquifères non influencés pour ce paramètre par le contexte géologique - à définir localement pour les nappes dont le contexte géologique influence ce paramètre. *(2) Dans le cas d'un aquifère en lien avec les eaux de surface et qui les alimente de façon significative, prendre comme valeur seuil celle retenue pour les eaux douces de surface en tenant compte éventuellement des facteurs de dilution et d'atténuation.*	

Tableau 34 : Liste minimale des paramètres et valeurs seuils associées retenues au niveau national pour les eaux souterraines données en annexe II de l'arrêté du 17 décembre 2008 modifié

La partie B de l'annexe II de l'arrêté du 17 décembre 2008 modifié indique que des valeurs seuils sont à définir localement pour les nappes sous influence marine ou sous influence d'évaporites pour les trois paramètres suivants : sulfates, chlorures et conductivité.

Des paramètres et leurs valeurs seuils associées sujets à évolution :

L'article 5 de l'arrêté du 17 décembre 2008 modifié précise qu'après avis du comité de bassin, le préfet coordonnateur de bassin fixe des valeurs seuils pour les polluants et indicateurs de pollution listés à l'annexe II et pour tout autre paramètre, lorsqu'ils sont identifiés comme responsables d'un risque de non-atteinte du bon état chimique de masses ou groupes de masses d'eau souterraine. Pour les polluants et indicateurs de pollution de la partie A de l'annexe II, les valeurs seuils doivent être au minimum égales aux valeurs définies au niveau national.

Ainsi, le SDAGE 2022-2027 Rhône-Méditerranée indique la liste des valeurs seuils retenues pour l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau souterraine du bassin.

La prise en compte des spécificités locales du « fond géochimique »

Le fond géochimique est défini comme la concentration d'une substance ou valeur d'un indicateur dans une masse d'eau souterraine correspondant à une absence de modification anthropique, ou seulement à des modifications très mineures, par rapport à des conditions non perturbées.

Certaines masses d'eau sont affectées par des polluants pouvant être influencés par le contexte géologique (certains métaux, ammonium, sulfates, chlorures en particulier), c'est-à-dire présents naturellement dans les eaux (on parle de « fond géochimique »).

Dans ce cas, des **valeurs seuils locales** peuvent être définies pour ces masses d'eau. La méthode de détermination de ces valeurs seuils repose sur la logique suivante[6] :

- si le fond géochimique est inférieur à la valeur seuil nationale, c'est cette dernière valeur qui est retenue

- si le fond géochimique est supérieur à la valeur seuil nationale, une valeur seuil au niveau local est fixée en fonction des données disponibles localement (données d'étude et des résultats du programme de surveillance et du contrôle sanitaire sur les captages d'alimentation en eau potable).

Ainsi, le SDAGE 2022-2027 Rhône-Méditerranée a indiqué une liste de valeurs seuils locales retenues pour l'évaluation de l'état chimique de certaines masses d'eau souterraine particulières. Ces valeurs seuils concernent essentiellement les paramètres sulfates, chlorures et conductivité (paramètres indiqués en partie B de l'annexe II de l'arrêté du 17 décembre 2008 modifié), mais aussi, pour certaines masses d'eau, l'antimoine, l'arsenic et le baryum.

7.4.3. Qualité chimique des eaux souterraines du site

A l'occasion du « point zéro chimique » d'ITER, une caractérisation chimique des eaux souterraines a été réalisée en 2007 à partir d'échantillons prélevés sur 9 des piézomètres implantés sur la zone du projet ITER dans les formations miocènes et crétacées. Le Tableau 35 présente les fourchettes de valeurs obtenues pour les différents paramètres physico-chimiques mesurés. A titre indicatif, la dernière colonne du tableau donne les valeurs seuils ou Normes de Qualité Environnementale retenues pour l'évaluation de la qualité des eaux souterraines dans le bassin Rhône-Méditerranée, listées dans le SDAGE 2022-2027.

[6] Étude BRGM, Agence de l'eau RMC, 2006. Identification des zones à risque de fond géochimique élevé en éléments traces dans les cours d'eau et les eaux souterraines des bassins Rhône - Méditerranée et Corse.

Nature	Paramètre	Unité	Fourchette de concentrations eaux souterraines - Zone ITER	Valeur seuil ou Norme de Qualité pour le bassin Rhône-Méditerranée
Minéralisation	Conductivité à 25°C	µS/cm	455 à 725	1 100
	Fluorures	mg/L	< 0,1 à 0,7	1,5
	Calcium	mg/L	62 à 150	-
	Chlorures	mg/L	4,8 à 14	250
	Magnésium	mg/L	2,3 à 17	-
	Potassium	mg/L	< 1	-
	Silicates solubles	mg/L	4 à 4,7	-
	Sodium	mg/L	3,7 à 8	200
	Sulfates	mg/L	5,6 à 27	250
Fer et manganèse	Fer	mg/L	< 0,010 à 0,021	0,2
	Manganèse	mg/L	< 0,002 à 0,076	0,05
Oligo-éléments - Micro polluants minéraux	Aluminium	mg/L	< 0,010 à 0,042	0,2
	Nickel	mg/L	< 0,005	0,02
	Zinc	mg/L	0,031 à 0,620	5
Oxygènes et matières organiques	Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/L	< 5 à 35	-

Tableau 35 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux souterraines sur le site d'ITER (formations miocènes et crétacées)

Les concentrations de tous les éléments sont du même ordre de grandeur que les valeurs communément rencontrées sur le site de Cadarache.

Seul le zinc présente des concentrations significatives, mais qui restent bien inférieures aux valeurs conseillées pour l'eau potable par l'Organisation Mondiale de la Santé[7] ainsi qu'à la valeur seuil ou Norme de Qualité Environnementale retenue pour l'évaluation de la qualité des eaux souterraines dans le bassin Rhône-Méditerranée et dans le Guide d'évaluation de l'état des eaux souterraines établi par le Ministère de la Transition Ecologique et solidaire de juillet 2019. L'hypothèse retenue aujourd'hui pour expliquer cette concentration en Zinc serait la présence d'une ancienne verrerie à cet emplacement il y a plusieurs décennies, qui aurait utilisé ce métal pour son activité. Le zinc aurait notamment été utilisé pour certains ornements appliqués sur le verre.

Dans le cadre de l'arrêté préfectoral n°2020-497-PC du 27 octobre 2022 (article 4.6 Surveillance des impacts sur les milieux aquatiques et les sols), les caractéristiques chimiques des eaux souterraines du Centre de Cadarache sont également suivies réglementairement, par un réseau de 9 forages dont la localisation est précisée sur la Figure 65. Des échantillons y sont prélevés trimestriellement. Le Tableau 36 présente les concentrations (mg/L) rencontrées sur ces 9 piézomètres réglementaires pour l'année 2021. A titre indicatif, la seconde colonne donne les Valeurs seuils ou Normes de Qualité Environnementale retenues pour l'évaluation de la qualité chimique des eaux souterraines dans le bassin Rhône-Méditerranée, listées dans le SDAGE 2022-2027.

[7] L'OMS publie des « Directives pour la qualité de l'eau potable ». Dans la quatrième édition datant de 2011, l'OMS indique que le Zinc ne pose pas de problème pour la santé aux concentrations normalement observées dans les eaux potables, aussi aucune valeur guide pour la santé humaine n'a été proposée pour cette substance. En revanche, une valeur guide est proposée pour des raisons d'acceptabilité des consommateurs : en effet, de l'eau contenant du Zinc à des concentrations de 3-5 mg/L peuvent apparaître opalescentes et développer un film gras lors de l'ébullition.

2021	Valeurs seuil ou NQE (mg/L)	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	P18	F19
Chlorures	250	36,8	14,5	27,75	32,0	14,8	59,8	6,1	25,2	9,6
Sulfates	250	48,3	40,5	44,25	49,5	55,5	52,8	25,3	16,3	4,9
Fluorures	1,5	0,1	0,07	0,075	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1
Hydrocarbures totaux	1	< 0,1	< 0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1
Aluminium	0,2	0,187	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,023	0,002
Fer	0,2	0,030	0,005	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,10	0,01
Zinc	5	0,015	0,009	0,005	0,005	0,002	0,009	0,009	0,060	0,042
Bore	1	0,016	0,024	0,03	0,05	0,02	0,01	0,01	0,04	0,01
Phosphore total	0,2 (mg/L Ptot)	0,184	0,033	0,02	0,142	<0,01	0,06	0,0177	0,065	0,011
Demande chimique en oxygène (DCO)	-	10,850	13,500	10	12	< 5	16,6	< 5	67,6	< 5
Demande biochimique en oxygène (DBO5)	-	1,850	1,450	1,45	0,60	0,8	2,95	0,5	15,1	< 0,5
Azote Global	-	4,795	3,45	1,73	0,115	0,83	<0,02	3,9625	1,01	0,4

Tableau 36 : Bilan de la surveillance chimique des eaux souterraines du CEA de Cadarache pour l'année 2021

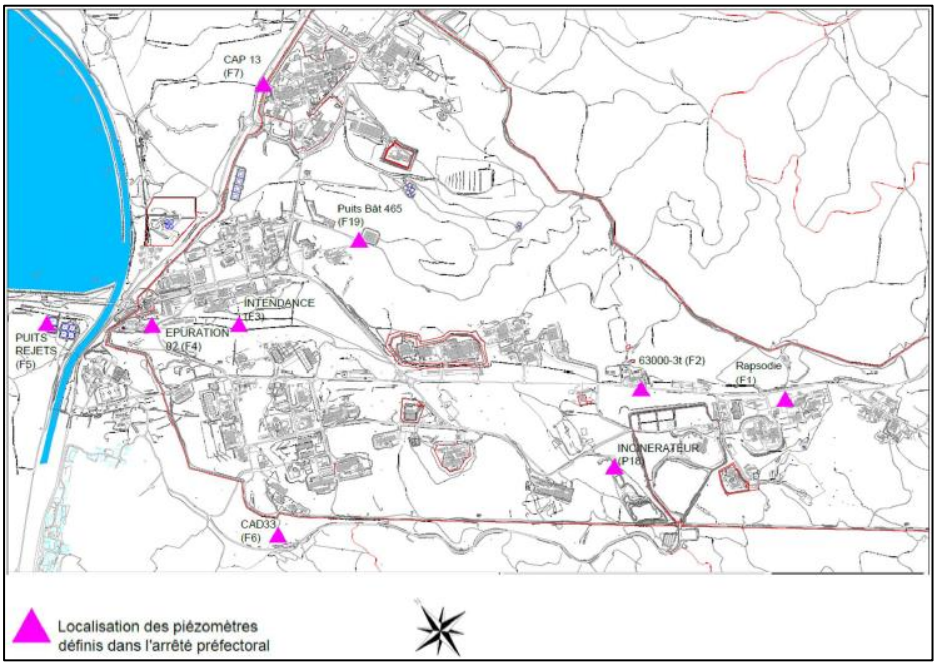


Figure 65 : Localisation des piézomètres régis par l'Arrêté Préfectoral n° 2020-497-PC

On constate que pour l'ensemble des 9 piézomètres, aucune valeur anormale n'est constatée, toutes les valeurs significatives restant proches des limites de quantification et, dans tous les cas, inférieures aux valeurs seuils (pour celles du bassin Rhône-Méditerranée mentionnées dans le tableau).

7.4.4. Qualité chimique des eaux souterraines à proximité de l'INB 56

Un état des lieux de la qualité chimique des eaux souterraines à proximité de l'INB 56 a été réalisé en 2015 dans le cadre du réexamen de sûreté de l'installation. Des prélèvements d'eaux souterraines ont ainsi été effectués sur différents piézomètres.

Les analyses ont été réalisées par un laboratoire extérieur accrédité COFRAC, conformément à la norme NFX 31-620 « Prestations de services relatives aux sites et sols pollués (études, ingénierie, réhabilitation de sites pollués et travaux de dépollution) ». Sont ainsi recherchés, de manière standard, comme pour les sols : éléments traces métalliques, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), polychlorobiphényles (PCB), composés aromatiques, Composés Organiques Volatils (COV), etc.

7.4.4.1. Zone du Parc

Des prélèvements d'eaux souterraines ont été réalisés en mai 2015 sur 5 piézomètres : SD05, SD24/2, SD40 et SD42 pour la nappe miocène, SD36 pour la nappe crétacée.

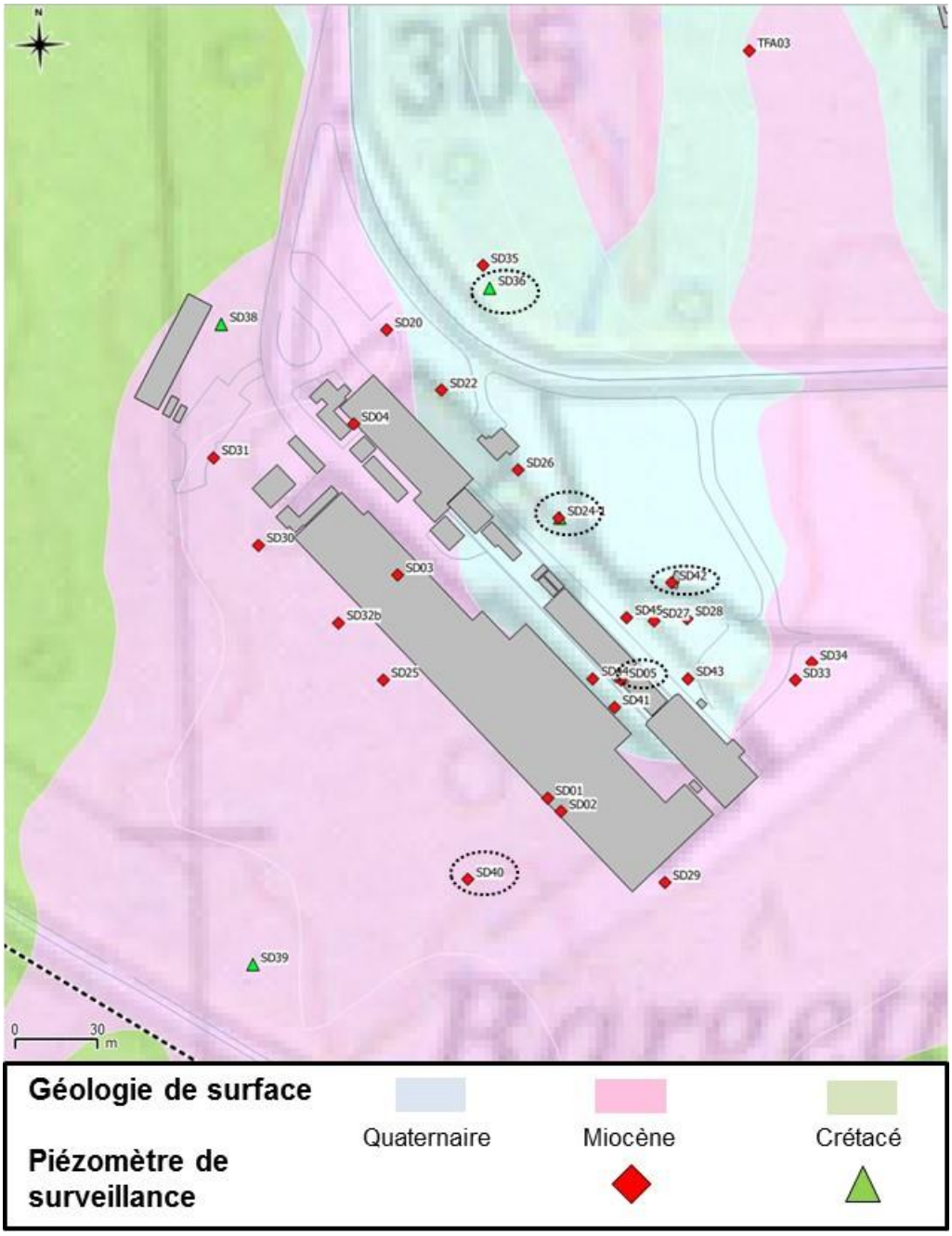


Figure 66 : Localisation des points de prélèvements des eaux souterraines sur la zone du Parc

Les résultats ont mis en évidence les points suivants :

- des teneurs en COV, HAP, et PCB inférieures aux limites de quantification (LQ) ;
- des teneurs en éléments traces métalliques inférieures aux Normes de Qualité ou Valeurs seuils retenues pour l'évaluation de la qualité des eaux souterraines dans le bassin Rhône-Méditerranée (listées dans le SDAGE 2022-2027), hormis des teneurs en arsenic (0,022 mg/L) et en plomb (0,077 mg/L) légèrement supérieures pour le prélèvement sur le piézomètre miocène SD 24/2.

Le tableau ci-après présente les résultats des analyses sur ces piézomètres. Les Normes de Qualité ou Valeurs disponibles pour l'évaluation de la qualité des eaux souterraines dans le bassin Rhône-Méditerranée sont également indiqués.

Paramètre	Unité	SD05 (Miocène)	SD24/2 (Miocène)	SD40 (Miocène)	SD42 (Miocène)	SD36 (Crétacé)	Normes de Qualité ou Valeurs seuils retenues pour le bassin Rhône-Méditerranée
Conductivité à T°C	µS/cm	602	325	258	767	685	1 100 *
pH	-	7,78	6,98	7,2	7,06	7,3	9
COT	mg C/L	<LQ	<LQ	1,5	24	5,6	-
Chlorures	mg CL/L	12,8	4,8	41,1	11,7	78	250
Eléments traces métalliques							
Arsenic	mg/L	<LQ	0,022	<LQ	<LQ	<LQ	0,01
Cadmium	mg/L	<LQ	<0,002	<LQ	<LQ	<LQ	0,005
Chrome	mg/L	0,003	<LQ	<LQ	0,008	<LQ	0,05
Cuivre	mg/L	0,008	0,073	0,06	0,029	0,04	2
Mercure	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,001
Nickel	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,02
Plomb	mg/L	<LQ	0,077	<LQ	<LQ	<LQ	0,01
Zinc	mg/L	<LQ	0,164	0,08	0,058	0,07	5
Composés organiques							
Indice Hydrocarbures C10-C40	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1
Total des HAP	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,1 ** 1 ***
Total PCB	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	-
Total COV	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	-

** A 25°C*

*** Pour la somme des 4 HAP : Indéno (1,2,3cd) Pyrène, Benzo (b) Fluoranthène, Benzo (k) Fluoranthène, Benzo (ghi) Pérylène*

**** Pour la somme des 6 HAP : Somme des 4 HAP, Fluoranthène, Benzo (a) Pyrène*

Tableau 37 : Récapitulatif des résultats d'analyses physico-chimiques réalisées sur les piézomètres à proximité de la zone du Parc – campagne de prélèvement de mai 2015

7.4.4.2. Zone des Tranchées

Des prélèvements d'eaux souterraines ont été réalisés en mai 2015 sur 5 piézomètres : P07 et P17 pour la nappe miocène, P05, P31 et P31bis pour la nappe crétacée.

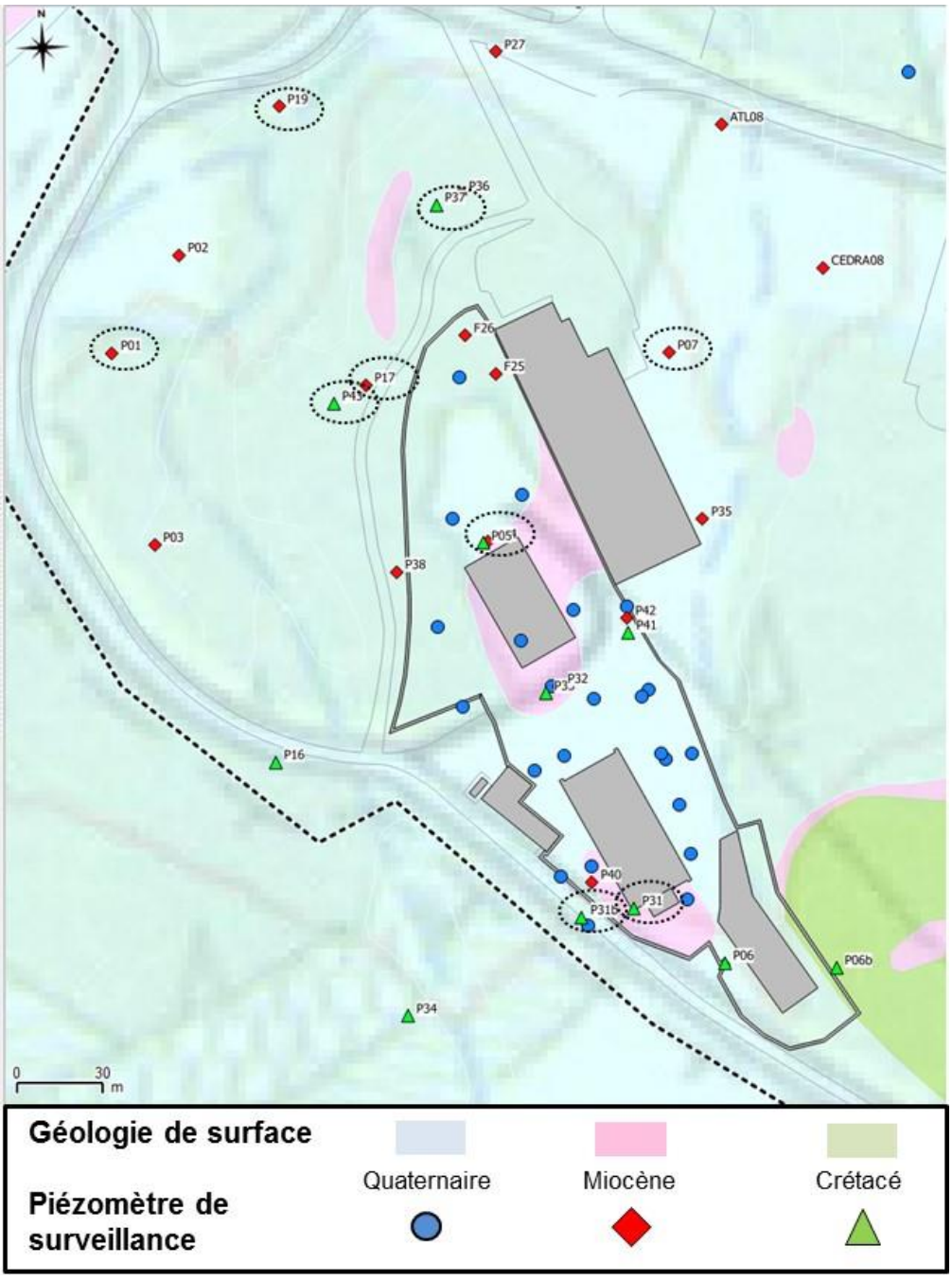


Figure 67 : Localisation des points de prélèvements des eaux souterraines sur la zone des Tranchées

Les résultats ont mis en évidence les points suivants :

- des teneurs en HAP, et PCB inférieures aux limites de quantification (LQ) ;
- la présence de quelques COV, surtout marquée dans le piézomètre crétacé P31bis, à des teneurs qui restent proches des Normes de Qualité ou Valeurs seuils retenues pour l'évaluation de la qualité des eaux souterraines dans le bassin Rhône-Méditerranée (listées dans le SDAGE 2022-2027) ;

- des teneurs en éléments traces métalliques inférieures à ces Normes de Qualité ou Valeurs seuils, hormis des teneurs en arsenic (0,622 mg/L), en nickel (0,188 mg/L) et en plomb (0,597 mg/L) supérieures pour le prélèvement sur le piézomètre crétacé P05.

Le tableau suivant présente les résultats des analyses.

Paramètre	Unité	P07 (Miocène)	P17 (Miocène)	P05 (Crétacé)	P31 (Crétacé)	P31bis (Crétacé)	Normes de Qualité ou Valeurs seuils retenues pour le bassin Rhône-Méditerranée
Conductivité à T°C	µS/cm	58	606	343	58	549	1 100 *
pH	-	8,5	7,5	6,93	8,6	7,5	9
COT	mg C/L	0,9	0,9	23	4	8,8	-
Chlorures	mg CL/L	4,1	2,5	11,3	3,4	10,5	250
Eléments traces métalliques							
Arsenic	mg/L	<LQ	<LQ	0,622	<LQ	<LQ	0,01
Cadmium	mg/L	<LQ	<LQ	0,004	<LQ	<LQ	0,005
Chrome	mg/L	0,013	0,02	0,014	0,019	<0,005	0,05
Cuivre	mg/L	<0,01	0,05	0,047	0,02	0,04	2
Mercure	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,001
Nickel	mg/L	0,007	<LQ	0,188	0,006	0,007	0,02
Plomb	mg/L	<L.Q	0,007	0,597	0,015	0,005	0,01
Zinc	mg/L	0,07	0,07	0,158	0,37	0,15	5
Composés organiques							
Indice Hydrocarbures C10-C40	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1
Total des HAP	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,1 ** 1 ***
Total PCB	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	-
COV ****							
cis 1,2-Dichloroéthylène	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	34,6	-
cis-1,3-Dichloropropène	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	34,6	-
1,1,1-Trichloroéthane	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	8	-
Tetrachloroéthylène	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	1,9	34,8	-
Trichloroéthylène	µg/L	2,1	1,2	<LQ	1,1	27,1	10
1,1-Dichloroéthane	µg/L	5,7	<LQ	<LQ	<LQ	19,5	-
1,1-Dichloroéthène	µg/L	6,1	<LQ	<LQ	<LQ	22,8	-
1,2-Dichloropropane	µg/L	5,5	<LQ	<LQ	<LQ	16	40

** A 25°C*

*** Pour la somme des 4 HAP : Indéno (1,2,3cd) Pyrène, Benzo (b) Fluoranthène, Benzo (k) Fluoranthène, Benzo (ghi) Pérylène*

**** Pour la somme des 6 HAP : Somme des 4 HAP, Fluoranthène, Benzo (a) Pyrène*

***** Seuls les COV présentant au moins une valeur > LQ sont indiqués*

Tableau 38 : Récapitulatif des résultats d'analyses physico-chimiques réalisées sur les piézomètres à proximité de la zone des Tranchées – campagne de prélèvement de mai 2015

Une deuxième campagne de prélèvements a eu lieu en juillet 2016, afin de confirmer les analyses réalisées sur le piézomètre P05. Des prélèvements complémentaires ont également été effectués sur des piézomètres situés en aval des tranchées : P01 et P19 pour la nappe miocène, P37 et P41 pour la nappe crétacée.

Paramètre	Unité	P01 (Miocène)	P19 (Miocène)	P05 (Crétacé)	P37 (Crétacé)	P43 (Crétacé)	Normes de Qualité ou Valeurs seuils retenues pour le bassin Rhône-Méditerranée
Conductivité à T°C	µS/cm	670	970	480	579	508	1 100 *
pH	-	8,2	6,9	7,9	7,2	7,7	9
COT	mg C/L	1,1	1,5	3,9	2,7	0,5	-
Chlorures	mg CL/L	51,6	38	10,8	44,2	7,04	250
Nitrites	mg/L	2,08	<LQ	<LQ	2,93	2,47	0,5
Nitrates	mg/L	9,19	<LQ	<LQ	13	10,9	50
Orthophosphates	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	-
Sulfates	mg/L	47,9	87	6,93	76	9,43	250
Eléments traces métalliques							
Arsenic	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,01
Cadmium	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,005
Chrome	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,05
Cuivre	mg/L	<0,01	<LQ	0,06	0,02	0,02	2
Mercure	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,001
Nickel	mg/L	<LQ	0,018	<LQ	<LQ	<LQ	0,02
Plomb	mg/L	0,005	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,01
Zinc	mg/L	0,02	<0,02	0,04	0,07	0,03	5
Composés organiques							
Indice Hydrocarbures C10-C40	mg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1
Total des HAP	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,1 ** 1 ***
Total PCB	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	-
COV ****							
cis 1,2-Dichloroéthylène	µg/L	<LQ	<LQ	35	<LQ	<LQ	-
1,1,1-Trichloroéthane	µg/L	<LQ	<LQ	12	<LQ	<LQ	-
Trichloroéthylène	µg/L	<LQ	<LQ	3,8	<LQ	<LQ	10
1,1-Dichloroéthane	µg/L	<LQ	<LQ	10,6	7,9	<LQ	-
1,1-Dichloroéthylène	µg/L	<LQ	<LQ	39	<LQ	<LQ	-
1,2-Dichloropropane	µg/L	<LQ	<LQ	<LQ	16,1	<LQ	40

** A 25°C*

*** Pour la somme des 4 HAP : Indéno (1,2,3cd) Pyrène, Benzo (b) Fluoranthène, Benzo (k) Fluoranthène, Benzo (ghi) Pérylène*

**** Pour la somme des 6 HAP : Somme des 4 HAP, Fluoranthène, Benzo (a) Pyrène*

***** Seuls les COV présentant au moins une valeur > LQ sont indiqués*

Tableau 39 : Récapitulatif des résultats d'analyses physico-chimiques réalisées sur les piézomètres à proximité de la zone des Tranchées – campagne de prélèvement de juillet 2016

Les analyses effectués pour cette deuxième campagne de prélèvements de juillet 2016 ne révèlent pas de teneurs en micropolluants métalliques dépassant les normes de qualité environnementales. Les teneurs en HAP comme en PCB restent inférieures aux limites de quantification. Seuls quelques COV sont mesurés dans les piézomètres crétacés, à des teneurs inférieures aux normes de qualité.

Ces deux campagnes d'analyses ne mettent pas en évidence de marquage chimique avéré en lien avec les activités de l'installation. Les éléments traces métalliques qui apparaissaient sur le premier prélèvement du piézomètre P05 (mai 2015) ne sont pas confirmés sur le second prélèvement (juillet 2016). De plus, il n'y a pas de différences marquées entre les teneurs mesurées sur les piézomètres en amont et en aval hydraulique des tranchées. Les fluctuations piézométriques, le fond géochimique, peuvent également être des facteurs de variations des teneurs.

7.5. Qualité radiologique des eaux souterraines

7.5.1. Valeurs guides

Valeurs guides du Code de la santé publique pour les eaux destinées à la consommation humaine

Les valeurs guides déterminées en application du Code de la santé publique par l'arrêté du 12 mai 2004 modifié fixant les modalités de contrôle de la qualité radiologique des eaux destinées à la consommation humaine (articles 3 et 4) sont les suivantes :

- 100 Bq/L pour l'activité tritium ;
- 1 Bq/L pour l'activité bêta globale hors tritium ;
- 0,1 Bq/L pour l'activité alpha globale.

Ces valeurs guides n'interviennent pas dans les critères de potabilité d'une eau au sens du Code de la santé publique, elles ne servent que de seuil d'alerte pour déclencher des investigations complémentaires. En effet, si les activités dépassent ces valeurs guides, il est procédé à la recherche, selon le cas (en fonction des caractéristiques naturelles de la ressource exploitée et de la présence éventuelle à proximité d'installations susceptibles de rejeter des radionucléides artificiels), du ou des radioélément(s) suivant(s) (mentionné(s) à l'article 5 de l'arrêté) :

- pour la radioactivité naturelle : l'uranium 234, l'uranium 238, le radium 226, le radium 228, le polonium 210 et le plomb 210 ;
- pour la radioactivité artificielle : le carbone 14, le strontium 90, les radionucléides émetteurs de rayonnements gamma, en particulier le cobalt 60, l'iode 131, le césium 134 et le césium 137, et les radionucléides émetteurs de rayonnements alpha, en particulier le plutonium 238, le plutonium 239, le plutonium 240 et l'américium 241.

Ces valeurs guides sont applicables pour les eaux destinées à la consommation humaine, elles ne constituent donc pas une référence valide pour les autres usages de l'eau, tel que l'irrigation, par exemple. Elles ont toutefois été prises comme références dans le cadre de la présente étude d'impact car il n'existe pas à l'heure actuelle de valeurs limites contraignantes au niveau de la qualité radiologique des eaux.

Valeurs guides de l'OMS pour les radionucléides communément trouvés dans les eaux de boisson

L'Organisation Mondiale pour la Santé présente dans ses « Directives pour la qualité des eaux de boisson » des valeurs guides établies pour certains radionucléides, dont les radionucléides naturellement présents, ainsi que les radionucléides artificiels les plus communément détectés dans les eaux de boisson. Pour chaque radionucléide, la valeur guide correspond à l'activité volumique qui, si elle est présente dans l'eau de boisson consommée tout au long de l'année, avec une hypothèse de consommation de 2 L par jour (soit 730 L par an), conduirait à une dose individuelle de 0,1 mSv/an (en utilisant des coefficients de dose pour un adulte).

A titre d'exemple, la valeur guide OMS pour le tritium est de 10 000 Bq/L, soit 100 fois supérieure à la valeur guide donnée par le Code de la santé publique (100 Bq/L).

L'OMS considère également qu'aucune action de recherche spécifique de radionucléides n'est nécessaire si l'activité volumique maximale des eaux de boisson n'excède pas 1 Bq/L et 0,5 Bq/L pour l'activité bêta globale et l'activité alpha globale respectivement.

7.5.2. Qualité radiologique des eaux souterraines

Le Centre de Cadarache dispose de plus de 100 forages, qui permettent d'assurer une surveillance radiologique des eaux souterraines. Au minimum, 48 d'entre eux font l'objet d'un suivi mensuel, dans le cadre de la décision ASN n° 2017-DC-0597. Les autres forages permettent de faire un état des aquifères au droit de certaines installations et de compléter la R&D sur la modélisation des écoulements à l'échelle du site.

Des analyses mensuelles réalisées sur les eaux prélevées concernent :

- les mesures d'activités alpha globale et bêta globale sur l'eau brute décantée ;
- les mesures de l'activité tritium et de la concentration en potassium sur l'eau filtrée.

Le Tableau 40 présente les fourchettes de résultats des prélèvements mensuels réalisés dans les piézomètres qui surveillent l'aquifère des calcaires du Crétacé à l'extérieur du Centre, entre 2017 et 2021.

Elément mesuré	2017	2018	2019	2020	2021
Activité α globale (Bq/L)	0,04 à 0,39	0,03 à 0,12	0,038 à 0,10	<0,032 à 0,08	<0,032 à 0,073
Activité β globale (Bq/L)	0,05 à 0,53	0,05 à 0,45	0,04 à 0,58	0,054 à 0,32	0,051 à 0,28
Tritium (Bq/L)	< 5	< 5	< 4,3	<8,9	<9,3
Potassium (mg/L)	0,4 à 4,1	0,4 à 26	0,5 à 17	0,5 à 11	0,43 à 9,3

Tableau 40 : Activités volumiques (α, β, et ^{3}H) et concentration en potassium mesurées de 2017 à 2021 dans l'aquifère des calcaires du Crétacé à l'extérieur du Centre

Depuis de nombreuses années, les résultats des mesures alpha et bêta globales, ainsi que des mesures en tritium, effectuées sur les eaux souterraines à l'extérieur du Centre, sont inférieurs ou très proches des seuils de décision prescrits réglementairement par la décision ASN n° 2013-DC-0360 modifiée (décision « environnement »), à savoir :

- pour la mesure du tritium libre dans l'eau : 10 Bq/L ;
- pour la détermination de l'activité alpha globale dans l'eau : 0,05 Bq/L ;
- pour la détermination de l'activité bêta globale dans l'eau : 0,25 Bq/L.

Ces valeurs ne montrent par ailleurs aucune anomalie par rapport aux eaux souterraines de la région.

Lors du « point zéro radiologique » d'ITER en 2007, des analyses radiologiques ont également été effectuées sur 9 des piézomètres implantés sur le site (cf. §5.1.1). Le Tableau 41 présente les fourchettes de valeurs rencontrées sur ces 9 piézomètres.

Elément mesuré	Unité	Fourchettes d'activités volumiques des eaux souterraines prélevées sur la zone ITER en 2007
^{7}Be	Bq/L	<0,05 à < 0,1
^{40}K	Bq/L	< 0,08 à 2,42
^{51}Cr	Bq/L	< 0,01 à < 0,2
^{54}Mn	Bq/L	< 0,003 à < 0,01
^{60}Co	Bq/L	< 0,003 à < 0,01
^{64}Cu	Bq/L	< 90
^{187}W	Bq/L	< 0,2 à < 9
^{129}I	Bq/L	< 0,004 à < 2
^{133}Ba	Bq/L	< 0,004 à < 0,7
^{134}Cs	Bq/L	< 0,004 à < 0,7
^{137}Cs	Bq/L	< 0,007 à < 0,7
^{226}Ra	Bq/L	< 0,08 à < 0,3
^{228}Ra	Bq/L	< 0,01 à < 0,05
^{152}Eu	Bq/L	< 0,005 à < 0,02
^{154}Eu	Bq/L	< 0,003 à < 0,01
^{22}Na	Bq/L	< 0,003 à < 0,01
^{235}U	Bq/L	< 0,005 à < 0,02
^{238}U	Bq/L	< 0,03 à < 0,8
^{241}Am	Bq/L	< 0,003 à < 0,03
^{90}Sr	Bq/L	< 0,010 à 0,160
Tritium Eau libre (HTO)	Bq/L	< 3,0 à < 3,4
Carbone 14	Bq/L	< 2 à < 3
Mesure alpha totale	Bq/L	0,018 à 0,136
Matières en suspension (MES)	g/L	0,004 à 3,195
Activité bêta globale des cendres du précipité des MES	Bq/kg	0,008 à 1,64

Tableau 41 : Résultats des analyses radiologiques réalisées sur les échantillons d'eau souterraine prélevés sur 9 piézomètres de la zone ITER en 2007

A l'intérieur du Centre, les activités volumiques mesurées sont généralement inférieures aux seuils de décision réglementaires, les quelques valeurs significatives restant proches des seuils de décision, à l'exception de quelques points singuliers identifiés et plus particulièrement surveillés, en raison de marquages historiques connus.

7.5.3. Qualité radiologique des eaux à proximité de l'INB 56

Des prélèvements spécifiques ont été réalisés en mai 2015 afin d'établir un état des lieux de la qualité chimique des eaux souterraines. L'emplacement de ces points de prélèvements a été présenté dans le paragraphe 7.4.4. Des analyses radiologiques ont complété les analyses chimiques afin de dresser un état des lieux de la qualité radiologique des eaux souterraines. Les résultats de ces analyses sont présentés ci-après.

7.5.3.1. Zone du Parc

Les prélèvements spécifiques ont été effectués sur 5 piézomètres : SD05, SD24/2, SD40 et SD42 pour la nappe miocène, et SD36 pour la nappe crétacée. A noter que les piézomètres SD05 et SD24/2 sont des piézomètres réglementaires pour la surveillance radiologique des eaux souterraines au regard de la décision ASN n° 2017-DC-0597A ce titre, ils sont prélevés à fréquence mensuelle, et font l'objet de mesures d'activité volumique alpha global, bêta global et en tritium, et de la concentration en potassium. Les eaux prélevées au point SD05 font en outre l'objet d'une détermination semestrielle de l'activité volumique du strontium 90 et du césium 137, et d'une spectrométrie alpha permettant notamment la détermination de l'activité des actinides.

Piézomètre	Nappe	Alpha global (Bq/L)	Beta global (Bq/L)	Tritium (Bq/L)
SD05	Miocène	2	1,4	19
SD24/2	Miocène	0,9	1,8	<LD
SD40	Miocène	<LD	<LD	<LD
SD42	Miocène	<LD	7,2	28
SD36	Crétacée	<LD	<LD	<LD

Tableau 42 : Récapitulatif des résultats d'analyses radiologiques réalisées sur les piézomètres à proximité de la zone du Parc – campagne de prélèvement de mai 2015

Le piézomètre SD05 est marqué en tritium, l'activité volumique (19 Bq/L) est du même ordre de grandeur que celle mesurée dans le cadre de la surveillance réglementaire. La localisation du piézomètre SD05 entre les fosses F3 et F4 permet d'expliquer ce marquage. Les activités volumiques en alpha global et bêta global sont sensiblement identiques à celles mesurées dans le cadre de la surveillance réglementaire.

Le piézomètre SD42, situé en aval de SD05, est lui aussi marqué en tritium, l'activité volumique (28 Bq/L) est du même ordre de grandeur que celle des analyses mensuelles réalisées sur ce piézomètre. L'activité volumique bêta global (7,2 Bq/L) est sensiblement identique à celle mesurée dans le cadre des analyses mensuelles.

7.5.3.2. Zone des Tranchées

Les prélèvements spécifiques ont été effectués sur 5 piézomètres : P07 et P17 pour la nappe miocène, et P5, P31 et P31bis pour la nappe crétacée. A noter que les piézomètres P07, P17 et P31bis sont des piézomètres réglementaires pour la surveillance radiologique des eaux souterraines au regard de la décision ASN n° 2017-DC-0597 . A ce titre, ils sont prélevés à fréquence mensuelle, et font l'objet de mesures d'activité volumique alpha global, bêta global et en tritium, et de la concentration en potassium.

Piézomètre	Nappe	Alpha global (Bq/L)	Beta global (Bq/L)	Tritium (Bq/L)
P07	Miocène	<LD	<LD	<LD
P17	Miocène	<LD	<LD	<LD
P05	Crétacé	<LD	0,2	131
P31	Crétacé	<LD	<LD	<LD
P31bis	Crétacé	<LD	<LD	5,71

Tableau 43 : Récapitulatif des résultats d'analyses radiologiques réalisées sur les piézomètres à proximité de la zone des Tranchées – campagne de prélèvement de mai 2015

Le piézomètre P05 est le plus marqué en tritium, l'activité volumique (131 Bq/L) est du même ordre de grandeur celle mesurée à fréquence trimestrielle dans le cadre de la surveillance. Ce marquage s'explique par sa situation en aval hydraulique des tranchées T1, T2, T3 et T4.

Le piézomètre P31bis présente un léger marquage en tritium, l'activité volumique (5,71 Bq/L) est du même ordre de grandeur celle mesurée dans le cadre de la surveillance réglementaire.

7.5.3.3. Adaptation du réseau de surveillances des eaux souterraines

Certains piézomètres qui font actuellement partie du réseau de surveillance des eaux souterraines de l'INB 56 seront impactés par les opérations de démantèlement. En particulier, les travaux de terrassement du projet VRAC-MI, sur la zone du Parc, obligeront à la destruction du piézomètre SD24/2, qui fait l'objet d'un suivi radiologique réglementaire au titre de la décision ASN n° 2017-DC-0597. Ce piézomètre devra donc être remplacé.

Une étude d'optimisation du réseau de surveillance des eaux souterraines de l'INB 56 a été réalisée. Elle vise à améliorer le suivi piézométrique ainsi que le suivi de la qualité radiologique des différentes nappes, en :

- prenant en compte les piézomètres qui doivent être remplacés ;
- prenant en compte les piézomètres qui seront à reboucher (parce que ne permettant pas d'apporter l'information souhaitée, ou au contraire redondants avec un piézomètre proche) ;
- proposant des piézomètres complémentaires.

Cette étude s'appuie notamment sur les outils géostatistiques (outils utilisés également dans la caractérisation des sols, présentée au paragraphe 5.1.2).

8. Hydrographie, hydrologie

8.1. Hydrographie et hydrologie

8.1.1. Généralités

Le site de Cadarache se trouve sur la rive gauche de la Durance, à proximité de sa confluence avec le Verdon. Une partie des eaux réunies de ces deux rivières alimentent, par l'intermédiaire d'un canal de dérivation, cinq usines hydroélectriques avant de se déverser dans l'Étang de Berre. L'autre partie des eaux rejoint le Rhône vers Avignon. Le barrage de Cadarache, dont le volume utile est de 600 000 m^3, constitue le premier ouvrage de cette chaîne d'aménagements industriels de la basse Durance. Il restitue à l'ancien cours un **débit de réserve de 9 m^3/s** dans lequel sont déversés les effluents du site, après traitement. Ce débit minimal est assuré contractuellement par EDF et est imposé par l'arrêté interpréfectoral n°SEL/VER 27-2014 du 30 décembre 2014[8]. Le canal de dérivation se substitue pratiquement à la Durance pour assurer ses fonctions traditionnelles d'alimentation en eaux de boisson et d'irrigation. Un bassin d'éclusée a été mis en service, en 1980, pour assurer le délimonage[9] des eaux. La surface du bassin est de 125 ha à la cote de retenue maximale, soit 256 mNGF. Ce bassin, d'un volume utile de 3 500 000 m^3, est aujourd'hui envasé à 95% et son utilité est de ce fait limitée.

8.1.2. Le Verdon et les aménagements hydrauliques

Le Verdon est soumis à un régime pluvio-nival méditerranéen avec des hautes eaux au printemps et des basses eaux en été ; les orages méditerranéens provoquent également des hautes eaux en automne. Ses eaux sont retenues, en amont à proximité de Cadarache, par le barrage de Gréoux-les-Bains/Esparron-de-Verdon. Elles alimentent une usine hydroélectrique à Vinon-sur-Verdon (débit nominal turbinable de 40 m^3/s) et le canal de Provence (débit nominal de 55 m^3/s) qui passe à proximité du site de Cadarache (1 à 2 km), en galerie souterraine, et dont l'entrée se situe à environ 4 km dans la direction est/nord-est.

[8] Arrêté inter préfectoral n°SEL/VER 27-2014 du 30 décembre 2014 portant relèvement du débit minimal à laisser en rivière à l'aval du barrage de Cadarache, sur la Durance – communes de Saint Paul les Durance et Beaumont de Pertuis.

[9] Délimonage : élimination des limons, formation sédimentaire dont les grains sont de taille intermédiaire entre les argiles et les sables.

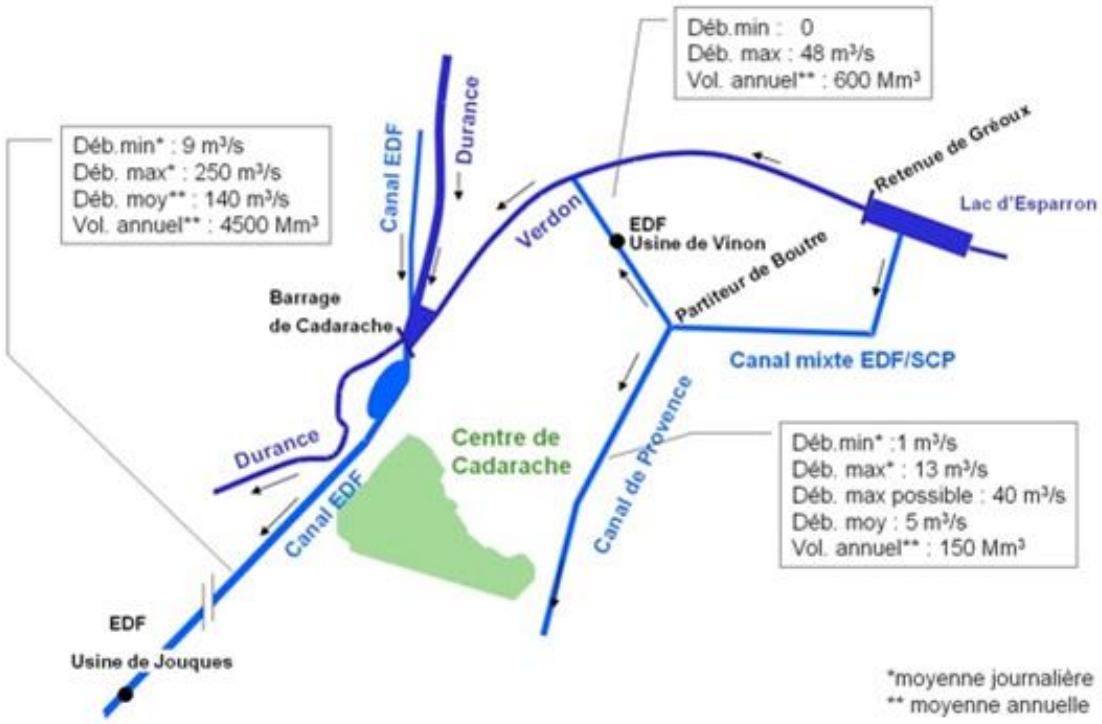


Figure 68 : Schéma hydrologique local

8.1.3. La Durance

Généralités

A partir de sa source, près du col de Montgenèvre à 2 500 m d'altitude, à la frontière italienne, la Durance suit une direction générale nord-est vers sud-ouest jusqu'au seuil de Mirabeau, à 5 km en aval du site de Cadarache.

Se heurtant ensuite au massif de Sainte Victoire, elle tourne à l'ouest/nord-ouest pour rejoindre le Rhône, sur sa rive gauche, à environ 3 km en aval d'Avignon. Son tracé passe, entre les Alpilles au sud et le Luberon au nord, dans une plaine fertile où l'on trouve notamment les grands centres agricoles de Pertuis, Cavaillon et Châteaurenard. Les affluents notables sont en rive droite : la Clarée, la Guisane, la Gyronde, le Buech, le Jabron, le Largue et le Coulon ; en rive gauche : le Guil, l'Ubaye, la Bléone, l'Asse et surtout le Verdon.

La Durance est un cours d'eau de caractère alpestre et pluvio-nival à l'amont de Serre-Ponçon, plutôt de caractère méditerranéen à l'aval. Ceci se traduit par des apports variables en eaux suivant les saisons : hautes eaux au printemps (55% des apports annuels), étiage accentué en été (15%), reprise d'un débit moyen en automne (21%), nouvel étiage sévère en hiver (9%). En automne et en hiver les pluies, sporadiquement brutales, peuvent entraîner des crues violentes mais courtes.

Figure 69 : Au premier plan, le Verdon ; au second plan le bassin d'éclusée et au fond la Durance

Débits de la Durance estimés en amont du barrage de Cadarache

Le bassin versant de la Durance au niveau de Cadarache est de près de 12 000 km² (11 700 km²) dont 2 200 km² pour le Verdon. Ces bassins versants ont une altitude moyenne de 1 290 m NGF pour la Durance et 1 065 m NGF pour le Verdon. Les apports annuels du bassin versant de la Durance sont de l'ordre de 6 à 7 milliards de m³. La pente de la Durance est forte, 3 m/km, soit cinq fois celle du Rhône.

Le débit moyen mensuel naturel de la Durance (en faisant donc abstraction des débits régulés) en amont du barrage de Cadarache, estimé sur la base de 94 ans (entre 1918 et 2011) de données sur le bassin versant amont est présenté dans le tableau suivant.

Débit		JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
Débit moyen mensuel	m³/s	142,0	143,0	180,0	230,0	316,0	293,0	148,0	86,2	93,5	140,0	181,0	152,0
Débit moyen mensuel	m³/h	5,1E+05	5,1E+05	6,5E+05	8,3E+05	1,1E+06	1,1E+06	5,3E+05	3,1E+05	3,4E+05	5,0E+05	6,5E+05	5,5E+05

Tableau 44 : Débits moyens mensuels naturels de la Durance estimés en amont du barrage de Cadarache

Le débit moyen annuel naturel (appelé **module interannuel**) de la Durance est de **175 m³/s** en amont du barrage de Cadarache. Avant la mise en œuvre de l'équipement hydroélectrique actuel (notamment le barrage de Serre-Ponçon), l'étiage d'été pouvait tomber à 35 m³/s alors que les crues pouvaient dépasser 6 000 m³/s.

Le tableau suivant présente les **débits classés naturels** estimés sur cette même période de données (1918 à 2011). Le débit classé est ici exprimé en valeur de débit non dépassée n jours par an (le nombre de jours étant exprimé en pourcentage de l'année).

%		99%	95%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	5%
Débit	m^3/s	683,00	424	323	245	196	160	132	110	95,7	82	64	51
Débit	m^3/h	2,46E+06	1,53E+06	1,16E+06	8,82E+05	7,06E+05	5,76E+05	4,75E+05	3,96E+05	3,45E+05	2,95E+05	2,30E+05	1,84E+05

Tableau 45 : Débits classés de la Durance en amont du barrage de Cadarache

Les **débits de crue** estimés pour plusieurs périodes de retour sont présentés dans le tableau suivant :

Fréquence	Débit journalier - QJ (m^3/s) -	Débit journalier - QJ (m^3/h) -
Biennale	880,00	3,17E+06
Quinquennale	1300,00	4,68E+06
Décennale	1600,00	5,76E+06
Vicennale	1900,00	6,84E+06
Cinquantennale	2200,00	7,92E+06

Tableau 46 : Débits de crue estimés pour plusieurs périodes de retour

Enfin, les **débits d'étiage** calculés pour deux périodes de retour sont les suivants :

- débit d'étiage de période de retour 5 ans : QMNA – 5 ans : 36 m^3/s soit 129 600 m^3/h ;
- débit d'étiage de période de retour 2 ans : QMNA – 2 ans : 67 m^3/s soit 241 200 m^3/h.

Débits de la Durance mesurés en aval du barrage de Cadarache

En aval du barrage de Cadarache, EDF garantit un débit minimal (dit d'étiage ou de réserve) de la Durance. Jusqu'en 2014, ce débit de réserve était fixé à 4,5 m^3/s (soit à 1/40ème du module). Depuis 2014, par arrêté interpréfectoral, ce débit de réserve a été relevé à **9 m^3/s** (soit à 1/20ème du module).

Les débits de la Durance en aval du barrage de Cadarache sont estimés au niveau de la station hydrométrique dite « Cadarache » (Code station X3001010). Cette station se trouve à l'intérieur de l'usine EDF de Cadarache. Sur la période 2010-2014, le débit moyen est de 36 m^3/s. L'étiage le plus marqué se situe au mois d'août, avec le seul débit de réserve de 9 m^3/s.

Les rejets du Centre de Cadarache (eaux pluviales collectées par le Ravin de la Bête, et eaux de sortie de STEP (station d'épuration), après passage par des bassins de collecte et contrôles) sont effectués dans la Durance en aval du barrage de Cadarache. Le débit de dilution à considérer est donc celui de la Durance mesuré à cette station.

Les riverains de la Durance, exposés de tous temps à ses caprices et sa puissance redoutable, ont détourné, depuis plus de 800 ans, une partie de ses eaux à des fins agricoles, en profitant de la forte pente de la rivière.

C'est ainsi qu'aujourd'hui, entre Serre-Ponçon et la mer, 80 000 hectares sont irrigués grâce à 25 canaux agricoles répartissant un débit pouvant atteindre 130 m^3/s. Sur ce débit, 15 m^3/s sont consacrés à l'alimentation en eau, notamment de la ville de Marseille. L'aménagement hydroélectrique du fleuve a permis de réaliser une réalimentation régulière des irrigations et de minimiser les périodes de pénurie, notamment en été, tout en atténuant les irrégularités de son régime.

La majeure partie des canaux agricoles se situe dans la Basse Durance, à l'aval du barrage de Cadarache (117 m^3/s répartis sur 22 canaux).

Figure 70 : Les grands canaux alimentés par la Durance (Canal EDF, ouvrages de la Société du Canal de Provence, Canal de Marseille, Canal de Craponne et Canal de Carpentras), en 2012 (Source : http://www.canal-de-provence.com/)

8.1.4. Utilisation de l'eau en aval du site de Cadarache

La plupart des canaux agricoles qui prenaient naguère leur eau dans la Durance, sont dorénavant alimentés par le canal EDF par lequel transite la quasi-totalité du débit nominal de la Durance et du Verdon. Seuls les canaux de la région d'Avignon restent alimentés par la Durance, au niveau du barrage de Bonpas.

Pour ce qui est de l'eau de boisson, les villes et villages du Val de Durance s'alimentent, en général, dans la nappe alluviale ou grâce à des sources captées. Le réseau d'adduction de la ville de Marseille est alimenté par le canal EDF au niveau de la chute de Saint Estève Janson. L'eau du canal EDF est également utilisée, pour l'eau potable, par Salon et, au niveau de Saint-Chamas, par quelques communes riveraines de l'Etang de Berre. Par un jeu complexe de canaux, cette eau alimente le sud du département des Bouches-du-Rhône, jusqu'à La Ciotat.

Les services de la Ville de Pertuis effectuent des prélèvements directs dans la Durance pour la production d'eau potable (Adduction Syndicat Mixte Pertuis) qui dessert également les communes de la Bastidonne, Mirabeau, Beaumont de Pertuis, la Tour d'Aigues, Grambois ou encore la Bastide des Jourdans.

Un volume annuel de 3,6 milliards de m³ transite par le canal EDF au niveau de Cadarache. Sur ce volume, 2,1 milliards de m³ sont restitués à l'Étang de Berre et 1,5 sont destinés à l'agriculture. Le volume qui, depuis Cadarache, atteint le Rhône par le lit proprement dit de la rivière, reste inférieur à 100 millions de m³ en régime normal et s'élève à un milliard de m³ les années de crue.

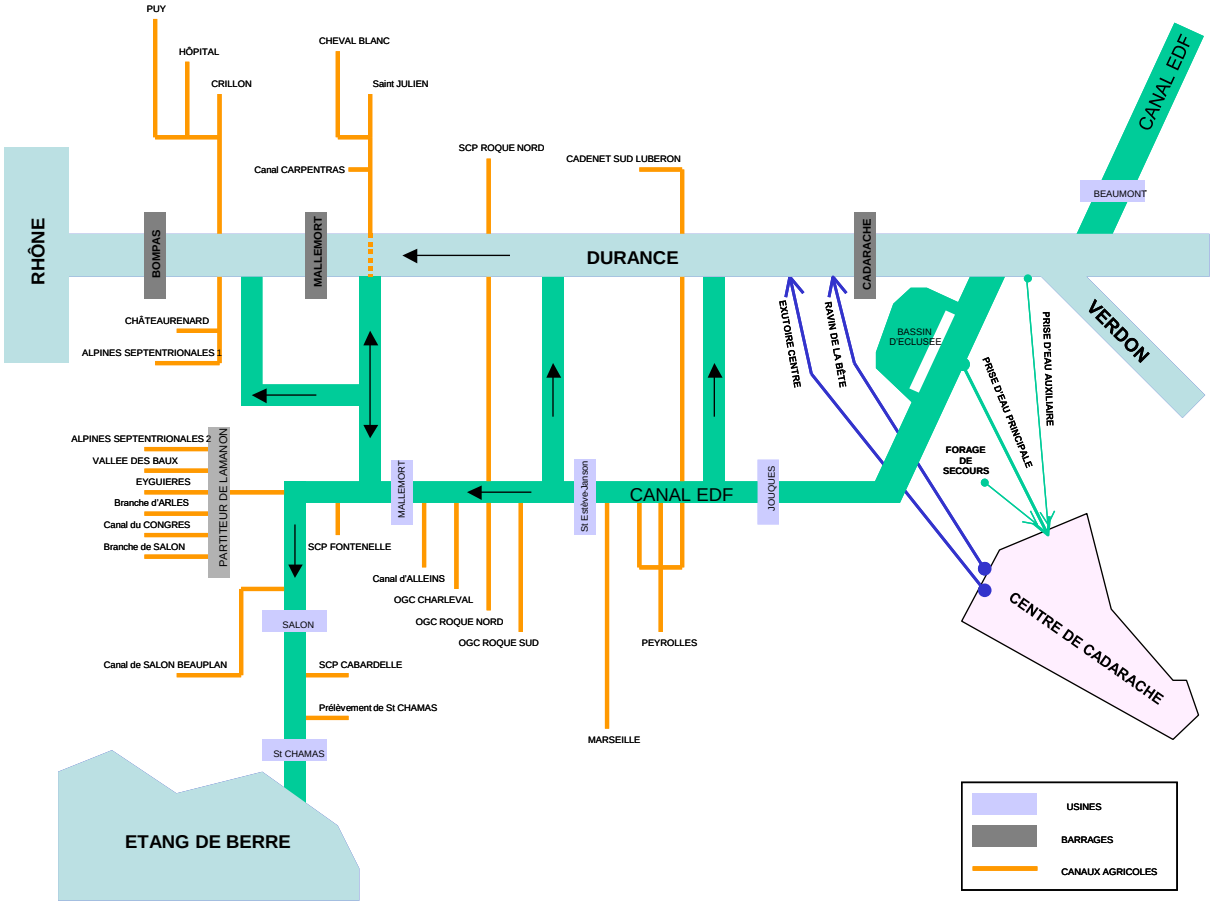


Figure 71 : Utilisation des eaux en aval de Cadarache

Au niveau de Mallemort, le transfert est possible dans un sens ou dans l'autre, entre la Durance et le canal EDF, suivant les rapports qui existent entre, d'une part, la demande des canaux mixtes de Saint-Julien et des canaux issus de Bonpas et, d'autre part, l'apport des affluents de la Durance entre Cadarache et Bonpas.

8.1.5. Sur le site de Cadarache : le Ravin de la Bête

Présentation générale

Le site de Cadarache est traversé en grande partie par le Ravin de la Bête, petit ruisseau qui se jette dans la Durance. Le bassin versant naturel de ce ruisseau a été évalué à 25 km² (2 500 ha).

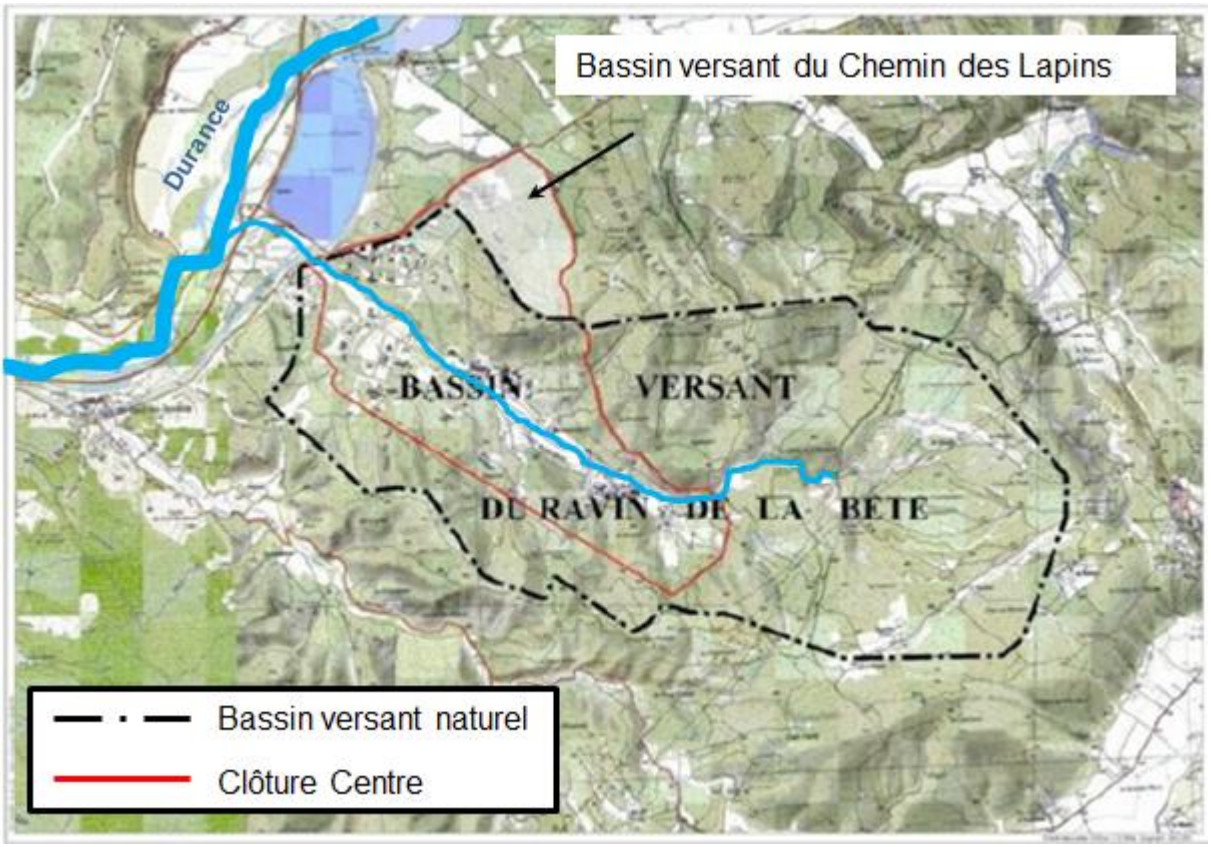


Figure 72 : Bassin versant du Ravin de la Bête

Ce cours d'eau n'est en eau que de façon intermittente. Dans sa partie aval, il peut être alimenté par une petite résurgence (dite des « sources de la Grande Bastide ») située en contrebas du rond-point de Carcy. Le ruisseau ne coule en amont de cette résurgence que lors de fortes précipitations.

Les eaux pluviales arrivant à l'exutoire du Ravin de la Bête au niveau de la grille en sortie de Centre de Cadarache proviennent :

- du bassin versant naturel du Ravin de la Bête ;
- du bassin versant du Chemin des Lapins, qui récupère la totalité des eaux pluviales des zones INBS et Tore-Supra/WEST[10] au nord du Centre, ainsi que la zone imperméabilisée du site ITER[11] (le bassin versant du Chemin des Lapins a été raccordé sur celui du Ravin de la Bête en 2009 afin d'avoir un exutoire unique des eaux pluviales pour l'ensemble du site de Cadarache).

Le Ravin de la Bête draine ainsi un bassin versant élargi d'environ 2 650 ha.

---

[10] Tore-Supra est un tokamak supraconducteur, en exploitation depuis 1988 à Cadarache. Tore Supra est principalement dédié à l'étude de la physique et des technologies permettant de réaliser des plasmas performants de longues durées. L'installation Tore Supra est devenue la plateforme WEST en 2014, dédiée aux essais du Divertor qui sera intégré dans le tokamak d'ITER.

[11] Le bassin versant total de la zone ITER a une superficie d'environ 260 ha, il comprend une zone imperméabilisée clôturée (180 ha) ainsi qu'une zone naturelle boisée au sud-est divisée en 2 bassins versants. Les eaux collectées sur les bassins versants naturels rejoignent le Verdon, juste avant sa confluence avec la Durance.

Par ailleurs, des rejets issus de drains mis en place sous certaines installations pour limiter les remontées de nappe peuvent avoir lieu suite à des épisodes pluvieux.

Le Ravin de la Bête traverse le Centre de Cadarache sur 5 km environ. Ce ruisseau est aérien et naturel dans la majorité de sa partie amont (depuis la Porte de Ginasservis, à l'extrémité sud-est du Centre), puis est busé sur environ 1 200 m (ovoïde de Carcy), et redevient naturel de l'aval du rond-point de Carcy jusqu'à la sortie du Centre. Il est de nouveau busé pour passer sous la D952 (route de Saint-Paul-lez-Durance) ainsi que sous le canal EDF. Il reprend ensuite un tracé naturel jusqu'à sa confluence avec la Durance, excepté un court passage artificialisé sous l'autoroute A51. La figure suivante montre le tracé schématique du Ravin de la Bête.

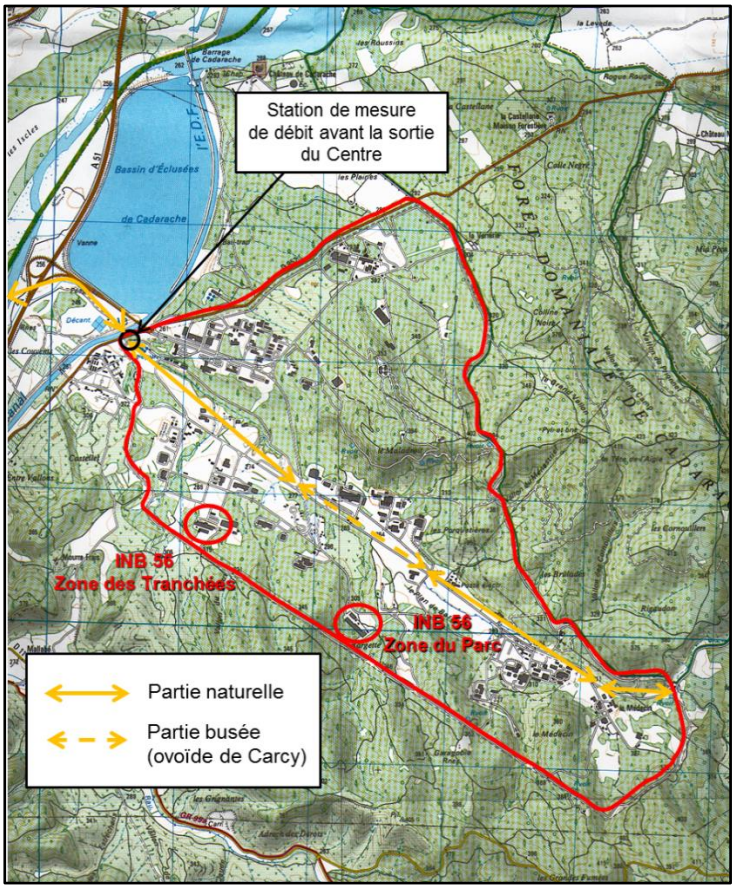


Figure 73 : Présentation générale du Ravin de la Bête

Figure 74 : Exemples de vues du Ravin de la Bête dans ses parties naturelles

Débits

Lors des forts épisodes de pluie, le Ravin de la Bête recueille les eaux pluviales de l'ensemble du Centre, et connaît alors des augmentations rapides et brutales de débits, avec des eaux très turbides. La décrue est également rapide (quelques heures). Les photos suivantes prises au cours d'un épisode de pluie intense (4 septembre 2011, avec un total de 65 mm enregistré à la station météorologique de la Verrerie) et le lendemain, montrent l'état du débit du Ravin de la Bête en sortie de l'ovoïde de passage sous la route de Saint-Paul-lez-Durance.

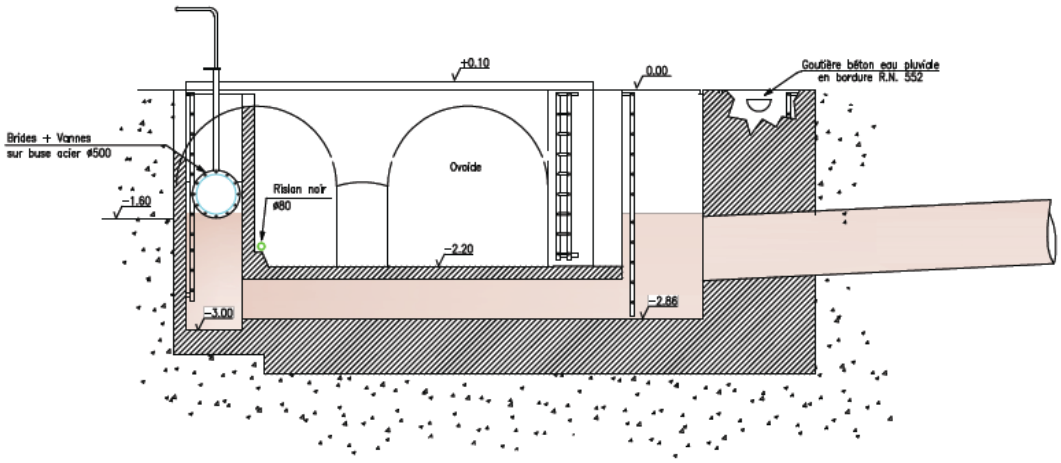
4 septembre 2011 *5 septembre 2011*

Figure 75 : Photos du Ravin de la Bête prises au cours et le lendemain d'un épisode de pluie intense

Les débits du Ravin de la Bête sont mesurés en continu juste avant la sortie du Centre. Cette station de mesure est installée dans l'ovoïde de passage sous la D952 (route de Saint-Paul-lez-Durance) et le canal EDF. Elle est équipée d'un débitmètre électromagnétique installé sur un col de cygne[12], en aval immédiat d'un petit seuil de 90 cm de hauteur. Il faut noter que lors des fortes crues, une partie des débits part en surverse au-dessus du seuil et n'est donc pas comptabilisée par le débitmètre. Des études hydrologiques réalisées sur le bassin versant du Ravin de la Bête ont néanmoins montré que **les débits de pointe peuvent atteindre plusieurs milliers de m³ par heure**.

La figure suivante montre les schémas de la station de mesure de débit.

[12] Pièce recourbée qui imite la forme d'un col de cygne.



COUPE AA

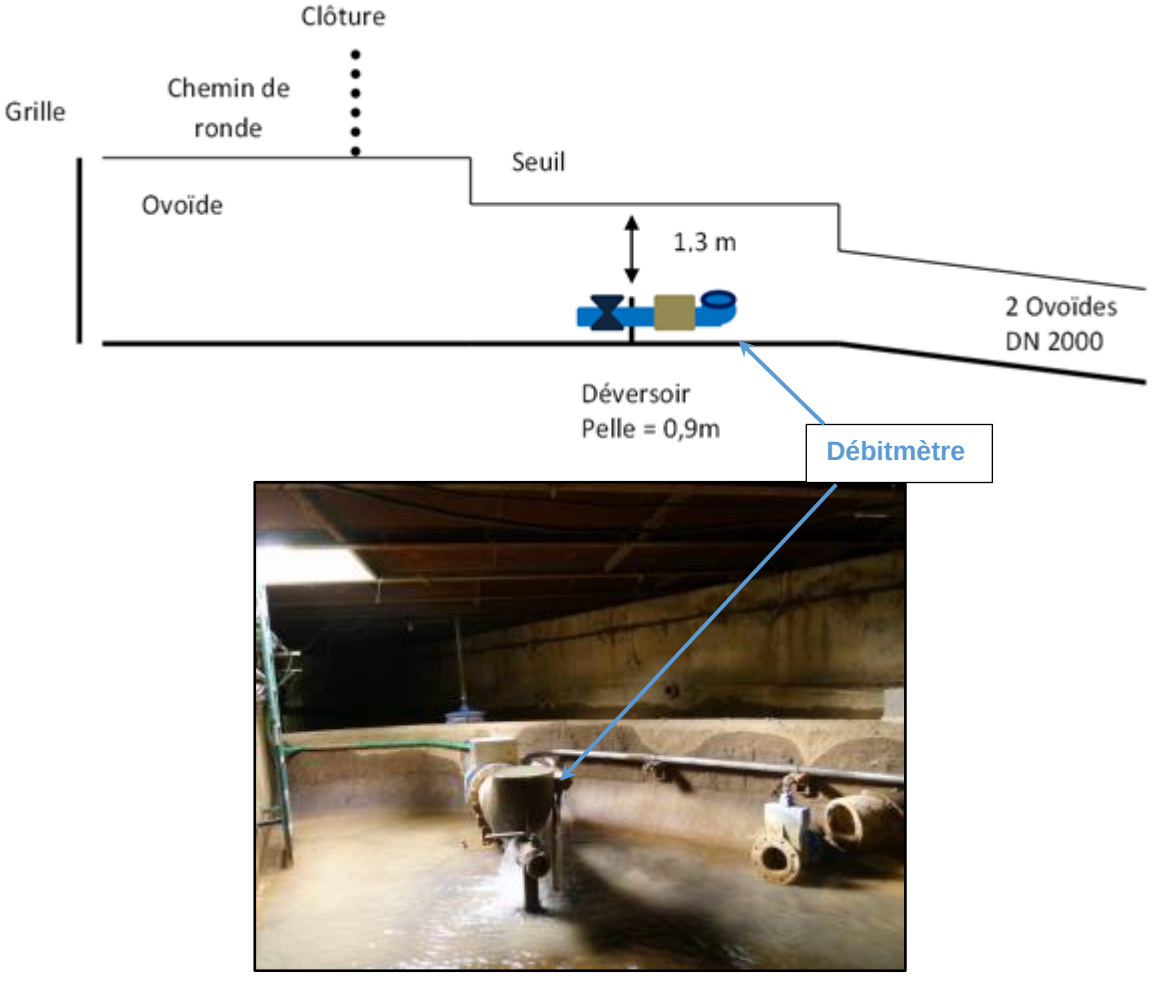


Figure 76 : Schémas et photo de la station de mesure aval du débit du Ravin de la Bête

Le Tableau 47 et le Tableau 48 présentent les débits mensuels corrigés[13] du Ravin de la Bête, respectivement moyen et maximal, mesurés entre 2017 et 2021.

Débits moyens (m^3/h)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Annuel
2017	5,1	7,6	18,2	18,1	-	-	2,7	3	3,6	2,8	3,1	7,9	**7,2**
2018	8,3	-	12,8	-	28	5,9	5,4	12,4	3,4	44	131,2	96,7	**34,8**
2019	69,5	60,4	25,1	28,6	8,8	3,6	1,3	4,2	0,3	-	-	-	**22,2**
2020	242,8	206,1	147,2	114,4	91,0	52,4	1,3	0,5	6,5	7,7	10,6	8,9	**77,3**
2021	0.1	0.02	0.01	13.2	17.2	3.6	-	-	-	-	-	-	**4.3**

Tableau 47 : Débits moyens du Ravin de la Bête (en m^3/h) à la sortie du Centre entre 2017 et 2021

Débits max (m^3/h)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Annuel
2017	215,3	227,9	319,1	132,1	-	-	4,9	118	133,9	39,4	154	296,5	**319,1**
2018	215,7	-	275	-	539	43,5	371,6	558,8	137,8	642,8	584,9	501,6	**642,8**
2019	114,2	254,9	73,7	311,6	441,3	269,6	120,5	453,4	29,9	-	-	-	**453,4**
2020	305,6	284,4	316,6	342,7	500,1	410,2	66,7	43,1	194,4	245,3	568,2	254,1	**568,2**
2021	591.3	2.7	171.0	260.6	325.9	27.8	-	-	-	-	-	-	**591.3**

Tableau 48 : Débits maximaux du Ravin de la Bête (en m^3/h) à la sortie du Centre entre 2017 et 2021

Les chroniques de débits mesurés corrigés entre 2017 et 2021 indiquent une valeur maximale de **643 m^3/h** en octobre 2018.

8.1.6. Les cours d'eau à proximité du site

La Durance a pour affluent, au niveau de Saint Paul-lez-Durance, le ruisseau de l'Abéou. Celui-ci s'écoule du sud-est vers le nord-ouest suivant un tracé quasiment parallèle au ruisseau du Ravin de la Bête. Le bassin versant topographique de ce cours d'eau représente une surface d'environ 120 km^2 pour un débit spécifique évalué en 1977 à 6,9 l/s/km^2. Son cours devient permanent à partir de Mallabé où plusieurs sources pérennes, dite sources de Saint-Paul-lez-Durance, lui délivrent un débit soutenu qui peut varier de quelques centièmes de m^3/s à l'étiage à près de 20 m^3/s en crue.

[13] Lorsque la hauteur d'eau dans l'ovoïde est supérieure à 90 cm, une partie des eaux pluviales va surverser au lieu de passer par le débitmètre. Une correction du débit est donc réalisée à partir des données de hauteur mesurées.

8.1.7. Risques d'inondation

Le site de Cadarache est naturellement protégé des risques d'inondation dus aux crues de la Durance et du Verdon, en raison de sa situation perchée. En cas de rupture du barrage de Serre-Ponçon (évènement ayant les conséquences les plus importantes au niveau de Cadarache), le niveau maximal atteindrait, au droit de Cadarache, une côte de 265 m NGF en 5h40min, sur lit sec, très en dessous des installations à caractère nucléaire. La carte ci-contre représente les zones qui seraient inondées.

Zones inondées en cas de rupture du barrage de Serre-Ponçon

Les deux zones de l'INB 56, en raison de leur localisation sur les flancs de la vallée de Cadarache, et de leur altitude (de l'ordre de 311 m NGF pour la zone du Parc, et de 295 à 300 m NGF pour la zone des Tranchées) ne sont pas concernées par le risque d'inondation par la Durance.

8.2. Contexte institutionnel

8.2.1. SDAGE

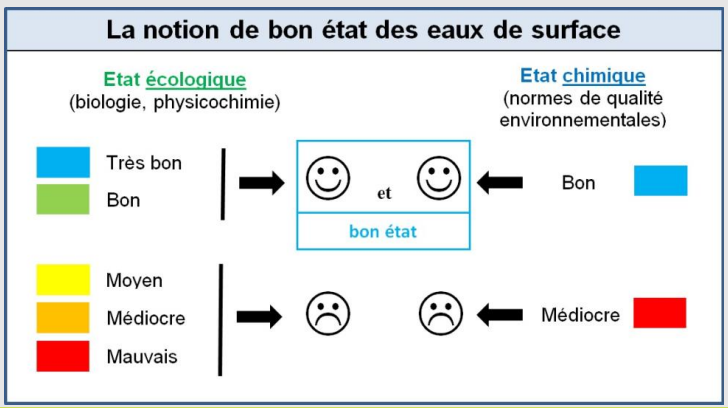
La gestion des eaux de Cadarache s'inscrit dans le cadre du SDAGE du bassin « Rhône-Méditerranée », qui a été présenté au paragraphe 7.4 concernant la gestion des eaux souterraines.

L'objectif du SDAGE est, conformément à l'objectif de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) 2000/60/CE du 23 octobre 2000 d'atteindre le bon état de toutes les masses d'eau, dont les eaux superficielles.

Définition du « bon état » des eaux superficielles : Pour les eaux superficielles, l'évaluation repose sur deux composantes :

- l'état chimique (au regard du respect des normes européennes d'usages : baignade, production d'eau potable, élevage de coquillages, etc.) ;
- l'état écologique, apprécié essentiellement selon des critères biologiques et des critères physicochimiques.

L'état est reconnu « bon » si l'état chimique est bon et si l'état écologique est bon (ou très bon).



En matière de lutte contre les pollutions par les substances dangereuses, le SDAGE du bassin du Rhône-Méditerranée pose les objectifs suivants :

- le respect des Normes de Qualité Environnementales (NQE) correspondant à l'atteinte d'un bon état chimique et à la non-détérioration des masses d'eau ainsi qu'aux objectifs environnementaux liés à la directive 76/464/CEE du 4 mai 1976 (catégories 1 à 3). Ces normes sont la référence pour la fixation des Valeurs Limites d'Emission (VLE) pour les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) notamment ;
- la réduction des rejets, émissions et pertes des substances pour contribuer d'ici 2027 à l'objectif national de réduction.

L'objectif de réduction des émissions, à l'échéance 2027, est défini pour chaque substance ou groupe de substances dans le tableau ci-après. Ce tableau reprend les objectifs nationaux de réduction des émissions, rejets et pertes des substances visées par la DCE, en identifiant les polluants spécifiques de l'état écologique (**PSEE**) du bassin Rhône-Méditerranée.

Niveau de réduction (en % des émissions connues) en fonction des possibilités d'action par rapport à la ligne de base 2010 (inventaire)	0% pas d'action possible	- 10%	- 30%	- 100%* *action visant la suppression des émissions maîtrisables à un coût acceptable
Famille	**Nom de la substance (ou du groupe de substances)** *et codes SANDRE*			
Alkylphénols		• Octylphénols *1920 ; 1959*		• Nonylphénols *1957 ; 5474 ; 1958*
BTEX			• Benzène *1114*	
Chlorobenzènes		• Trichlorobenzènes *1774 = 1283 + 1630 + 1629*		• Hexachlorobenzène *1199* • Hexachlorobutadiène *1652* • Pentachlorobenzène *1888*
Chlorophénols		• Pentachlorophénol *1235*		
Dioxines et composés		• Dioxines et composés *7707*		
Diphényléthers bromés				• Bromodiphényléthers (Tetra / Penta / Hexa) *2601 ; 1921 ; 2600 ; 2599*
HAPs		• Fluoranthène *1191*	• Anthracène *1458* • Naphtalène *1517*	• Benzo(a)pyrène *1115* • Benzo(b)fluoranthène *1116* • Benzo(k)fluoranthène *1117* • Benzo(g, h,i)perylène *1118* • Indéno(1,2,3-cd)pyrène *1204*
Métaux			• Arsenic *1369* • Chrome *1389* • Cuivre *1392* • Nickel *1386* • Plomb *1382* • Zinc *1383*	• Cadmium et ses composés *1388* • Mercure et ses composés *1387*
Organoétains				• Tributylétain et composés *2879*
Perfluorés		• Acide perfluorooctane-sulfonique et ses dérivés (perfluorooctanesulfonate PFOS) *6560 ; 6561*		

Pesticides	• Endosulfan 1743 • Hexachlorocyclohexane 5537 • Trifluraline 1289 • Alachlore 1101 • Atrazine 1107 • Chlorfenvinphos 1464 • Simazine 1263 • Aldrine 1103 • DDTs 7146 • Dieldrine 1173 • Endrine 1181 • Isodrine 1207	• Aclonifène 1688 • Aminotriazole 1105 • AMPA 1907 • Bifenox 1119 • Chlorprophame 1474 • Cybutrine 1935 • Cyperméthrine 1140 • Cyprodinil 1359 • Dichlorvos 1170 • Dicofol 1172 • Diflufenicanil 1814 • Diuron 1177 • Glyphosate 1506 • Heptachlore et époxydes d'heptachlore 1197 ; 1748 ; 1749 • Métazachlore 1670 • Nicosulfuron 1882 • Pendiméthaline 1234 • Quinoxyfène 2028 • Terbutryne 1269	• 2,4 MCPA 1212 • Chlorpyrifos 1083 • Chlortoluron 1136 • Isoproturon 1208 • Oxadiazon 1667	
Phtalates		• DEHP Diethylhexylphtalate 6616		
Solvants chlorés			• 1,2 Dichloroéthane 1161 • Dichlorométhane 1168 • Trichlorométhane (chloroforme) 1135	• Tétrachloroéthylène 1272 • Tétrachlorure de carbone 1276 • Trichloroéthylène 1286
Autres micro-polluants		• HBCDD Hexabromo-cyclododécane 7128 • Phosphate de tributyle 1847		• Chloroalcanes C_{10}-C_{13} 1955

• Substances dangereuses prioritaires (SDP) • Substances prioritaires (SP) • Substances de la liste I de la directive 76/464 non inscrites dans la DCE • Polluants Spécifiques de l'État Écologique (PSEE) pour le bassin Rhône-Méditerranée

Tableau 49 : Objectif de réduction des émissions, rejets et pertes à échéance 2027 pour le bassin Rhône-Méditerranée (Source : SDAGE 2022-2027)

8.2.2. SAGE

Le schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) est l'application du SDAGE à un niveau local.

L'initiative du SAGE revient aux responsables de terrains, élus, associations, acteurs économiques, aménageurs, usagers de l'eau qui ont un projet commun pour l'eau.

Le SAGE est un outil de planification locale dont les prescriptions doivent pouvoir s'appliquer à un horizon de 10 ans. Il se traduit par un arrêté préfectoral qui identifie les mesures de protection des milieux aquatiques, fixe des objectifs de qualité à atteindre, définit des règles de partage de la ressource en eau, détermine les actions à engager pour lutter contre les crues, etc. à l'échelle d'un territoire hydrographique pertinent (2 000 à 3 000 km^2).

Dans un rayon de 5 kilomètres autour du site, il faut citer le SAGE Verdon, mis en œuvre à l'échelle du bassin versant du Verdon (source : http://www.gesteau.eaufrance.fr/sage/verdon).

Le SAGE Durance est en cours d'instruction.

8.2.3. Contrat de rivière

Comme les SAGE, les contrats de milieux (rivière, lac, nappe, baie, ...) sont des outils d'intervention à l'échelle de bassin versant donnant lieu à un important programme d'études puis de travaux, coordonné et animé généralement par une structure porteuse et une équipe technique permanente. En pratique également, les contrats de milieux comme les SAGE déclinent les objectifs majeurs du SDAGE sur leur bassin versant. Ils sont aussi les outils à privilégier pour permettre l'atteinte du bon état des masses d'eau à l'horizon 2015 comme le demande la Directive Cadre sur l'Eau (DCE).

La différence avec le SAGE est que l'objet essentiel du contrat de milieu n'est pas de formaliser un projet commun pour l'eau dans le bassin assorti de règles de bonne conduite pour le mettre en œuvre, mais d'aboutir à un programme d'actions, généralement sur 5 ans, en terme d'études, de travaux, etc. financé par différents partenaires. Les montants en jeu peuvent aller jusqu'à plusieurs dizaines de millions d'euros. Comme dans le cas des SAGE, ces actions sont décidées après un travail important en termes de définition des objectifs poursuivis et leur mise en œuvre est évaluée au travers d'indicateurs précis. De plus, à mi-parcours du contrat et à son achèvement, un bilan doit être dressé.

Il existe un contrat de rivière du Val de Durance, initié par le SMAVD (Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance) qui s'étend sur les 230 km (sur 300 km au total) que la Durance parcourt depuis le barrage de Serre-Ponçon jusqu'au Rhône (source : http://www.smavd.org/).

Concernant le Verdon, le label Contrat de Rivière a été attribué le 20 janvier 2006 par le Bureau du Comité de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse sur la base du dossier préalable de candidature. L'arrêté inter-préfectoral de composition du Comité de Rivière a été signé le 15 juin 2007. Le Comité de Rivière, chargé du pilotage et du suivi du Contrat de Rivière, a été créé le 18 janvier 2008. Le contrat de rivière Verdon 1 avait une durée de validité de 5 ans et est arrivé à échéance en 2013.

Une note de synthèse de la Commission Locale de l'Eau (CLE) du 06 avril 2016, publiée en mai 2016, présente le projet de contrat de rivière « Verdon 2 ». Les principaux cours d'eau concernés sont :

- Le Verdon (et ses lacs de retenue)
- Les principaux affluents du Haut Verdon : le Bouchier, le Chadoulin, la Lance, la Chasse, l'Issole
- Les principaux affluents et sous-affluents du Moyen Verdon : l'Artuby, le Jabron, la Bruyère, la Lane, le Rieu Tort
- Les affluents du Bas Verdon : le Colostre

Fort de 159 actions détaillées en 245 opérations, ce contrat attendu de petite taille s'avère en fait être plus important que son frère aîné, le contrat 1. Cela est vraisemblablement dû à une bonne appropriation de la démarche par les acteurs du territoire, qui ont su faire de ce deuxième contrat un outil reflétant leur ambition pour le bassin versant du Verdon.

Les enjeux thématiques identifiés sur le bassin versant se rattachent à 5 axes principaux, les axes du SAGE :

- Rechercher un fonctionnement hydraulique et biologique permettant la satisfaction des différents usages, la préservation des milieux naturels et la gestion des risques.
- Préserver et valoriser le patrimoine naturel, exceptionnel mais fragile et soumis à de nombreuses contraintes.
- Aller vers une gestion solidaire de la ressource.
- Assurer une qualité des eaux permettant la satisfaction des différents usages et préservant les potentialités biologiques.
- Concilier les activités touristiques liées à l'eau avec les autres usages et la préservation des milieux.

(Source : http://www.gesteau.eaufrance.fr/document/contrat-de-riviere-verdon-2-note-de-synthese).

8.3. Qualité chimique et biologique des eaux de surface

8.3.1. Objectifs de qualité

Substances prioritaires et Normes de Qualité Environnementale (NQE)

La DCE a défini une stratégie de lutte contre la pollution de l'eau, consistant à recenser des **substances prioritaires** parmi celles qui présentent un risque significatif pour ou via l'environnement aquatique, et qui doivent en priorité faire l'objet de mesures au niveau de l'Union. Ces substances prioritaires sont listées à l'annexe X de la DCE.

La DCE a également prévu la fixation de normes de qualité environnementale (**NQE**) pour les substances prioritaires et pour certains autres polluants. Les NQE, listées à l'annexe IX de la DCE, sont déterminées au niveau européen, par la Commission et en consensus avec les Etats Membres de l'Union Européenne.

La liste des paramètres et leurs **normes de qualité environnementale (NQE) à respecter pour atteindre le bon état** sont indiqués dans la Directive 2008/105/CE du Parlement Européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes de qualité environnementale dans le domaine de l'eau, modifiant et abrogeant les directives du Conseil 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE et modifiant la directive 2000/60/CE , elle-même modifiée par la directive 2013/39/UE du Parlement Européen et du Conseil du 12 août 2013 modifiant les directives 2000/60/CE et 2008/105/CE en ce qui concerne les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau.

Les Normes de Qualité Environnementale sont utilisées dans le contexte de la DCE pour 2 types d'évaluation :

- **Evaluation de l'état chimique**, qui concerne les substances « prioritaires » et « dangereuses prioritaires » de la DCE. Pour l'évaluation de l'état chimique, les NQE sont déterminées **au niveau européen**, par la Commission et en consensus avec les Etats Membres de l'Union Européenne. La liste des substances prioritaires et les NQE qui y sont associées sont réexaminées régulièrement[14] afin de tenir compte de l'évolution des connaissances scientifiques et techniques, mais aussi de celle de l'usage des substances chimiques (synergie encouragée avec le règlement européen REACH[15] par exemple).

[14] Dans sa version initiale, la DCE prévoyait dans son article 16, point 4, que le réexamen de la liste des substances prioritaires soit effectué « au moins tous les 4 ans ». La directive 2013/39/EC a modifié ce point, en indiquant que le réexamen doit être fait « au moins une fois tous les 6 ans ». Notons également que pour les substances prioritaires nouvellement identifiées par la directive 2013/39/UE, les normes de qualité environnementale s'appliquent à partir du 22 décembre 2018.

[15] REACH est un règlement européen (règlement n°1907/2006) entré en vigueur en 2007 pour sécuriser la fabrication et l'utilisation des substances chimiques dans l'industrie européenne. Il s'agit de recenser, d'évaluer et de contrôler les substances chimiques fabriquées, importées, et mises sur le marché européen. D'ici 2018, plus de 30 000 substances chimiques devraient être connues et leurs risques potentiels établis.

- **Evaluation de l'état chimique dans l'état écologique**, qui concerne les polluants spécifiques de l'état écologique (**PSEE**) de la DCE, et dont la liste est établie **au niveau national** sur la base de la **liste indicative fournie en Annexe VIII de la DCE**. En France, l'INERIS fait des propositions de Valeurs Guides Environnementales, ou **VGE**, au Ministère en charge de l'environnement, via sa convention avec l'ONEMA[16]. Ces VGE peuvent être reprises et s'appliquer aux substances de l'état écologique dans des arrêtés de portée nationale (arrêté du 25 janvier 2010relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement modifié, voir ci-après). Elles sont alors considérées comme **des seuils à valeur réglementaire**, c'est-à-dire des NQE.

La détermination de ces normes suit une **méthodologie spécifique** qui a été élaborée au niveau européen[17] (Technical Guidance For Deriving Environmental Quality Standards, Guidance Document No. 27, 2011).

Pour chaque polluant, deux types de NQE sont établis, à savoir des concentrations moyennes annuelles (**NQE-MA**) et des concentrations maximales admissibles (**NQE-CMA**). La quantité moyenne de la substance considérée, calculée sur une période d'un an, vise à garantir la qualité à long terme du milieu aquatique. La concentration maximale admissible de la substance, mesurée de manière ponctuelle, vise à limiter les pics de pollution.

[16] ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques. Depuis le 1er janvier 2017, l'Onema, l'Agence des aires marines protégées, Parcs nationaux de France et l'Atelier technique des espaces naturels ont regroupé leurs compétences pour fonder l'Agence française pour la biodiversité.

[17] Cette méthodologie a été synthétisée par l'INERIS dans un document en langue française (Méthodologie utilisée pour la détermination de normes de qualité environnementale (NQE), Rapport d'étude DRC-11-118981-08866A, 05/08/2011).

Transposition dans le droit français

La **circulaire DCE n°2007/23 du 7 mai 2007** précise les « normes de qualité environnementale provisoires (NQEp) » des 41 substances impliquées dans l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau ainsi que des substances pertinentes du programme national de réduction des substances dangereuses dans l'eau. Cette circulaire a également précisé les objectifs nationaux de réduction des émissions de ces substances et a modifié la circulaire DCE 2005/12 du 28 juillet 2005 relative à la définition du « bon état » (publiée au Bulletin Officiel du Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement Durables).

Les règles d'évaluation de l'état des eaux de surface sont définies au niveau national par **l'arrêté ministériel du 25 janvier 2010** modifié relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement.

Dans la suite du document, on parlera de l'arrêté « évaluation » du 25 janvier 2010 modifié.

Cet arrêté définit les normes de qualité environnementale (NQE) de 33 substances organiques exprimé à la fois en valeur moyenne annuelle (NQE-MA) et en concentration maximale admissible (NQE-CMA). Les valeurs moyennes annuelles sont similaires aux valeurs provisoires de la circulaire DCE n°2007/23 En revanche, celles correspondant aux concentrations maximales admissibles ne concernent que certains composés.

Notons que l'évaluation de l'état des eaux s'appuie sur les données de surveillance recueillies conformément à l'arrêté du 25 janvier 2010 modifié établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du code de l'environnement. Dans la suite du document, on parlera de l'arrêté « surveillance » du 25 janvier 2010 modifié.

8.3.1.1. Etat chimique

L'état chimique, destiné à vérifier le respect des normes de qualité environnementales (**NQE**), prévoit deux classes d'état : bon ou mauvais.

L'état chimique d'une masse d'eau de surface est défini à l'article 11 de l'arrêté « évaluation » du 25 janvier 2010 modifié.

L'état chimique d'une masse d'eau de surface est bon lorsque les concentrations en polluants ne dépassent pas les normes de qualité environnementale (**NQE**), en tout point de la masse d'eau hors zone de mélange. La liste des polluants concernés et les normes de qualité environnementale correspondantes sont définies aux points 1.1 et 1.2 de l'annexe 8 de l'arrêté « évaluation » du 25 janvier 2010 modifié.

8.3.1.2. Etat écologique

L'état écologique se décline en cinq classes d'état (très bon, bon, moyen, médiocre et mauvais) ; il prend en compte des paramètres biologiques (phytoplancton, macroalgues, invertébrés, poissons, etc.) et des paramètres physico-chimiques sous-tendant la biologie.

Pour l'état écologique, il existe des normes de qualité environnementales pour des substances spécifiques. Dans ce cas, les normes et modalités d'interprétation des résultats d'analyses sont identiques à celles relatives à l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau.

Le tableau suivant synthétise les éléments de qualité et les indicateurs à prendre en compte pour l'évaluation de l'état écologique des cours d'eau de la Métropole[18] au cours du 2ème cycle DCE 2016-2021. Au final, la classification de l'état écologique correspond **à la plus basse des classes de qualité de l'état des éléments de qualité**, en application des règles d'agrégation entre les différents éléments de qualité définies à l'annexe 2 de l'arrêté « évaluation » du 25 janvier 2010 modifié.

Eléments de qualité	Paramètres	Indicateurs disponibles pour l'évaluation au cours du 2ème cycle DCE 2016-2021 en Métropole
Eléments de qualité biologique	**Paramètres biologiques**	
Phytoplancton	Composition, abondance et biomasse	
Macrophytes	Composition et abondance	IBMR
Phytobenthos	Composition et abondance	IBD_{2007}
Faune benthique invertébrée	Composition et abondance	IBGN
Ichtyofaune	Composition, abondance et structure de l'âge	IPR
Elément de qualité physico-chimique	**Paramètres physico-chimiques**	
Bilan d'Oxygène	Oxygène dissous	Valeurs seuils en annexe 3 de l'arrêté « évaluation » du 25 janvier 2010 modifié
	Taux de saturation en O2	
	DBO5	
	Carbone organique dissous	
Température de l'eau	-	
Salinité	Conductivité	
	Chlorures	
	Sulfates	
Etat d'acidification	pH_{min} et pH_{max}	Valeurs seuils en annexe 3 de l'arrêté « évaluation » du 25 janvier 2010 modifié
Concentration en nutriments	PO_4^{3-}	
	Phosphore total	
	NH_4^+	
	NO_2^-	
	NO_3^-	
Eléments de qualité hydromorphologique	**Paramètres hydromorphologiques**	
Régime hydrologique	Quantité et dynamique du débit d'eau,	
	Connexion aux masses d'eau souterraines	
Continuité de la rivière		
Conditions morphologiques	Variation de la profondeur et de la largeur de la rivière	
	Structure et substrat du lit	
	Structure de la rive	

Vert : indicateurs disponibles pour le 2ème cycle DCE / Jaune : indicateurs disponibles pour le 2ème cycle DCE mais devant être remplacés dès le 3ème cycle DCE 2022-2027 (adoption des indices I_2M_2 et IPR+, détermination des valeurs-seuils des paramètres physico-chimiques soutenant la biologie) / Rouge : indicateurs à développer pour le 3ème cycle DCE 2022-2027

Tableau 50 : Synthèse des éléments de qualité et indicateurs à prendre en compte pour l'évaluation de l'état écologique des cours d'eau en Métropole[19]

[18] Des indicateurs adaptés aux spécificités locales sont définis pour les DROM : Antilles, Guyane, Réunion et Mayotte.

[19] Adapté d'après le Guide technique Relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau) publié par le Ministère en charge de l'environnement en mars 2016.

8.3.1.2.1. Eléments de qualité biologique

Les éléments de qualité biologique à prendre en compte pour évaluer l'état écologique des cours d'eau sont définis à l'annexe 3 de l'arrêté « évaluation » du 25 janvier 2010 modifié.

Indices biologiques normalisés

Actuellement, les indices biologiques normalisés suivants sont utilisables pour la Métropole :

- **IBGN** (indice biologique global normalisé : norme NF T90-350), concernant les macro-invertébrés ;
- **IBD_{2007}** (indice biologique diatomées : norme AFNOR NF T90-354) concernant les diatomées ;
- **IBMR** (indice biologique macrophytique en rivière : norme NF T90-395) concernant les macrophytes ;
- **IPR** (indice poissons rivière : norme NF T90-344, avec le protocole d'échantillonnage de la norme XP T90-383, puis NF T90-383 dès son entrée en vigueur).

Pour chacun de ces indices, la valeur de référence correspond à la valeur attendue en situation naturelle. Le très bon état correspond à la variabilité naturelle des indices et à des situations où l'impact est difficilement discernable de cette variabilité naturelle.

A titre d'exemple, dans le cas du Rhône, classé dans la catégorie « Très Grands » cours d'eau (TG6-7/2), appartenant à l'HydroEcoRégion de niveau 1 (HER, voir la figure suivante) n° 6 « Méditerranée», et de type « Exogène de l'HER 2 ou 7 », les limites du bon état établies pour les différents indices biologiques normalisés sont présentées ci-dessous.

Indice	Limites inférieure et supérieure du bon état
IBGN	Absence de valeur
IBD_{2007}	]14,3 - 17,1]
IBMR	]7,2 – 8,6]
IPR	]5-16]

Tableau 51 : Valeurs limites du bon état des différents indices de l'état écologique pour les cours d'eau de type TG6-7/2 (calculées selon les modalités définies dans l'annexe 3 de l'arrêté « évaluation » du 25 janvier 2010 modifié)

Indices biologiques en évolution pour être compatibles avec la Directive Cadre sur l'Eau (DCE)

Les exigences imposées par la Directive Cadre sur l'Eau ont amené à réviser les indices macro-invertébrés (IBGN) et poissons (IPR) pour les rendre plus représentatifs de la qualité biologique des cours d'eau, et pour permettre de mieux identifier les pressions à l'origine des dégradations :

- remplacement à terme de l'Indice Biologique Global Normalisé (**IBGN**) par l'Indice invertébrés multi-métrique (**I_2M_2**) ;
- remplacement à terme de l'Indice Poissons Rivière (**IPR**) par l'Indice Poissons Rivière + (**IPR+**).

Ces indices biologiques de remplacement ont fait l'objet de recherches et d'expérimentations et sont en cours de normalisation.

L'annexe 3 de l'arrêté « évaluation » du 25 janvier 2010 modifié indique que l'on doit utiliser l'indice **I_2M_2** (code Sandre 7613), décrit dans : Usseglio-Polatera P., Mondy C.P., Larras F. & Coulaud R. 2018. Bioévaluation des cours d'eau peu profonds basée sur le compartiment des macroinvertébrés benthiques : I_2M_2 et outil diagnostique. Livret-guide. Université de Lorraine (LIEC).

A noter que certains bureaux d'études et laboratoires (tels que ceux qui assurent le suivi environnemental de la Durance pour le compte du CEA de Cadarache), proposent l'évaluation de l'Indice Biologique Global compatible avec la DCE (**IBG-DCE**) pour les cours d'eau prospectables à pied, selon les protocoles de prélèvement et de traitement des échantillons au laboratoire qui seront exigés pour l'évaluation de l'indice normalisé I_2M_2.

L'annexe 3 de l'arrêté « évaluation » du 25 janvier 2010 modifié indique en outre que l'indice biologique poissons+ (**IPR+**) peut être utilisé en complément de l'indice poisson de rivières (IPR), à titre d'outil diagnostic complémentaire pour les cours d'eau de métropole complémentaire, en respectant le protocole d'échantillonnage de la norme XP T90-383 (puis NF T90-383 dès son homologation). L'IPR + est décrit dans les publications suivantes :

- Pont D., Delaigue O., Eyoub S. 2015. Manuel d'utilisation de l'IPR +, révision de l'indice poisson rivière pour l'application de la DCE. Rapport technique Irstea.
- Pont D., Delaigue O., Belliard J., Marzin A., Logez M. (2013). Programme IPR + : révision de l'indice poisson rivière pour l'application de la DCE-version V. 2.0 de l'indicateur, Février 2013. Rapport technique Irstea, 208 p.

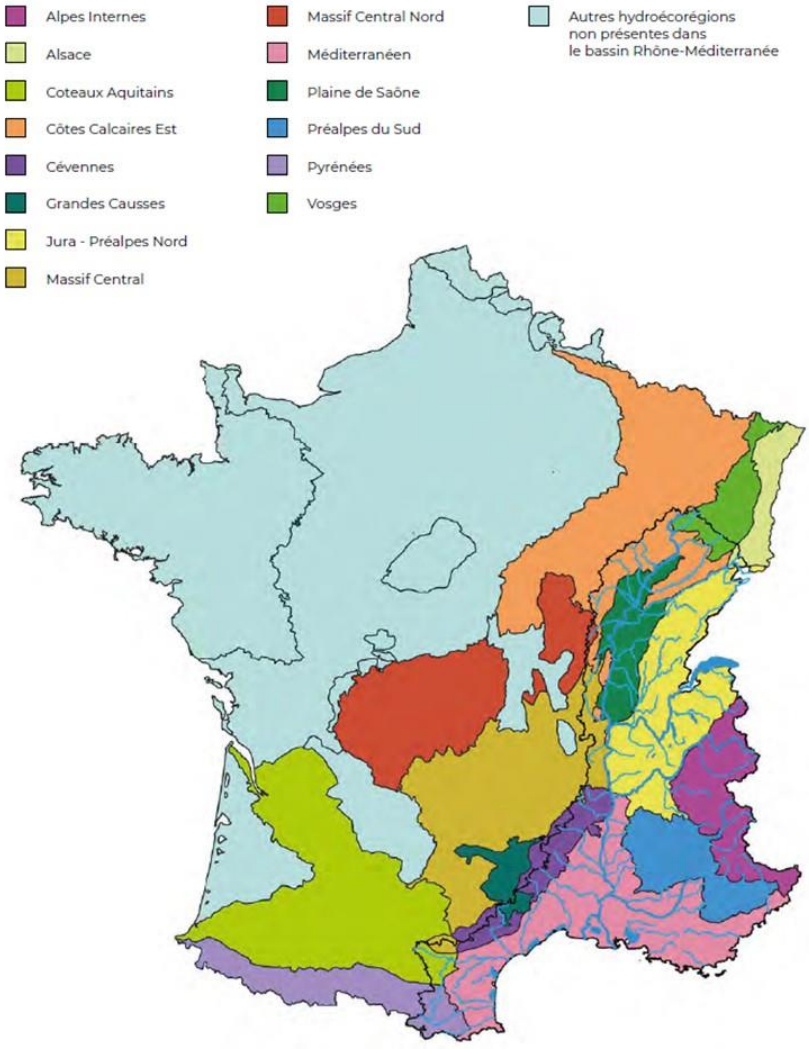


Figure 77 : Hydroécorégions du bassin Rhône-Méditerranée – Niveau 1 (Source : SDAGE 2022-2027 Rhône-Méditerranée)

Benthos : Ensemble des organismes aquatiques (marins ou dulcicoles) vivant à proximité du fond des mers et océans, des lacs et cours d'eau (dérivé du grec signifiant « profondeur »).

Biocénose : Ensemble des êtres vivants qui peuplent un écosystème donné. Elle se compose de trois groupes écologiques fondamentaux d'organismes : les producteurs (végétaux), les consommateurs (animaux), et les décomposeurs (bactéries, champignons, etc.).

Bryophytes : Plantes ne possédant pas de véritable système vasculaire (absence de racines et de vaisseaux). Dans la famille des bryophytes, on trouve notamment les mousses. Les bryophytes, et plus particulièrement les mousses, se nourrissent des nutriments trouvés dans leur milieu (air, eau). De ce fait, elles sont considérées comme des bio-accumulateurs, et des marqueurs de pollutions (métaux lourds, radionucléides).

Diatomée : Elément d'une classe d'algues unicellulaires entourées d'une coque siliceuse.

HydroEcoRégion (HER) : Zone homogène du point de vue de la géologie, du relief et du climat. C'est l'un des principaux critères utilisés dans la typologie et la délimitation des masses d'eau de surface. La France métropolitaine peut être décomposée en 21 hydroécorégions principales (dites de niveau 1). Le bassin Rhône-Méditerranée est concerné par 14 hydroécorégions de niveau 1.

Indice Biologique Diatomées (IBD_{2007}) : L'Indice Biologique Diatomées (norme NF T90-354) permet également d'évaluer la qualité biologique générale d'un cours d'eau à partir de l'analyse des peuplements de diatomées (algues brunes microscopiques) vivant sur le fond du cours d'eau (le periphyton) et plus particulièrement celles situées sur les substrats durs et inertes de type pierres-blocs-galets (l'épilithon). Les diatomées présentes expriment à travers leurs abondances spécifiques (nombre d'individus par espèce) un état biologique de la station d'étude considérée. Le cortège diatomique est caractéristique de l'hydrologie du cours d'eau et de la physico-chimie de l'eau.

Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) : L'Indice Biologique Global Normalisé (norme NF T90-350 de mars 2004) permet d'évaluer la qualité biologique générale d'une station d'échantillonnage située sur un cours d'eau à partir de la composition des peuplements de macro-invertébrés vivant sur le fond. La faune benthique présente traduit la **qualité physico-chimique des eaux** et la **diversité d'habitats**. La capacité indicatrice et intégratrice des organismes apporte une information sur la qualité du milieu. L'IBGN est donc une démarche biocénotique qui consiste à caractériser les perturbations par leurs effets sur les communautés faunistiques présentes. La mise en œuvre de l'IBGN comprend trois étapes : les prélèvements, l'analyse au laboratoire et le calcul de l'indice (note de 0 à 20).

Indice Biologique Global compatible avec la Directive Cadre sur l'Eau (IBG-DCE) : Indice biologique global compatible avec les exigences de la DCE pour les cours d'eau de faible profondeur, selon les protocoles de prélèvement et de traitement des échantillons au laboratoire qui seront exigés pour l'évaluation de l'indice normalisé I_2M_2.

Indice invertébrés multi-métrique (I_2M_2) : Cet indice est à utiliser à titre complémentaire (de l'IBGN) pendant le 2ème cycle DCE 2016-2021 pour les cours d'eau de métropole avec le protocole de prélèvement des macro-invertébrés aquatiques en rivières peu profondes de la norme XP T90-333 de 2009 (puis NF T90-333 dès son entrée en vigueur) et le protocole de traitement au laboratoire d'échantillon contenant des macro-invertébrés de cours d'eau XP T90-388 de 2010 (puis NF T90-388 dès son entrée en vigueur). Il remplacera définitivement l'IBGN pour le 3ème cycle DCE 2022-2027.

Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR) : L'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (norme NF T90-395) est fondé sur l'examen des macro-végétaux aquatiques, et traduit essentiellement le degré de trophie des rivières lié à leur teneur en ammonium (forme réduite des nitrates) et orthophosphates, ainsi qu'aux pollutions organiques majeures.

Indice Poissons Rivière (IPR) : La mise en œuvre de l'IPR (norme NF T90-344) consiste globalement à mesurer l'écart entre la composition du peuplement sur une station donnée, observée à partir d'un échantillonnage par pêche électrique, et la composition du peuplement attendue en situation de référence, c'est-à-dire dans des conditions très peu ou pas modifiées par l'homme.

Indice Poissons Rivière + (IPR+) : Indice biologique Poissons à utiliser à titre complémentaire pendant le 2ème cycle DCE 2016-2021 avec le protocole d'échantillonnage de la norme XP T90-383 (puis NF T90-383 dès son entrée en vigueur). Il remplacera définitivement l'IPR pour le 3ème cycle DCE 2022-2027.

Macro-invertébrés : Petits animaux vivant au fond de la rivière (sur et dans les sédiments) : larves d'insectes, mollusques, crustacés, etc.

Macrophytes : Ensemble des plantes aquatiques macroscopiques, visibles à l'œil nu. Il existe plusieurs types de macrophytes : les plantes émergentes comme le roseau, le scirpe et la massette, les plantes à organes submergés et flottants (nénuphars) et les plantes submergées qui peuvent former des herbiers denses (Callitriche, cornifle immergé, élodée, potamot, renoncule, Zannichellie). Sensibles à la qualité de l'eau et du sédiment, la présence, la prolifération ou au contraire la disparition d'espèces de macrophytes sont des indicateurs du niveau de pollution. L'inventaire des espèces de macrophytes, leur biomasse en poids sec et leur taux de recouvrement permet de définir l'état d'eutrophisation des eaux.

8.3.1.2.2. Eléments physico-chimiques généraux pour les cours d'eau

Les éléments physico-chimiques généraux interviennent uniquement **comme facteurs explicatifs des conditions biologiques**. Pour la classe « bon » et les classes inférieures, les valeurs seuils de ces éléments physico-chimiques sont fixées de manière à respecter les limites de classes établies pour les éléments biologiques, correspondant au bon fonctionnement des écosystèmes.

Les limites de classes d'état sont exprimées par paramètre et non par élément de qualité (par exemple, l'oxygène dissous est un paramètre constitutif de l'élément bilan d'oxygène). Les valeurs seuils des limites de classes sont issues de l'annexe 3 de l'arrêté « évaluation » du 25 janvier 2010 modifié, et sont présentées dans le tableau ci-après.

Paramètres par élément de qualité	Limites des classes d'état			
	Très bon / Bon	Bon / Moyen	Moyen / Médiocre	Médiocre / Mauvais
Bilan de l'oxygène				
Oxygène dissous (mgO_2/L)	8	6	4	3
Taux de saturation en O_2 dissous (%)	90	70	50	30
DBO_5 (mgO_2/L)	3	6	10	25
Carbone organique dissous (mg/L)	5	7	10	15
Température (°C)				
Eaux salmonicoles	20	21,5	25	28
Eaux cyprinicoles[20]	24	25,5	27	28

[20] Cyprinicole : relatif à l'élevage de carpes et de tanches.

Nutriments				
PO_4^{3-} (mg/L)	0,1	0,5	1	2
Phosphore total (mg/L)	0,05	0,2	0,5	1
NH_4^+ (mg/L)	0,1	0,5	2	5
NO_2^- (mg/L)	0,1	0,3	0,5	1
NO_3^- (mg/L)	10	50	*	*
Acidification				
pH minimal	6,5	6	5,5	4,5
pH maximal	8,2	9	9,5	10
Salinité				
Conductivité	*	*	*	*
Chlorures	*	*	*	*
Sulfates	*	*	*	*

* : Les connaissances actuelles ne permettent pas de fixer des seuils fiables pour cette limite

Tableau 52 : Valeurs des limites des classes d'état pour les paramètres physico-chimiques généraux pour les cours d'eau

8.3.1.2.3. Polluants spécifiques de l'état écologique (PSSE)

Les polluants spécifiques de l'état écologique (PSSE) sont les substances dangereuses pour les milieux aquatiques déversées en quantité significatives dans les masses d'eau de chaque bassin ou sous bassin hydrographique. Les substances dangereuses sont des substances qui sont toxiques, persistantes et bioaccumulables, et autres substances ou groupes de substances qui sont considérées, à un degré équivalent, comme sujettes à caution.

Les polluants spécifiques de l'état écologique (PSEE) et les normes de qualité environnementales (NQE) correspondantes à prendre en compte dans l'évaluation de l'état écologique des eaux de surface continentales métropolitaines sont listés dans les Tableau 53 et Tableau 54, issus de l'arrêté « évaluation » du 25 janvier 2010 modifié. Ces valeurs sont en vigueur depuis le 22 décembre 2015, dans le cadre du SDAGE 2016-2021.

Polluants spécifiques non synthétiques

Comme pour les paramètres de l'état chimique, les normes applicables aux métaux peuvent être corrigées par le fond géochimique et la biodisponibilité.

Substance	NQE MOYENNE ANNUELLE – Eaux douces de surface (µg/L)
Arsenic dissous	0,83
Chrome dissous	3,4
Cuivre dissous	1
Zinc dissous	7,8

Tableau 53 : NQE pour polluants spécifiques non synthétiques

Les polluants spécifiques non synthétiques concernent l'ensemble des bassins métropolitains et DOM.

Comme pour les paramètres de l'état chimique, les normes applicables aux métaux peuvent être corrigées par le fond géochimique.

Les normes de qualité environnementale relatives au cuivre et au zinc sont des normes biodisponibles, c'est-à-dire correspondant aux normes de qualité environnementale en conditions maximales de biodisponibilité.

Polluants spécifiques synthétiques

Le tableau suivant présente les NQE « Eaux douces de surface » qui s'appliquent pour le bassin Rhône-Méditerranée.

Substance	NQE MOYENNE ANNUELLE – Eaux douces de surface (µg/L)
Chlortoluron	0,1
Métazachlore	0,019
Aminotriazole	0,08
Nicosulfuron	0,035
Oxadiazon	0,09
AMPA	452
Glyphosate	28
2,4 MCPA	0,5
Diflufenicanil	0,01
Cyprodinil	0,026
Phosphate de tributyle	82
Chlorprophame	4
Pendiméthaline	0,02

Tableau 54 : NQE pour polluants spécifiques synthétiques pour le bassin Rhône-Méditerranée

8.3.2. Qualité physicochimique et biologique des eaux et des milieux de la Durance

8.3.2.1. La Durance en aval du barrage de Cadarache : une Masse d'Eau Fortement Modifiée (MEFM)

Potentiel écologique

Afin d'évaluer l'influence des rejets d'effluents liquides du Centre de Cadarache (après traitement par la STEP), la qualité des eaux et des milieux de la Durance est suivie en amont et en aval du point de rejet. Le point de rejet, comme les points de suivi de la qualité sont situé en aval du barrage de Cadarache. C'est donc la masse d'eau « FRDR2032 – La Durance du canal EDF au vallon de la Campagne » qui est concernée. Dans ce cas, la Durance est considérée comme un cours d'eau de type « très grand » (TG6-7/2), appartenant à l'Hydroécorégion de niveau 1 (HER) n° 6 « Méditerranée » et de type « Exogène de l'HER 2 ou 7 ». Mais surtout, c'est une **masse d'eau fortement modifiée** (MEFM), c'est-à-dire que ses caractéristiques morphologiques ont été fondamentalement modifiées pour permettre des activités économiques (barrages, etc.). Ce cours ne pourra donc pas retourner à son état initial d'avant aménagements. A ce titre, on parle d'objectif d'atteinte de **bon potentiel écologique** et non pas de bon état.

Classification du potentiel écologique

La classification du potentiel écologique s'établit en 4 classes : bon et plus, moyen, médiocre et mauvais. Dans l'attente de la définition des classes de potentiel écologique selon une démarche compatible avec la DCE[21], l'évaluation du potentiel écologique des masses d'eau fortement modifiées est définie selon une démarche mixte croisant certaines données disponibles relatives à l'état écologique, et une démarche « alternative » fondée sur les mesures d'atténuation des impacts[22].

Pour évaluer le bon potentiel, il est tenu compte :

- de la **typologie de cas des MEFM** (grand type de masse d'eau x type d'ouvrage ou d'aménagement physique) ;
- des **données « milieux »** disponibles.

Dans le cas des MEFM « cours d'eau », les seules données « milieux » **actuellement utilisables** sont **l'Indice Biologique Diatomées** et les **éléments physico-chimiques** de l'état écologique (paramètres physico-chimiques généraux, et polluants spécifiques de l'état écologique, présentés au chapitre 8.3.1). En effet, il n'existe pas encore de références ni de protocole d'échantillonnage pour les autres éléments de qualité biologique (invertébrés, macrophytes et poissons).

Fiche d'état des eaux de la Durance à la station de Cadarache, en aval du Centre

Le Tableau 55 présente la fiche d'état des eaux de la Durance à la Saint-Paul-lez-Durance, station de Cadarache, située en aval des rejets du Centre (Code station : 06162000). Cette fiche est issue du Système d'Information sur l'Eau (SIE) de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse (https://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/station-06162000).

Années	Bilan de l'oxygène	Température	Nutriments		Acidification	Polluants spécifiques	Diatomées	Potentiel écologique	Etat chimique
			Nutriments N	Nutriments P					
2021	TBE	Ind	TBE	TBE	BE	MAUV	TBE	MOY	BE
2020	TBE	Ind	TBE	TBE	BE	BE	TBE	MOY	BE
2019	TBE	Ind	BE	BE	BE	BE	TBE	MOY	BE

[21] Les travaux d'intercalibration du bon potentiel sont en cours au sein du groupe de travail Ecostat et doivent aboutir à une réactualisation du document : *Guidance n° 4 - heavily modified water bodies - HMWB (WG 2.2).*

[22] Dans le principe, cette démarche définit les valeurs correspondant au bon potentiel écologique comme étant celles obtenues dans une situation où sont mises en œuvre toutes les mesures d'atténuation des impacts qui : (i) ont une efficacité avérée sur le plan de la qualité et de la fonctionnalité des milieux (y compris, par exemple, des mesures concernant l'amélioration des modes de gestion hydraulique ou la maîtrise des flux de nutriments pour contenir l'eutrophisation), et (ii) sont techniquement et socio-économiquement faisables sans remettre en cause le (ou les) usage(s) à la base de la désignation comme MEFM, c'est-à-dire qui tiennent compte des contraintes techniques obligatoires (CTO) pour la pratique de cet(ces) usage(s).

Années	Bilan de l'oxygène	Température	Nutriments		Acidification	Polluants spécifiques	Diatomées	Potentiel écologique	Etat chimique
			Nutriments N	Nutriments P					
2018	TBE	Ind	BE	BE	BE	BE	TBE	MOY	BE
2017	TBE	Ind	BE	BE	BE	BE	TBE	MOY	MAUV

Légende

État écologique

TBE	Très bon état
BE	Bon état
MOY	État moyen
MED	État médiocre
MAUV	État mauvais
Ind	État indéterminé : absence actuelle de limites de classes pour le paramètre considéré, ou absence actuelle de référence pour le type considéré (biologie), ou données insuffisantes pour déterminer un état (physicochimie). Pour les diatomées, la classe d'état affichée sera "indéterminé" si l'indice est calculé avec une version de la norme différente de celle de 2007 (Norme AFNOR NF T 90-354)
NC	Non Concerné
	Absence de données

État chimique

BE	Bon état
MAUV	Non atteinte du bon état
Ind	Information insuffisante pour attribuer un état
	Absence de données

Tableau 55 : Fiche d'état des eaux de la Durance à la station de Cadarache (Code : 06162000) entre 2017 et 2021

Les résultats sont présentés **conformément à l'arrêté du 27 juillet 2015** modifiant l'arrêté « évaluation » du 25 janvier 2010. La modification de l'arrêté du 25 janvier 2010 a pour objectif de mettre à jour les règles d'évaluation de l'état des eaux, notamment avec de nouveaux indices, des seuils harmonisés au niveau de l'Union européenne, et une liste actualisée des polluants chimiques.

La fiche d'état des lieux de la Durance à Saint-Paul-lez-Durance montre globalement un bon état chimique et un potentiel écologique moyen. On notera néanmoins un déclassement de la qualité physico-chimique de l'eau en 2021, à la suite d'une mesure de concentration en zinc supérieure à la NQE (7,8 g/L). Cette non-conformité a été observée sur une seule mesure, réalisée le 20 avril 2020 ; mais l'état des lieux de la Durance pour une année donnée étant basée sur des mesures réalisées les trois années précédentes, ce déclassement perdurera vraisemblablement en 2022 et 2023.

8.3.2.2. Principe du suivi effectué par le CEA et de la présentation des résultats

Le suivi de la Durance à Saint-Paul-lez-Durance (station de Cadarache) est réalisé par le CEA pour le compte de l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse (*www.eaurmc.fr*). Ce suivi permet à l'Agence de l'eau d'établir la fiche d'état de la Durance à cette station présentée dans le tableau précédent.

Le suivi comporte deux volets : d'une part, **un suivi mensuel de la qualité physico-chimique** de l'eau et, d'autre part, une **évaluation ponctuelle annuelle de la qualité écologique des milieux**.

Evaluation de la qualité physico-chimique (état chimique)

Les résultats sont exprimés à l'aide du système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau, le SEQ-Eau. Le SEQ-Eau est un outil national d'évaluation de la qualité des eaux, dont la réalisation a été conduite par le Ministère en charge de l'environnement, les D.I.R.E.N. (Direction Régionale de l'Environnement, à présent DREAL Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) et les Agences de l'Eau. Ce système (1999) se situait dans la continuité des outils précédemment utilisés par les différents acteurs de l'environnement en proposant des classes de qualité avec la représentation classique à 5 couleurs (bleu, vert, jaune, orange, rouge). Il innovait cependant en créant 15 altérations qui sont des groupements de paramètres, en proposant des indices de qualité qui permettent une évaluation plus précise que les classes de qualité, et en définissant des classes d'aptitude à la biologie et aux usages.

La qualité de l'eau est décrite, pour chaque altération, avec un indice et 5 classes de qualité.

La classe « bleue » de référence permet la vie, la production d'eau potable (après une simple désinfection), les loisirs et sports aquatiques, tandis que la classe « rouge » ne permet plus de satisfaire au moins l'un de ces critères.

Indice	Classe	Qualité
80-100	Très bonne	
60-80	Bonne	
40-60	Passable	
20-40	Mauvaise	
0-20	Très mauvaise	

Tableau 56 : Indices et clases de qualité des eaux selon le SEQ-Eau

Le tableau ci-dessous reprend les classes d'aptitudes en fonction des paramètres analysés sur les divers échantillons d'eau. Pour les métaux, les valeurs retenues sont celles qui correspondent à une dureté de l'eau moyenne (sachant que la dureté de la Durance varie de 19 à 28 degrés français).

LEGENDE (grille d'évaluation SEQ-Eau)

Classes et indices de la qualité de l'eau par altération sur l'eau brute

	CLASSE D'APTITUDE				
	Eau de très bonne qualité	Eau de bonne qualité	Eau de qualité moyenne	Eau de quailté médiocre	Eau de mauvaise qualité
Classe de qualité →	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice de qualité →	*80*	*60*	*40*	*20*	
PARAMETRES					
MES (mg/l)	2	25	38	50	-
DCO (mg O2/l)	20	30	40	80	-
DBO_5 (mg O2/l)	3	6	10	25	-
NTK (mg N/l)	1	2	4	6	-
NO_3 (mg NO_3/l)	2	10	25	50	-
NO_2 (mg NO_2/l)	0,03	0,3	0,5	1	-
NH_4 (mg NH_4/l)	0,5	1,5	2,8	4	-
PO_4 (mg PO4/l)	0,1	0,5	1	2	-
TAC (d°f)	8	5	3	0	-
TA (°f)	-	-	-	-	-
As (µg/l)	1	35	70	100	-
Cd (µg/l)	0,004	0,04	0,37	1,3	-
Hg (µg/l)	0,007	0,07	0,7	1	-
Zn (µg/l)	0,43	4,3	43	98	-
B (µg/l)	-	-	-	-	-
Pt (mg P/l)	0,05	0,2	0,5	1	-
CCL_4 (µg/l)	2	2,3	2,5	20	-
Coliformes thermotolérants (u/100 ml)	50	500	5000	10000	-

Tableau 57 : Grille d'évaluation de la qualité des eaux de la Durance suivant le SEQ-Eau

L'utilisation des Normes de Qualité Environnementales (NQE) a maintenant remplacé l'interprétation par le SEQ-Eau. Néanmoins, du fait du nombre limité de NQE disponibles par rapport aux paramètres mesurés, les résultats seront présentés selon le SEQ-Eau afin d'apprécier la qualité de l'eau et des milieux aquatiques, et de faciliter la comparaison avec les années précédentes.

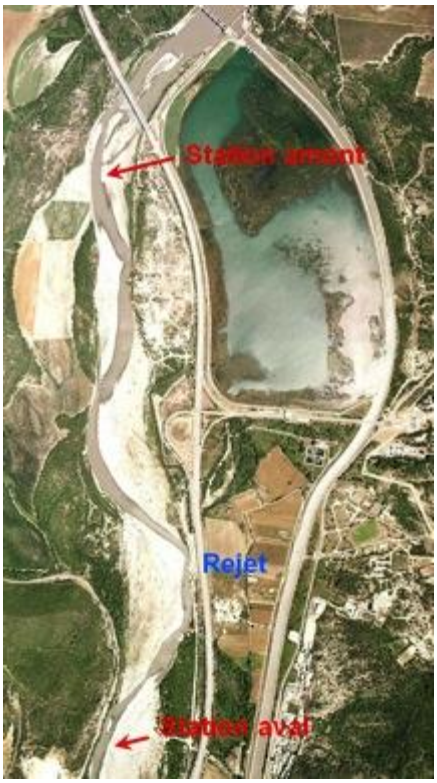
Evaluation du potentiel écologique

Bryophyte sp.

L'évaluation de la qualité biologique des milieux aquatiques de la Durance en amont et en aval du point de rejet des effluents du Centre est réalisée à l'aide de méthodes quantitatives du type « Indice Biologique » fondées sur l'application d'un principe général, selon lequel à un milieu donné correspond une association végétale et animale particulière. Ainsi, une analyse comparative (amont-aval) permet d'évaluer l'impact lié aux modifications de l'environnement sur les communautés. Dans cette optique, les deux indices biologiques suivants sont déterminés : l'Indice Biologique Global (**IBGN et IBG-DCE**) relatif aux peuplements de macro invertébrés vivant au fond de la rivière et l'Indice Biologique Diatomées (**IBD**) qui concerne les diatomées, population d'algues microscopiques particulières.

En aval du barrage de Cadarache, la Durance étant considérée comme une masse d'eau fortement modifiée (MEFM), il faut rappeler que **seul l'indice biologique diatomées est actuellement requis**, en attente de la définition de classes de potentiel écologique selon une démarche compatible avec la DCE. Néanmoins, le CEA suit l'indice biologique macro-invertébrés en complément.

Cette appréciation écologique des milieux est complétée par l'évaluation de la concentration en micropolluants minéraux (métaux) sur les sédiments et sur les végétaux. Les analyses sur végétaux sont couramment effectuées sur des mousses (**bryophytes**) qui sont d'excellents bio-concentrateurs de métaux lourds. Cependant, le lit de la Durance ne contenant pas de bryophytes autochtones, les analyses doivent être réalisées sur des mousses aquatiques provenant d'une autre rivière et précédemment implantées au niveau des stations de prélèvements.



Seuls les résultats du suivi physico-chimique et biologique de l'année 2019 sont présentés par la suite afin de ne pas trop alourdir le document. Les résultats des années antérieures sont du même ordre.

8.3.2.3. Qualité physico-chimique des eaux

Les résultats d'analyses physico-chimiques sur les deux stations suivies (amont et aval du point de rejet du site de Cadarache), pour l'année 2021, sont synthétisés et comparés à l'ancienne grille d'évaluation SEQ-Eau, dans le Tableau 58. A noter qu'au mois de mai, en raison de la Durance en crue, l'accès au lit de la Durance a été interdit, et le bilan n'a pas pu être réalisé.

Paramètres	Unité	18 au 19 JANVIER 2021		03 au 04 FEVRIER 2021		15 au 16 MARS 2021		01 au 02 AVRIL 2021		MAI 2021		17 au 18 JUIN 2021	
		STATION		STATION		STATION		STATION		STATION		STATION	
		AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL
pH	u.pH	8.24	8.09	8.11	8.12	8.14	8.18	8.29	8.22	-	-	7.89	8.17
Conductivité à 25°C	µS/cm	502	515	512	525	427	464	463	483	-	-	492	494
Matières En Suspension (MES)	mg/L	11	3.2	46	28	3.6	8.4	10	4.3	-	-	31	13
Demande Biologiques en Oxygène à 5 jours (DBO_5)	mg O2/L	2.3	< 0,5	0.8	1.4	0.6	2.6	0.9	2.6	-	-	1.6	0.7
Demande Chimique en Oxygène (DCO)	mg O2/L	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	-	-	< 20	< 20
Azote total Kjeldahl (NTK)	mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-	-	< 0,5	< 0,5
Nitrites (NO_2^-)	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.01	0.01	< 0,01	0.01	0.01	-	-	< 0,01	0.01
Nitrates (NO_3^-)	mg/L	2.00	2.80	2.40	2.80	1.30	4.30	1.40	2.00	-	-	1.60	1.80
Ammonium ($NH_4^{+)}$)	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	-	-	< 0,05	< 0,05
Orthophosphates ($PO_4^{2-)}$)	mg/L	0.04	0.04	0.03	0.02	< 0,01	0.02	0.01	0.07	-	-	0.06	0.01
Carbonates ($CaCO_3$)	mg/L	141	150	175	180	152	161	150	158	-	-	136	146
Arsenic	µg/l	0.76	0.58	0.28	0.23	0.34	0.33	0.39	0.34	-	-	0.59	0.49
Cadmium	µg/l	0.105	< 0,01	< 0,01	0.013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.030	-	-	0.013	0.077
Mercure	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	-	< 0,01	< 0,01
Phosphore total	mg/L	0.011	0.010	0.023	< 0,010	< 0,010	0.013	< 0,010	0.019	-	-	0.016	0.010
Tétrachlorure de carbone	µg/L	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	-	-	< 0,50	< 0,50
Coliformes thermotolérants	UFC/100 ml	85	42	1400	720	120	60	86	24	-	-	320	240

Paramètres	Unité	01 au 02 JUILLET 2021		30 au 31 AOUT 2021		01 au 02 SEPTEMBRE 2021		14 au 15 OCTOBRE 2021		02 au 03 NOVEMBRE 2021		01 au 02 DECEMBRE 2021	
		STATION		STATION		STATION		STATION		STATION		STATION	
		AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL	AMONT	AVAL
pH	u.pH	8.31	8.15	8.24	8.14	8.23	8.19	8.32	8.24	8.14	8.14	8.20	8.15
Conductivité à 25°C	µS/cm	493	512	465	487	470	479	473	488	484	507	480	495
Matières En Suspension (MES)	mg/L	5.7	3.2	9.8	7.1	9.2	6.5	31	24	148	71	20	17
Demande Biologiques en Oxygène à 5 jours (DBO_5)	mg O2/L	1.0	0.9	1.6	1.4	1.1	1.6	1.5	1.8	1.7	2.4	1.8	2.5
Demande Chimique en Oxygène (DCO)	mg O2/L	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Azote total Kjeldahl (NTK)	mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Nitrites (NO_2^-)	mg/L	0.01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.01	0.01	0.01	< 0,01	0.01	0.01	< 0,01
Nitrates (NO_3^-)	mg/L	2.00	2.10	1.40	1.80	1.10	1.60	2.30	2.60	2.00	2.30	1.40	1.20
Ammonium ($NH_4^{+)}$)	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Orthophosphates ($PO_4^{2-)}$)	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.04	0.02	0.15	0.10	< 0,01	< 0,01
Carbonates ($CaCO_3$)	mg/L	138	148	144	147	138	147	153	159	147	164	128	139
Arsenic	µg/l	0.52	0.46	0.60	0.44	0.43	0.38	0.41	0.41	0.47	0.38	0.70	0.61
Cadmium	µg/l	< 0,01	0.040	< 0,01	< 0,01	0.010	< 0,01	< 0,01	0.021	0.014	0.015	< 0,01	< 0,01
Mercure	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Phosphore total	mg/L	< 0,01	< 0,01	0.013	< 0,01	0.013	0.013	0.032	0.013	0.044	0.034	< 0,01	< 0,01
Tétrachlorure de carbone	µg/L	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Coliformes thermotolérants	UFC/100 ml	140	90	150	40	540	170	230	180	4200	1500	180	90

Tableau 58 : Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau de la Durance en 2021

Les deux stations présentent, sur l'ensemble des campagnes mensuelles, une bonne qualité de l'eau. Les résultats sont assez similaires entre l'amont et l'aval.

On remarque une médiocre ou mauvaise qualité de l'eau sur les mois de février et novembre en ce qui concerne les matières en suspension, qui s'expliquent très probablement par la remise en suspension des sédiments induits par les événements pluvieux survenus avant les prélèvements.

L'absence de résultats pour le mois de mai s'explique par l'interdiction de l'accès au lit de la Durance, en raison de sa crue.

Le rejet des effluents chimiques en provenance du centre de Cadarache n'impacte pas la qualité physico-chimique des eaux.

8.3.2.4. Qualité biologique des eaux

IBG-DCE – Indice Biologique Global compatible Directive Cadre sur l'Eau

Les évolutions entraînées par la DCE dans la caractérisation de la qualité biologique ont conduit au remplacement de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) par l'Indice Biologique Global (IBG DCE). Depuis 2016, l'impact des rejets de Cadarache du point de vue biologique, c'est-à-dire en fonction de la macrofaune benthique et des micro-algues présentes dans la Durance, est donc étudié en utilisant l'IBG-DCE.

Le Tableau 59 présente les résultats des indices IBG-DCE déterminés à partir des analyses biologiques, de 2017 à 2021, sur les deux stations de mesure amont et aval de la Durance.

Qualité Biologique - IBG-DCE - (HER 6-7/2)									
Durance amont					Durance aval				
2017	2018	2019	2020	2021	2017	2018	2019	2020	2021
Bon	Bon	Bon	Bon	Bon	Bon	Très Bon	Bon	Bon	Bon

Tableau 59 : Indices IBG-DCE de 2017 à 2021 sur les deux stations de mesure amont et aval de la Durance

L'analyse des listes faunistiques ainsi que l'ensemble des traits biologiques liés aux invertébrés benthiques montrent une bonne qualité biologique. Ceux-ci ne semblent pas mettre en évidence de différences significatives entre les deux stations.

Le rejet du CEA de Cadarache semble donc avoir peu d'impact sur les invertébrés aquatiques de la Durance sur le linéaire étudié.

IBD – Indice Biologique Diatomées

Le Tableau 60 présente les résultats des indices IBD déterminés à partir des analyses biologiques de 2017 à 2021 sur les deux stations de mesure amont et aval de la Durance.

Qualité Biologique - IBD - (HER 6-7/2)									
Durance amont					Durance aval				
2017	2018	2019	2020	2021	2017	2018	2019	2020	2021
Très Bon	Très Bon	Très Bon	Très Bon	Très Bon	Très Bon	Bon	Très Bon	Très Bon	Très Bon

Tableau 60 : Indices IBD de 2017 à 2021 sur les deux stations de mesure amont et aval de la Durance

L'indice diatomées indique une très bonne qualité sur les deux stations. Les analyses sont proches entre l'amont et l'aval, et aucune modification importante n'est observée dans les caractéristiques écologiques des espèces.

D'après l'IBD, le rejet du CEA Cadarache ne semble pas avoir d'impact sur la qualité de la Durance.

Conclusion

En conclusion, les analyses hydrobiologiques des macro-invertébrés des 2 stations révèlent des peuplements très proches : la faune est indicatrice d'un milieu moyennement productif en nutriments et caractéristique d'un cours d'eau à granulométrie grossière avec présence d'algues.

Seules quelques différences mineures ont pu être observées entre l'amont et l'aval, liées principalement à la différence de courant et à un milieu un peu plus chargé en matière organique.

L'IBD montre une stabilité de la qualité des stations amont et aval, qui restent en état écologique très bon.

Les IBG-DCE et IBD indiquent une bonne qualité de l'état écologique de la Durance. Le rejet du CEA de Cadarache semble donc avoir peu d'impact sur les communautés aquatiques d'invertébrés et de diatomées.

8.3.2.5. Analyses sur sédiments et bryophytes

Sédiments

Les résultats des analyses menées sur les sédiments, de 2017 à 2021, sont présentés dans les Tableau 62 à Tableau 66. Ils sont comparés à la classification « SEQ Eau version 2 micropolluants minéraux sur sédiments » présentée dans le Tableau 61. Notons que les paramètres fer, aluminium, chrome hexavalent et azote Kjeldhal ne font pas partie de cette classification.

LEGENDE (grille d'évaluation SEQ-Eau)					
Classes et indices de la qualité de l'eau par altération sur les sédiments					
	CLASSE D'APTITUDE				
	Eau de très bonne qualité	**Eau de bonne qualité**	**Eau de qualité moyenne**	**Eau de qualité médiocre**	**Eau de mauvaise qualité**
Classe de qualité →	**Bleu**	**Vert**	**Jaune**	**Orange**	**Rouge**
Indice de qualité →	*80*	*60*	*40*	*20*	
PARAMETRES					
NTK (mg/kg)	-	-	-	-	-
As (mg/kg)	1	9,8	33	-	-
Cd (mg/kg)	0,1	1	5	-	-
Cu (mg/kg)	3,1	31	140	-	-
Cr (mg/kg)	4,3	43	110	-	-
Cr VI (mg/kg)	-	-	-	-	-
Ni (mg/kg)	2,2	22	48	-	-
Pb (mg/kg)	3,5	35	120	-	-
Zn (mg/kg)	12	120	460	-	-
Fe (mg/kg)	-	-	-	-	-
Hg (mg/kg)	0,02	0,2	1	-	-
Al (mg/kg)	-	-	-	-	-

Tableau 61 : Grille d'évaluation de la qualité des eaux de la Durance par altération sur les sédiments suivant le SEQ-Eau

PARAMETRES	Unités	STATION AMONT	STATION AVAL
Matières sèches	% MB	27,3	35,4
Azote total Kjeldhal (NTK)	mg/kg MS	< 4,10	< 5,32
Arsenic (As)	mg/kg MS	5,41	4,38
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	0,10	< 0,10
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	12,64	11,05
Chrome (Cr)	mg/kg MS	23,91	23,32
Chrome hexavalent (Cr VI)	mg/kg MS	< 0,916	< 0,708
Nickel (Ni)	mg/kg MS	31,00	28,73
Plomb (Pb)	mg/kg MS	10,33	9,20
Zinc (Zn)	mg/kg MS	59,34	50,00
Fer (Fe)	mg/kg MS	15 350	14 169
Mercure (Hg)	mg/kg MS	0,044	0,049
Aluminium (Al)	mg/kg MS	15 498	14 899
Bore (B)	mg/kg MS	31,83	29,6

Analyse sur sédiments – Campagne de 2017 (MS : Matière Sèche)

Tableau 62 : Analyse sur sédiments de la Durance en 2017

PARAMETRES	Unités	STATION AMONT	STATION AVAL
Matières sèches	% MB	55,9	54,5
Azote total Kjeldhal (NTK)	mg/kg MS	< 15	< 15
Arsenic (As)	mg/kg MS	3,47	4,79
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	0,15	0,10
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	7,64	16,09
Chrome (Cr)	mg/kg MS	19,99	35,57
Chrome hexavalent (Cr VI)	mg/kg MS	< 0,25	< 0,25
Nickel (Ni)	mg/kg MS	10,22	38,45
Plomb (Pb)	mg/kg MS	12,20	11,16
Zinc (Zn)	mg/kg MS	38,54	61,43
Fer (Fe)	mg/kg MS	12 846	18 577
Mercure (Hg)	mg/kg MS	0,023	0,024
Aluminium (Al)	mg/kg MS	7 589	18 194
Bore (B)	mg/kg MS	17,21	34,95

Analyse sur sédiments – Campagne de 2018 (MS : Matière Sèche)

Tableau 63 : Analyse sur sédiments de la Durance en 2018

PARAMETRES	Unité	STATION AMONT	STATION AVAL
Azote total Kjeldhal (NTK)	mg/kg MB	< 15	< 15
Arsenic (As)	mg/kg MS	3,84	4,37
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	0,10	0,10
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	14,90	15,54
Chrome (Cr)	mg/kg MS	32,06	21,52
Chrome hexavalent (Cr VI) *sur extrait aqueux*	mg/kg MB	< 0,025	< 0,025
Nickel (Ni)	mg/kg MS	32,54	31,52
Plomb (Pb)	mg/kg MS	9,71	9,91
Zinc (Zn)	mg/kg MS	61,90	63,43
Fer (Fe)	mg/kg MS	17 638	17 437
Mercure (Hg)	mg/kg MS	0,029	0,030
Aluminium (Al)	mg/kg MS	23 069	16 951
Bore (B)	mg/kg MS	39,36	23,80

Analyse sur sédiments – Campagne de 2019 (MS : Matière Sèche)

Tableau 64 : Analyse sur sédiments de la Durance en 2019

PARAMETRES	Unité	STATION AMONT	STATION AVAL
Azote total Kjeldahl (NTK)	mg/kg MB	< 5,82	< 4,97
Arsenic (As)	mg/kg MS	6,29	5,78
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	0,10	0,10
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	14,22	13,63
Chrome (Cr)	mg/kg MS	29,66	39,68
Chrome hexavalent (Cr VI) *sur extrait aqueux*	mg/kg MB	< 0,064	< 0,076
Nickel (Ni)	mg/kg MS	32,61	34,10
Plomb (Pb)	mg/kg MS	10,40	10,21
Zinc (Zn)	mg/kg MS	60,62	65,11
Fer (Fe)	mg/kg MS	17 562	17 723
Mercure (Hg)	mg/kg MS	0,029	0,031
Aluminium (Al)	mg/kg MS	22 545	32 026
Bore (B)	mg/kg MS	36,14	68,92

Analyse sur sédiments – Campagne de 2020 (MS : Matière Sèche)

Tableau 65 : Analyse sur sédiments de la Durance en 2020

2021	Unités	Station amont	Station aval
Azote total Kjedhal	mg/kg MS	< 8,95	< 3,76
Arsenic	mg/kg MS	5,82	3,9
Cadmium	mg/kg MS	< 0,10	< 0,10
Cuivre	mg/kg MS	16,93	12,1
Chrome	mg/kg MS	24,07	19,8
Chrome hexavalent sur extrait aqueux	mg/kg MS	< 0,044	< 0,097
Nickel	mg/kg MS	31,1	24,34
Plomb	mg/kg MS	11,21	7,8
Zinc	mg/kg MS	50,7	45,17
Fer	mg/kg MS	21009	15171
Mercure	mg/kg MS	0,046	0,027
Aluminium	mg/kg MS	17273	15414
Bore	mg/kg MS	24,94	24

Analyse sur sédiments – Campagne de 2021 (MS : Matière Sèche)

Tableau 66 : Analyse sur sédiments de la Durance en 2021

Les résultats montrent que les deux stations de mesure présentent des caractéristiques relativement similaires.

L'azote Kjeldahl met en évidence des sédiments riches en débris végétaux.

Le fer et l'aluminium sont toujours des éléments majeurs présents en quantité significative en amont comme en aval. Il est établi que le flux sédimentaire atteignant le barrage de Cadarache provient en grande partie de l'érosion mécanique des Terres noires callovo-oxfordiennes de la Moyenne Durance. Cette formation est marneuse et contient une phase argileuse qui lui confère ses fortes teneurs en aluminium et fer. De plus, la couleur grisâtre du sédiment peut indiquer la présence de minéraux riches en fer.

Les sédiments sont caractéristiques d'une bonne qualité du milieu naturel, excepté pour le paramètre Nickel qui se situe dans la classe de qualité moyenne en amont et en aval.

Bryophytes

Le Tableau 68 montre les résultats des analyses sur bryophytes de 2017 à 2021. Ils sont comparés à la classification « SEQ Eau version 2 micropolluants minéraux sur bryophytes », présentée dans le tableau ci-après.

LEGENDE (grille d'évaluation SEQ-Eau)					
Classes et indices de la qualité de l'eau par altération sur les bryophytes					
	CLASSE D'APTITUDE				
	Eau de très bonne qualité	**Eau de bonne qualité**	**Eau de qualité moyenne**	**Eau de qualté médiocre**	**Eau de mauvaise qualité**
Classe de qualité →	**Bleu**	**Vert**	**Jaune**	**Orange**	**Rouge**
Indice de qualité →	*80*	*60*	*40*	*20*	
PARAMETRES					
As (mg/kg de poids sec)	4,5	9	27	54	-
Hg (mg/kg de poids sec)	0,15	0,30	0,85	1,7	-
Cd (mg/kg de poids sec)	1,2	2,5	7	14	-

Tableau 67 : Grille d'évaluation de la qualité des eaux de la Durance par altération sur les bryophytes suivant le SEQ-Eau

Paramètre	Arsenic (mg/kg MS)		Mercure (mg/kg MS)		Cadmium (mg/kg MS)	
Année	**Amont**	**Aval**	**Amont**	**Aval**	**Amont**	**Aval**
2017	0,01	0,30	< 0,001	< 0,001	0	0
2018	0,23	0,08	0	0	0	0
2019	0,04	<0,01	<0,048	<0,047	<0,05	<0,05
2020	1,45	0,82	<0,05	<0,05	<0,047	<0,047
2021	0,96	<0,10	< 0,049	< 0,049	<0,05	<0,05

Tableau 68 : Analyses sur bryophytes (MS : Matière Sèche)

L'implantation des bryophytes s'est avérée satisfaisante dans le lit de la Durance au vu de la croissance de ces dernières au travers du maillage durant la période d'implantation.

Les concentrations sont similaires d'une station à l'autre et montrent une très bonne qualité des milieux, en référence à l'ancien système SEQ-Eau.

Les bryophytes sont caractéristiques d'une très bonne qualité du milieu naturel.

8.3.2.6. Conclusion

L'étude menée sur la Durance ces dernières années est dans l'ensemble satisfaisante. Le suivi physico-chimique n'a décelé aucune pollution pouvant être imputée au rejet du site de Cadarache sur le milieu naturel.

Les deux stations de mesure présentent des caractéristiques relativement similaires. Le rejet des effluents du centre de Cadarache ne présente donc aucun impact négatif sur le milieu naturel. Les résultats au format SEQ-Eau démontrent dans l'ensemble une bonne qualité du milieu naturel de la Durance.

Au vu de l'ensemble des paramètres étudiés, la qualité de la Durance est satisfaisante et stable, et le rejet des installations du site de Cadarache n'a pas d'impact sur le milieu récepteur.

8.3.3. Qualité des eaux du Ravin de la Bête

Dans le cadre de l'arrêté préfectoral du 25 septembre 2006, abrogé par l'arrêté préfectoral n° 2020-497-PC du 27 octobre 2022 qui a maintenu les mêmes dispositions de suivi, une surveillance réglementaire de la qualité des eaux pluviales rejetées est réalisée au sein du Centre de Cadarache. Les résultats des analyses effectuées entre 2017 et 2021 au point de rejet du Ravin de la Bête dans la Durance (point de rejet n° 2 de l'arrêté), sont présentés dans les Tableau 69 à Tableau 73. Les valeurs mentionnées en rouge correspondent à des dépassements des valeurs seuils.

Depuis fin 2017, en application de la décision de l'ASN n° 2017-DC-0597, 5 points du Ravin de la Bête et du Chemin des Lapins sont surveillés.

Contrôle mensuel du Ravin de la Bête 2017																
Mois			janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	Décembre			
Points														17	17b	18	19
Date du prélèvement			23/01/17	28/02/17	01/03/17	10/04/17	11/05/17	12/06/17	13/07/17	14/08/17	15/09/17	16/10/17	17/11/17	11/12/2017	11/12/2017	11/12/2017	11/12/2017
	Unités	Seuil															
Hydrocarbures	mg/l	<5 ppm	<0,1	<0,1	<0,1	0,14	0,47	absence d'eau	absence d'eau	absence d'eau	absence d'eau	absence d'eau	absence d'eau	0,23	<0,1	<0,1	<0,1
pH à T° échantillon	Unités pH	5,5<pH <8,5 u. pH	7,69 à 17,5°c	7,89 à 12,2°c	6,98 à 18,9°c	7,77 à 12,9°c	7,68 à 13,1°C							8,38 à 16,9°C	8,11 à 16,3°C	8,29 à 16,9°C	8,32 à 17°C
MES	mg/l	<35 ppm	3	133	9	6	3							623	108	26	74
DCO	mg/l	<125 ppm	<30	32	<30	<30	<30							<30	<30	<30	<30
DBO5 nd	mg/l O2	<30 ppm	<3	9,0	<30	5,0	<3							4	3	<3	<3

Tableau 69 : Qualité des eaux du Ravin de la Bête au niveau du point de rejet dans la Durance pour l'année 2017

Contrôle mensuel du Ravin de la Bête 2018														
Paramètres	Seuils	Point de prélèvement	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE
			09/01/2018	28/02/2018	15/03/2018	12/04/2018	11/05/2018 et 25/05/2018	11/06/2018		13/08/2018		08/10/2018	06/11/2018	19/12/2018
Hydrocarbures en mg/l	<5 mg/l	17	0,42	< 0,1	0,13	0,13	< 0,1	< 0,1		0,2		< 0,1	0,23	< 0,1
		17b	0,5	< 0,1	0,14	0,22	< 0,1	< 0,1		0,12		< 0,1	0,18	0,18
		18	0,35	0,25	0,19	0,13	0,13	< 0,1		0,21		< 0,1	0,42	0,16
		19	0,3	< 0,1	0,15	0,14	0,16	0,13		0,26		< 0,1	0,18	0,27
pH à T° échantillon	5,5 < pH < 8,5	17	7,96	8,39	8,47	7,19	7,62	8,18		7,17		8,37	8,19	7,79
		17b	7,93	8,07	8,04	7,69	7,69	8,17		8,2		6	8,09	8,13
		18	8,19	8,05	8,22	7,76	8,58	8,18		7,33		8,6	8,35	8,04
		19	8,18	8,73	8,91	8,15	8,6	8,27		8,43		8,71	8,36	8,51
MES en mg/l	<35 mg/l	17	68	152	58	13	3	26		61		100	84	30
		17b	32	325	227	572	25	32	absence d'eau	351	absence d'eau	6	91	11
		18	41	245	134	252	1438	22		111		67	58	3
		19	22	723	210	427	1426	33		115		65	54	24
DCO en mg/l	<125 mg/l	17	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30		31		< 30	< 30	< 30
		17b	< 30	40	33	44	<30	< 30		33		< 30	< 30	< 30
		18	< 30	35	39	31	52	< 30		< 30		< 30	< 30	< 30
		19	< 30	50	< 30	< 30	51	< 30		< 30		< 30	< 30	< 30
DBO5 nd en mg/l O_2	<30 mg/l	17	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3		< 3		< 3	< 3	< 3
		17b	< 3	< 3	4	4	< 3	3		< 3		< 3	< 3	< 3
		18	< 3	4	3	3	14	4		< 3		< 3	< 3	< 3
		19	< 3	< 3	< 3	< 3	13	< 3		< 3		< 3	< 3	< 3

Tableau 70 : Qualité des eaux du Ravin de la Bête au niveau du point de rejet dans la Durance pour l'année 2018

	Point de prélèvement	Date de prélèvement	DBO5 nd* en mg/l O2	DCO en mg/l	Hydrocarbure en mg/l	MES en mg/l	pH à T° échantillon en u.pH
Seuils			< 30	< 125	< 5	< 35	5,5 < PH < 8,5
JANVIER	17 + 17b + 18 + 19 + 50	pas de précipitation suffisante pour prélèvement					
FEVRIER	17	01/02/2019	< 3	< 30	0,29	9	7,54
	17b	01/02/2019	< 3	< 30	0,25	52	7,97
	18	01/02/2019	< 3	< 30	0,23	11	7,27
	19	01/02/2019	< 3	< 30	0,25	237	7,97
	50	01/02/2019	< 3	< 30	0,2	12	7,99
MARS	17 + 17b + 18 + 19 + 50	pas de précipitation suffisante pour prélèvement					
AVRIL	17	03/04/2019	74	592	0,54	1339	7,31
	17b	03/04/2019	27	81	0,16	70	7,57
	18	18/04/2019	< 3	< 30	0,99	78	7,74
	19	18/04/2019	< 3	< 30	1	204	7,84
	50	04/04/2019	8	36	0,12	82	8,76
MAI	17 + 17b + 18 + 19 + 50	pas de précipitation suffisante pour prélèvement					
JUIN	17 + 17b + 18 + 19 + 50	pas de précipitation suffisante pour prélèvement					
JUILLET	17	09/07/2019	22	72	0,15	28	7,67
	17b	09/07/2019	19	75	0,13	28	7,74
	18	09/07/2019	19	75	0,13	27	7,4
	19	09/07/2019	19	68	0,23	27	7,67
	50	09/07/2019	22	72	0,27	30	7,63
AOUT	17 + 17b + 18 + 19 + 50	pas de précipitation suffisante pour prélèvement					
SEPTEMBRE	17	10/09/2019	< 3	< 30	0,14	88	8,59
	17b	10/09/2019	< 3	< 30	0,12	113	5,44
	18	10/09/2019	< 3	< 30	0,14	46	8,44
	19	10/09/2019	< 3	< 30	0,12	85	9,05
	50	10/09/2019	< 3	< 30	0,15	9	8,12
OCTOBRE	17	15/10/2019	< 3	< 30	0,43	141	8,1
	17b	15/10/2019	< 3	< 30	< 0,1	130	7,8
	18	15/10/2019	< 3	< 30	0,27	69	8,11
	19	15/10/2019	< 3	< 30	< 0,1	82	8,17
	50	15/10/2019	< 3	< 30	0,18	56	8,17
NOVEMBRE	17	15/11/2019	< 3	< 30	0,32	5	8
	17b	15/11/2019	< 3	< 30	0,22	20	7,9
	18	15/11/2019	< 3	< 30	0,22	3	7,8
	19	15/11/2019	< 3	< 30	0,24	3	7,9
	50	15/11/2019	< 3	< 30	0,21	3	7,6
DECEMBRE	17	20/12/2019	< 3	< 30	< 0,1	< 2	8
	17b	20/12/2019	< 3	< 30	< 0,1	< 2	8,1
	18	20/12/2019	< 3	< 30	0,11	3	7,9
	19	20/12/2019	< 3	< 30	< 0,1	< 2	8,1
	50	20/12/2019	15	76	< 0,1	27	6,8

nd : non décanté

Tableau 71 : Qualité des eaux du Ravin de la Bête au niveau des points de prélèvement pour l'année 2019

	Point de prélèvement	Date de prélèvement	DBO5 nd* en mg/l O2	DCO en mg/l	Hydrocarbure en mg/l	MES en mg/l	pH à T° échantillon en u.pH
Seuils			< 30	< 125	< 5	< 35	5,5 < PH < 8,5
JANVIER	17	15/01/2020	< 3	< 5	< 0,1	< 2	8
	17bis	15/01/2020	< 3	< 5	< 0,1	< 2	8,1
	18	15/01/2020	< 3	< 5	0,11	3	7,9
	19	15/01/2020	< 3	< 5	< 0,1	< 2	8,1
	50	15/01/2020	15	76	< 0,1	27	6,8
FEVRIER	17	27/02/2020	< 3	18	< 0,1	666	8
	17bis	27/02/2020	< 3	6	< 0,1	6	8,1
	18	27/02/2020	4	27	< 0,1	7	7,8
	19	27/02/2020	Pas de précipitation suffisante pour prélèvement				
	50	27/02/2020	8	52	< 0,1	30	7,8
MARS	17	02/03/2020	< 3	9	< 0,1	21	8,1
	17bis	02/03/2020	< 3	18	< 0,1	174	7,8
	18	02/03/2020	< 3	9	< 0,1	32	7,7
	19	02/03/2020	< 3	12	< 0,1	63	8,4
	50	02/03/2020	< 3	10	< 0,1	24	8,5
AVRIL	17	21/04/2020	< 3	5	0,19	3	7,8
	17bis	21/04/2020	< 3	8	0,15	20	7,7
	18	21/04/2020	< 3	< 5	0,28	< 2	7,8
	19	21/04/2020	6	49	< 0,1	34	7,9
	50	21/04/2020	< 3	20	0,76	< 2	8
MAI	17	11/05/2020	< 3	13	0,13	28	7,7
	17bis	11/05/2020	< 3	6	< 0,1	6	7,9
	18	11/05/2020	< 3	15	< 0,1	< 2	7,7
	19	11/05/2020	4	42	< 0,1	13	7,4
	50	11/05/2020	< 3	16	0,13	7	7,7
JUIN	17	04/06/2020	3	19	0,46	27	7,9
	17bis	04/06/2020	< 3	15	< 0,1	88	7,8
	18	04/06/2020	< 3	7	< 0,1	107	8,2
	19	04/06/2020	< 3	11	< 0,1	113	8,3
	50	04/06/2020	3	15	< 0,1	7	7,9
JUILLET	17 + 17bis + 18 + 19 + 50	pas de précipitation suffisante pour prélèvement					
AOUT	17 + 17bis + 18 + 19 + 50	pas de précipitation suffisante pour prélèvement					
SEPTEMBRE	17	22/09/2020	37	336	0,32	1500	8
	17bis	22/09/2020	8	259	0,11	1600	7,8
	18	22/09/2020	5	119	0,15	609	8,7
	19	22/09/2020	4	115	0,23	698	8,6
	50	22/09/2020	3	40	0,11	74	8,4
OCTOBRE	17	02/10/2020	< 3	34	< 0,1	5	6,9
	17bis	02/10/2020	< 3	15	0,15	11	8,0
	18	02/10/2020	5	34	0,15	14	7,5
	19	02/10/2020	3	52	0,31	55	8,3
	50	02/10/2020	< 3	38	0,11	18	7,8
NOVEMBRE	17 + 17bis + 18 + 19 + 50	pas de précipitation suffisante pour prélèvement					
DECEMBRE	17	04/12/2020	4	12	0,2	13	7,8
	17bis	04/12/2020	< 3	8	< 0,1	34	7,8
	18	04/12/2020	< 3	10	< 0,1	5	7,6
	19	04/12/2020	11	33	0,33	65	7,8
	50	04/12/2020	< 3	13	0,15	5	8,0

Tableau 72 : Qualité des eaux du Ravin de la Bête au niveau du point de rejet dans la Durance pour l'année 2020

	Point de prélèvement	Date du prélèvement	DBO5 nd mg/l O2	DCO en mg/l	Hydrocarbures mg/l	MES en mg/l	pH à T° échantillon
Seuils			< 30 mg/L	< 125 mg/L	< 5 mg/L	< 35 mg/L	5,5<pH <8,5 u. pH
JANVIER	17	22/01/2021	3	46	<0,1	376	7,9
	17b	22/01/2021	4	59	<0,1	826	8,1
	18	22/01/2021	<3	31	<0,1	369	8,5
	19	22/01/2021	<3	29	<0,1	329	8,5
	50	22/01/2021	<3	14	<0,1	47	8,2
FEVRIER	17	pas de précipitation suffisante pour prélèvement					
	17b						
	18						
	19						
	50						
MARS	17	pas de précipitation suffisante pour prélèvement					
	17b						
	18						
	19						
	50						
AVRIL	17	29/04/2021	4	26	<0,1	119	6,9
	17b	29/04/2021	<3	12	<0,1	9	7,1
	18	29/04/2021	3	18	<0,1	16	7,2
	19	29/04/2021	4	38	<0,1	157	7,6
	50	29/04/2021	10	22	<0,1	24	7,4
MAI	17	10/05/2021	3	20	0,32	29	6,8
	17b	10/05/2021	3	18	0,34	29	6,8
	18	10/05/2021	<3	18	0,43	18	7,2
	19	10/05/2021	<3	14	0,65	19	7,3
	50	10/05/2021	<3	13	0,31	13	7,1
JUIN	17	pas de précipitation suffisante pour prélèvement					
	17b						
	18						
	19						
	50						
JUILLET	17	pas de précipitation suffisante pour prélèvement					
	17b						
	18						
	19						
	50						
AOÛT	17	25/08/2021	3	43	1,1	283	8,3
	17b	25/08/2021	3	36	0,21	135	7,8
	18	25/08/2021	3	35	4,96	121	8,2
	19	25/08/2021	<3	27	0,28	226	8,1
	50	25/08/2021	<3	27	0,33	4	8
SEPTEMBRE	17	16/09/2021	9	19	<0,1	72	7,9
	17b	16/09/2021	6	49	3,74	74	7,1
	18	16/09/2021	7	40	<0,1	59	7,2
	19	16/09/2021	6	34	<0,1	51	7,2
	50	16/09/2021	7	51	<0,1	54	8,4
OCTOBRE	17	04/10/2021	1	8	<0,1	43	7,8
	17b	04/10/2021	1	5	<0,1	13	7,6
	18	04/10/2021	1	9	<0,1	29	8
	19	04/10/2021	1	9	0,14	12	8
	50	04/10/2021	1	9	0,17	4,8	8
NOVEMBRE	17	pas de précipitation					
	17b						
	18						
	19						
	50						
DECEMBRE	17	08/12/2021	2	10	0,38	18	7,3
	17b	08/12/2021	1	9	0,53	26	7,3
	18	08/12/2021	2	13	0,32	44	7,6
	19	08/12/2021	3	11	0,27	19	7,8
	50	08/12/2021	2	7	0,26	26	7,8

Tableau 73 : Qualité des eaux du Ravin de la Bête au niveau du point de rejet dans la Durance pour l'année 2021

Les résultats d'analyses montrent 18 dépassements de la valeur limite pour le paramètre MES (Matières En Suspension). Ceux-ci constituent des non-conformités vis-à-vis de l'arrêté préfectoral.

La topographie des points de rejet est à l'origine de ces dépassements. En effet, le lit et les berges de ces deux exutoires sont en terre. Ceux-ci sont également entourés d'arbres et autres plantes qui apportent une multitude de déchets végétaux dans les eaux (branchages, feuilles mortes). Les prélèvements étant privilégiés par jour de pluie et donc souvent suivant les périodes d'orage, le brassage de tous ces éléments explique l'ensemble de ces non-conformités.

Pour les paramètre pH, DBO_5, DCO et hydrocarbures, il n'y a eu aucun dépassement de la valeur limite en 2021.

8.4. Qualité radiologique des eaux de surface

8.4.1. Valeurs guides

Les seules valeurs guides proposées par la réglementation en matière de qualité radiologique des eaux concernent les eaux destinées à la consommation humaine. Elles ont été présentées au chapitre 7.5 concernant les eaux souterraines. Il s'agit des valeurs guides déterminées en application du Code de la santé publique, ainsi que des valeurs guides proposées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

8.4.2. Caractérisation radiologique de la Durance

Le suivi radiologique effectué en Durance est défini par les décisions ASN en vigueur.

8.4.2.1. Eaux superficielles

Les activités volumiques moyennes α global, β global et tritium, des eaux de surface, mesurées entre 2017 et 2021, au niveau de la station de pompage de l'eau brute pour alimenter le Centre (en amont du site), de la station du Pont Mirabeau (en aval du site), de la station de Jouques (prélèvement dans le canal EDF) ont été reportées dans le Tableau 74. Les résultats sont exprimés en Bq par litre.

Activité volumique moyenne	**α global (Bq/L)**	**β global (Bq/L)**	**^{3}H (Bq/L)**
Station de prélèvement	Station de pompage – Amont Site (moyenne calculée sur les mesures en différé réalisées sur les aliquotes hebdomadaires prélevés par un hydro-collecteur)		
2017	0,05	0,08	< 4,8
2018	0,058	0,077	< 4,36
2019	0,04	0,067	< 4,38
2020	< 0,04	0,067	< 4,2
2021	0,048	0,06	< 4,2
Station de prélèvement	Station de Mirabeau – Aval site (moyenne calculée sur les mesures en différé réalisées sur les aliquotes hebdomadaires prélevés par un hydro-collecteur)		
2017	0,07	0,09	< 4,8
2018	0,046	0,068	< 4,39
2019	0,04	0,07	< 4,38
2020	0,037	0,073	< 4,2
2021	0,062	0,069	< 9,3
Station de prélèvement	Station de Jouques – Canal EDF – Aval site (moyenne calculée sur les mesures en différé réalisées sur les aliquotes mensuels)		
2017	0,1	0,1	< 4,7
2018	0,058	0,091	< 4,39

Activité volumique moyenne	α global (Bq/L)	β global (Bq/L)	^{3}H (Bq/L)
2019	0,057	0,074	< 9,2
2020	0,039	0,065	< 4,2
2021	0,066	0,073	< 4,2

Tableau 74 : Activités volumiques moyennes des eaux de surface entre 2017 et 2021

Les activités alpha global, bêta global, et tritium sont du même ordre de grandeur pour les échantillons d'eau de la Durance prélevés en amont (Station de pompage) et en aval (Station de Mirabeau) du Centre.

Par ailleurs, ces activités volumiques sont bien inférieures aux valeurs guides de 0,1 Bq/L en alpha global, 1 Bq/L en bêta global et 100 Bq/L en tritium recommandées par le code de la santé publique pour les eaux destinées à la consommation humaine.

À titre indicatif, l'IRSN a donné, dans le « bilan de l'état radiologique de l'environnement français en 2010-2011 », des résultats de radioactivité mesurée en 2010 dans les cours d'eau de la métropole éloignés des installations nucléaires :

- les activités alpha globales mesurées sont de l'ordre de 0,02 à 0,04 Bq/L ; ces activités sont attribuées à la présence des radionucléides des chaines d'uranium d'origine naturelle ;
- les activités bêta globales mesurées sont de l'ordre de 0,08 à 0,15 Bq/L.

La station du Pont de Mirabeau

À titre indicatif également, l'IRSN donne dans le « bilan de l'état radiologique de l'environnement français en 2018-2020 » une activité en tritium d'origine naturelle de l'ordre de 0,1 à 0,6 Bq/L.

8.4.2.2. Végétaux aquatiques

Des prélèvements de végétaux aquatiques sont réalisés une fois par an en amont du Centre dans le Verdon au niveau de Vinon-sur-Verdon et en Durance à Manosque, et à 800 m en aval du Centre au niveau du lieu-dit Saint-Eucher.

Les Tableau 75 à Tableau 79 présentent les résultats des activités massiques mesurées pour les années 2017 à 2021.

Activités (Bq/kg frais) - 2017	St-Eucher	Manosque	Vinon
^{40}K	52	33	86
^{137}Cs	< 0,3	< 0,18	0,096
^{238}Pu	< 0,0042	-	-
^{239}Pu+^{240}Pu	< 0,0103	-	-
^{241}Am	< 0,0041	-	-
^{90}Sr	< 0,53	-	-
^{3}H libre	< 1,1	-	-

Activités (Bq/kg frais) - 2017	St-Eucher	Manosque	Vinon
^{3}H TOL[23]	nm*	-	-

**nm =non mesuré par manque de matière dans l'échantillon prélevé*

Tableau 75 : Activités massiques mesurées dans les végétaux aquatiques prélevés en 2017

Activités (Bq/kg frais) - 2018	St-Eucher	Manosque	Vinon
^{40}K	50	78	81
^{137}Cs	< 0,85	< 0,31	< 0,32
^{238}Pu	< 0,0089	-	-
^{239}Pu+^{240}Pu	< 0,005	-	-
^{241}Am	< 0,0016	-	-
^{90}Sr	< 0,17	-	-
^{3}H libre	< 1,1	-	-
^{234}U	1,1	-	-
^{235}U	0,043	-	-
^{238}U	0,81	-	-

Tableau 76 : Activités massiques mesurées dans les végétaux aquatiques prélevés en 2018

Activités (Bq/kg frais) - 2019	St-Eucher	Manosque	Vinon
^{40}K	5,10E+01	8,30E+01	6,60E+01
^{137}Cs	< 7,2E-01	< 2,5E-01	< 4,1E-01
^{238}Pu	< 3,6E-03	-	-
$^{239Pu+240}$Pu	< 5,6E-03	-	-
^{241}Am	< 2,9E-03	-	-
^{90}Sr	< 8,8E-01	-	-
^{3}H libre	< 1,1E+00	-	-
^{234}U	1,40E+00	-	-
^{235}U	< 5,6E-02	-	-
^{238}U	1,03E+00	-	-

Tableau 77 : Activités massiques mesurées dans les végétaux aquatiques prélevés en 2019

Activités (Bq/kg frais) - 2020	St-Eucher*	Manosque	Vinon
^{40}K	-	1,2E+02	1,0E+02
^{137}Cs	-	< 1,2E+00	< 6,2E-01

** Pas de mesures à St-Eucher, le lit ayant été dépourvu de végétaux aquatiques suite à des épisodes de crues de la Durance*

Tableau 78 : Activités massiques mesurées dans les végétaux aquatiques prélevés en 2020

[23] Tritium Organiquement Lié

Activités (Bq/kg frais) - 2021	St-Eucher	Manosque	Vinon
^{40}K	4,5E+01	9,9E+01	1,3E+02
^{137}Cs	3,8E-01	2,8E-01	3,7E-01
^{238}Pu	<1,1E+00	-	-
$^{239Pu+240}$Pu	< 9,4E-03	-	-
^{241}Am	< 1,2E-02	-	-
^{90}Sr	< 5,9E-01	-	-
^{234}U	1,3E+00	-	-
^{235}U	6,5E-02	-	-
^{238}U	1,1E+00	-	-

Tableau 79 : Activités massiques mesurées dans les végétaux aquatiques prélevés en 2021

Ces résultats montrent qu'aucune activité anormale n'a été mise en évidence dans les végétaux aquatiques prélevés.

Les cours d'eau torrentiels comme la Durance ou le Verdon ne favorisant pas l'ancrage des végétaux aquatiques dans certaines zones (présence majoritaire de galets et sables), les prélèvements de végétaux aquatiques ne sont parfois pas possibles.

Les analyses réalisées détectent la présence de potassium-40, isotope radioactif du potassium naturellement présent dans les végétaux.

La spectrométrie alpha et la mesure du Sr-90 réalisées sur les végétaux de Saint-Eucher (Durance aval) sont non significatives.

La mesure de tritium libre est non significative.

Concernant les uraniums, l'IRSN présente pour les végétaux aquatiques du Rhône des concentrations moyennes en ^{238}U variant de 71 Bq/kg sec à 41 Bq/kg sec. Les valeurs en uraniums mesurées au point St-Eucher sont bien inférieures à ces mesures.

À titre de comparaison, l'IRSN mesure les activités dans les algues marines prélevées sur le littoral français. Le bilan 2009 indique que la radioactivité mesurée est représentée quasi-exclusivement par le potassium-40 (entre 59 ± 7 et 312 ± 19 Bq/kg frais), et, selon les stations, par quelques traces (au maximum 0,17 Bq/kg frais) de radionucléides d'origine artificielle comme le cobalt 60, l'iode 129, le césium 137, l'américium et les isotopes du plutonium. Les activités mesurées en carbone-14 varient quant à elles entre 240,10 ±0,92 et 291,08 ±1,03 Bq/kg de carbone total.

8.4.2.3. Caractérisation radiologique des sédiments

La radioactivité des sédiments est mesurée une fois par an aux mêmes points de prélèvement que la flore aquatique, ainsi que dans les bacs de prélèvements des stations de Mirabeau (Durance, en aval du site) et Jouques (canal EDF). Les émetteurs γ mesurés sont le potassium 40 (radioélément naturel) et le césium 137. Les tableaux ci-après présentent les résultats pour les années 2017 à 2021.

Activités (Bq/kg sec) - 2017	Vinon	Manosque	St-Eucher	Station MIRABEAU	Station JOUQUES
^{40}K	210	260	320	-	-
^{137}Cs	2,4	1	2,1	-	-
^{238}Pu	-	-	< 0,0041	-	-
^{239}Pu+^{240}Pu	-	-	0,049	-	-
^{241}Am	-	-	< 0,0369	-	-
^{90}Sr	-	-	< 3,2	-	-

Tableau 80 : Activités massiques mesurées dans les sédiments prélevés en 2017

Activités (Bq/kg sec) - 2018	Vinon	Manosque	St-Eucher	Station MIRABEAU	Station JOUQUES
^{40}K	170	350	430	360	370
^{137}Cs	1,7	2,9	2,9	2,2	2,5
^{238}Pu	-	-	< 0,017	-	-
^{239}Pu+^{240}Pu	-	-	< 0,047	-	-
^{241}Am	-	-	< 0,029	-	-
^{90}Sr	-	-	< 4,1	-	-
^{234}U	-	-	11	-	-
^{235}U	-	-	0,6	-	-
^{238}U	-	-	9,5	-	-

Tableau 81 : Activités massiques mesurées dans les sédiments prélevés en 2018

Activités (Bq/kg sec) - 2019	Vinon	Manosque	St-Eucher	Station MIRABEAU	Station JOUQUES
^{40}K	3,0E+02	5,3E+01	2,5E+02	-	3,9E+02
^{137}Cs	1,5E+00	2,1E+00	1,3E+00	-	2,2E+00
^{238}Pu	-	-	< 9,8E-03	-	-
^{239}Pu+^{240}Pu	-	-	< 3,2E-02	-	-
^{241}Am	-	-	< 1,3E-02	-	-
^{90}Sr	-	-	< 4,2E-00	-	-
^{234}U	-	-	1,3E+01	-	-
^{235}U	-	-	6,0E-01	-	-
^{238}U	-	-	1,3E+01	-	-

Tableau 82 : Activités massiques mesurées dans les sédiments prélevés en 2019

A noter qu'en raison de crues, le prélèvement à la station de Mirabeau n'a pas été possible en 2019.

Activités (Bq/kg sec) - 2020	Vinon	Manosque	St-Eucher
^{40}K	7,8E+01	2,29E+02	3,2E+02
^{137}Cs	7,1E-01	1,2E+00	1,7E+00
^{238}Pu	-	-	< 2,2E-02
^{239}Pu+^{240}Pu	-	-	< 7,2E-02
^{241}Am	-	-	< 6,1E-02

Activités (Bq/kg sec) - 2020	Vinon	Manosque	St-Eucher
^{90}Sr	-	-	< 5,4E+00
^{234}U	-	-	1,9E+01
^{235}U	-	-	1,0E+00
^{238}U	-	-	1,9E+01

Tableau 83 : Activités massiques mesurées dans les sédiments prélevés en 2020

Activités (Bq/kg sec) - 2021	Vinon	Manosque	St-Eucher
^{40}K	2,4E+02	3,5E+02	4,0E+02
^{137}Cs	1,6E+00	1,2E+00	2,2E+00
^{238}Pu	-	-	< 3,1E-01
$^{239}Pu+^{240}Pu$	-	-	< 2,9E-01
^{241}Am	-	-	< 2,1E-01
^{90}Sr	-	-	5,6E+00
^{234}U	-	-	2,0E+01
^{235}U	-	-	1,1E+00
^{238}U	-	-	2,1E+01

Tableau 84 : Activités massiques mesurées dans les sédiments prélevés en 2021

Les émetteurs gamma mesurés sont le potassium 40 (mesures de l'ordre de 80 à 320 Bq/kg sec), isotope radioactif du potassium, naturellement présent dans les sédiments, et le césium 137, radioélément artificiel, dont des traces dues aux retombées de l'accident de Tchernobyl de 1986 sont encore mesurables. À noter que les concentrations en césium-137 dans les sédiments peuvent varier d'un ordre de grandeur en fonction de l'abondance et de la nature de la fraction la plus fine, souvent riche en minéraux argileux.

La spectrométrie alpha réalisée dans les sédiments de la Durance en aval du point de rejet (St-Eucher) montre des traces d'uranium. Les teneurs en uranium sont du même ordre de grandeur que celles du bilan radiologique de l'environnement français 2018-2020 réalisé par l'IRSN, c'est-à-dire entre 10 et 100 Bq/kg sec pour les sédiments fluviaux.

Dans le bilan radiologique de l'environnement français 2018-2020, l'IRSN a également présenté l'activité des principaux radionucléides d'origine naturelle dans les sols et les sédiments. La figure correspondante a déjà été reprise dans le chapitre sur les sols (Figure 35).

8.4.2.4. Caractérisation radiologique des poissons

Chaque année, une campagne de pêche électrique est organisée en collaboration avec l'IRSTEA (ex-CEMAGREF). Cette campagne permet de prélever différentes espèces de poissons ubiquistes et carnassières (i.e. chevesnes, barbeaux, hotus, truites, etc.) en amont du site de Cadarache (Oraison sur la Durance et Vinon-sur-Verdon pour le Verdon), et en aval du site : à l'exutoire de la canalisation des rejets du Centre et en Durance au lieu-dit Saint-Eucher (à 800 m à l'aval de l'exutoire).

Campagne de pêche dans la Durance

Les Tableau 85 à Tableau 88 présentent les résultats des campagnes de pêche de 2016 à 2020. En raison des fortes crues de la Durance en fin d'année 2019 (octobre à décembre) les pêches électriques prévues n'ont pas pu avoir lieu.

Activités (Bq/kg frais) - 2017	St-Eucher	Exutoire	Oraison	Vinon
^{40}K	9,6E+01	5,9E+01	6,9E+01	7,8E+01
^{137}Cs	< 1,2E-01	< 2,2E-01	< 5,1E-01	< 6,5E-01
^{238}Pu	< 6,6E-03	-	-	-
^{239}Pu+^{240}Pu	< 4,7E-03	-	-	-
^{241}Am	< 2,7E-03	-	-	-
^{90}Sr	< 2,1E-01	-	-	-
^{3}H libre	< 9,7E-01	-	-	-
^{3}H TOL	< 1,2E+00	-	-	-
^{14}C (en Bq/kg de C tot)	2,17E+02	-	-	-
^{234}U	2,2E-02	-	-	-
^{235}U	< 1,3E-03	-	-	-
^{238}U	2,0E-02	-	-	-

Tableau 85 : Résultats de la campagne de pêche 2017

Activités (Bq/kg frais) - 2018	St-Eucher	Exutoire	Oraison	Vinon
^{40}K	9,4E+01	1,1E+02	8,2E+01	7,8E+01
^{137}Cs	< 6,1E-01	< 1,3E+00	< 2,7E-01	< 3,3E-01
^{238}Pu	-	< 1,9E-03	-	-
^{239}Pu+^{240}Pu	-	< 5,1E-03	-	-
^{241}Am	-	< 2,4E-03	-	-
^{90}Sr	-	< 3,0E-01	-	-
^{3}H libre	-	< 9,8E-01	-	-
^{3}H TOL	-	< 1,5E-01	-	-

Activités (Bq/kg frais) - 2018	St-Eucher	Exutoire	Oraison	Vinon
^{14}C (en Bq/kg de C tot)	-	2,05E+02	-	-
^{234}U	-	3,8E-02	-	-
^{235}U	-	< 4,0E-03	-	-
^{238}U	-	5,4E-02	-	-

Tableau 86 : Résultats de la campagne de pêche 2018

Activités (Bq/kg frais) - 2020	St-Eucher	Exutoire	Oraison	Vinon
^{40}K	7,4E+01	1,0E+02	9,0E+01	1,0E+02
^{137}Cs	< 4,1E-01	< 3,3E-01	< 3,1E-01	< 3,7E-01
^{238}Pu	-	< 2,7E-03	-	-
$^{239}Pu+^{240}Pu$	-	< 6,9E-03	-	-
^{241}Am	-	< 4,4E-03	-	-
^{90}Sr	-	< 9,7E-01	-	-
^{3}H libre	-	< 1,1E+00	-	-
^{3}H TOL	-	< 3,1E-01	-	-
^{14}C (en Bq/kg de C tot)	-	1,98E+02	-	-
^{234}U	-	4,1E-02	-	-
^{235}U	-	< 3,9E-03	-	-
^{238}U	-	5,3E-02	-	-

Tableau 87 : Résultats de la campagne de pêche 2020

Activités (Bq/kg frais) - 2021	St-Eucher	Exutoire	Manosque	Vinon
^{40}K	107	95	115	97
^{137}Cs	< 0,33	< 0,54	< 0,31	< 0,39
^{238}Pu	-	< 1,2E-02	-	-
$^{239}Pu+^{240}Pu$	-	< 5,4E-03	-	-
^{241}Am	-	< 4,4E-03	-	-
^{90}Sr	-	< 3,2E-01	-	-
^{3}H libre	-	< 1,1E+00	-	-
^{3}H TOL	-	< 3E-01	-	-
^{14}C (en Bq/kg de C tot)	-	2,0E+02	-	-
^{234}U	-	2,4E-02	-	-
^{235}U	-	< 2,4E-03	-	-
^{238}U	-	2,0E-02	-	-

Tableau 88 : Résultats de la campagne de pêche 2021

Aucune activité anormale n'a été mise en évidence dans les poissons prélevés ces dernières années.

L'activité bêta globale mesurée dans les poissons est essentiellement due à la présence de potassium 40, isotope radioactif du potassium, présent naturellement dans les poissons. Aucun radioélément artificiel n'a été détecté.

Les niveaux d'activité en carbone 14 sont proches des valeurs trouvées communément dans les produits biologiques (200 à 250 Bq/kg de C tot).

L'IRSN présente par ailleurs dans son bilan 2018-2020 de l'état radiologique de l'environnement (voir Figure 39 et Figure 40) :

- des valeurs en potassium 40 dans les poissons de rivières autour de 100 Bq/kg frais ;
- des niveaux d'activités en U-238 de l'ordre de 1E-02 à 1E-03 Bq/kg frais.

8.4.3. Caractérisation radiologique du Ravin de la Bête

Des prescriptions sont imposées au CEA en matière d'activité volumique des eaux collectées par le Ravin de la Bête et rejetées en Durance. L'autorisation de rejet, ainsi que les conditions de rejet sont données par l'arrêté n° 2020-497-PC du 27/10/2022. Les valeurs moyennes journalières à respecter sont indiquées dans le Tableau 89.

Paramètre	Activité volumique moyenne journalière maximale des effluents liquides rejetés par le Centre dans le Ravin de la Bête (point n°2) selon l'arrêté préfectoral du 27/10/2022	Périodicité des mesures
Alpha total	0,1 Bq/L	mensuelle
Bêta total	0,15 Bq/L	mensuelle
Tritium	10 Bq/L	mensuelle

Tableau 89 : Activités volumiques moyennes journalières maximales de rejet en matière de radioactivité au niveau du Ravin de la Bête selon l'arrêté préfectoral n° 2020-497-PC du 27/10/2022)

Des prélèvements hebdomadaires avec analyses en différé ont été réalisés jusqu'en 2017 au point 17 (en sortie du Ravin de la Bête à proximité de la station de rejets, juste avant sa confluence avec la Durance), ainsi que dans le regard collectant les eaux pluviales du versant nord du Centre au point 50. Suite à la mise en application de la décision ASN 2017-DC-0597, à compter du 13 octobre 2017, la fréquence d'analyse des eaux pluviales est devenue mensuelle et trois points de surveillance supplémentaires ont été ajoutés sur le ravin de la Bête. Ce sont :

- le Point 17 Bis : situé à proximité du Bâtiment 124 ; il était auparavant prélevé uniquement en cas de manque d'eau au Point 17 ;
- le point 18, situé au carrefour de Carcy ;
- le point 19 situé en amont du Ravin de la Bête, à proximité d'EOLE.

Ces analyses concernent les mesures des activités alpha globales et bêta globales sur l'eau brute et de l'activité du tritium sur l'eau filtrée. Une mesure de la teneur en potassium et une spectrométrie gamma sont également réalisées si l'activité bêta globale est significative. A partir de 2019, une spectrométrie alpha est également réalisée si l'activité alpha globale est significative.

Les valeurs moyennes annuelles des activités volumiques mesurées pour les années 2017 à 2021 sont indiquées dans les Tableau 90 à Tableau 94 :

2017	Activités volumiques en moyenne annuelle – Ravin de la Bête (Bq/L)	
	Point 17	Point 50
a global	0,062	0,064
β global	0,37	0,17
Tritium	< 5	< 4,8

Tableau 90 : Activités volumiques moyennes annuelles le long du Ravin en 2017

2018	Activités volumiques en moyenne annuelle – Ravin de la Bête (Bq/L)				
	Point 17	Point 17bis	Point 18	Point 19	Point 50
α global	0,048	0,04	0,049	0,10	0,048
β global	0,28	0,11	0,13	0,17	0,12
Tritium	< 4,4	< 4,5	< 4,6	< 4,59	< 4,48

Tableau 91 : Activités volumiques moyennes annuelles le long du Ravin en 2018

2019	Activités volumiques en moyenne annuelle – Ravin de la Bête (Bq/L)				
	Point 17	Point 17bis	Point 18	Point 19	Point 50
α global	0,041	0,0032	0,077	0,034	0,075
β global	0,12	0,081	0,076	0,15	0,15
Tritium	< 4,4	< 4,4	< 4,5	< 4,6	< 4,6

Tableau 92 : Activités volumiques moyennes annuelles le long du Ravin en 2019

2020	Activités volumiques en moyenne annuelle – Ravin de la Bête (Bq/L)				
	Point 17	Point 17bis	Point 18	Point 19	Point 50
α global	0,041	0,042	0,053	0,053	0,035
β global	0,12	0,081	0,063	0,12	0,1
Tritium	< 4,2	< 4,3	< 5,2	< 4,4	< 4,4

Tableau 93 : Activités volumiques moyennes annuelles le long du Ravin en 2020

2021	Activités volumiques en moyenne annuelle – Ravin de la Bête (Bq/L)				
	Point 17	Point 17bis	Point 18	Point 19	Point 50
a global	0,042	0,04	0,038	0,04	0,04
β global	0,09	0,08	0,13	0,12	0,18
Tritium	< 4,2	<4,3	< 4,3	< 4,4	< 4,8

Tableau 94 : Activités volumiques moyennes annuelles le long du Ravin en 2021

Sur l'ensemble de ces années, les résultats montrent que **les eaux de ruissellement du Ravin de la Bête ne présentent aucune valeur anormale de radioactivité.**

Aucune valeur de mesure de tritium n'est significative.

Les spectrométries gamma réalisées sur les échantillons présentant une activité β globale significative ne révèlent la présence d'aucun radioélément d'origine artificielle. Cette activité beta globale trouve son origine par la présence de Potassium 40, radionucléide naturel.

9. Environnement naturel (écologie)

9.1. Introduction

Le CEA a confié les aspects écologiques de l'étude d'impact du dossier de démantèlement de l'INB 56 à la société Synergis Environnement.

L'étude d'impact réglementaire doit en effet comporter un volet naturel, dit Volet Naturel de l'Etude d'Impact (VNEI), qui comprenne notamment l'établissement de l'état initial du milieu naturel, l'identification et la hiérarchisation des enjeux écologiques, les préconisations visant à éviter et réduire les effets du projet, ainsi que l'évaluation des impacts avant et après la mise en œuvre de ces mesures d'atténuation. L'étude écologique comporte également une évaluation appropriée des incidences Natura 2000.

Ce chapitre présente une synthèse des principaux aspects de l'état initial des milieux naturels, de la flore et de la faune, réalisé par Synergis Environnement, complété, pour préciser le contexte écologique plus général, par quelques notions sur la gestion du patrimoine naturel du Centre de Cadarache.

9.2. Méthodologie

9.2.1. Etude de l'environnement naturel

La description de l'état initial des milieux naturels, de la flore et de la faune a été établi par Synergis Environnement à partir d'une analyse cartographique, puis d'enquêtes et recherches bibliographiques, et enfin par des inventaires de terrain.

9.2.1.1. Analyse cartographique

L'étude débute par un examen des documents cartographiques disponibles (cartes topographiques, géologiques, pédologiques, de végétation, orthophotoplans…). Cette démarche d'analyse et de photo-interprétation permet d'appréhender les différents habitats naturels ou semi-naturels susceptibles d'être rencontrés au sein de l'aire d'étude rapprochée, ainsi que les espèces végétales et animales qui leur sont liées. Ce travail préparatoire est indispensable à la détermination des espèces à enjeux potentiellement présentes, qui par leurs phénologies (période optimale de développement ou de floraison de l'espèce) et leurs mœurs conditionnent la mise en place du plan d'échantillonnage (dates de passage, méthodologies adoptées…). Les résultats de cette étude sont ensuite confrontés à ceux des enquêtes et des recherches bibliographiques, ainsi qu'aux repérages réalisés lors de la première visite sur la zone à inventorier.

9.2.1.2. Enquêtes et recherches bibliographiques

Parallèlement à l'analyse cartographique, une enquête auprès des organismes et des personnes ressources susceptibles de détenir des données floristiques et faunistiques, ainsi qu'une recherche dans les publications naturalistes sont effectuées. Le but en est d'obtenir une première connaissance du site et des espèces qui s'y rencontrent, afin d'appréhender sa capacité d'accueil pour les plantes et les animaux remarquables et son intérêt écologique éventuel. Cette analyse conduit également à définir les dates de passage sur le terrain ainsi que les méthodologies à mettre en œuvre pour inventorier ces espèces de la manière la plus exhaustive possible.

9.2.1.3. Inventaires de terrain

L'étude porte sur l'identification et la cartographie des habitats naturels ainsi que sur le recensement des espèces végétales (Flore vasculaire) et animales (Oiseaux, Mammifères, Reptiles, Amphibiens et certains Insectes : libellules, papillons de jour et Orthoptères).

Les inventaires de terrain se veulent les plus complets possibles pour les groupes suivis, sans pour autant prétendre à l'exhaustivité qui nécessiterait plusieurs années d'études. La planification des inventaires de terrain s'établit en corrélation avec les meilleures périodes d'observation de la faune et la flore, et en particulier avec la phénologie (période optimale de développement ou de floraison de l'espèce) des espèces à enjeux potentiellement présentes ; les visites sur le site étant organisées de manière à approcher l'exhaustivité sur les espèces remarquables et/ou protégées.

La zone d'étude est parcourue selon un itinéraire orienté de façon à couvrir les différentes formations végétales identifiées lors de la lecture cartographique du site ; il est couplé à un itinéraire aléatoire au sein des habitats naturels les plus importants en termes de superficie.

Dans le cas où une espèce remarquable et/ou protégée est découverte, un pointage GPS est réalisé et diverses informations telles que le nombre d'individus ou l'état de conservation de la station sont notées.

Afin d'établir ce diagnostic, **six visites de terrain** ont été effectuées :

Taxons	Date	Période d'intervention	Observateur	Nombre de journées
Flore et habitats	15/04/2021	Diurne	H.LECHENNE	0,5 jour
	16/04/2021	Diurne	H.LECHENNE	0,5 jour
	06/05/2021	Diurne	H.LECHENNE	0,5 jour
	07/05/2021	Diurne	H. LECHENNE	0,5 jour
	29/06/2021	Diurne	H. LECHENNE	0,5 jour
	30/06/2021	Diurne	H. LECHENNE	0,5 jour
Amphibiens	06/05/2021	Nocturne	N. GUIGNARD	1 nuit
	29/06/2021	Nocturne	Y. RONCHARD	1 nuit
Reptiles	15/04/2021	Diurne	Y. RONCHARD	0,5 jour
	16/04/2021	Diurne	Y. RONCHARD	0,5 jour
	06/05/2021	Diurne	Y. RONCHARD	0,5 jour
	07/05/2021	Diurne	Y. RONCHARD	0,5 jour
	29/06/2021	Diurne	Y. RONCHARD	0,5 jour
	30/06/2021	Diurne	Y. RONCHARD	0,5 jour
Avifaune diurne	16/04/2021	Diurne	N.GUIGNARD	1 jour
	07/05/2021	Diurne	N.GUIGNARD	1 jour
	30/06/2021	Diurne	T.VULVIN	1 jour
Entomofaune et autres taxons de la faune invertébrée	15/04/2021	Diurne	N.GUIGNARD	0,5 jour
	16/04/2021	Diurne	N.GUIGNARD	0,5 jour
	06/05/2021	Diurne	N.GUIGNARD	0,5 jour
	07/05/2021	Diurne	N.GUIGNARD	0,5 jour
	29/06/2021	Diurne	T.VULVIN	0,5 jour
	30/06/2021	Diurne	T.VULVIN	0,5 jour
Mammifères terrestres	Prospection continue			
Chiroptères	15/04/2021	Nocturne	Y. RONCHARD	1 nuit
	06/05/2021	Nocturne	Y. RONCHARD	1 nuit
	29/06/2021	Nocturne	Y. RONCHARD	1 nuit

Figure 78 : Visites de terrain effectuées par Synergis Environnement

9.2.2. Evaluation des enjeux écologiques

9.2.2.1. Quelques définitions préalables

Afin de bien comprendre la notion de statut d'une espèce (végétale ou animale) et ses conséquences, il convient d'abord d'expliciter la notion de « protégé ». En France, toute la faune sauvage est protégée, sauf les espèces qui sont chassables ou celles qui temporairement tombent sous le coup d'un Arrêté Préfectoral permettant leur destruction. En conséquence la quasi-totalité des espèces méritent d'être qualifiées comme « protégées ».

Pour les espèces présentant un intérêt particulier, on parlera plutôt d'espèces « remarquables » ou « patrimoniales », dont certaines sont « réglementées ». Le site de l'INPN[24] (qui dépend du Museum d'Histoire Naturelle) qui est la référence emploie le terme « réglementé ».

L'intérêt patrimonial est une définition qui doit être partagée par tous, mais dont l'application est subjective, car elle doit faire la part du point de vue réglementaire (listes qui font l'objet d'une directive européenne ou d'un décret national) et écologique (listes rouges, qui sont des outils, mais n'ont pas de portée réglementaire).

L'intérêt patrimonial doit parfois être relativisé au regard de la situation régionale et locale. C'est l'objet de la définition des **enjeux locaux de conservation**, qui s'appliquent aux habitats et aux espèces.

Il s'agit donc de différencier :

- **l'enjeu écologique**, qui est évalué par la rareté des espèces et les menaces qui pèsent sur elles. Pour celles qui sont rares ou menacées, on parle **d'espèces remarquables**. Elles font partie du patrimoine commun et il convient à ce titre de les conserver ;
- et la **contrainte réglementaire** : il s'agit **des espèces protégées par la loi**.

Ainsi toutes les espèces remarquables ne sont pas protégées et toutes les espèces protégées ne sont pas remarquables. En effet, le législateur n'a pas pensé la loi uniquement dans le sens de la protection des espèces remarquables mais également pour soustraire des groupes d'espèces à certaines pratiques. Par exemple, dans le cas des oiseaux, toutes les espèces non chassables sont protégées, même les plus communes d'entre elles.

Ces distinctions peuvent être clarifiées de manière simplifiée **en classant les espèces en quatre catégories** :

- **Les espèces protégées et remarquables**, dont la destruction est interdite par la loi et qui font l'objet de toute l'attention des services instructeurs. C'est le cas par exemple du Lézard ocellé, ou, dans une moindre mesure, de la Magicienne dentelée et de la Zygène cendrée. En cas d'impact significatif sur ces espèces ou leurs habitats, une demande de dérogation à leur protection avec avis du Conseil National de la Protection de la Nature (CNPN) est obligatoire.

[24] L'Inventaire national du Patrimoine Naturel (sous l'égide du MNHN Muséum National d'Histoire Naturelle) est l'aboutissement d'un long travail qui associe scientifiques, collectivités territoriales, naturalistes et associations de protection de la nature en vue d'établir une synthèse sur le patrimoine naturel en France.

- **Les espèces protégées et communes** (donc présentant un enjeu écologique faible, cas du Lézard des murailles, de la Tarente de Maurétanie, du Pinson des arbres, de la Mésange huppée…), dont la destruction est également interdite et qui théoriquement en cas d'impact significatif doivent faire l'objet d'une demande de dérogation. De telles espèces se retrouvant dans la quasi-totalité des projets, le CNPN serait submergé de demandes, et des réflexions sur la manière de les traiter sont en cours mais sans réponse pour le moment ; les services instructeurs réagissent donc au cas par cas. En tout état de cause, ces espèces étant protégées, éviter leur destruction est une obligation légale, et des mesures doivent être mises en œuvre en conséquence afin de conserver leurs populations locales. Par exemple, adapter les dates des défrichements afin d'éviter la destruction des nichées, conserver certains arbres, etc.
- **Les espèces remarquables non protégées** (cas de l'Arcyptère provençale), dont la loi n'interdit pas la destruction mais qui doivent être prises en compte dans l'étude d'impact et pour lesquelles des mesures de conservation doivent être instaurées si un impact est avéré.
- **Les espèces communes non protégées**, qui ne font l'objet d'aucune contrainte particulière.

9.2.2.2. Evaluation des enjeux écologiques

Pour les habitats naturels et les espèces, l'enjeu local de conservation est apprécié sur la base de critères réglementaires et scientifiques tels que :

- les paramètres d'aire de répartition, d'affinité de la répartition, et de distribution ;
- la vulnérabilité biologique ;
- la biologie de l'espèce (migration / nidification pour les oiseaux, migration / hibernation / reproduction pour les chiroptères) ;
- le statut de patrimonialité (textes réglementaires, listes rouges, espèces déterminantes de ZNIEFF…) ;
- les menaces ;
- les dires d'experts ;
- l'état de conservation actuel et prévisible de la population locale.

Tout particulièrement pour les espèces présentant des enjeux importants, les différentes observations de terrain sont prises en compte, puisqu'elles permettent de mieux se rendre compte de l'enjeu écologique des espèces :

- la biologie et l'écologie de l'espèce, afin de comprendre l'importance de l'écosystème local pour ces espèces ;
- une réflexion est menée sur la présence d'habitats favorables à ces espèces dans la zone d'étude et autour de celle-ci, afin de préciser si les espèces pourront trouver aisément des milieux favorables à proximité de la zone d'étude ;
- une analyse de l'état de conservation actuel et prévisible de la population locale des espèces en présence.

Les espèces inventoriées sont présentées dans le rapport avec leur enjeu de conservation local et l'enjeu écologique sur la zone d'étude, ce dernier est décrit à partir des enjeux de conservation et réévalué par rapport au comportement et à l'abondance de l'espèce.

De fait, cette analyse conduit à mettre en évidence des espèces qui ne sont pas réglementées, mais présentant un enjeu local à considérer. Inversement, des espèces réglementées, mais présentant un faible voire un très faible enjeu local de conservation peuvent ne pas être mises en avant.

Le niveau de protection peut être considéré de façons différentes selon les groupes taxonomiques, par exemple la majorité des espèces françaises d'oiseaux sont protégées à l'échelle nationale alors que le nombre d'espèces floristiques protégées est beaucoup plus faible. Il est également important de recouper les informations concernant la réglementation française et européenne ainsi que les statuts de patrimonialités (Liste rouge, espèces déterminantes de ZNIEFF…) afin d'évaluer au mieux les enjeux écologiques.

À noter que l'enjeu local de conservation d'une espèce ne doit pas être confondu avec la sensibilité de cette espèce au regard de l'aménagement prévu. Ainsi, une espèce à fort enjeu local de conservation (ex. : Agrion de mercure) peut ne présenter qu'une faible sensibilité au regard du projet d'aménagement si de nombreux habitats favorables se trouvent à proximité. Autre exemple : certaines espèces d'oiseaux sont sensibles à la présence d'êtres humains qui se promèneraient à proximité de leurs zones de repos, de nourrissage et de reproduction.

Les habitats peuvent aussi en eux-mêmes avoir un intérêt patrimonial, en dehors de toute présence d'espèce animale ou végétale.

L'intérêt patrimonial doit donc parfois être relativisé au regard de la situation régionale et locale, puisqu'une espèce très rare au niveau mondial peut être très fréquemment rencontrée dans certaines régions. C'est l'objet de la définition des enjeux locaux de conservation pour les habitats et les espèces.

Pour autant, l'analyse des impacts doit tenir compte des espèces patrimoniales qui sont au minimum citées dans les listes si elles sont rencontrées.

Les habitats remarquables (au sens de la nomenclature EUR27) présentent aussi des enjeux en tant que tels.

Dans la présentation des résultats, les enjeux sont évalués sur une échelle unique à 6 niveaux de cotation, applicable aux espèces comme aux habitats, qui va de « Très faible » à « Très fort », avec un code de couleurs associé.

Figure 79 : Echelle de cotation des niveaux d'enjeux écologiques

9.3. Contexte écologique

De par sa situation à proximité de la vallée de la Durance, en aval de la confluence avec le Verdon, le Centre de Cadarache est situé entre trois entités écologiques d'importance : le Bas-Verdon à l'est, la Montagne Sainte-Victoire au sud-ouest et le Luberon au nord-ouest. Il s'intègre donc dans un secteur de haute valeur patrimoniale sur le plan de la faune et de la flore

9.3.1. Zonages de protection et de gestion

9.3.1.1. Réseau Natura 2000

Le **réseau Natura 2000** est un réseau développé à l'échelle européenne qui se base sur deux directives : la Directive n°79/409 pour la conservation des oiseaux sauvages (dite « Oiseaux »), et la Directive n°92/43 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que la flore et la faune sauvages (dite « Habitats »). Ces directives ont donné naissance respectivement aux Zones de Protection Spéciale (ZPS) et aux Zones Spéciales de Conservation (ZSC). Avant d'être reconnues comme ZSC, ces dernières sont appelées Sites d'Importance Communautaire (SIC). La France a aussi mis en place un inventaire des zones importantes pour la conservation des oiseaux (ZICO) sur lequel elle s'appuie pour définir ses ZPS.

Le Centre de Cadarache n'est concerné par aucun site Natura 2000. En revanche, on trouve dans un rayon de 5 km quatre sites Natura 2000 :

- La Zone Spéciale de Conservation n° FR9301605 **Montagne Sainte Victoire**, opérée par le Grand Site Sainte-Victoire (Syndicat).
- La vallée de la **Durance**, inscrite au réseau Natura 2000 en tant que Zone de Protection Spéciale n° FR9312003, et en tant que Zone Spéciale de Conservation FR9301589. Ces deux zones Natura 2000 sont opérées par le Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance (SMAVD).
- La Zone de Protection Spéciale n° FR9310075 **Massif du Petit Luberon**.

ZSC FR9301605 – Montagne Sainte Victoire

La montagne Sainte Victoire est une limite biogéographique avec en adret (versants les plus ensoleillés) une végétation mésoméditerranéenne (groupements de falaises et d'éboulis) et en ubac (versants moins ensoleillés et plus froids) des groupements euroméditerranéens (landes à Genêt de Lobel). La flore, d'affinité orophile, présente des éléments rares pour la France. La ZSC « Montagne Sainte Victoire » présente donc une diversité de milieux naturels méditerranéens en fonction de l'exposition, avec notamment 15 habitats d'intérêt communautaire dont 4 prioritaires.

La présence sur le site d'*Arenaria provincialis*, plante endémique provençale, reste fortement probable, et les zones karstiques, les milieux ouverts et les vieilles forêts constituent un complexe d'habitats favorables aux chiroptères (trois espèces de Rhinolophes sur le site).

ZSC FR9301589 – La Durance

La Durance constitue un bel exemple de système fluvial méditerranéen, présentant une imbrication de milieux naturels plus ou moins humides et liés au cours d'eau. La variété des situations écologiques se traduit par une grande diversité d'habitats naturels. La plupart de ces habitats sont remaniés à chaque crue et présentent ainsi une grande instabilité et originalité. La ZSC « La Durance » présente donc un intérêt particulier puisqu'elle concentre, sur un espace réduit, 19 habitats naturels d'intérêt communautaire (dont 4 prioritaires) à la fois marqués par les influences méditerranéenne et montagnarde.

Enfin, la Durance assure un rôle fonctionnel important pour la faune et la flore : fonction de corridor (déplacement des espèces, telles que les poissons migrateurs), fonction de diversification (mélange d'espèces montagnardes et méditerranéennes) et fonction de refuge, permettant la survie de nombreuses espèces.

La Durance et ses abords accueillent de nombreuses espèces d'intérêt patrimonial, dont certaines plantes extrêmement rares en France telles que le Polygale grêle (*Polygala exilis*) ou le Corisperme à fruits ailés (*Corispermum leptopterum*). La mosaïque de milieux naturels, plus ou moins secs (ripisylves[25], roselières, anciennes gravières, pelouses sèches, etc.) est favorable à une grande richesse spécifique, où s'entremêlent les éléments méditerranéens et alpins. Parmi les espèces remarquables typiques, signalons la Petite Massette (*Typha minima*), le Castor d'Europe, l'Apron, poisson endémique du bassin versant du Rhône, l'Agrion bleuissant, libellule méditerranéenne rare.

ZPS FR9312003 - La Durance

Considérée comme l'un des sites de France où la diversité avifaunistique est la plus grande, la ZPS « La Durance » couvre le lit majeur de la Durance, seule grande rivière provençale à régime méditerranéen, depuis le lac de Serre-Ponçon jusqu'à son embouchure avec le Rhône.

Les divers milieux présents sur le site (ripisylves, roselières, bancs de galets et zones agricoles) sont régulièrement fréquentés par plus de 60 espèces d'oiseaux d'intérêt communautaire (Sterne pierregarin, Héron pourpré, Vautour percnoptère, Rollier d'Europe, Œdicnème criard) qui y nidifient, hivernent ou migrent. Ceci en fait un site d'importance majeure au sein du réseau européen Natura 2000.

ZPS FR9310075 - Massif du Petit Luberon

La ZPS « Massif du Petit Luberon » comprend le massif du Petit Luberon ainsi que certains secteurs des Monts de Vaucluse ou à côté de Mirabeau. La diversité des milieux (falaises et barres rocheuses, éboulis, crêtes dénudées, forêts de feuillus et de conifères, garrigues…) et leur imbrication offrent des conditions très favorables aux oiseaux. En particulier, plusieurs grands rapaces nichent tels que l'Aigle de Bonelli, le Percnoptère d'Egypte, le Circaète Jean-le-Blanc, et le Grand-Duc d'Europe. Les milieux ouverts à semi-ouverts comme les pelouses sèches et les garrigues accueillent plusieurs passereaux remarquables, parmi lesquels le Bruant ortolan, le Pipit rousseline, l'Alouette lulu.

[25] Ripisylve : formations végétales qui se développent sur les bords des cours d'eau ou des plans d'eau situés dans la zone frontière entre l'eau et la terre (écotones).

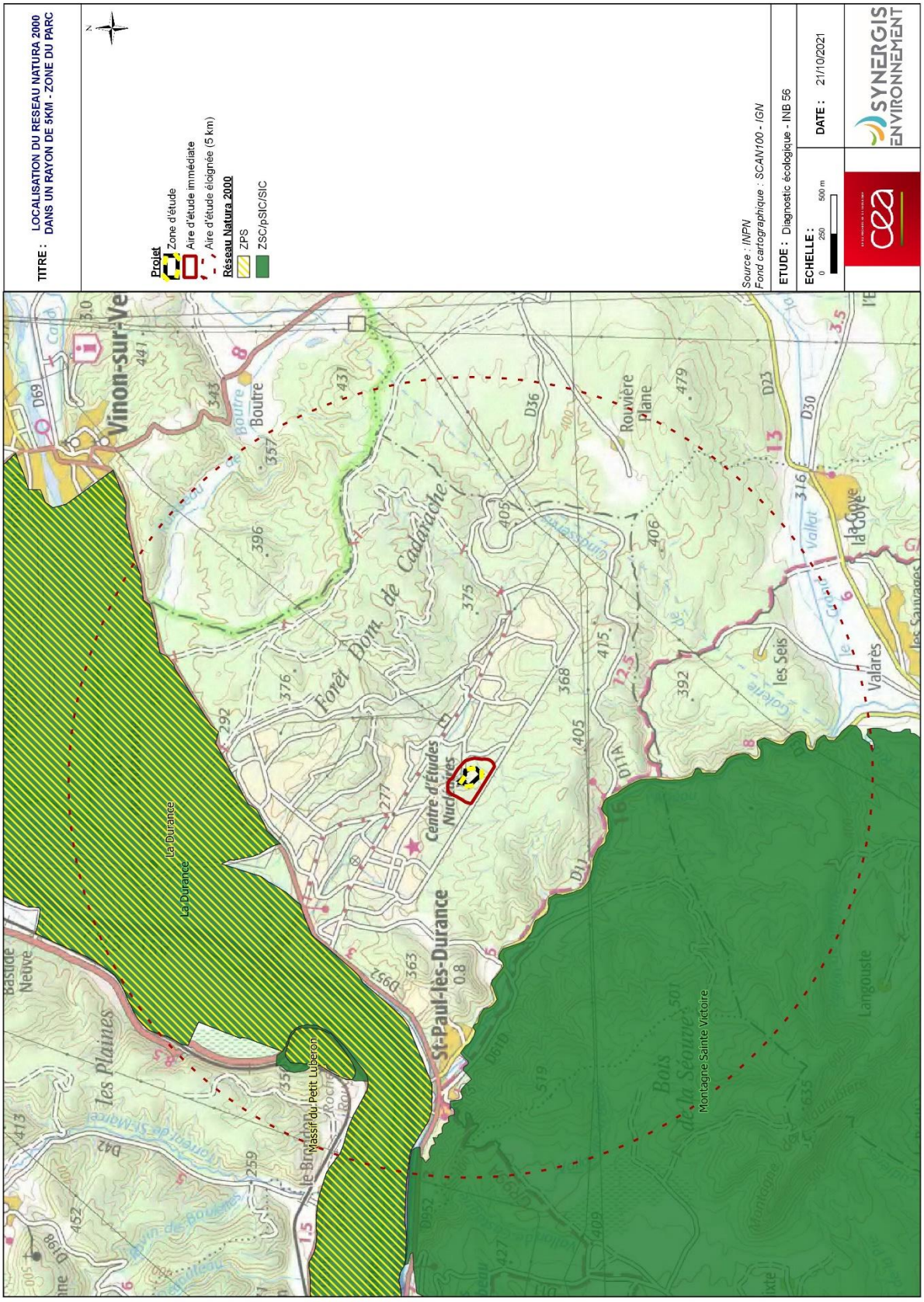


Figure 80 : Localisation du réseau Natura 2000 à proximité de Cadarache

9.3.1.2. Autres zonages de protection et de gestion

D'autres zonages de protection sont à mentionner dans un rayon de 5 km.

Réserves de Biosphères

Les réserves de biosphère sont des zones d'écosystèmes terrestres ou côtiers où l'on privilégie les solutions permettant de concilier la conservation de la biodiversité et son utilisation durable.

Les réserves de biosphère sont organisées en trois zones qui sont interdépendantes :

- L'aire centrale ;
- La zone intermédiaire ou zone tampon ;
- La zone de transition ou aire de coopération.

Seule l'aire centrale nécessite une protection juridique et peut donc correspondre à une aire protégée déjà existante, par exemple une réserve naturelle ou un parc national. Sur le terrain, ce système de zonage est appliqué de multiples façons, afin de prendre en compte les spécificités géographiques, le cadre socioculturel, les mesures de protection juridique disponibles ainsi que les contraintes locales.

Une réserve de biosphère est recensée dans un rayon de 5 km autour de la zone d'étude, celle du **Luberon Lure** dont la zone de transition est à environ 1,7 km.

Arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotope (APPB)

L'objectif des arrêtés préfectoraux de protection de biotope est la préservation des habitats naturels nécessaires à la survie des espèces végétales et animales menacées. Cet arrêté est pris par le Préfet au niveau départemental et fixe les mesures qui doivent permettre la conservation des biotopes.

C'est un outil de protection réglementaire de niveau départemental, dont la mise en œuvre est relativement souple. Il fait partie des espaces protégés relevant prioritairement de la Stratégie de Création d'Aires Protégées mise en place actuellement, et se classe en catégorie IV de l'UICN1 en tant qu'aire de gestion. En effet, la plupart des arrêtés de protection de biotope font l'objet d'un suivi soit directement à travers un comité placé sous l'autorité du préfet, soit indirectement dans le cadre de dispositifs tels que Natura 2000 et par appropriation par les acteurs locaux.

Un APPB n'est recensé dans un rayon de 5 km autour de la zone d'étude, il s'agit du site **« Biotope des grands rapaces du Luberon »** situé à environ 2,1 km.

Réserves naturelles

L'objectif d'une réserve naturelle est de protéger les milieux naturels exceptionnels, rares et/ou menacés en France. Les réserves naturelles peuvent être instaurées par l'État ou les régions. Toute action susceptible de nuire au développement de la flore ou de la faune, ou entraînant la dégradation des milieux naturels est interdite ou réglementée.

Aucune réserve naturelle régionale ou nationale n'est répertoriée dans un rayon de 5 km autour de la zone d'étude.

Réserves de chasse

Les réserves de chasse et de faune sauvage (arrêté départemental) et les réserves nationales de chasse et de faune sauvage (arrêté ministériel) ont pour but de préserver la quiétude et les habitats du gibier et de la faune sauvage en général. Certaines activités peuvent y être réglementées ou interdites (articles R.222-82 à R.222-92 du Code Rural – Livre II).

Aucune réserve de chasse nationale n'est recensée dans un rayon de 5 km autour de la zone d'étude.

Parcs Nationaux et Parcs Naturels Régionaux (PNR)

Ces deux types de parcs ont des réglementations et des finalités différentes. En effet, institués par la loi du 22 juillet 1960, les sept parcs nationaux ont pour but de protéger des milieux naturels de grande qualité. Leurs zones cœur constituant des « sanctuaires ».

Le PNR a, quant à lui, pour objectif de permettre un développement durable dans des zones au patrimoine naturel et culturel riche, mais fragile.

On retrouve deux Parcs Naturels Régionaux dans un rayon de 5 km, le **PNR du Verdon** (environ 3,8 km de la zone d'étude) et le **PNR du Luberon** (environ 2 km de la zone d'étude).

Réserves biologiques

Les réserves biologiques sont des outils de protection pour un milieu particulier : les forêts. Le classement en réserve biologique se fait donc à l'initiative de l'Office National des Forêts et est validé par arrêté interministériel. Il en existe deux types :

- Les réserves biologiques intégrales : exclusion de toute exploitation forestière ;
- Les réserves biologiques dirigées : soumise à une gestion dirigée pour la conservation du milieu et de sa richesse faunistique.

On retrouve une Réserve biologique dans un rayon de 5 km, la **Réserve Biologique Dirigée de la Castellane** (environ 2,3 km de la zone d'étude).

Sites acquis par le Conservatoire d'Espaces Naturels (CEN)

Les Conservatoires d'Espaces Naturels contribuent à la gestion, la protection et la valorisation du patrimoine naturel notamment par la maîtrise foncière. Ainsi, on dénombre, en 2018, 3108 sites ce qui recouvrent 160 455 ha du territoire français. Ces sites sont acquis ou font l'objet de baux emphytéotiques ce qui permet au CEN d'en avoir la gestion à long terme.

De plus, 35% de ces sites bénéficient aussi d'un statut de protection comme : ENS, APPB ou réserves naturelles.

Aucun site acquis par le CEN n'est recensé dans un rayon de 5 km autour de la zone d'étude.

Espaces Naturels Sensibles (ENS)

Créés par les Départements, les espaces naturels sensibles (ENS) visent à préserver la qualité des sites, des paysages, des milieux et habitats naturels et les champs naturels d'expansion des crues.

On retrouve 2 ENS dans un rayon de 5 km, **Barrassoune** (environ 3,7 km de la zone d'étude) et Les **Mians** (environ 4,6 km de la zone d'étude).

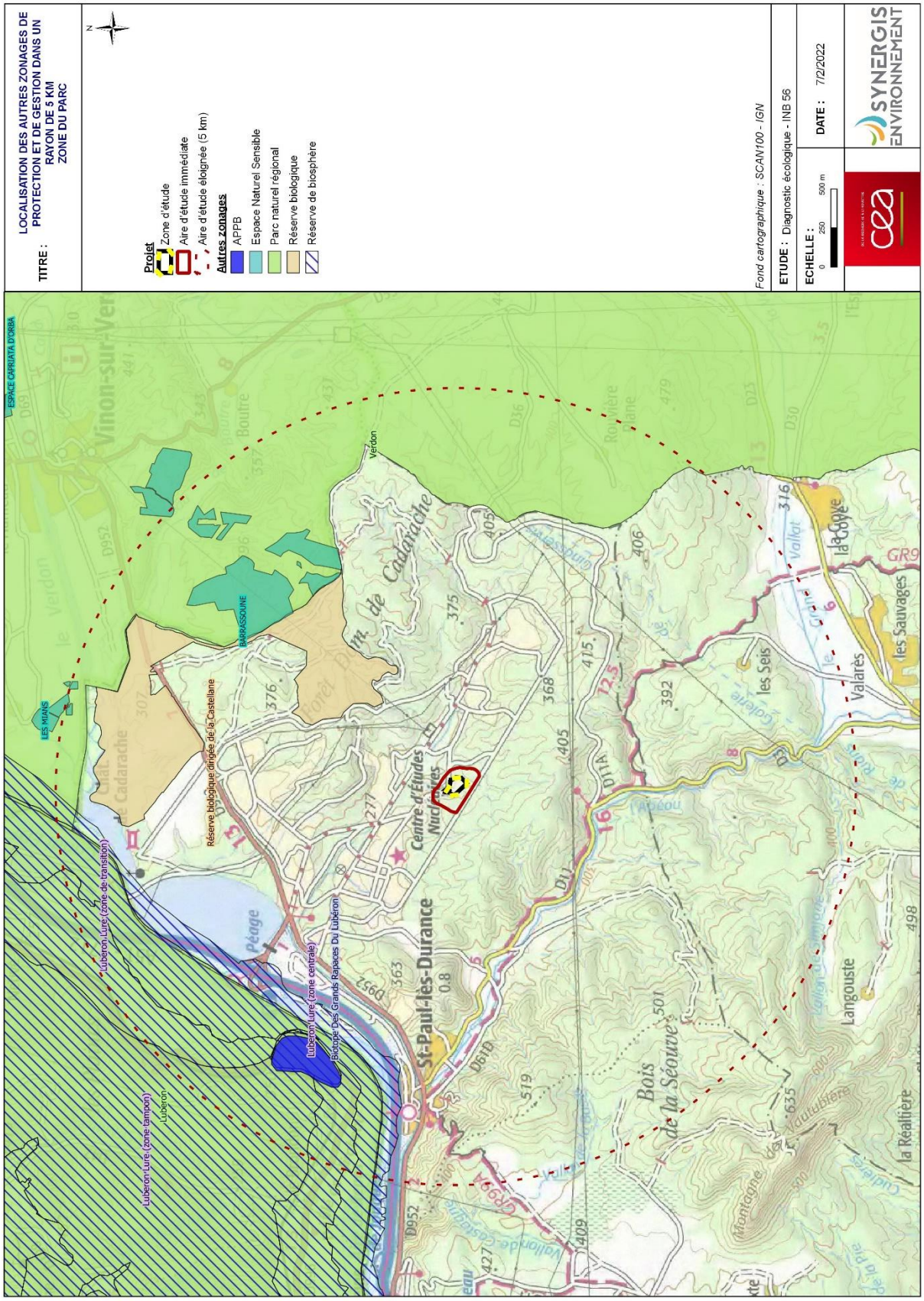


Figure 81 : Localisation des autres zonages de protection et de gestion dans un rayon de 5 km

9.3.2. Zonages d'inventaire

L'inventaire des zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique ou floristique (ZNIEFF) repose sur la richesse des milieux naturels ou la présence d'espèces floristiques ou faunistiques rares ou menacées.

On distingue : les ZNIEFF de type I, qui sont des secteurs limités géographiquement ayant une valeur biologique importante ; et les ZNIEFF de type II, qui regroupent des ensembles plus vastes. Ces zones révèlent la richesse d'un milieu. Si le zonage en lui-même ne constitue pas une contrainte juridique susceptible d'interdire un aménagement en son sein, il implique sa prise en compte et des études spécialisées naturalistes systématiques d'autant plus approfondies si le projet concerne une ZNIEFF I.

La zone d'étude n'est située dans aucune ZNIEFF. Dans un rayon de 5 km autour de la zone d'étude, on dénombre 1 ZNIEFF de type I, et 5 ZNIEFF de type II.

Les données bibliographiques décrites dans les zonages réglementaires et d'inventaire du patrimoine naturel sont issues de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN).

Parmi ces données, certaines espèces sont susceptibles d'être observées sur la zone d'étude ainsi qu'à proximité.

De nombreuses espèces identifiées dans ces zonages sont également réglementées. Seules les espèces de la faune et de la flore possédant un enjeu écologique notable pour les ZNIEFF dans la zone d'étude sont présentées.

Type	Code	Nom	Superficie	Distance au site
ZNIEFF II	930020218	Site de la Castellane	325 ha	2,3km
ZNIEFF I	930012392	Confluence Durance-Verdon - Retenue de Cadarache - Sept lacs de Beaumont	261 ha	2,6km
ZNIEFF II	930012394	La Basse Durance	2329 ha	3,2km
ZNIEFF I	930020485	La Basse Durance, des rochers rouges au Pont de Mirabeau	5593 ha	3,3km
ZNIEFF II	930012391	Rochers de Saint-Eucher	40 ha	3,6km
ZNIEFF II	930020249	Le Bas Verdon entre Vinon-sur-Verdon et le Lac d'Esparron - Bois de Maurras - Plaine alluviale du Colostre à l'aval de Saint-Antoine	793 ha	4,6km
ZNIEFF II	930012471	Aérodrome de Vinon-sur-Verdon, le plan de la Clape	730 ha	4,9km
ZNIEFF II	930020286	Montagne de Vautubière - Massif de Mirabeau - Plaine de la Séouve	2324 ha	4km

Tableau 95 : Liste des zones d'inventaire et de protection du patrimoine naturel présentes à proximité

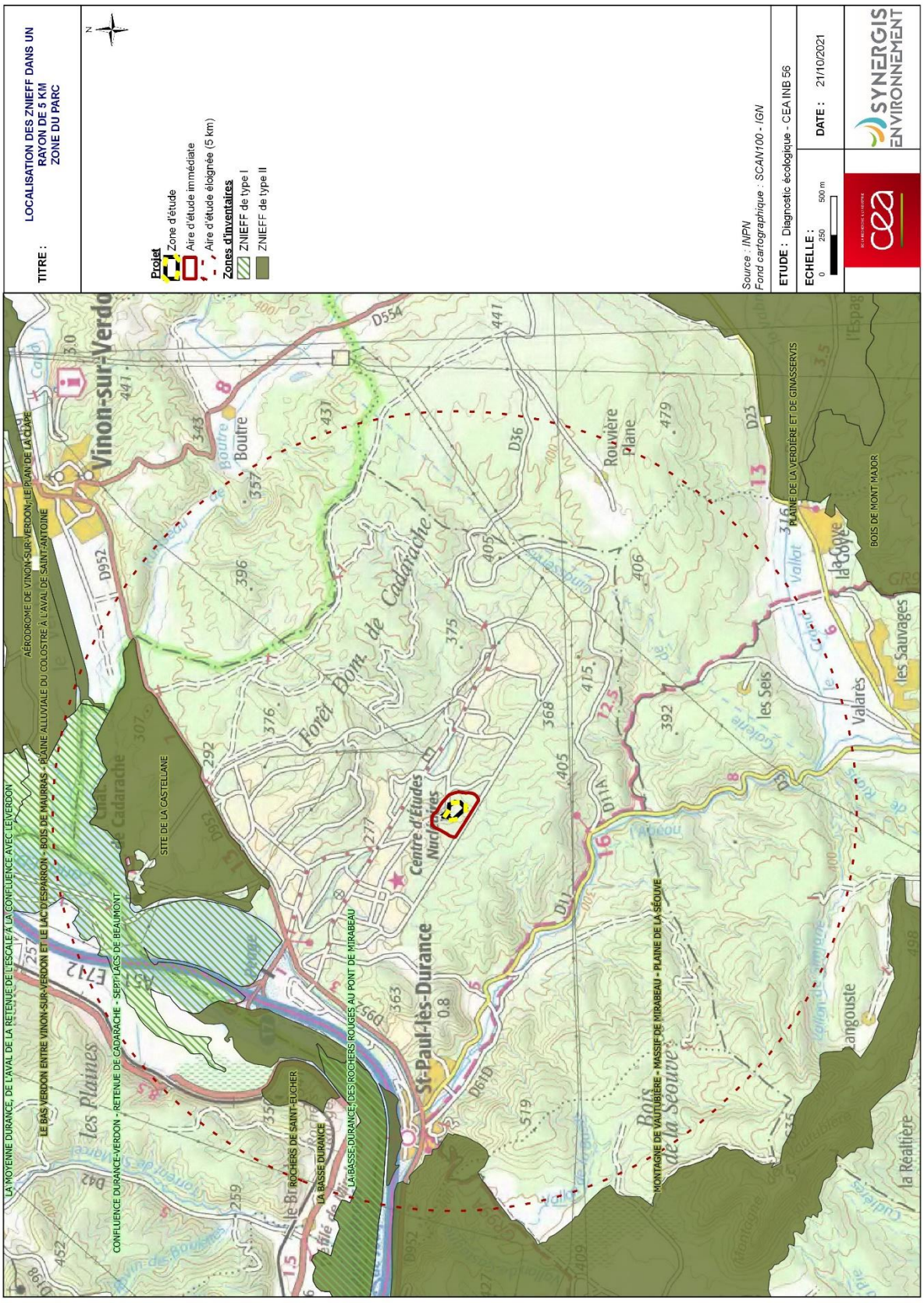


Figure 82 : Zonages d'inventaire et de protection du patrimoine naturel à proximité de la zone d'étude

9.3.3. Sur le Centre de Cadarache

Une zone à fort enjeu écologique

Le CEA Cadarache dispose, hors zone ITER, d'une propriété de 2 050 hectares dont la très grande majorité sont des espaces naturels, essentiellement boisés ou en pelouses sèches et garrigue. Le reste de la propriété est constitué de zones urbanisées, comprenant elles-mêmes des surfaces importantes d'espaces verts entretenus et d'espaces débroussaillés.

Quatre grands types de milieux naturels se rencontrent sur le site de Cadarache :

- Les chênaies pubescentes, qui constituent la formation forestière majeure (le patrimoine forestier est composé à plus de 75 % de feuillus), associée aux ambiances les plus fraiches et les sols les plus profonds, et qui offrent refuge et nourriture pour la grande faune sauvage (glands, feuilles, herbes au sol).
- Les pinèdes et cédraies, avec une grande diversité de résineux : pins sylvestres et pins d'Alep en peuplement naturel, cèdres de l'Atlas, pins noirs, sapins méditerranéens et pins brutia issus de plantations. Elles offrent aussi refuge et nourriture à la faune (graines pour les écureuils et les oiseaux).
- Les milieux ouverts, dominés par une végétation herbacée xérophile parfois clairsemée, qui ont tendance à se refermer naturellement par des arbustes, puis des arbres. Les travaux de débroussaillement réguliers menés pour l'entretien du site et la Défense des Forêts Contre l'Incendie (DFCI) contribuent à les entretenir. Ces pelouses sèches et garrigues abritent généralement un grand nombre d'espèces végétales et animales.
- Les milieux humides, cantonnés, sur le site de Cadarache, au Ravin de la Bête, alimenté en eau une grande partie de l'année. Des espèces de feuillus telles que les peupliers blancs, ormes, tilleuls à petites feuilles, merisiers, s'y développent, et forment un cordon végétal qui assure le lien, pour de nombreuses espèces, entre les milieux humides de la Durance et du Verdon, et le massif forestier.

Cette variété de milieux naturels est favorable au développement d'une flore et d'une faune diversifiées parmi lesquelles plusieurs espèces remarquables. Ainsi, au sein du Centre ou à ses abords proches, on rencontre des plantes protégées telles que la Gagée de Lacaita (*Gagea lacaitae*), la Gagée des prés (*Gagea pratensis*), l'Ophrys de la Drôme (*Ophrys bertolonii subsp. saratoi*), l'Ophrys de Provence (*Ophrys provincialis*), l'Inule variable (*Inula bifrons*), la Nigelle de France (*Nigella gallica*), ainsi que plusieurs animaux d'intérêt patrimonial tels que le Lézard ocellé, le Psammodrome d'Edwards, l'Arcyptère provençale (*Arcyptera kheili*), la Proserpine (*Zerynthia rumina*).

Gagée de Lacaita

Proserpine

Figure 83 : Quelques espèces remarquables sur le Centre de Cadarache (Photos If Ecologie Conseil)

La gestion du patrimoine naturel

Lors de la création du centre création en 1959 au cœur de la grande et vieille forêt de Cadarache, un territoire forestier de près de 900 hectares a alors été clôturé pour recevoir les installations et bâtiments liés à l'activité de recherche. Et ce foncier a permis depuis, et permet encore aujourd'hui, à d'autres constructions de voir le jour.

Le Centre de Cadarache a élaboré, dès 1997, un schéma directeur de gestion de la forêt et des milieux naturels. Confiée à des entreprises spécialisées, la gestion du domaine était, jusqu'en 2009, essentiellement guidée par un souci de limitation du risque incendie (débroussaillage), en particulier au niveau de la zone clôturée, en conformité avec les exigences réglementaires. Depuis, de nouveaux enjeux de conservation des peuplements forestiers et des espèces animales et végétales vivant sur le site se sont rajoutés à cette préoccupation initiale. La composante forestière a en effet gardé une grande part de sa naturalité, qu'il est important de préserver par une intégration « respectueuse » lors de l'implantation de nouvelles installations ou infrastructures. Le « Schéma Directeur de gestion de la forêt et des milieux naturels de Cadarache 2021-2031 », élaboré par l'Office National des Forêts (ONF), est un outil de gestion durable de l'espace naturel qui dresse un état des lieux du patrimoine forestier et propose un plan d'actions sur dix ans. Il s'inscrit dans la continuité du précédent, en réorientant les actions prévues sur la période 2010-2019 pour tenir compte des réelles possibilités de mise en œuvre mises en évidence par le bilan, ainsi que d'une volonté accrue d'axer les actions sur l'intégration des enjeux de biodiversité dans la gestion forestière.

Pour les experts forestiers de l'ONF, les enjeux de la gestion du patrimoine naturel du Centre de Cadarache sont multiples et imbriqués :

- renouveler progressivement les peuplements ponctuellement sénescents[26] (très vieux chênes par exemple), en tenant compte du fait qu'ils constituent par ailleurs des réservoirs de biodiversité[27] ;
- préserver la mosaïque forestière (chênaies pubescentes, pinèdes et cédraies, milieux ouverts), pour ses qualités écologiques et paysagères ;
- suivre finement les peuplements lors des opérations de coupes et des travaux.

Se rajoute l'enjeu de l'équilibre à trouver entre la forêt et la grande faune sauvage. En effet, le Centre de Cadarache est caractérisé par la présence de gros gibiers : sangliers, chevreuils, cerfs Sika d'origine japonaise et mouflons de Corse, dont les populations sont « cantonnées » à l'intérieur de la zone clôturée. Il s'agit d'éviter leur surnombre, et de leur permettre de vivre le mieux possible en espace clos tout en préservant leur environnement forestier.

[26] La sénescence est le processus de vieillissement biologique, processus physiologique qui débute après la phase de maturité et se traduit par la dégradation progressive et inéluctable des fonctions vitales, qui aboutit à la mort de l'organisme.

[27] Les arbres réservoirs de biodiversité (ARB) : Les très vieux arbres, tels que des chênes, en phase de sénescence, accueillent une flore et une faune spécifiques liées au bois mort ou en décomposition : insectes saproxylophages, champignons, oiseaux cavernicoles, chauves-souris, etc.

Des comptages[28] sont organisés régulièrement pour évaluer les populations. Les populations de sangliers et les cerfs Sika sont régulées par battues. Celles des mouflons sont trop importantes pour l'espace disponible, et des animaux doivent être capturés afin d'être relâchés en milieu naturel en dehors du site.

Sangliers

Cerf

Figure 84 : Sangliers et cerfs (Photos ONF)

Figure 85 : Mouflon (Source : Bilan du Développement Durable CEA CAD 2011)

9.4. Analyse des enjeux écologiques pour les zones de l'INB 56

Ce paragraphe synthétise les enjeux écologiques identifiés par Synergis Environnement sur les aires d'études rapprochées des deux zones de l'INB 56, comprenant les zones de chantier et les espaces limitrophes sous influence directe du projet, principalement occupés par des friches et des pelouses sèches entourées de boisements. Ces aires d'études rapprochées s'étendent :

- sur 6,6 hectares autour de la zone du Parc ;
- sur 6,5 hectares autour de la zone des Tranchées.

9.4.1. Habitats naturels

Zone du Parc

Sur la zone du Parc, 22 habitats ont été recensés. Parmi eux, on retrouve 6 habitats d'enjeu faible à très faible. Ces derniers occupent une grande partie de la zone d'étude en termes de surfaces. Les habitats plus « naturels » sont quant à eux présents en majorité au sein de l'aire d'étude immédiate.

[28] 108 sangliers, 43 cerfs Sika, et 121 mouflons de Corse ont été comptés en 2016. Il est important de noter que les populations réelles peuvent être de 50% (voire plus) supérieures à la valeur de comptage, en particulier pour les espèces craintives.

Les habitats d'enjeu moyen sur site correspondent part aux deux mares à engorgement temporaire sur la zone du Parc régulièrement visitées et dégradées par les sangliers. Que ce soit en mosaïque ou en contact, les pelouses subnitrophiles, les boisements mixtes, bosquets de Chênes pubescents, les matorrals à Chêne vert et à Pin d'Alep, au vu de leur état de conservation et structuration ne permettent pas d'être évalués en enjeu fort sur site.

Les enjeux forts sur site correspondent aux pelouses à Brachypode rameux, habitat d'intérêt communautaire prioritaire au sens de la directive habitat faune flore. De la même manière les garrigues à Badasse en mosaïque avec les pelouses à Brachypode rameux sont concernées, car celles-ci abritent une flore et un cortège floristique riches. Enfin les boisements rivulaires à Peupliers blancs et Pins sylvestres qui bordent les cours d'eau temporaires remplissent des fonctionnalités écosystémiques importantes et abritent notamment des arbres remarquables.

Enjeu patrimonial	Code Corine	Désignation EUNIS	Habitat (typologie simplifiée)	Zone humide réglementaire	Longueurs incluses dans la ZIP (en ml)	Code Natura 2000	Enjeu sur site ou à proximité
Fort	C2.5	Eaux courantes temporaires	C2.5 Cours d'eau temporaires	Non	54,29	-	Assez fort

Tableau 96 : Liste et enjeux des habitats naturels linéaires inventoriés pour la zone du Parc

Enjeu patrimonial	Code EUNIS	Désignation EUNIS	Habitat (typologie simplifiée)	Zone humide réglementaire	Surfaces incluses dans la ZIP (en ha)	Code Natura 2000	Enjeu sur site ou à proximité
Fort	C1.65	Eaux oligomésotrophes riches en calcaires	C1.65 Mares à engorgement temporaire oligomésotrophes	Oui	Hors ZIP	-	Moyen
Faible	E1.31	Pelouses xériques ouest-méditérranéennes	E1.31 Pelouses calcaires xériques	Non	Hors ZIP	-	Faible
Faible	E1.31 x E1.61	Pelouses xériques ouest-méditérranéennes x Communautés méditerranéennes à graminées subnitrophiles	E1.31 x E1.61 Pelouses calcaires xériques x Pelouses calcaires sèches à graminées subnitrophiles sur talus	Non	0,65	-	Faible
Très fort	E1.311	Pelouses à Brachypode rameux	E1.311 Pelouses à Brachypode rameux	Non	Hors ZIP	**6220-1**	Fort
Faible	E1.61	Communautés méditerranéennes à graminées subnitrophiles	E1.61 Pelouses calcaires sèches à graminées subnitrophiles sur talus	Non	0,153	-	Faible
Moyen	E1.61 x G4.C	Communautés méditerranéennes à graminées subnitrophiles x Boisements mixtes à Pinus sylvestris et Quercus thermophiles	E1.61 x G4.C Pelouses à graminées subnitrophiles x Boisements mixtes thermophiles à Pin sylvestre et Chêne pubescent	Non	Hors ZIP	-	Moyen
Faible	E5.12 x E1.31	Terrains en friche et terrains vagues x Pelouses xériques ouest-méditérranéennes	E5.12 x E1.31 Zones rudérales x Pelouses calcaires xériques	Non	0,51	-	Faible
Moyen	F5.113	Matorral calciphiles ouest-méditérranéens à Chêne vert	F5.113 Matorral à Chêne vert	Non	Hors ZIP	-	Moyen
Moyen	F5.113 x E1.311	Matorrals calciphiles ouest-méditerranéens à Chêne vert x Pelouses à Brachypode rameux	F5.113 x E1.311 Matorral à Chêne vert x Bosquets à Chênes verts, Chênes pubescents et Pins d'Alep x Pelouse à Brachypode rameux	Non	0,02	-x 6220-1	Moyen
Fort	F5.113 x G3.7	Matorrals calciphiles ouest-mediterrannéens à Chêne vert x Pinèdes méditerranéennes planitiaires	F5.113 x G3.7 Matorrals à Chêne vert et Genévrier oxycèdre x Pinèdes à Pins d'Alep	Non	0,08	-x 9540-3	Assez fort
Moyen	F5.143 x E1.2A	Matorrals arborescents à Pin d'Alep x Pelouses à Brachypodium phoenicoides	F5.143 x E1.2A Matorrals arborescents à Pin d'Alep x Pelouses à Brachypode de Phénicie	Non	Hors ZIP	-	Moyen
Fort	F6.6 x E1.311	Garrigues supraméditerranéennes x Pelouses à Brachypode rameux	F6.6 x E1.311 Garrigues à Badasse x Pelouses à Brachypode rameux	Non	Hors ZIP	-X6220-1	Fort
Moyen	G1.312 x G3.4 x E5.1	Forêts galeries provenço-languedociennes à Peupliers x Forêts de Pins sylvestres x Terrains en friche et terrains vagues	G1.312 x G3.4 x E5.1 Boisements rivulaires à Peupliers blancs et Pins sylvestres x Zones rudérales	Oui	Hors ZIP	-	Moyen
Fort	G1.312 x G3.4	Forêts galeries provenço-languedociennes à Peupliers x Forêts de Pins sylvestres	G1.312 x G3.4 Boisements rivulaires à Peupliers blancs et Pins sylvestres	Oui	Hors ZIP	-	Fort
Fort	G1.71	Chênaies à Quercus pubescens occidentales et communautés apparentées	G1.71 Boisements de Chênes pubescents	Non	0,12	-	Moyen
Fort	G1.71 x E1.2A	G1.71 x E1.2A Chênaies à Quercus pubescens occidentales et communautés apparentées x Pelouses à Brachypodium phoenicoides	G1.71 x E1.2A Boisements de chênes pubescents x Pelouses à Brachypode de Phénicie	Non	Hors ZIP	-	Moyen
Moyen	G4.C	Boisements mixtes à Pinus sylvestris et Quercus thermophiles	G4.C Boisements mixtes thermophiles à Pin sylvestre et Chêne pubescent	Non	Hors ZIP	-	Moyen
Moyen	G4.C x F3.16	Boisements mixtes à Pinus sylvestris et Quercus thermophiles x Fourrés à Juniperus communis	G4.C x F3.16 Boisements mixtes thermophiles à Pin sylvestre et Chêne pubescent x Fourrés à Genévriers communs et Aubépine monogyne	Non	Hors ZIP	-	Moyen
Moyen	G4.C x F6.12	Boisements mixtes à Pinus sylvestris et Quercus thermophiles x Garrigues occidentales à Rosmarinus officinalis	G4.C x F6.12 Boisements mixtes thermophiles à Pin sylvestre et Chêne pubescent x Garrigue à Romarin	Non	Hors ZIP	-	Moyen
Très faible	J1.4	Sites industriels et commerciaux en activité des zones urbaines et périphériques	J1.4 Sites industriels en activité	Non	1,48	-	Très faible
Très faible	J4.2	Réseaux routiers	J4.2 Routes, chemins et fossés	Non	0,39	-	Très faible

Code Natura 2000 en gras = habitat d'intérêt communautaire prioritaire

Tableau 97 : Liste et enjeux des habitats naturels surfaciques inventoriés pour la zone du Parc

Zone des Tranchées

Sur la zone des Tranchées, 10 habitats surfaciques et 1 habitat linéaire ont été identifiés. Parmi eux, on retrouve 1 habitat d'enjeu fort, un habitat d'enjeu assez fort, 6 habitats d'enjeu moyen et 3 habitats d'enjeux très faibles à faibles.

Les habitats anthropiques occupent quasiment toute la zone d'étude en termes de surfaces. Les habitats plus « naturels » sont quant à eux présents au sein de l'aire d'étude immédiate.

Les habitats d'enjeu fort correspondent aux boisements rivulaires à Peupliers blancs et Pins sylvestres qui bordent les cours d'eau temporaires et remplissent des fonctionnalités écosystémiques importantes et abritent notamment des arbres remarquables.

Les habitats d'enjeu moyen sur site correspondent aux Pelouses à graminées subnitrophiles, Boisements mixtes thermophiles à Pin sylvestre et Chêne pubescent, Matorral à Chêne vert, Boisements rivulaires à Peupliers blancs et Pins sylvestres, Boisements de Chênes pubescents, Pelouses à Brachypode de Phénicie, Fourrés à Genévriers communs et Aubépine monogyne.

L'enjeu patrimonial fort des boisements de Chênes pubescent x Pelouses à Brachypode de Phénicie est abaissé à moyen sur site en car on ne retrouve pas les caractéristiques de l'habitat communautaire correspondant.

Enjeu patrimonial	Code Corine	Désignation EUNIS	Habitat (typologie simplifiée)	Zone humide réglementaire	Longueurs incluses dans la ZIP (en ml)	Code Natura 2000	Enjeu sur site ou à proximité
Fort	C2.5	Eaux courantes temporaires	C2.5 Cours d'eau temporaires	Non	48,25	-	Assez fort

Tableau 98 : Liste et enjeux des habitats naturels linéaires inventoriés pour la zone des Tranchées

Enjeu patrimonial	Code EUNIS	Désignation EUNIS	Habitat (typologie simplifiée)	Zone humide réglementaire	Surfaces incluses dans la ZIP (en ha)	Code Natura 2000	Enjeu sur site ou à proximité
Moyen	E1.61 x G4.C	Communautés méditerranéennes à graminées subnitrophiles x Boisements mixtes à Pinus sylvestris et Quercus thermophiles	E1.61 x G4.C Pelouses à graminées subnitrophiles x Boisements mixtes thermophiles à Pin sylvestre et Chêne pubescent	Non	0,14	-	Moyen
Faible	E5.12 x E1.31	Terrains en friche et terrains vagues x Pelouses xériques ouest-méditérranéennes	E5.12 x E1.31 Zones rudérales x Pelouses calcaires xériques	Non	0,09	-	Faible
Moyen	F5.113	Matorral calciphiles ouest-méditérranéens à Chêne vert	F5.113 Matorral à Chêne vert	Non	0,002	-	Moyen
Moyen	G1.312 x G3.4 x E5.1	Forêts galeries provenço-languedociennes à Peupliers x Forêts de Pins sylvestres x Terrains en friche et terrains vagues	G1.312 x G3.4 x E5.1 Boisements rivulaires à Peupliers blancs et Pins sylvestres x Zones rudérales	Oui	Hors ZIP	-	Moyen
Fort	G1.312 x G3.4	Forêts galeries provenço-languedociennes à Peupliers x Forêts de Pins sylvestres	G1.312 x G3.4 Boisements rivulaires à Peupliers blancs et Pins sylvestres	Oui	Hors ZIP	-	Fort
Fort	G1.71 x E1.2A	G1.71 x E1.2A Chênaies à Quercus pubescens occidentales et communautés apparentées x Pelouses à Brachypodium phoenicoides	G1.71 x E1.2A Boisements de chênes pubescents x Pelouses à Brachypode de Phénicie	Non	Hors ZIP	-	Moyen
Moyen	G4.C	Boisements mixtes à Pinus sylvestris et Quercus thermophiles	G4.C Boisements mixtes thermophiles à Pin sylvestre et Chêne pubescent	Non	0,02	-	Moyen
Moyen	G4.C x F3.16	Boisements mixtes à Pinus sylvestris et Quercus thermophiles x Fourrés à Juniperus communis	G4.C x F3.16 Boisements mixtes thermophiles à Pin sylvestre et Chêne pubescent x Fourrés à Genévriers communs et Aubépine monogyne	Non	Hors ZIP	-	Moyen
Très faible	J1.4	Sites industriels et commerciaux en activité des zones urbaines et périphériques	J1.4 Sites industriels en activité	Non	1,68	-	Très faible
Très faible	J4.2	Réseaux routiers	J4.2 Routes, chemins et fossés	Non	0,39	-	Très faible

Code Natura 2000 en gras = habitat d'intérêt communautaire prioritaire

Tableau 99 : Liste et enjeux des habitats naturels surfaciques inventoriés pour la zone des Tranchées

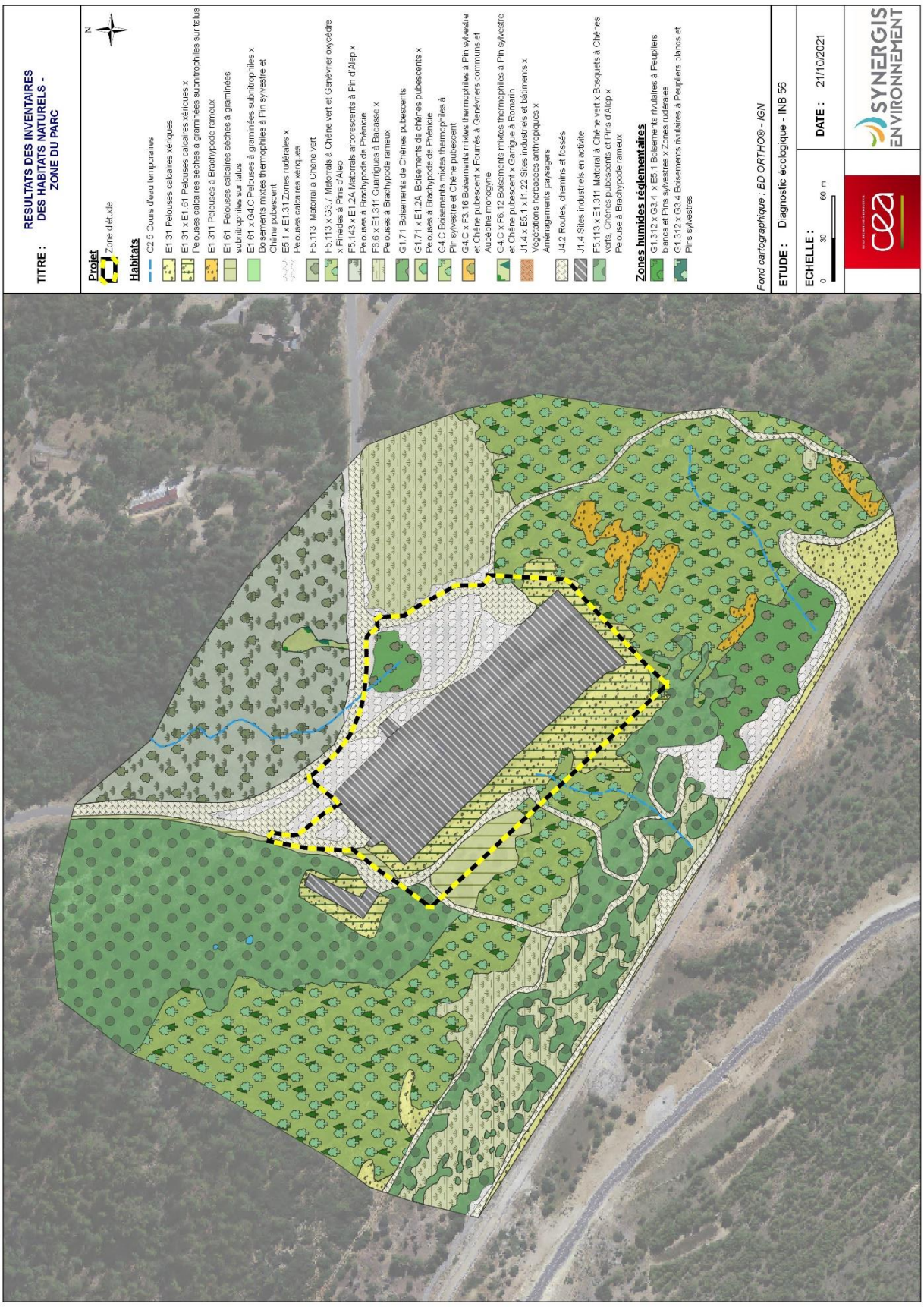
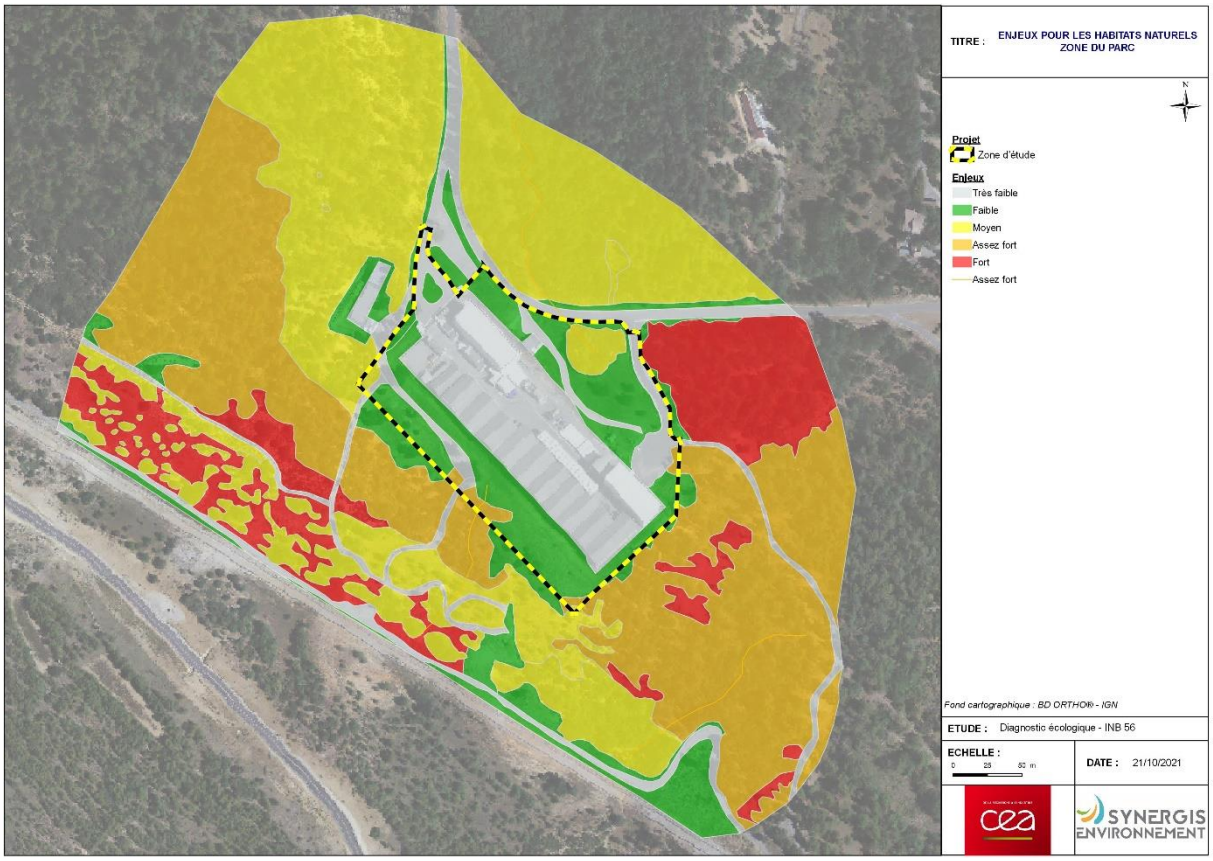


Figure 86 : Cartographie des habitats sur la zone du Parc

Figure 87 : Cartographie des habitats sur la zone des Tranchées



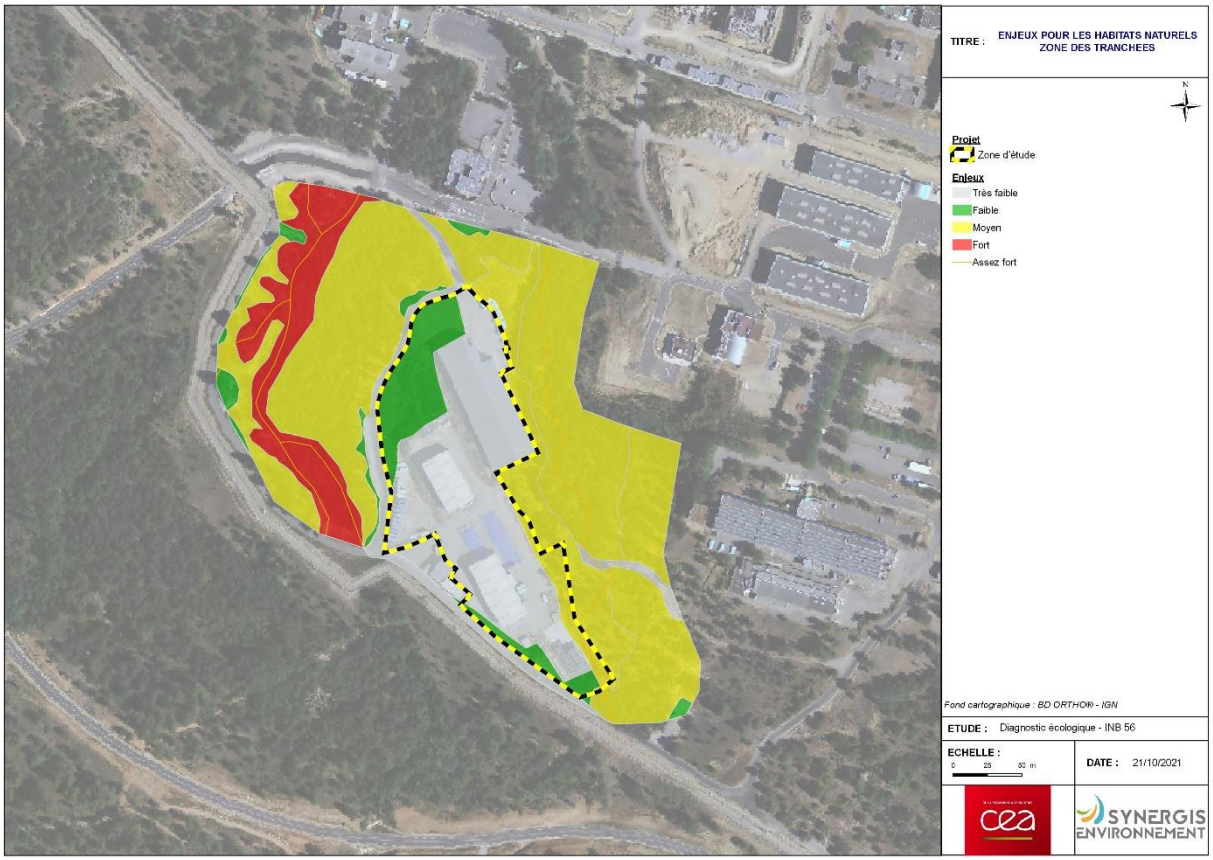


Figure 88 : Enjeux écologiques des habitats sur les zones du Parc et des Tranchées

9.4.2. Flore

Zone du Parc

Au cours des prospections, plus de 100 espèces floristiques différentes ont été inventoriées dans la zone du Parc et au sein de l'aire d'étude immédiate. Ce nombre d'espèces, relativement peu élevé, trouve son explication dans la composition des habitats homogènes et peu diversifiés.

Parmi ces espèces, trois espèces ont un enjeu sur site, l'Orchis bouffon, le Chardon à épingles et la Nonnée brune.

L'aire de distribution de l'Orchis bouffon est très large, cependant au sein la région PACA, elle couvre une surface moins étendue, sur site elle n'a été détectée qu'en peu de localités d'où son enjeu moyen sur site.

Le Chardon à épingles présente un enjeu sur site assez fort, car la perturbation par le piétinement des sangliers ne permet pas une dissémination plus large. Cette espèce protégée régionalement se cantonne à la région PACA et territoires connexes. Cependant, au sein de cette région, elle n'est pas rare et elle a été détectée au sein des garrigues à Badasse et des pelouses à Brachypode rameux.

Pour la Nonnée brune, l'enjeu sur site est fort, car elle se maintient en quantité importante sur des zones rudérales assujetties au piétinement régulier et au tassement. En raison de sa rareté et de sa distribution relativement restreinte à l'échelon national et en PACA, son enjeu sur site est fort.

Zone des Tranchées

Au cours des prospections, plus d'une centaine d'espèces floristiques différentes ont été inventoriées dans la zone d'étude et au sein de l'aire d'étude immédiate. Ce nombre d'espèces, relativement peu élevé, trouve son explication dans la composition des habitats homogènes et peu diversifiés.

Un arbre remarquable ayant un diamètre supérieur à 80 cm a été observé au sein de la ripisylve à Peupliers blancs et Pins sylvestres sur la Zone des Tranchées.

Aucune autre espèce à enjeu patrimonial n'a été observée sur la zone des Tranchées.

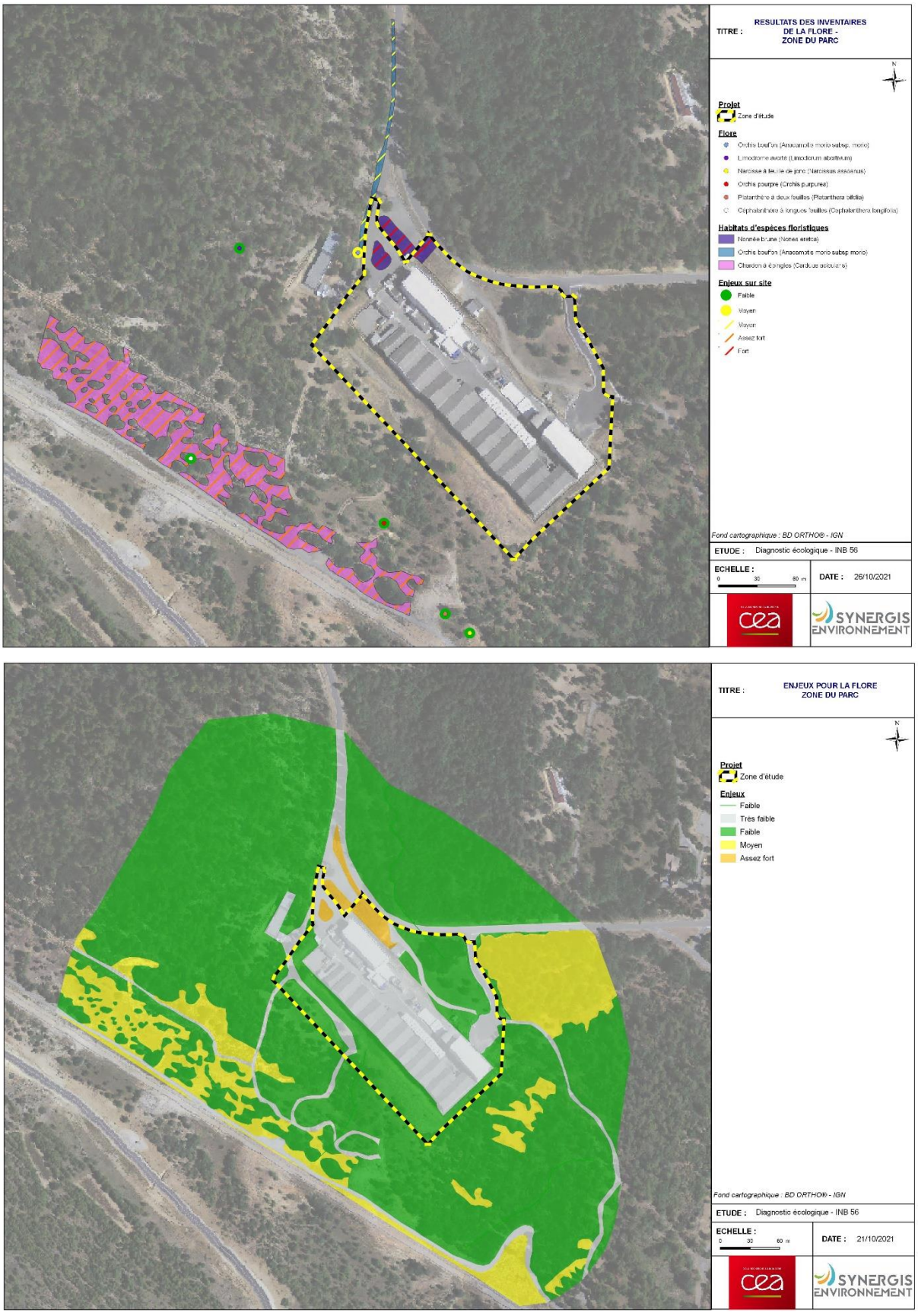
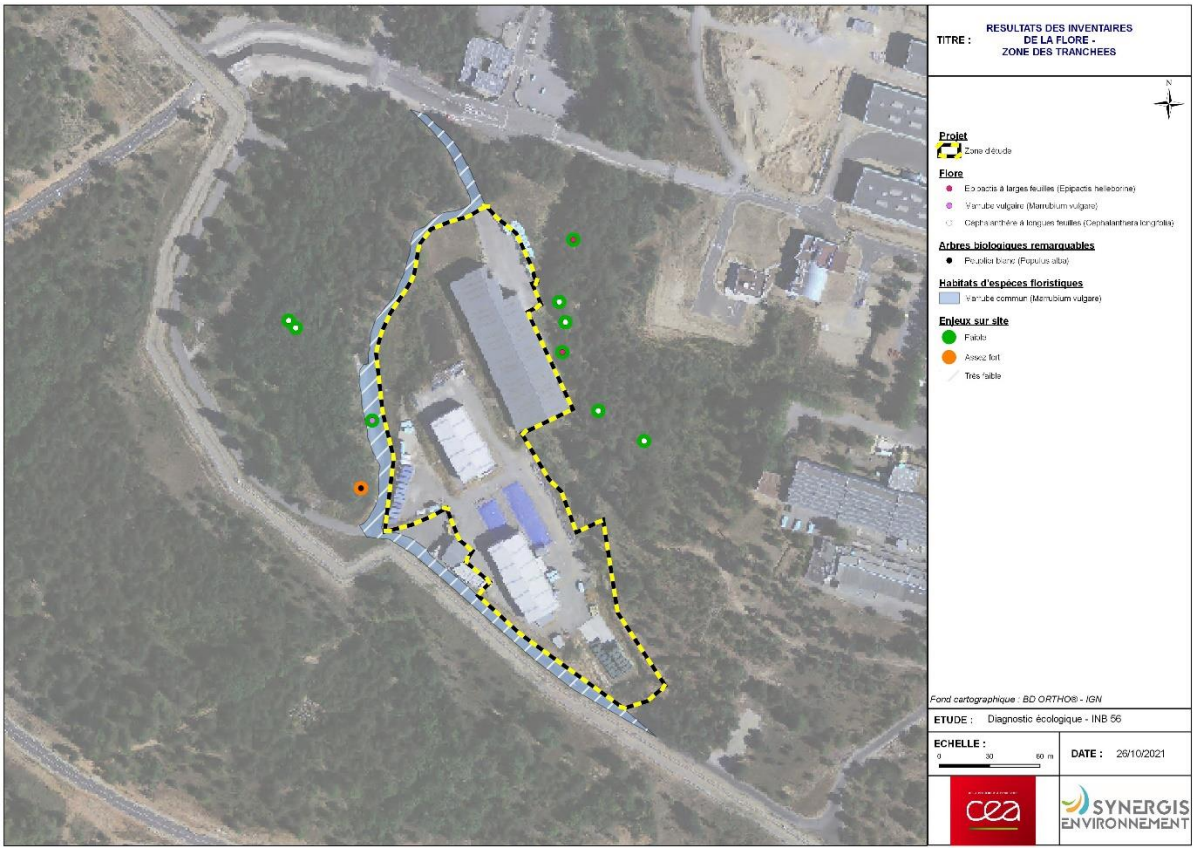


Figure 89 : Observations et enjeux écologiques de la flore sur la zone du Parc



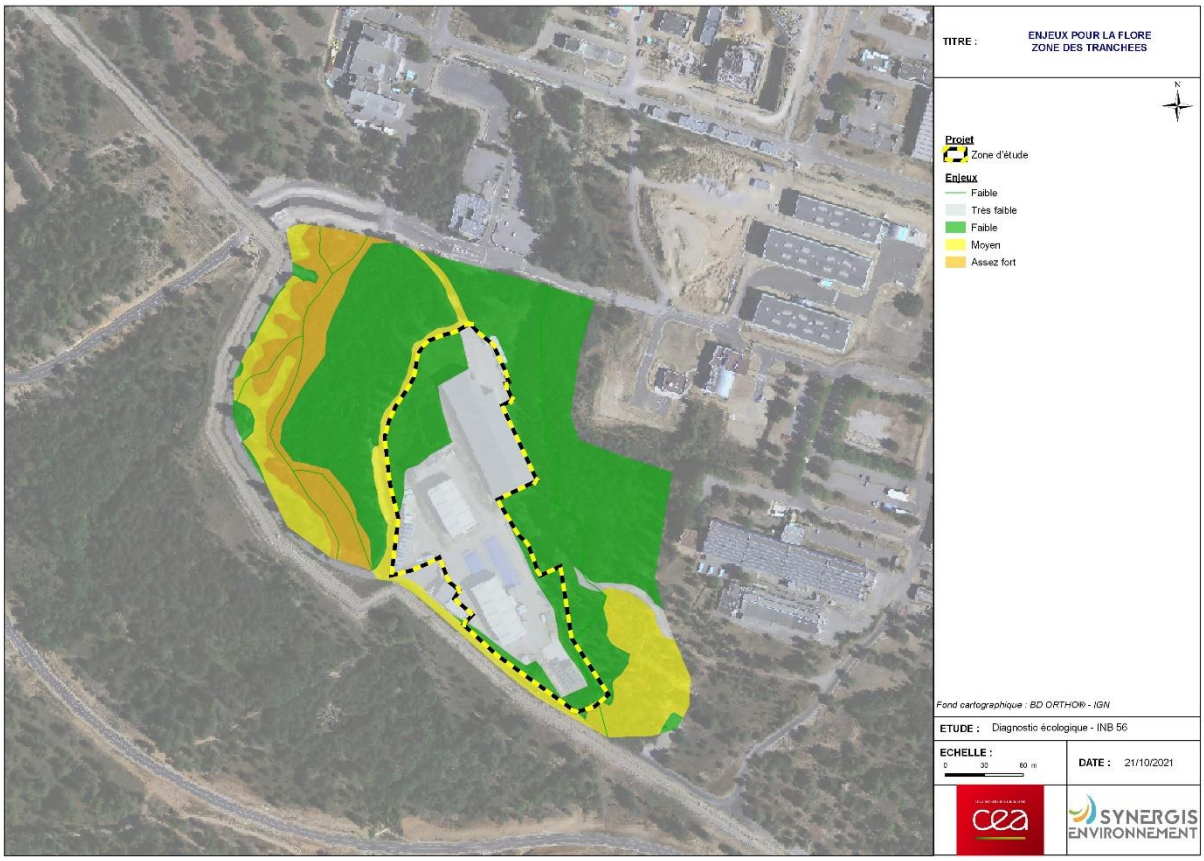


Figure 90 : Observations et enjeux écologiques de la flore sur la zone des Tranchées

9.4.3. Faune

L'analyse des enjeux pour la faune est conduite en s'appuyant sur la notion d'espèce remarquable ou d'intérêt patrimonial qui comprend les animaux présentant un statut particulier, c'est-à-dire :

- peu fréquents dans la région (niveau de rareté autre que commun) ;
- et/ou inscrits :
    - sur la liste des espèces déterminantes ou remarquables pour la désignation de ZNIEFF en région PACA ;
    - et/ou à l'annexe I de la directive européenne « Oiseaux » ou l'annexe II de la directive européenne « Habitats ».

9.4.3.1. Amphibiens

Zone du Parc

La zone du Parc est globalement peu favorable aux amphibiens. En effet, on ne retrouve pas de point d'eau permanent sur la zone et les points d'eau qui pourraient être remplis suite à des épisodes pluvieux ne sont pas pérennes pour permettre un succès de reproduction.

Au cours des prospections de terrain, une espèce d'amphibien a été observée sur la zone du Parc : le Pélodyte ponctué, d'enjeu faible. Le Pélodyte ponctué a été observé sous un caillou. Il était en phase terrestre et devait probablement être en recherche de nourriture ou en déplacement entre des sites plus humides plus favorables à cette espèce.

Zone des Tranchées

La zone des Tranchées est globalement peu favorable aux amphibiens. En effet, on ne retrouve pas de point d'eau permanent sur la zone et les points d'eau qui pourraient être remplis suite à des épisodes pluvieux ne sont pas pérennes pour permettre un succès de reproduction.

Au cours des prospections de terrain, une espèce d'amphibien a été observée sur la zone des Tranchées : le Crapaud calamite, d'enjeu faible.

Les individus de Crapaud calamite ont été observés sur la zone des Tranchées en déplacement sur la route ou sur des terrains anthropisés. Cette espèce pionnière se rencontre dans différents types de milieux, dont les habitats non naturels.

9.4.3.2. Reptiles

Zone du Parc

Au cours des prospections de terrain, 3 espèces de reptiles ont été identifiées sur la zone du Parc. Les enjeux de chaque espèce observée sont présentés dans le tableau ci-après.

	Espèce		Statut règlementaire		Statut patrimonial				
Enjeu patrimonial	Nom commun	Nom scientifique	Statut national	Directive Habitat-Faune-Flore	Liste rouge UICN France	Liste rouge UICN Europe	Liste rouge UICN Monde	Liste rouge PACA	Enjeu sur le site et/ou à proximité
Faible	Lézard des murailles	*Podarcis muralis*	Article 2	Annexe IV	LC	LC	LC	LC	Faible
Fort	Lézard ocellé	*Timon lepidus*	Article 2	-	VU	NT	NT	NT	Fort
Moyen	Psammodrome d'Edwards	*Psammodromus edwasianus*	Article 3	-	NT	LC	LC	NT	Moyen

Abréviations : LC = Préoccupation mineure, NT = Quasi-menacé, VU = Vulnérable

Tableau 100 : Liste et enjeu des espèces de reptiles observées sur la zone du Parc

Les milieux présents sur les zones du Parc sont globalement favorables aux reptiles.

On retrouve en effet des milieux de garrigues et pelouses qui sont très fréquentés par les reptiles. On retrouve également une grande quantité de pierriers et cailloux suffisamment gros pour que des reptiles puissent se glisser dessous. Ces milieux sont utilisés par les reptiles pour la thermorégulation et la chasse. Le plus grand nombre d'observations correspondent au Psammodrome d'Edwards. Cette petite espèce de reptile affectionne les milieux de garrigues et de pelouses. C'est dans ces milieux que la plus grande densité d'individus a été identifiée.

Le Lézard ocellé a été observé à 3 reprises lors des inventaires sur la zone du Parc. Un premier individu, un gros mâle, a été observé sur en face des bureaux de l'INB. Celui-ci est visible depuis l'intérieur des bureaux et est observé très souvent d'après les personnes qui travaillent dans ces bureaux. Un deuxième individu a été observé en dehors de la zone d'étude, au sud-ouest, le long de la route. Enfin, un troisième individu a été observé à l'est de la zone d'étude. Il s'agissait d'un jeune individu, ce qui indique que le Lézard ocellé se reproduit et semble se plaire dans le secteur.

Zone des Tranchées

Au cours des prospections de terrain, 5 espèces de reptiles ont été identifiées. Les enjeux de chaque espèce observée sont présentés dans le tableau ci-après.

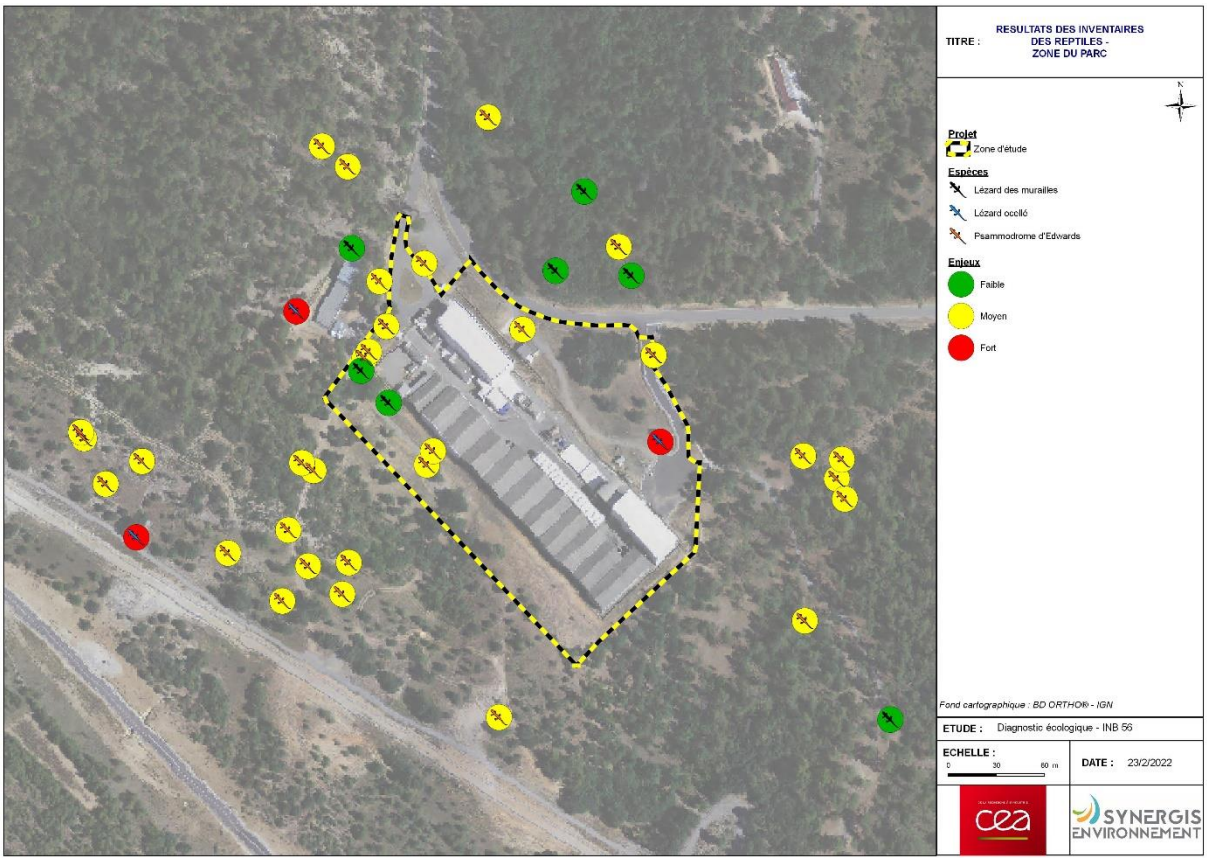
	Espèce		Statut règlementaire		Statut patrimonial				
Enjeu patrimonial	Nom commun	Nom scientifique	Statut national	Directive Habitat-Faune-Flore	Liste rouge UICN France	Liste rouge UICN Europe	Liste rouge UICN Monde	Liste rouge PACA	Enjeu sur le site et/ou à proximité
Faible	Lézard à deux raies	*Lacerta bilineata*	Article 2	Annexe IV	LC	LC	LC	LC	Faible
Faible	Lézard des murailles	*Podarcis muralis*	Article 2	Annexe IV	LC	LC	LC	LC	Faible
Fort	Lézard ocellé	*Timon lepidus*	Article 2	-	VU	NT	NT	NT	Fort
Moyen	Psammodrome d'Edwards	*Psammodromus edwasianus*	Article 3	-	NT	LC	LC	NT	Moyen
Faible	Tarente de Maurétanie	Tarentola mauritanica	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	Faible

Abréviations : LC = Préoccupation mineure, NT = Quasi-menacé, VU = Vulnérable

Tableau 101 : Liste et enjeu des espèces de reptiles observées sur la zone des Tranchées

La plupart des observations concernent des Lézards à deux raies et des Lézards des murailles. Les milieux présents sur la zone des Tranchées et à proximité sont en effet assez fermés et il n'est donc pas étonnant de retrouver plus d'espèces ubiquistes comme le Lézard à deux raies et le Lézard des murailles. Quelques individus de Psammodrome d'Edwards ont été observés dans les milieux de pelouses calcaires et le matorral à chêne vert peu dense.

Trois individus différents de Lézard ocellé ont été observés. Le premier a été observé en dehors de la zone d'étude, à l'ouest, au niveau d'une buse d'évacuation des eaux. Cet individu juvénile était en train de thermoréguler au soleil en début de journée. Un individu adulte a ensuite été observé au sein de la zone clôturée de l'INB. Il était en déplacement et a été vu avant d'aller se cacher sous un conteneur. Le troisième individu est un Lézard ocellé très jeune observé sous un caillou, en dehors de la zone clôturée. L'observation de jeunes individus indique que le Lézard ocellé se reproduit dans le secteur.



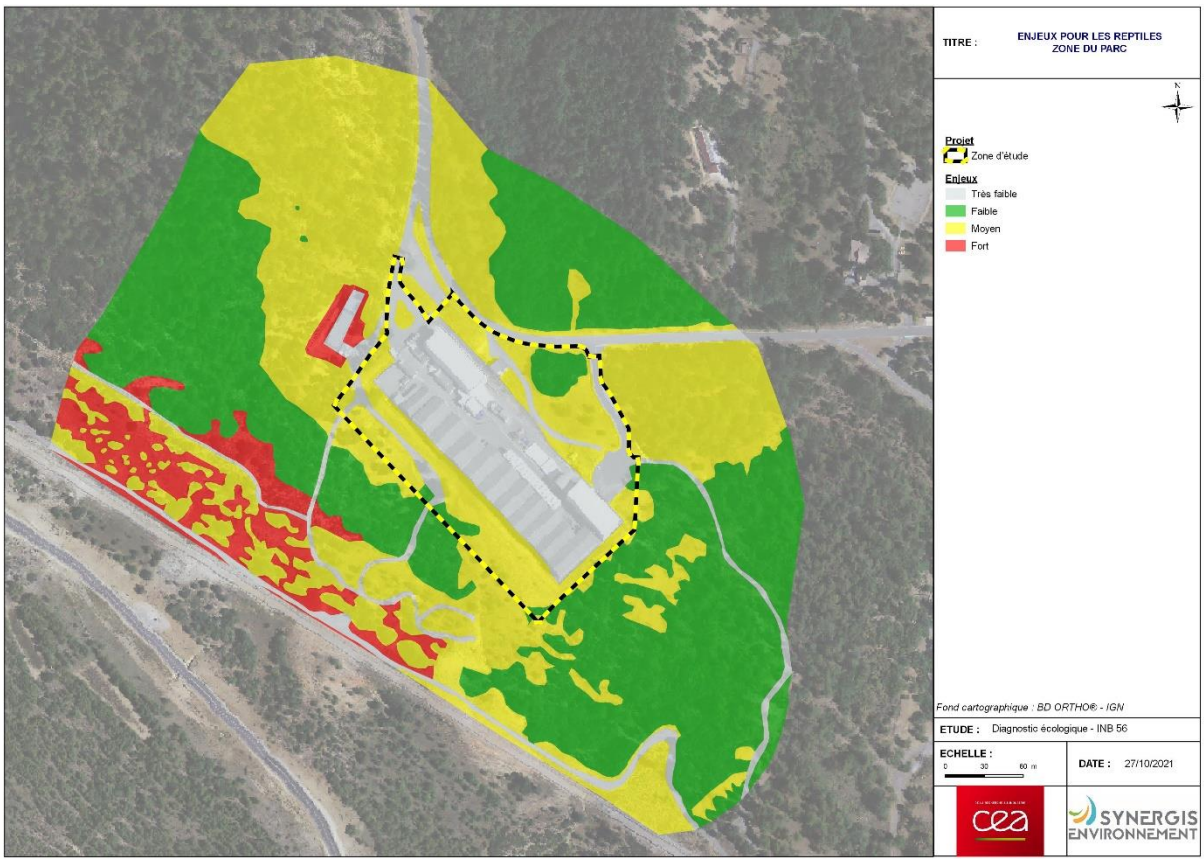
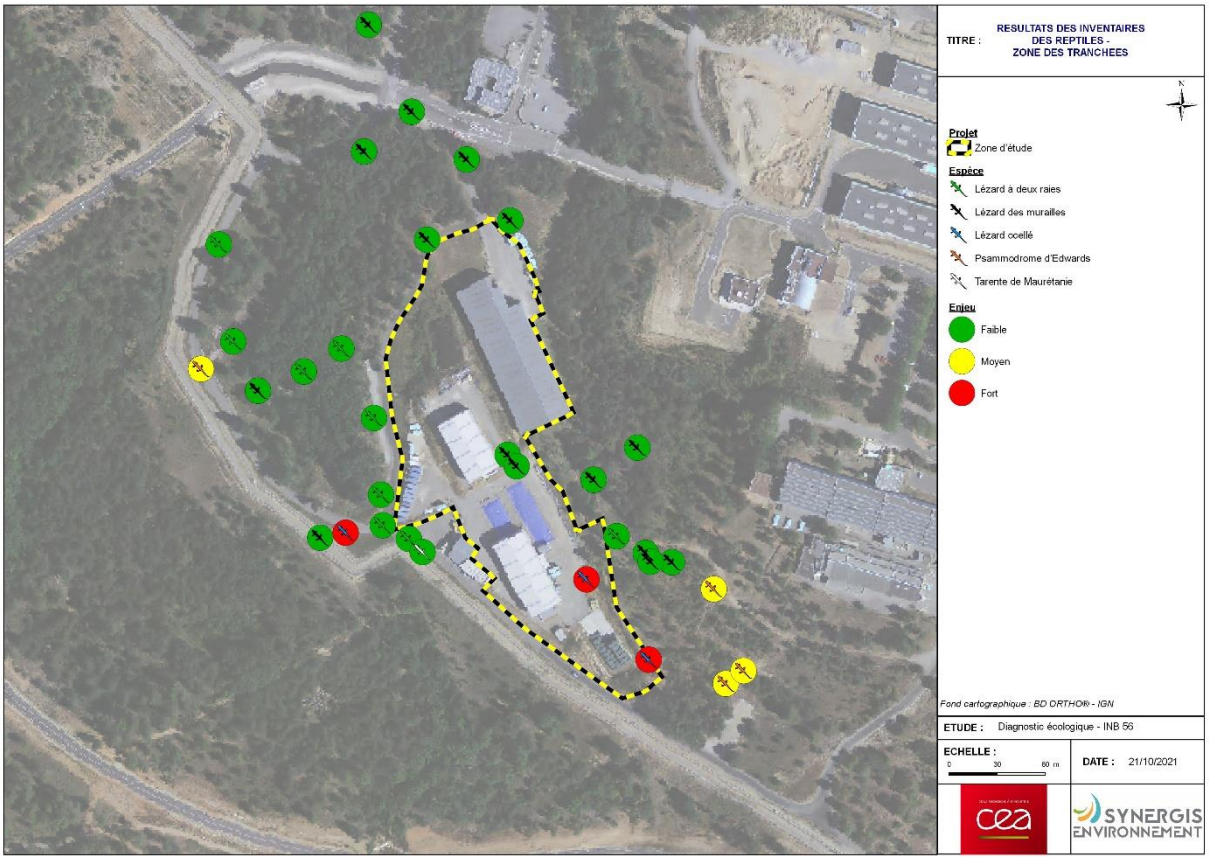


Figure 91 : Observations et enjeux écologiques des reptiles sur la zone du Parc



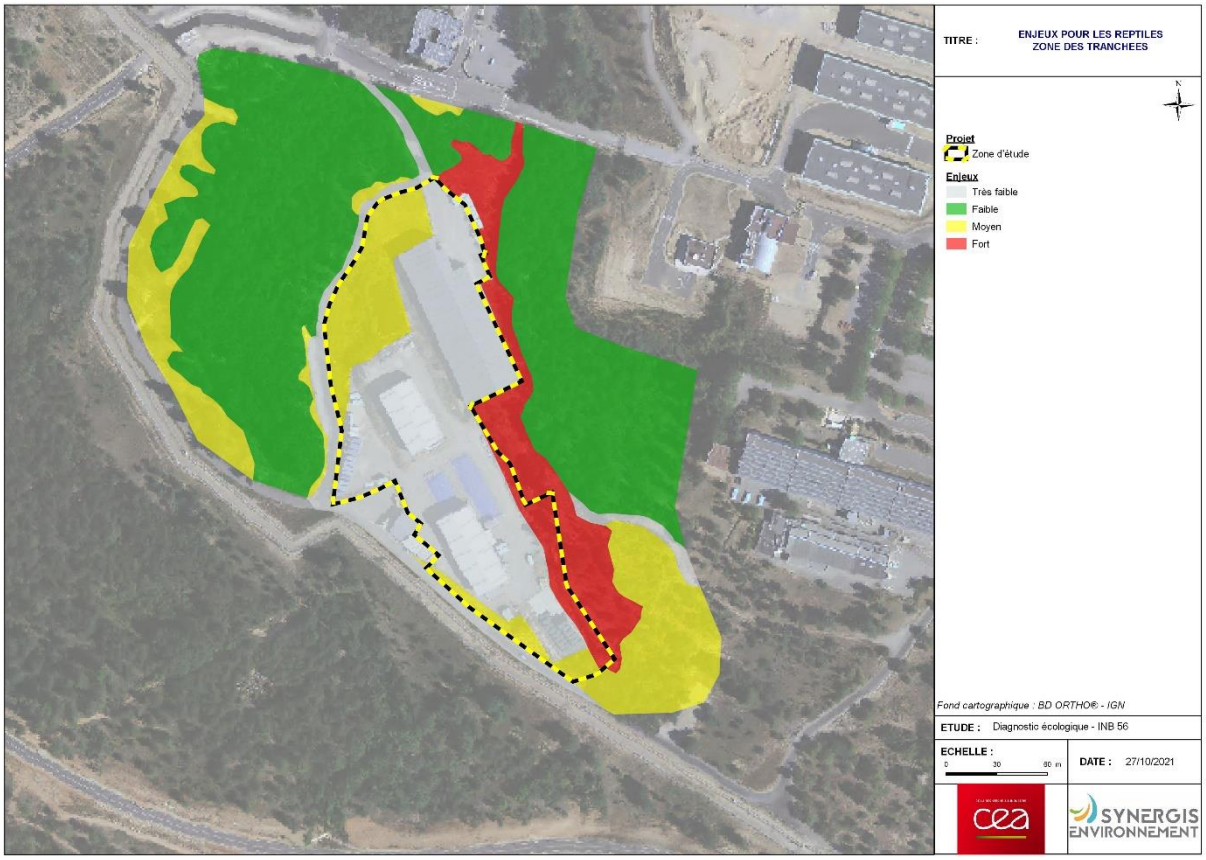


Figure 92 : Observations et enjeux écologiques des reptiles sur la zone des Tranchées

9.4.3.3. Entomofaune et autres taxons de la faune invertébrée

Au cours des prospections de terrain, 40 espèces d'insectes ont été observées. Parmi ces espèces, seules deux d'entre elles présentent un enjeu patrimonial notable sur la zone du Parc, et deux sur la zone des Tranchées.

Zone du Parc

	Espèce		Statut règlementaire		Statut patrimonial					
Enjeu patrimonial	Nom commun	*Nom scientifique*	Statut national	Directive Habitat-Faune-Flore	Liste rouge UICN France	Liste rouge Default France	Liste rouge UICN Europe	Liste rouge UICN Monde	Liste rouge PACA	Enjeu sur site ou à proximité
Moyen	Scorpion languedocien	*Buthus occitanus*	-	-	LC	-	LC	-	LC	Moyen
Moyen	Scorpion noir à queue jaune	*Euscorpius flavicaudis*	-	-	-	-	-	-	-	Moyen

Abréviations : LC = Préoccupation mineure, NT = Quasi-menacé, VU = Vulnérable

Tableau 102 : Liste et enjeux des espèces de l'entomofaune et autres taxons de la faune invertébrée à enjeux observées sur la zone du Parc

La zone du Parc présente de nombreux habitats ouverts, semi-ouverts et boisés. La multiplicité des strates de végétations offre de multiples habitats potentiels à de nombreux cortèges d'insectes et d'invertébrés différents.

Les milieux ouverts et semi-ouverts accueillent de nombreuses espèces de lépidoptères et d'orthoptères relativement communes dans la région. Des milieux de garrigues sur la zone d'étude du Parc pourraient être favorables à la Magicienne dentelée, bien que l'espèce n'ait pas été observée lors des inventaires. Sur cette même zone d'étude, les secteurs très xériques à l'ouest offrent des habitats à deux espèces de scorpions. Les données récoltées lors des inventaires sur les deux secteurs d'études montrent une fréquentation plus importante de l'entomofaune dans les habitats ouverts ou en lisières de boisements. Ces dernières, par un phénomène d'écotone, présentent un intérêt pour les espèces euryèces. Étant donné que l'essentiel de la richesse spécifique entomologique est concentrée dans ces milieux à végétations herbacés, ils disposent donc d'un enjeu a minima faible sur les deux secteurs d'études.

Les zones de boisements sont aussi utilisées par les lépidoptères comme zone refuge ou de pontes et peuvent accueillir, de par la sénescence de certains arbres, des coléoptères saproxyliques protégés. Les boisements de la zone du « Parc » se voient attribuer un enjeu a minima faible ; bien qu'aucune trace de coléoptères saproxyliques n'ait été relevée. Certains arbres à fort diamètre semblent tout de même favorables. Le Grand capricorne est fortement suspecté dans ces boisements.

L'absence d'espèces à fortes exigences écologiques dans les milieux ouverts des deux secteurs d'études témoigne tout de même d'une relative perturbation de ces milieux.

Zone des Tranchées

	Espèce		Statut règlementaire		Statut patrimonial					
Enjeu patrimonial	Nom commun	*Nom scientifique*	Statut national	Directive Habitat-Faune-Flore	Liste rouge UICN France	Liste rouge Default France	Liste rouge UICN Europe	Liste rouge UICN Monde	Liste rouge PACA	Enjeu sur site ou à proximité
Moyen	Chiffre	*Fabriciana niobe*	-	-	NT	-	NT	-	LC	Moyen
Moyen	Grand capricorne	*Cerambyx cerdo*	Article 2	Annexe II et IV	-	-	NT	VU	-	Moyen

Abréviations : LC = Préoccupation mineure, NT = Quasi-menacé, VU = Vulnérable

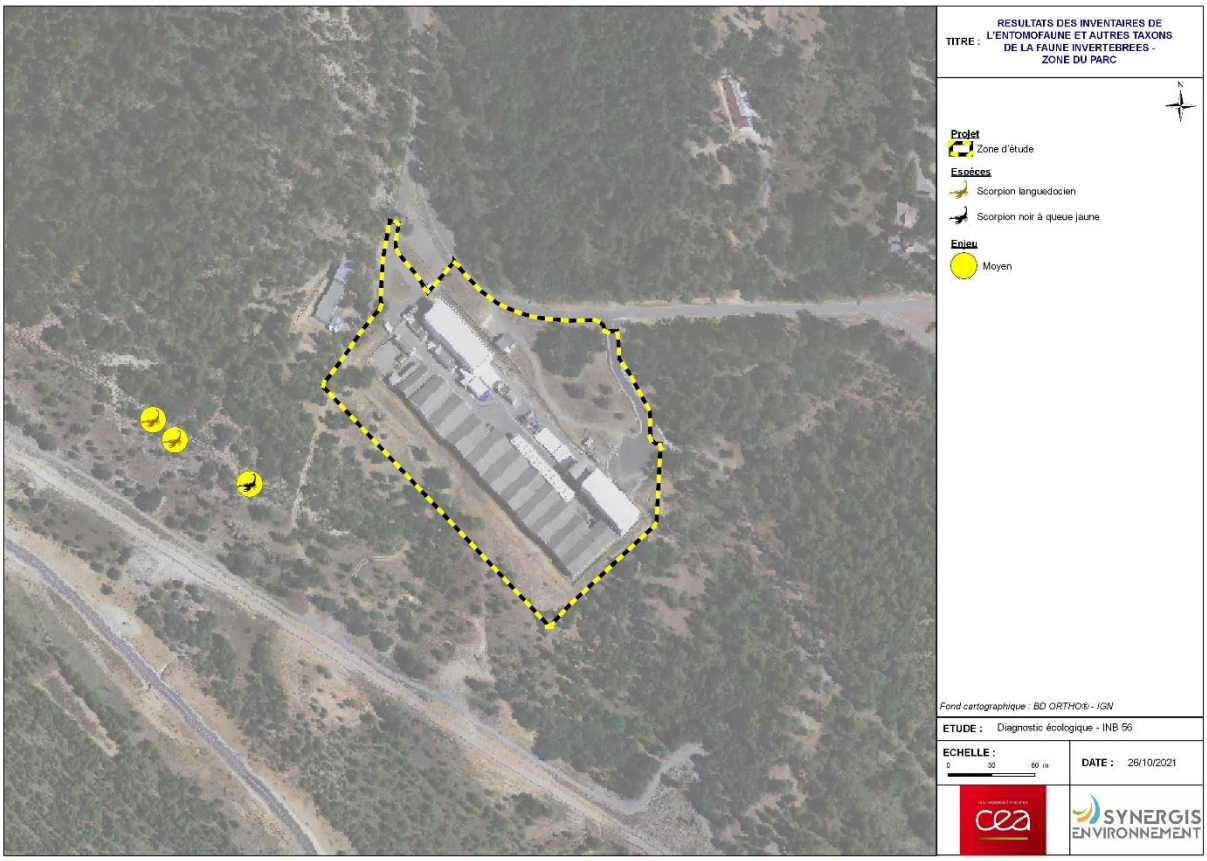
Tableau 103 : Liste et enjeux des espèces de l'entomofaune et autres taxons de la faune invertébrée à enjeux observées sur la zone des Tranchées

La zone des Tranchées présente de nombreux habitats ouverts, semi-ouverts et boisés. La multiplicité des strates de végétations offre de multiples habitats potentiels à de nombreux cortèges d'insectes et d'invertébrés différents.

Les milieux ouverts et semi-ouverts accueillent des espèces de lépidoptères et d'orthoptères relativement communes dans la région. Les données récoltées lors des inventaires montrent une fréquentation plus importante de l'entomofaune dans les habitats ouverts ou en lisières de boisements. Ces dernières, par un phénomène d'écotone, présentent un intérêt pour les espèces euryèces.

Les zones de boisements sont aussi utilisées par les lépidoptères comme zone refuge ou de pontes et peuvent accueillir, de par la sénescence de certains arbres, des coléoptères saproxyliques protégés, dont le Grand capricorne.

L'absence d'espèces à fortes exigences écologiques dans les milieux ouverts témoigne tout de même d'une relative perturbation de ces milieux.



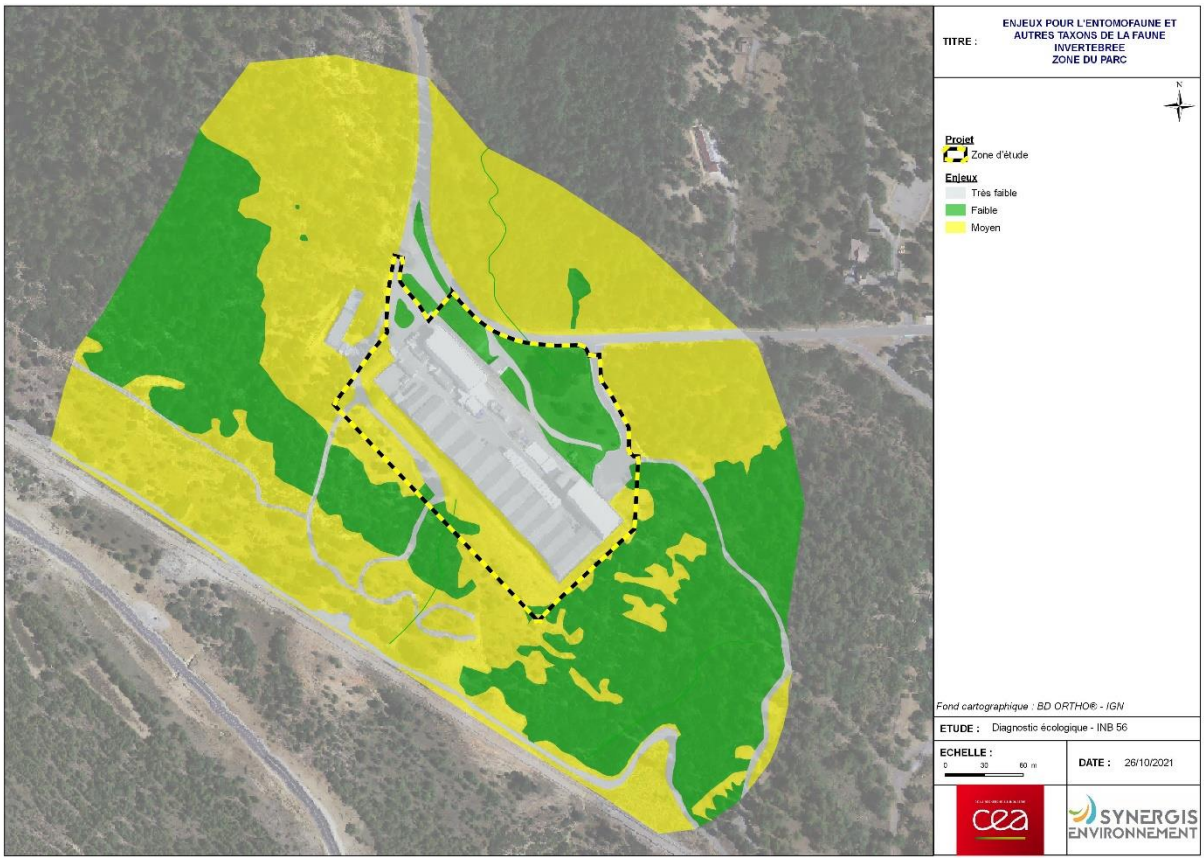
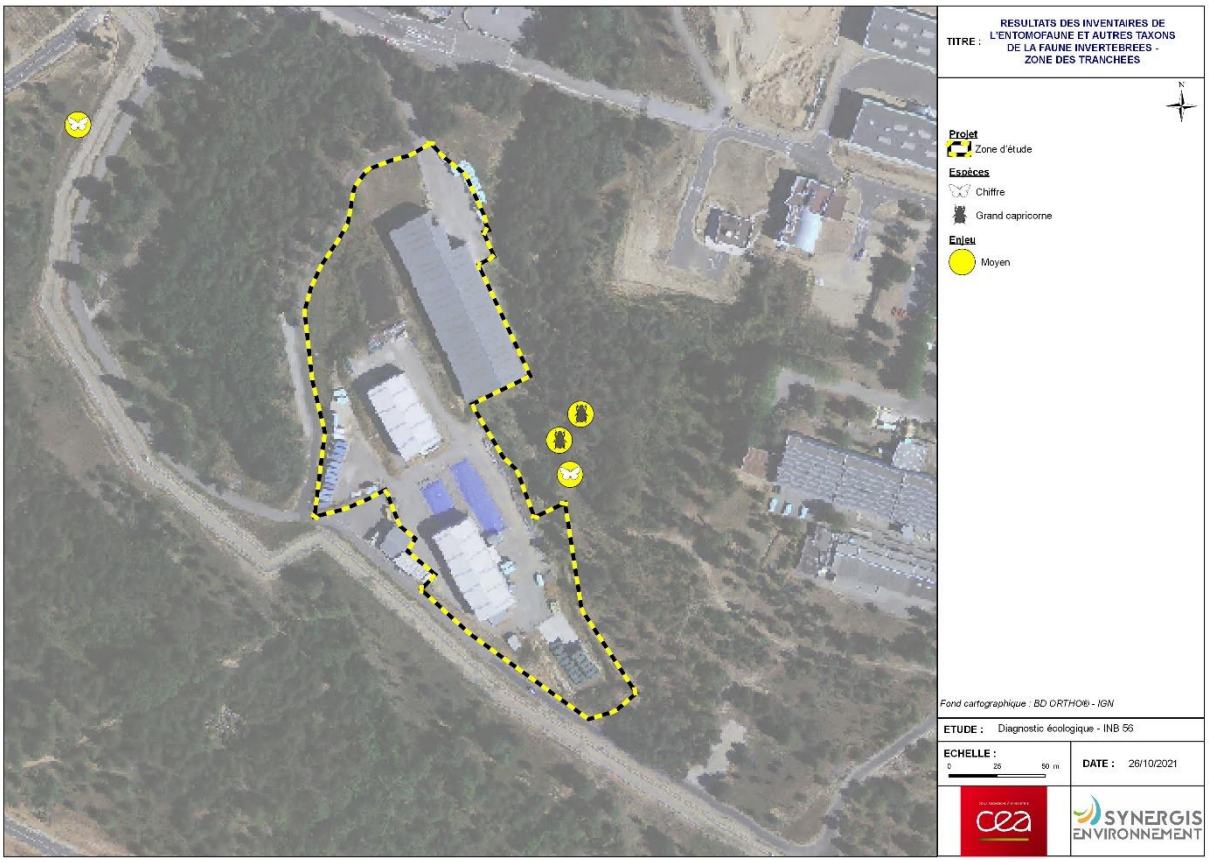


Figure 93 : Observations et enjeux écologiques de l'entomofaune sur la zone du Parc



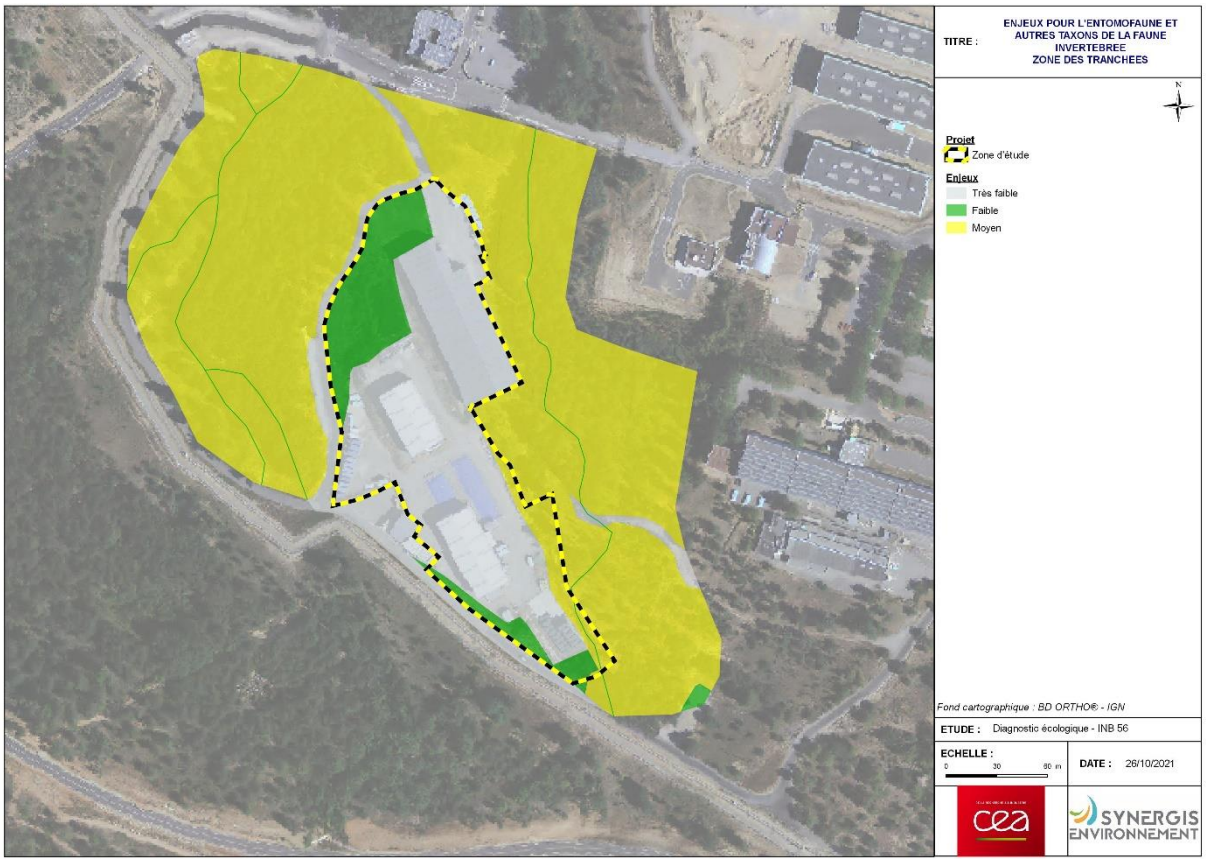


Figure 94 : Observations et enjeux écologiques de l'entomofaune sur la zone des Tranchées

9.4.3.4. Mammifères (hors chiroptères)

Deux espèces de mammifères terrestres ont été identifiées lors des inventaires sur la zone du Parc comme sur celle des Tranchées. Aucune ne présente un enjeu sur le site et/ou à proximité.

	Espèce		Statut règlementaire		Statut patrimonial				
Enjeu patrimonial	Nom commun	Nom scientifique	Statut national	Directive Habitat-Faune-Flore	Liste rouge UICN France	Liste rouge UICN Europe	Liste rouge UICN Monde	Liste rouge PACA	Enjeu sur le site et/ou à proximité
Faible	Mouflon méditerranéen	*Ovisgmelini musimon x Ovis sp.*	-	-	-	-	-	-	Très faible
Très faible	Sanglier	*Sus scrofa*	-	-	LC	LC	LC	LC	Très faible

Abréviations : LC = Préoccupation mineure, NT = Quasi-menacé, VU = Vulnérable

Tableau 104 : Liste et enjeux des espèces de mammifères (hors chiroptères) à enjeux observées sur les zones du Parc et des Tranchées

Les milieux présents sur les zones d'étude et à proximité sont globalement favorables à ces espèces, à l'exception des zones trop proches des bâtiments qui vont seulement être fréquentées la nuit, et des des zones clôturées qui ne seront pas accessibles pour les mammifères de grande taille. En effet, les boisements sont des zones peu fréquentées par les humains dans lesquelles les mammifères peuvent se mettre à l'abri. Ces espèces peuvent venir se nourrir dans les boisements et les zones ouvertes, car de gros chênes sont présents et la disponibilité en glands est donc intéressante.

9.4.3.5. Avifaune nicheuse

Zone du Parc

Au niveau de la zone du Parc on note la présence de 29 espèces d'oiseaux. On y retrouve 5 espèces à enjeu : l'Alouette lulu *Lullula arborea*, le Chardonneret élégant *Carduelis carduelis*, le Serin cini *Serinus serinus*, la Tourterelle des bois *Streptopelia turtur* et le Verdier d'Europe *Carduelis chloris*.

La zone d'étude et ses abords sont principalement couverts par des boisements ponctués de pelouses, milieux semi-ouverts et milieux artificialisés. Les espèces à enjeux notables qui fréquentent ces différents milieux sont les suivantes :

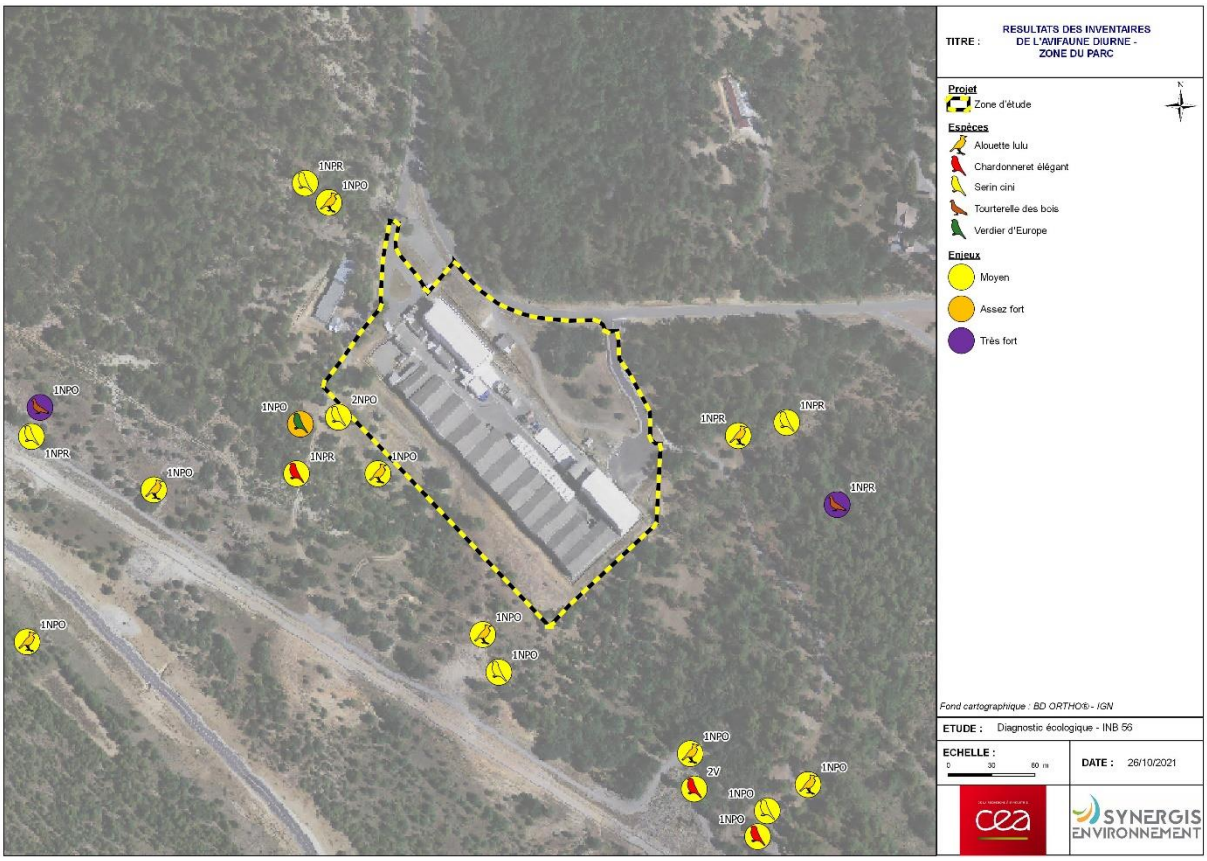
- L'Alouette lulu occupe de façon assez homogène l'intégralité de la zone d'étude. Cette espèce apprécie une large gamme d'habitats et la mosaïque de milieux présents sur la zone d'étude lui est très favorable. Elle apprécie aussi bien les pelouses que les milieux semi-ouverts et les boisements épars. Des nicheurs probables sont présents sur la zone.
- Le Chardonneret élégant a été observé en effectifs assez faibles, mais avec des comportements de reproduction probable. Tout comme l'Alouette lulu, il affectionne la mosaïque d'habitats qu'offre la zone.
- Le Serin cini est plutôt abondant, il est d'ailleurs considéré nicheur probable. Ce petit passereau apprécie en particulier les boisements de conifères, mais également le boisement de feuillus dans lesquels il semble se reproduire.
- La Tourterelle des bois est présente et est considérée nicheuse probable. Elle affectionne la mosaïque d'habitats qui couvre la zone d'étude et se reproduit probablement dans les milieux boisés.

- Le Verdier d'Europe n'a été observé qu'une seule fois sur la zone du Parc. C'est pour cette raison que cette espèce d'enjeu patrimonial fort a vu son enjeu sur site abaissé à assez fort. Cependant on peut noter que les milieux boisés de la zone d'étude constituent des habitats très favorables à sa nidification.

	Espèce		Statut règlementaire		Statut patrimonial				Comportement				
Enjeu patrimonial	Nom commun	Nom scientifique	Statut national	Directive Oiseaux	Liste rouge UICN France	Liste rouge UICN Europe	Liste rouge UICN Monde	Liste rouge PACA	NPO	NPR	NC	Autre	Enjeu sur site et/ou à proximité
Moyen	Alouette lulu	*Lullula arborea*	Article 3	Annexe I	LC	LC	LC	NT	7	1			Moyen
Faible	Bergeronnette grise	*Motacilla alba*	Article 3	-	LC	-	-	LC				1V	Très faible
Faible	Bruant zizi	*Emberiza cirlus*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	2	1			Faible
Moyen	Chardonneret élégant	*Carduelis carduelis*	Article 3	-	VU	LC	LC	LC	1	1		2V	Moyen
Faible	Fauvette mélanocéphale	*Sylvia melanocephala*	Article 3	-	NT	LC	LC	LC	2				Très faible
Faible	Fauvette passerinette	*Sylvia cantillans*	Article 3	-	LC	-	LC	LC	1		1		Faible
Très faible	Geai des chênes	*Garrulus glandarius*	-	Annexe II/2	LC	LC	LC	LC	2				Très faible
Faible	Grand Corbeau	*Corvus corax*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	1				Très faible
Faible	Grimpereau des jardins	*Certhia brachydactyla*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	2	3			Faible
Très faible	Grive draine	*Turdus viscivorus*	-	Annexe II/2	LC	LC	LC	LC	3	1			Très faible
Moyen	Hirondelle rustique	*Hirundo rustica*	Article 3	-	NT	LC	LC	NT				1V	Faible
Faible	Loriot d'Europe	*Oriolus oriolus*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	1				Très faible
Très faible	Merle noir	*Turdus merula*	-	Annexe II/2	LC	LC	LC	LC	3				Très faible
Faible	Mésange à longue queue	*Aegithalos caudatus*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC		4			Faible
Faible	Mésange bleue	*Cyanistes caeruleus*	Article 3	-	LC	LC	LC	-		1			Faible
Faible	Mésange charbonnière	*Parus major*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	2	1	1		Faible
Faible	Mésange huppée	*Lophophanes cristatus*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	1	3			Faible
Très faible	Pigeon ramier	*Columba palumbus*	-	Annexe II/1 et Annexe III/1	LC	LC	LC	LC		1			Très faible
Faible	Pinson des arbres	*Fringilla coelebs*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	4	4			Faible
Faible	Pouillot de Bonelli	*Phylloscopus bonelli*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	3	5			Faible
Moyen	Rossignol philomèle	*Luscinia megarhynchos*	Article 3	-	LC	LC	LC	NT	1				Faible
Faible	Rougegorge familier	*Erithacus rubecula*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	1	1			Faible
Faible	Rougequeue à front blanc	*Phoenicurus phoenicurus*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	3	3			Faible
Faible	Rougequeue noir	*Phoenicurus ochruros*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	2				Très faible
Moyen	Serin cini	*Serinus serinus*	Article 3	-	VU	LC	LC	NT	4	3			Moyen
Faible	Sittelle torchepot	*Sitta europaea*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC		1	1		Faible
Très fort	Tourterelle des bois	*Streptopelia turtur*	-	Annexe II/2	VU	VU	VU	VU	1	1			Très fort
Très faible	Tourterelle turque	*Streptopelia decaocto*	-	Annexe II/2	LC	LC	LC	LC		1			Très faible
Fort	Verdier d'Europe	*Carduelis chloris*	Article 3	-	VU	LC	LC	VU	1				Assez Fort

Abréviation : NPO : Nicheur possible, **NPR** : Nicheur probable, **NC** : Nicheur certain, **v** : individu observé en vol

Tableau 105 : Liste et enjeu des espèces d'oiseaux diurnes observées sur la zone du Parc



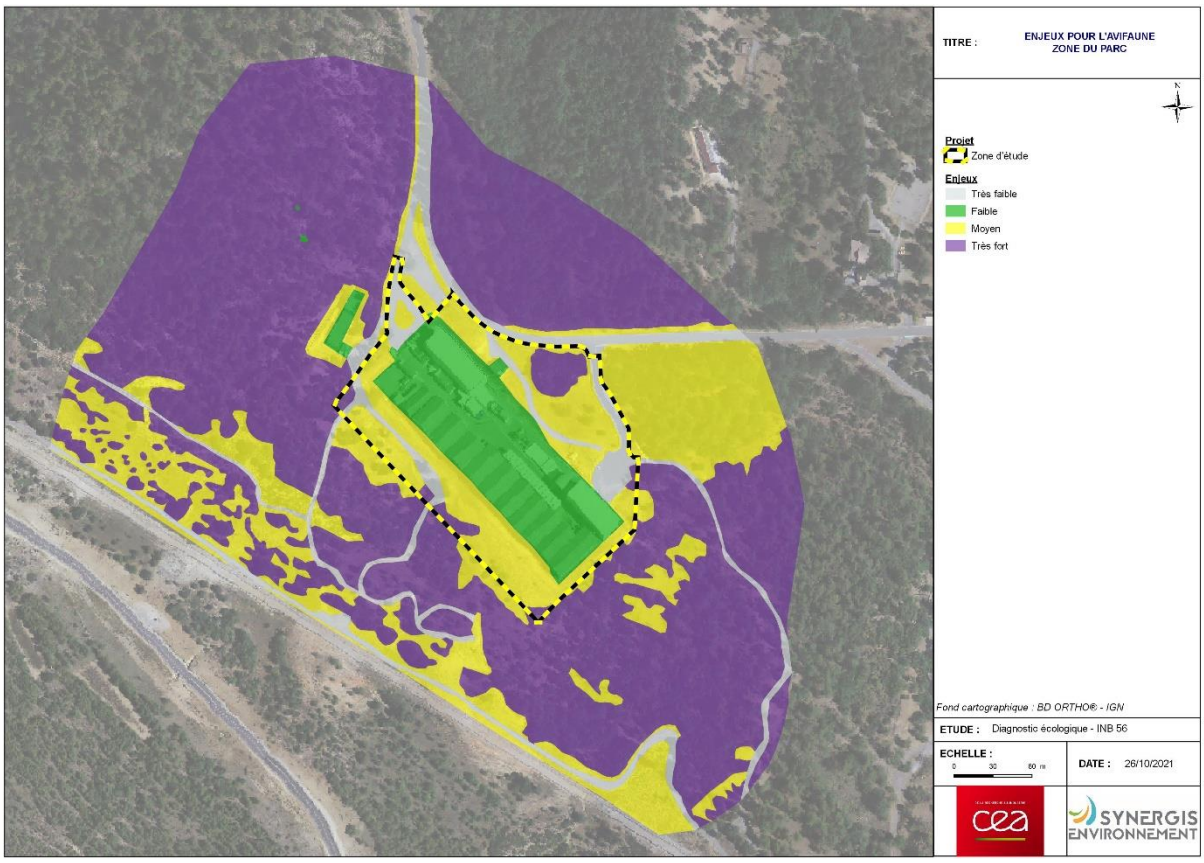


Figure 95 : Observations et enjeux écologiques de l'avifaune nicheuse diurne sur la zone du Parc

Zone des Tranchées

Les inventaires de l'avifaune diurne ont permis de recenser 31 espèces d'oiseaux sur la zone des tranchées. Parmi ces dernières, 4 espèces possèdent des enjeux notables sur le site et/ou à proximité. Il s'agit de l'Alouette lulu *Lullula arborea*, du Chardonneret élégant *Carduelis carduelis*, du Serin cini *Serinus serinus* et de la Tourterelle des bois *Streptopelia turtur*.

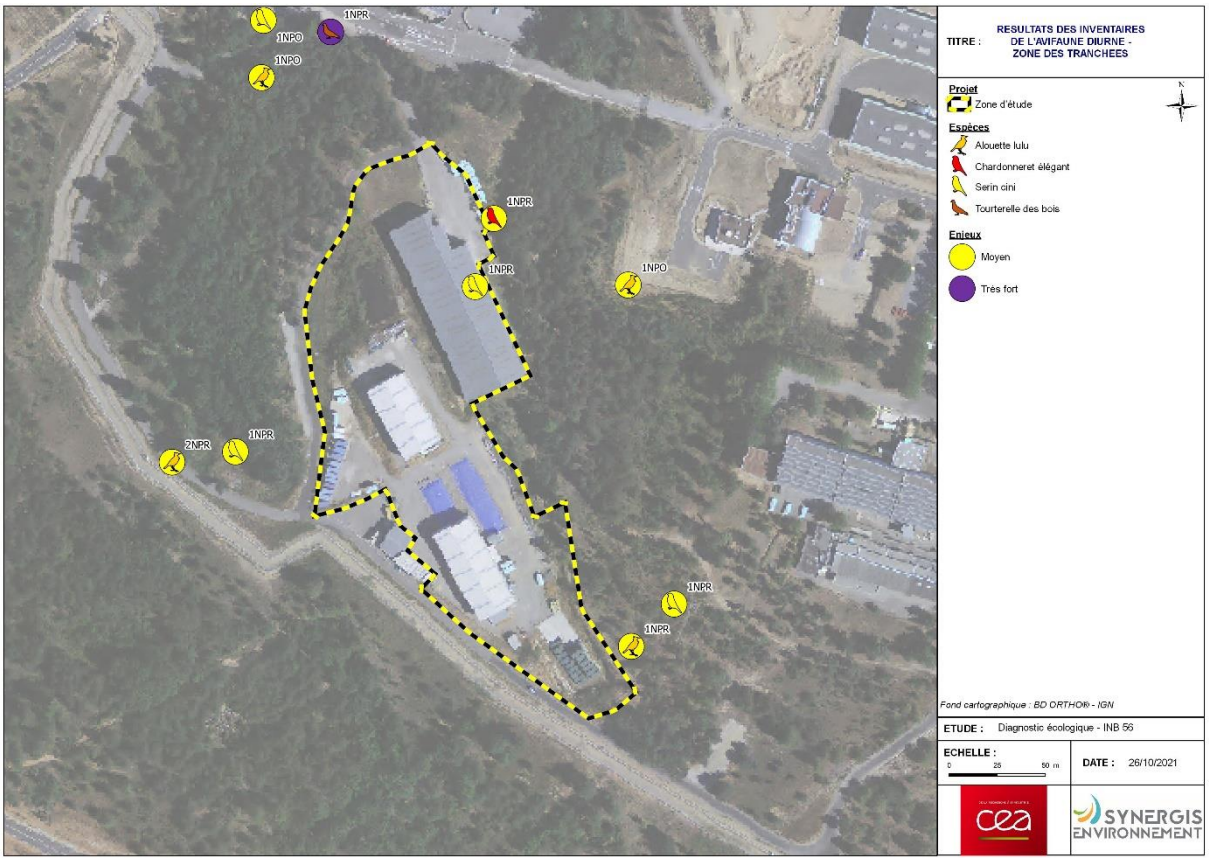
	Espèce		Statut règlementaire		Statut patrimonial				Comportement				
Enjeu patrimonial	Nom commun	Nom scientifique	Statut national	Directive Oiseaux	Liste rouge UICN France	Liste rouge UICN Europe	Liste rouge UICN Monde	Liste rouge PACA	NPO	NPR	NC	Autre	Enjeu sur site et/ou à proximité
Moyen	Alouette lulu	*Lullula arborea*	Article 3	Annexe I	LC	LC	LC	NT	2	3			Moyen
Moyen	Chardonneret élégant	*Carduelis carduelis*	Article 3	-	VU	LC	LC	LC		1			Moyen
Faible	Choucas des tours	*Corvus monedula*	Article 3	Annexe II/2	LC	LC	LC	LC				1V	Très faible
Faible	épervier d'Europe	*Accipiter nisus*	Article 3 et Article 6	-	LC	LC	LC	LC				1V	Très faible
Très faible	étourneau sansonnet	*Sturnus vulgaris*	-	Annexe II/2	LC	LC	LC	LC				1V	Très faible
Faible	Fauvette à tête noire	*Sylvia atricapilla*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	3	2			Faible
Faible	Fauvette passerinette	*Sylvia cantillans*	Article 3	-	LC	-	LC	LC	1				Très faible
Très faible	Geai des chênes	*Garrulus glandarius*	-	Annexe II/2	LC	LC	LC	LC	1		1		Très faible
Faible	Grimpereau des jardins	*Certhia brachydactyla*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	2	1			Faible
Très faible	Grive draine	*Turdus viscivorus*	-	Annexe II/2	LC	LC	LC	LC	2				Très faible
Très faible	Grive musicienne	*Turdus philomelos*	-	Annexe II/2	LC	LC	LC	LC	2				Très faible
Faible	Huppe fasciée	*Upupa epops*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	1				Très faible
Moyen	Martinet noir	*Apus apus*	Article 3	-	NT	LC	LC	NT				3V	Faible
Très faible	Merle noir	*Turdus merula*	-	Annexe II/2	LC	LC	LC	LC	2				Très faible
Faible	Mésange à longue queue	*Aegithalos caudatus*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC		1			Faible
Faible	Mésange bleue	*Cyanistes caeruleus*	Article 3	-	LC	LC	LC	-	1		1		Faible
Faible	Mésange charbonnière	*Parus major*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	1	3			Faible
Faible	Mésange huppée	*Lophophanes cristatus*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	2		1		Faible
Faible	Pic épeiche	*Dendrocopos major*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	3				Très faible
Faible	Pic vert	*Picus viridis*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	2				Très faible
Très faible	Pigeon ramier	*Columba palumbus*	-	Annexe II/1 et Annexe III/1	LC	LC	LC	LC	2				Très faible
Faible	Pinson des arbres	*Fringilla coelebs*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC		3			Faible
Faible	Pouillot de Bonelli	*Phylloscopus bonelli*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC		4			Faible
Faible	Roitelet à triple bandeau	*Regulus ignicapilla*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	1				Très faible
Moyen	Rossignol philoméle	*Luscinia megarhynchos*	Article 3	-	LC	LC	LC	NT	2				Faible
Faible	Rougegorge familier	*Erithacus rubecula*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	3	1			Faible
Faible	Rougequeue à front blanc	*Phoenicurus phoenicurus*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	3				Très faible
Faible	Rougequeue noir	*Phoenicurus ochruros*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC		1	1		Faible
Moyen	Serin cini	*Serinus serinus*	Article 3	-	VU	LC	LC	NT	1	3			Moyen
Faible	Sittelle torchepot	*Sitta europaea*	Article 3	-	LC	LC	LC	LC	1	2	1		Faible
Très fort	Tourterelle des bois	*Streptopelia turtur*	-	Annexe II/2	VU	VU	VU	VU		1			Très fort

Abréviation : NPO : Nicheur possible, **NPR** : Nicheur probable, **NC** : Nicheur certain, **v** : individu observé en vol

Tableau 106 : Liste et enjeu des espèces d'oiseaux diurnes observées sur la zone des Tranchées

La zone d'étude et ses abords sont principalement couverts par des boisements ponctués de pelouses, milieux semi-ouverts et milieux artificialisés. Les espèces à enjeux notables qui fréquentent ces différents milieux sont les suivantes :

- L'Alouette lulu occupe différents habitats sur la zone d'étude. Cette espèce apprécie une large gamme d'habitats et la mosaïque de milieux présents sur la zone d'étude lui est très favorable. Elle apprécie aussi bien les pelouses que les milieux semi-ouverts et les boisements épars.
- Le Chardonneret élégant a été observé avec des comportements de reproduction probable. Tout comme l'Alouette lulu, il affectionne la mosaïque d'habitats qu'offre la zone d'étude et ses alentours.
- Le Serin cini est plutôt abondant sur la zone où il est d'ailleurs considéré nicheur probable. Ce petit passereau apprécie en particulier les boisements de conifères, mais également le boisement de feuillus dans lesquels il semble se reproduire.
- La Tourterelle des bois est présente et est considérée nicheuse probable. Elle affectionne la mosaïque d'habitats et se reproduit probablement dans les milieux boisés.



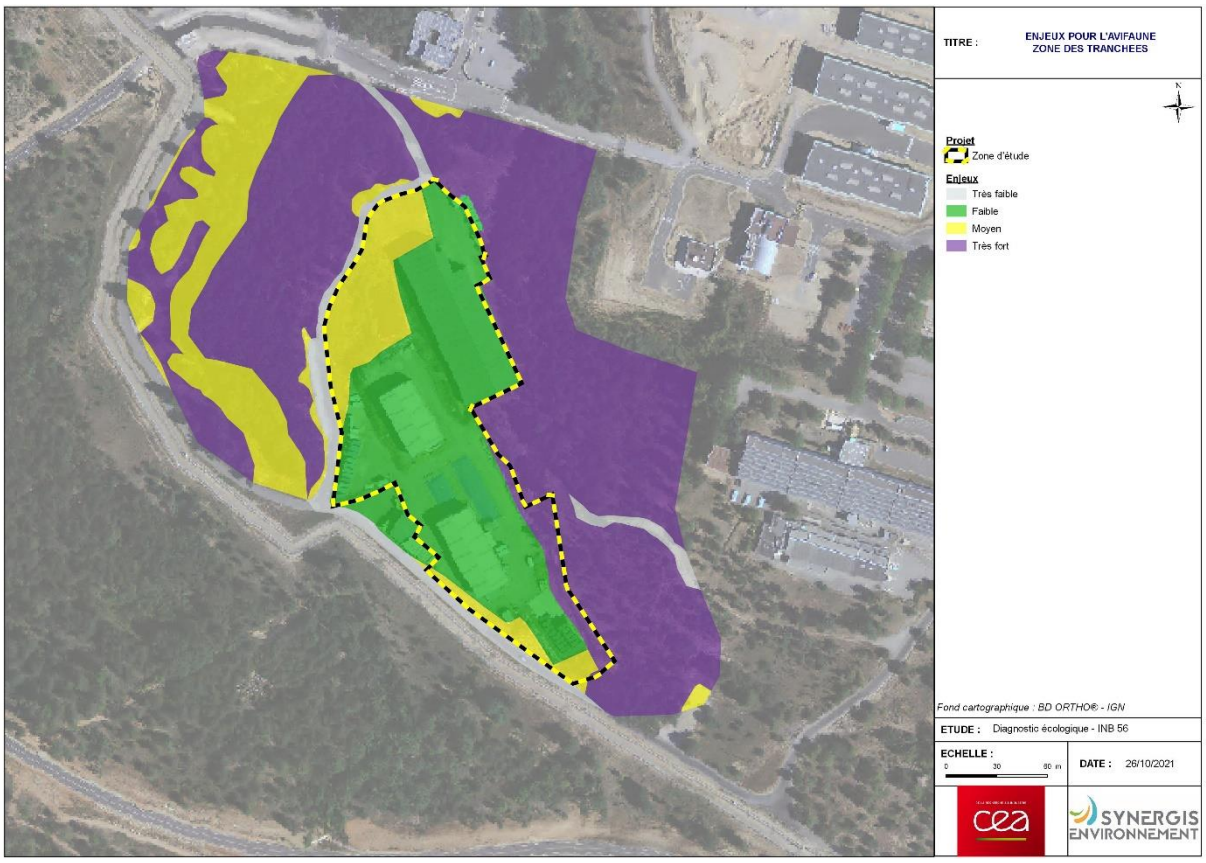


Figure 96 : Observations et enjeux écologiques de l'avifaune nicheuse diurne sur la zone des Tranchées

9.4.3.6. Chiroptères

Evaluation du potentiel en gîtes à chiroptères

Lors des inventaires réalisés sur les zones du Parc et des Tranchées, plusieurs arbres ont été identifiés comme favorables pour les chiroptères. En effet, il s'agit de vieux arbres (conifères et feuillus) avec la présence d'anfractuosités pouvant accueillir des colonies de chauves-souris ou des individus isolés. Les observations concernent des arbres morts, des trous de pics, des fentes, des écorces décollées et des branches mortes.

Les bâtiments présents pourraient être favorables aux chauves-souris. En effet, les corniches présentes en hauteur peuvent accueillir des colonies ou des individus isolés. Les observations et les points nocturnes n'ont pas permis de voir des chauves-souris sortir des bâtiments.

Analyse des chiroptères

Au cours des prospections de terrain sur les zones du Parc et des Tranchées, 9 espèces et 3 groupes d'espèces ont été identifiés.

	Espèce		Statut règlementaire		Statut patrimonial					
Enjeu patrimonial	Nom commun	Nom scientifique	Statut national	Directive Habitat-Faune-Flore	Liste rouge UICN France	Liste rouge UICN Europe	Liste rouge UICN Monde	Liste rouge PACA	Niveau d'activité	Enjeu sur site ou à proximité
Moyen	Molosse de Cestoni	*Tadarida teniotis*	Article 2	Annexe IV	NT	LC	LC	-	Très faible	Faible
Moyen	Murin sp.	*Myotis sp*	-	-	-	-	-	-	Très faible	Faible
Moyen	Noctule de Leisler	*Nyctalus leisleri*	Article 2	Annexe IV	NT	LC	LC	-	Moyen	Moyen
Faible	Oreillard gris	*Plecotus austriacus*	Article 2	Annexe IV	LC	NT	NT	-	Très faible	Faible
Faible	Oreillard roux	*Plecotus auritus*	Article 2	Annexe IV	LC	LC	LC	-	Très faible	Faible
Moyen	Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*	Article 2	Annexe IV	NT	LC	LC	-	Très faible	Faible
Faible	Pipistrelle de Kuhl	*Pipistrellus kuhlii*	Article 2	Annexe IV	LC	LC	LC	-	Fort	Moyen
Faible	Pipistrelle pygmée	*Pipistrellus pygmaeus*	Article 2	Annexe IV	LC	LC	LC	-	Faible	Faible
Faible	Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	*Pipistrellus kuhlii/ Pipistrellus nathusii*	Article 2	Annexe IV	LC / NT	LC	LC	-	Très faible	Faible
Moyen	Sérotine commune	*Eptesicus serotinus*	Article 2	Annexe IV	NT	LC	LC	-	Très faible	Faible
Moyen	Sérotule*	*Eptesicus/Nyctalus/ Vespertilio*	-	-	-	-	-	-	Très faible	Faible
Moyen	Vespère de Savi	*Hypsugo savii*	Article 2	Annexe IV	LC	LC	LC	-	Très faible	Faible

Abréviation : **LC** : Préoccupation mineure**, NT** : Quasi-menacé

Tableau 107 : Liste et enjeu des chiroptères présents sur les zones du Parc et des Tranchées

Lors des sessions d'écoutes réalisées, l'espèce la plus abondante en termes de contacts est la Pipistrelle de Kuhl. Elle représente en effet 78,62% des contacts de chauves-souris identifiés. Cette espèce est très présente dans le sud de la France et des colonies sont présentes au sein du CEA. Ce résultat n'est donc pas étonnant.

La deuxième espèce la plus abondante en termes de contacts est la Noctule de Leisler. Cette espèce vole assez haut lors de ses phases de transits et va utiliser les zones ouvertes pour la chasse. Les zones ouvertes présentes sur les zones d'études semblent donc favorables à cette espèce.

On remarque que peu de contacts de murins, Pipistrelle pygmée, Vespère de Savi et Molosse de Cestoni ont été identifiés lors des inventaires actifs.

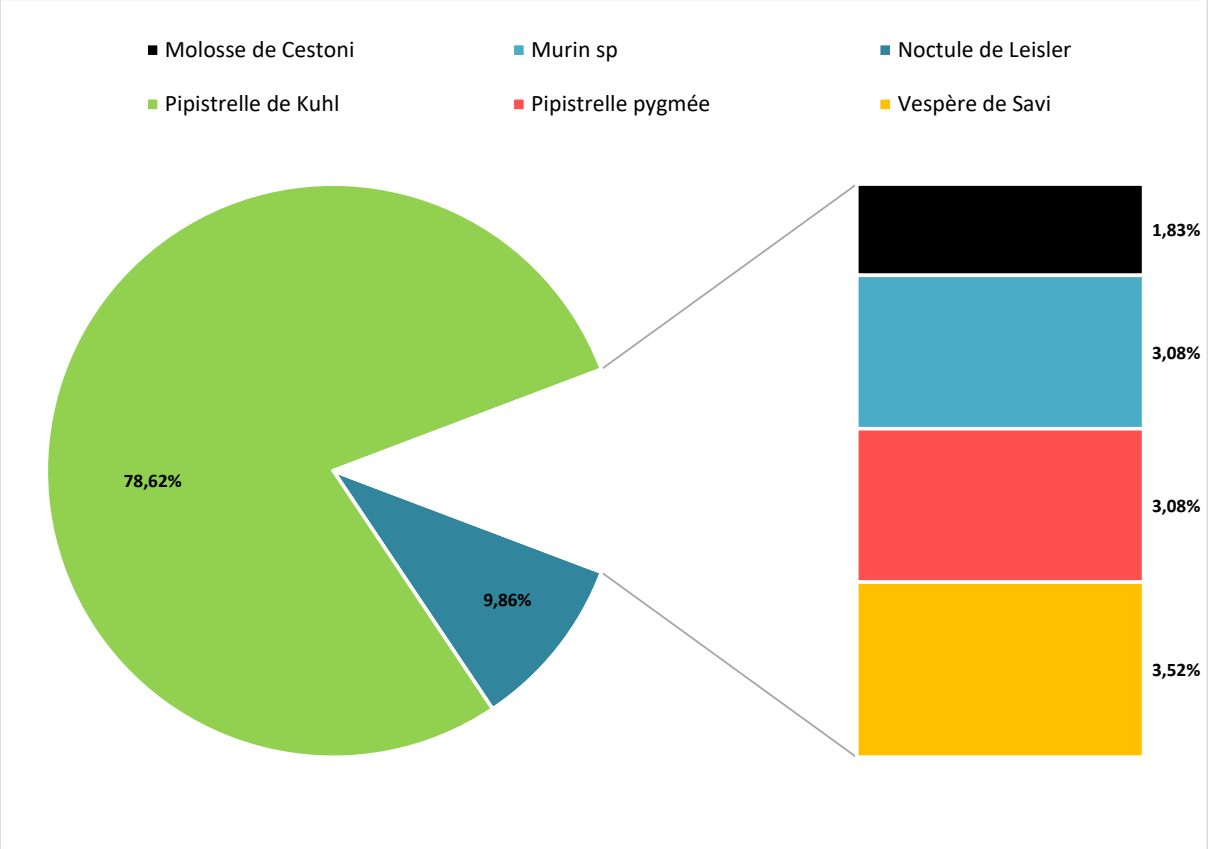
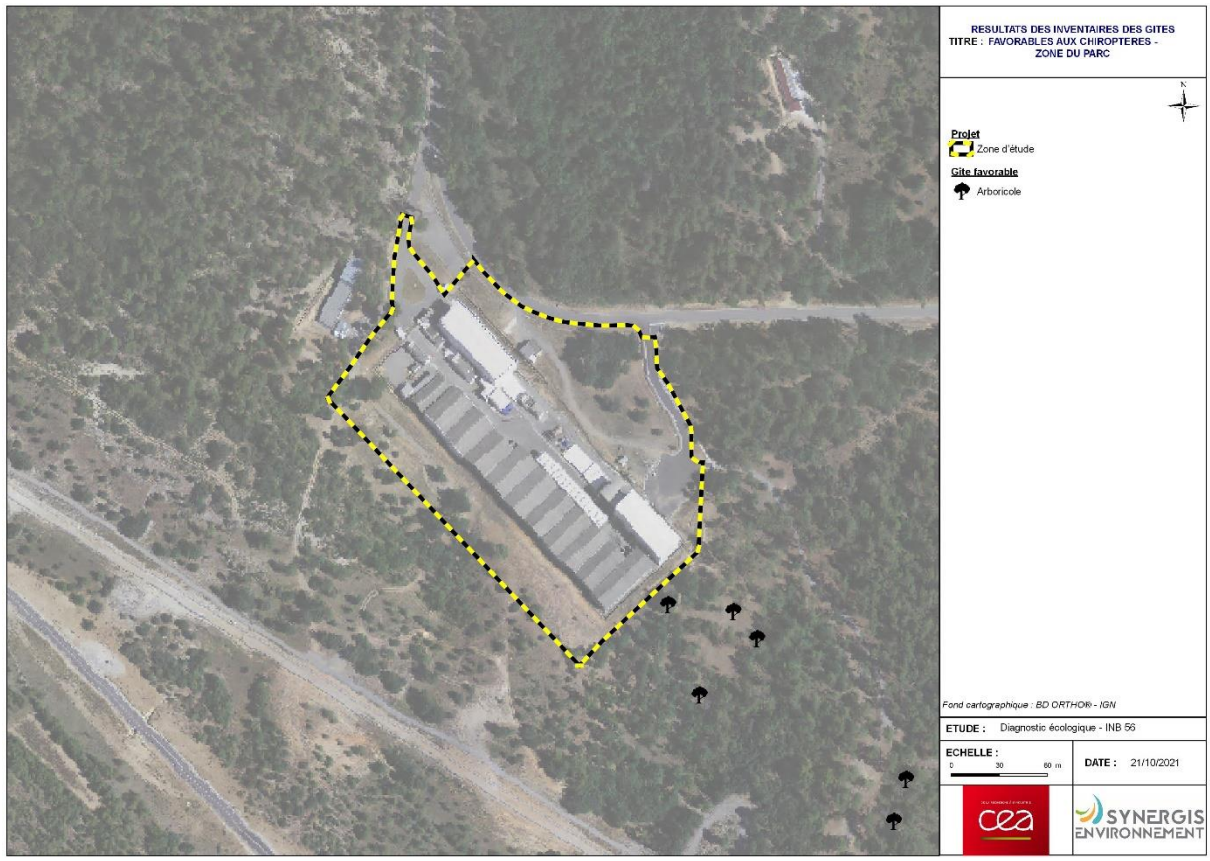


Figure 97 : Abondance des espèces de chiroptères identifiées lors des écoutes actives

Les résultats des écoutes passives mettent en évidence que l'espèce la plus abondante en termes de contacts est également la Pipistrelle de Kuhl (60,82% des contacts), comme pour les inventaires actifs. Cette espèce semble donc très présente dans le secteur.

Les autres espèces pour lesquelles le nombre de contacts est le plus abondant sont la Pipistrelle pygmée, le groupe des murins et la Pipistrelle commune qui représentent respectivement 16,58%, 11,08% et 5,74% des contacts enregistrés.

Certaines espèces semblent très peu présentes et doivent donc fréquenter les zones d'études de façon très occasionnelle. Il s'agit notamment du Molosse de Cestoni (0,24%), de l'Oreillard roux (0,19%), de la Sérotine commune (0,85%), du Vespère de Savi (1,01%).



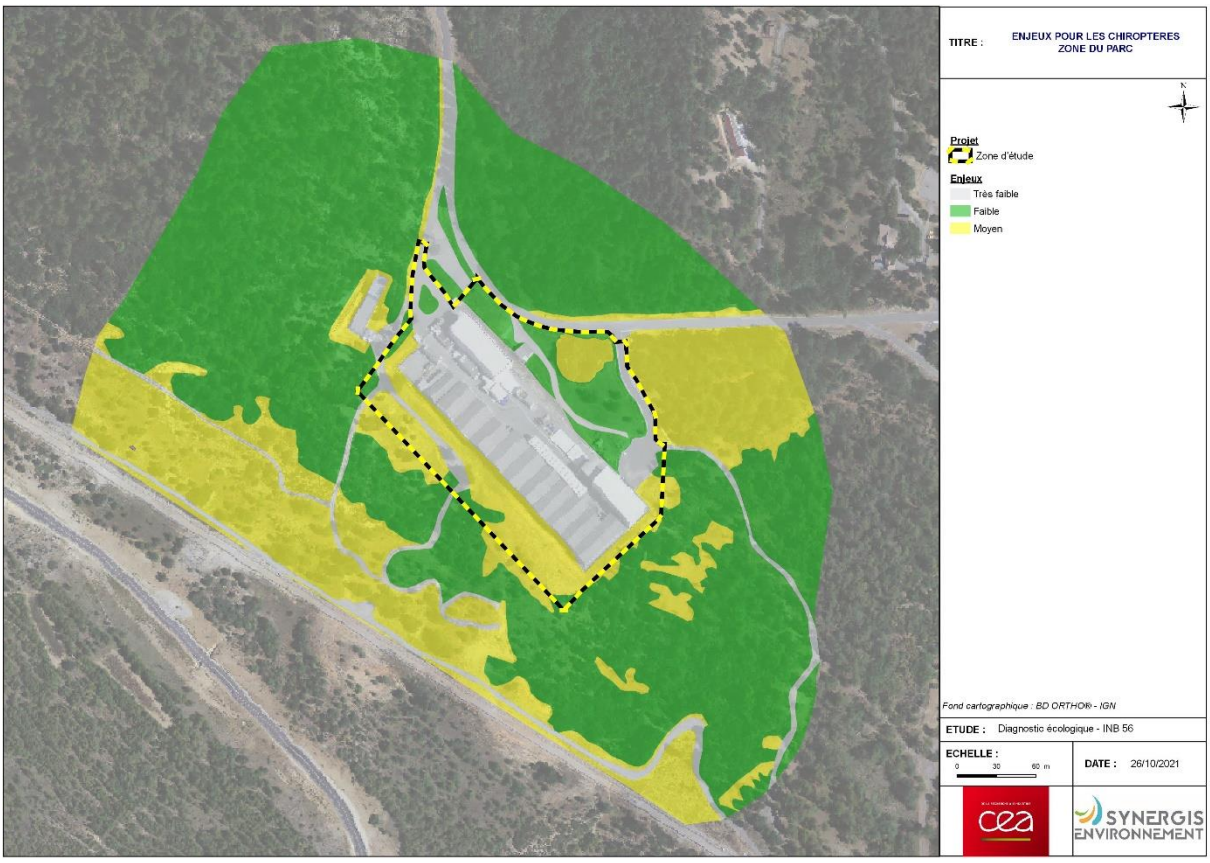


Figure 98 : Arbres à gîtes et enjeux des habitats pour les chiroptères sur la zone du Parc

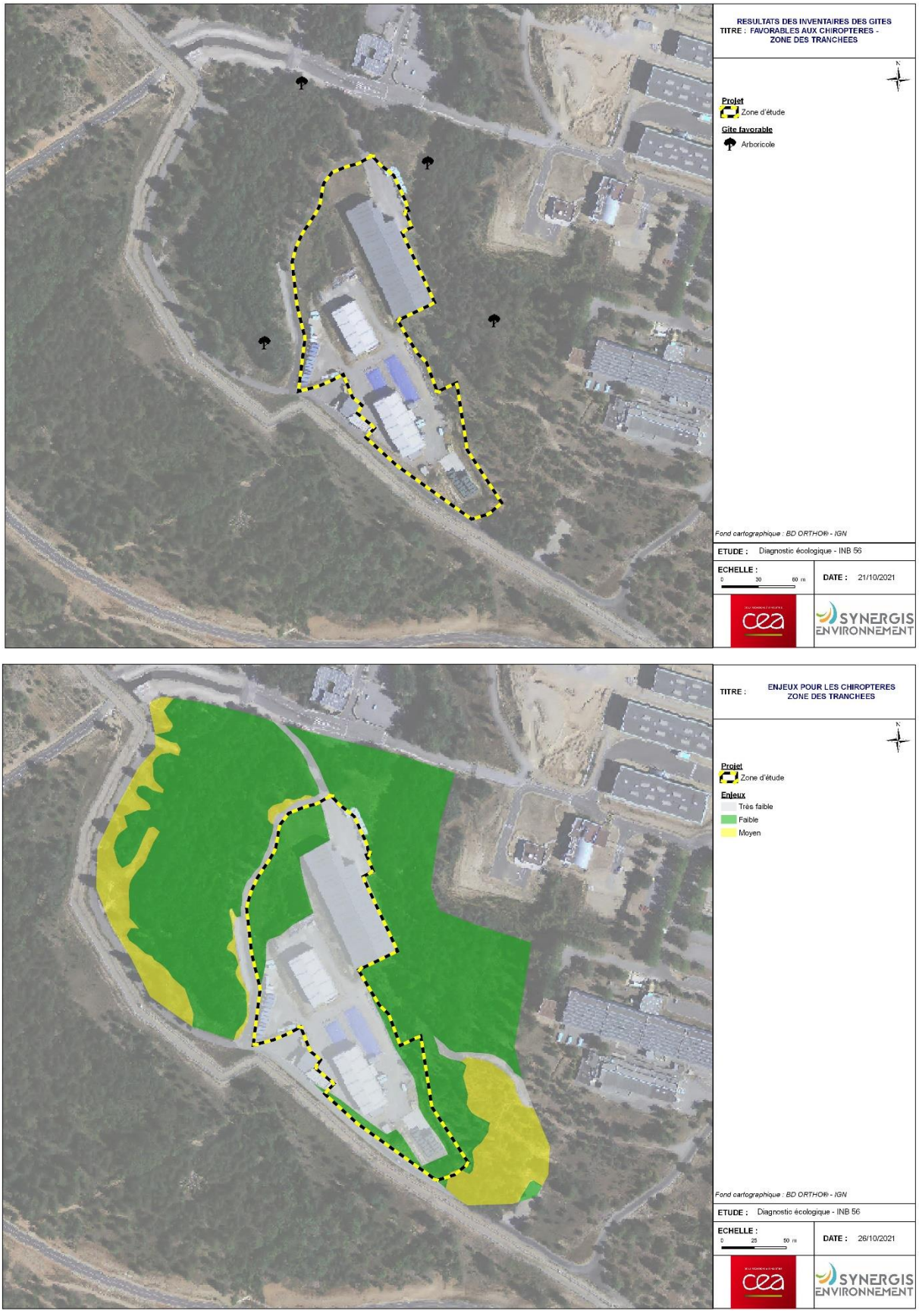


Figure 99 : Arbres à gîtes et enjeux des habitats pour les chiroptères sur la zone des Tranchées

9.4.4. Continuités écologiques

Définition

Les continuités écologiques, qui participent aux équilibres biologiques d'un territoire, sont définies à l'article L.371-1 du Code de l'environnement.

D'une manière générale, elles sont regroupées sous la notion de **Trame Verte et Bleue** (TVB) qui peut se définir comme une infrastructure naturelle, maillage d'espaces et milieux naturels, permettant le maintien d'une continuité écologique sur le territoire et ainsi le déplacement des individus. Ce réseau s'articule souvent autour de deux éléments majeurs (Comité Opérationnel TVB) :

- Réservoirs de biodiversité : « espaces dans lesquels la biodiversité, rare ou commune, menacée ou non menacée, est la plus riche ou la mieux représentée, où les espèces peuvent effectuer tout ou partie de leur cycle de vie (alimentation, reproduction, repos) et où les habitats naturels peuvent assurer leur fonctionnement, en ayant notamment une taille suffisante. Ce sont des espaces pouvant abriter des noyaux de populations d'espèces à partir desquels les individus se dispersent, ou susceptibles de permettre l'accueil de nouvelles populations. »
- Corridors écologiques : « voies de déplacement empruntées par la faune et la flore, qui relient les réservoirs de biodiversité. Cette liaison fonctionnelle entre écosystèmes ou habitats d'une espèce permet sa dispersion et sa migration. On les classe généralement en trois types principaux : structures linéaires (soit des haies, chemins et bords de chemins, ripisylves…) ; structures en « pas japonais » (soit une ponctuation d'espaces relais ou d'îlots-refuges, mares, bosquets…) ; matrices paysagères (soit un type de milieu paysager, artificialisé, agricole…). »

Figure 100 : Eléments de la Trame Verte et Bleue (Source : Analyse des continuités écologiques, Guide méthodologique, RREN PACA, 2015)

La prise en compte de ces différentes composantes permet d'évaluer les réseaux fonctionnels à l'échelle d'un territoire, qui assurent les transferts d'énergies/matières entre les éléments de l'écosystème et contribuent ainsi au maintien de son équilibre biologique.

Analyse

L'article 10 de la loi portant nouvelle organisation territoriale de la République (NOTRe) a modifié les dispositions du Code Général des Collectivités Territoriales (CGCT) et a introduit l'élaboration d'un Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires (SRADDET) parmi les attributions de la région en matière d'aménagement du territoire.

Le SRADDET fixe les objectifs de moyen et long termes en lien avec plusieurs thématiques : équilibre et égalité des territoires, implantation des différentes infrastructures d'intérêt régional, désenclavement des territoires ruraux, habitat, gestion économe de l'espace, intermodalité et développement des transports, maîtrise et valorisation de l'énergie, lutte contre le changement climatique, pollution de l'air, protection et restauration de la biodiversité, prévention et gestion des déchets.

Il se substitue aux schémas sectoriels idoines, dont le SRCE (Schéma Régional de Cohérence Ecologique).

La Région Sud-Provence-Alpes-Côte d'Azur a adopté le SRADDET le 26 juin 2019.

Plusieurs éléments ont été identifiés dans un rayon de 5 km autour de la zone d'étude :

- Réservoirs de biodiversité à préserver ;
- Corridors de biodiversité ;
- Espaces perméables aquatiques ;
- Espaces de mobilité aquatique ;
- Cours d'eau.

Ces éléments sont présentés dans la carte ci-après.

Au niveau des zones d'étude, les boisements peuvent constituer un réservoir de biodiversité ou un corridor écologique pour l'avifaune notamment. À noter également que la clôture délimitant l'enceinte du CEA de Cadarache va de toute façon limiter le déplacement des mammifères.

La zone d'étude du Parc est située dans un espace de mobilité à préserver. Celui-ci concerne les milieux boisés et ouverts de l'arrière-pays méditerranéen. Le CEA étant totalement clôturé, cet espace de mobilité ne concerne pas les mammifères terrestres.

La zone d'étude des Tranchées n'est concernée par aucun élément de la Trame Verte et Bleue. On retrouve à proximité des réservoirs de l'arrière-pays méditerranéen qui concernent la trame semi-ouverte et la trame forestière. Le CEA étant totalement clôturé, les échanges avec les réservoirs en dehors du CEA ne concernent pas les mammifères terrestres.

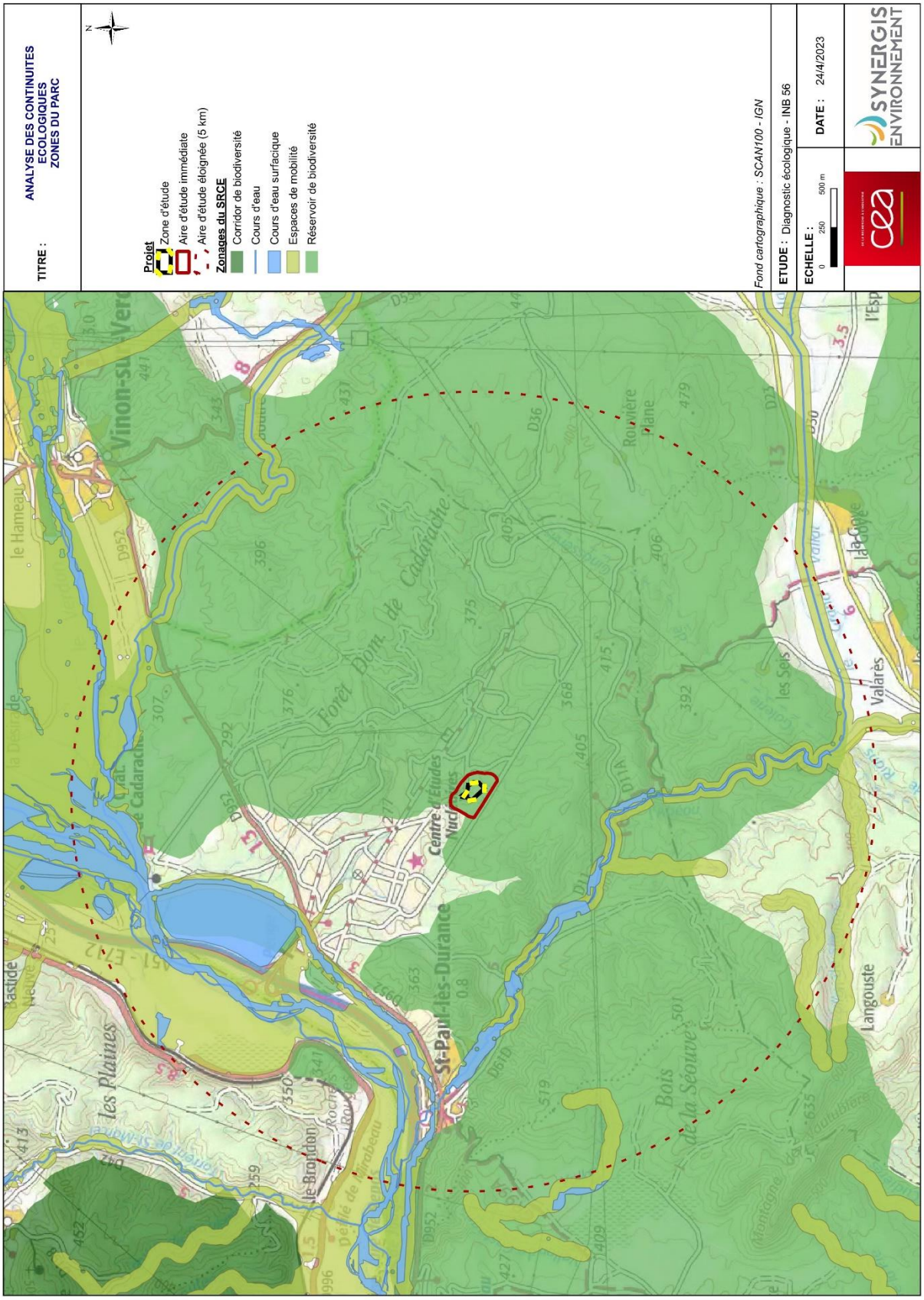


Figure 101 : Localisation des continuités écologiques autour de la zone d'étude

10. Environnement humain

10.1. Démographie et urbanisation

La carte de densité de population ci-après, établie sur la base du recensement INSEE de 2017 donne la répartition de la population dans un rayon de 80 km autour du Centre de Cadarache (Densité de Saint-Paul-lez-Durance = moins de 20 hab/km²).

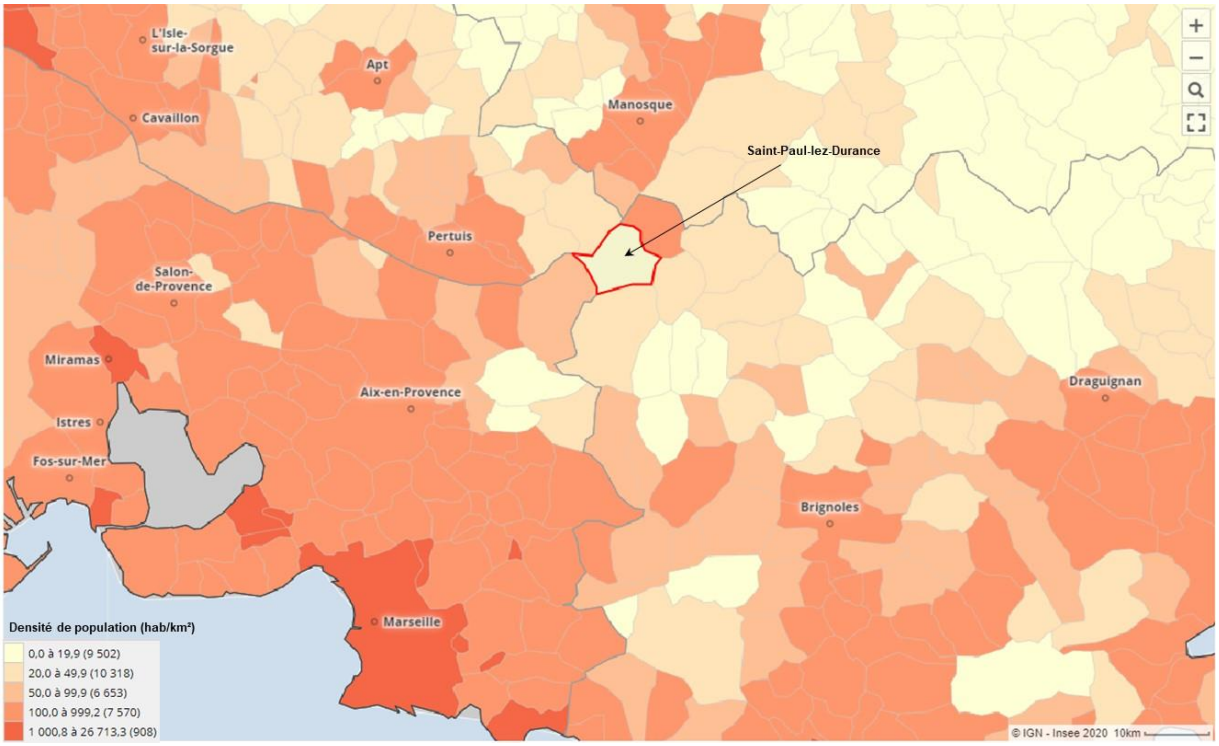


Figure 102 : Densité de population (habitants/km²) en 2017 autour de Cadarache

Elle met en évidence que la région de Cadarache appartient à une zone de peuplement faible, voire très faible vers le nord et vers l'est (régions à prédominance montagneuse). Par contre, les densités croissent vers l'ouest et surtout le sud-ouest pour atteindre des valeurs élevées, supérieures entre 100 et 1000 hab/km², dépassant localement ce dernier seuil dans la région côtière marseillaise. Ces secteurs ne sont pas situés sous les vents dominants.

Cette population est par conséquent essentiellement concentrée au-delà d'un rayon de 40 km, sur le littoral avec les agglomérations de Toulon et Marseille, autour de l'étang de Berre et dans la vallée du Rhône. Plus près de Cadarache, se trouve également l'agglomération d'Aix-en-Provence à environ 35 km au sud-ouest. La ville la plus importante située à proximité du site est Manosque (environ 22000 habitants) à 15 km dans la direction du nord.

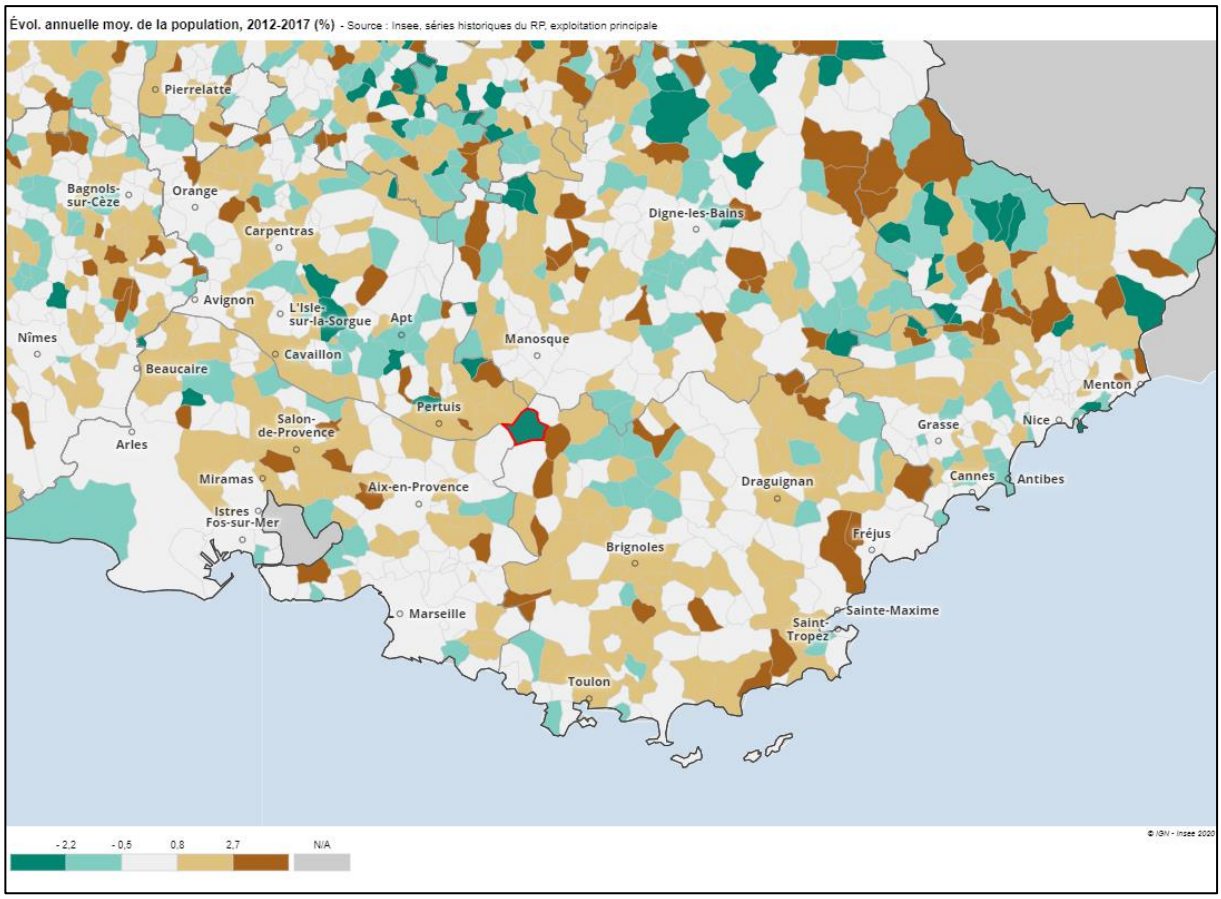


Figure 103 : Evolution de la population entre 2012 et 2017

La figure précédente montre l'évolution de la densité de population sur le même territoire entre les deux recensements de 2012 et 2017. On constate qu'autour de Cadarache, la population a sensiblement augmenté, notamment à l'Est ; seul le village de Saint-Paul-Les-Durance fait exception à cette tendance entre les deux derniers recensements.

Le site de Cadarache est entouré de 8 communes rurales situées dans un rayon de 7,5 km. Le Tableau 108 donne l'évolution de la population entre 1999 et 2017 (la population légale millésimée 2017 est entrée en vigueur le 1er janvier 2020).

Commune	Dépt.	Population INSEE 1999	Population légale 2006	Population légale 2012	Population légale 2017	Différence entre 1999 et 2017
Corbières	4	791	935	1 062	1216	+425
Jouques	13	3 321	3 979	4 375	4510	+1189
Saint-Paul-lez-Durance	13	790	962	995	888	+98
Ginasservis	83	984	1 403	1 583	1834	+850
Rians	83	3 628	4 289	4 398	4294	+666
Vinon-sur-Verdon	83	2 992	3 799	4 299	4321	+1329
Beaumont-de-Pertuis	84	934	1 019	1 115	1152	+218
Mirabeau	84	907	1 076	1 228	1326	+419
Total		**14 347**	**17 462**	**19 055**	**19541**	**+5194**

Tableau 108 : Evolution de la population entre 1999 et 2017

Dans ce périmètre, l'apport estival de la population touristique n'est pas significatif, excepté sur la commune de Vinon-sur-Verdon en raison de l'activité de l'aérodrome. On constate que les environs immédiats du site de Cadarache sont très peu peuplés. Les concentrations de populations les plus proches sont localisées au village de Saint-Paul-lez-Durance et à la zone d'activités située entre le village et le site (direction ouest), au Hameau destiné essentiellement au logement des stagiaires et situé à proximité de l'entrée principale (direction nord-ouest), au château de Cadarache (direction nord) et surtout au village de Vinon-sur-Verdon (à 5 km de Cadarache dans la direction nord-est).

Au-delà de ce périmètre de 7,5 km, il y a une activité touristique importante avec la station thermale de Gréoux-les-Bains à environ 14 km du site et le lac d'Esparron à environ 20 km. Cette activité est de caractère plutôt estival et concerne essentiellement les mois de juillet et août. Les communes de concernées sont situées dans la direction nord-est par rapport au site de Cadarache. Enfin, une communauté religieuse est installée sur la commune de Jouques, au lieu-dit Notre Dame de la Fidélité, à 12 km du site dans la direction ouest/sud-ouest.

10.2. Urbanisme

La gestion de l'urbanisation au niveau du Centre de Cadarache est présentée brièvement dans cette partie, en allant du plus large au plus détaillé.

10.2.1. SCoT (Schéma de Cohérence Territoriale)

La commune de Saint-Paul-lez-Durance fait partie de la métropole d'Aix-Marseille-Provence (AMP), créée le 1er janvier 2016, et issue de la fusion de 6 intercommunalités comme le montre la Figure 104. La métropole regroupe aujourd'hui 92 communes. Cette métropole est la plus étendue des métropoles Françaises avec 3173 km², soit une superficie représentant 10% de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Ce territoire se caractérise par la juxtaposition de zones urbanisées densément bâties et des massifs forestiers, plaines agricoles, vallées et plateaux. 61% de la superficie est occupée par des espaces naturels. L'espace urbain occupe environ 15% du territoire, mais gagne chaque année de l'ordre de 900 hectares sur les surfaces agricoles.

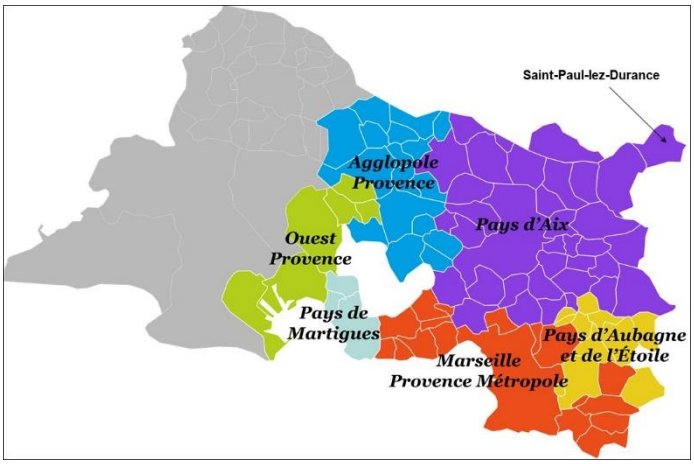


Figure 104 : Métropole Aix-Marseille-Provence issue de la fusion de 6 intercommunalités

A l'heure actuelle, la métropole applique 5 Schémas de Cohérence Territoriale (SCoT), déjà existants sur son territoire au moment de sa création (Marseille Provence, Pays d'Aix, Pays Salonais, Pays d'Aubagne, Ouest Etang de Berre), approuvés entre 2012 et 2015. A terme, elle vise à élaborer un document unique définissant des orientations sur le long terme, qui porteront jusqu'en 2040 ; la démarche d'élaboration a débuté en décembre 2016 et s'achèvera mi-2022.

En attendant, la commune de Saint-Paul-Les-Durance entre dans le périmètre du Schéma de Cohérence Territoriale du Pays d'Aix, qui touche les départements des Bouches-du-Rhône et du Vaucluse (Pertuis), et regroupe 36 communes.

Définition

Le SCoT est un document de planification urbaine créé par la loi de Solidarité et Renouvellement Urbains (SRU) du 13 décembre 2000, qui vise à mettre en cohérence, à l'échelle d'un territoire, l'ensemble des politiques d'aménagement en matière : d'urbanisme, d'habitat, de déplacements, d'économie et d'équipements commerciaux, de préservation des espaces agricoles, naturels et des paysages.

Le SCoT est un outil privilégié de l'aménagement de l'espace, et sert également de cadre de référence au projet de développement durable du territoire qui doit répondre à une triple exigence : renforcer l'attractivité des territoires, améliorer la qualité de vie des habitants et économiser les ressources naturelles. En fixant les grandes orientations en matière d'organisation de l'espace, il doit viser à garantir un équilibre entre les zones habitées, industrielles, touristiques, agricoles et naturelles.

Son ambition est d'organiser le fonctionnement du territoire pour les 15 à 20 prochaines années, et de proposer des réponses à des questions simples et essentielles mais complexes à traiter : où se loger, comment se déplacer, où travailler, où consommer ?

Articulation avec les autres documents d'urbanisme

Le SCoT du Pays d'Aix est lié à d'autres documents de planification s'appliquant sur son périmètre, par des relations de compatibilité et de prise en compte fixées par le Code de l'urbanisme.

Le SCoT doit notamment être compatible avec des documents de rang supérieur :

- la Directive Territoriale d'Aménagement (DTA) des Bouches-du-Rhône ;
- la charte du Parc Naturel Régional du Luberon (PNRL) ;
- le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SDAGE) Rhône-Méditerranée ;
- le Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SAGE) de l'Arc ;
- le Plan Climat Energie Territorial (PCET) du Pays d'Aix.

Il doit aussi prendre en compte les schémas régionaux, tels que le Sraddet (Schéma régional d'aménagement et de développement durable du territoire).

Enfin, il implique la mise en compatibilité des documents d'ordre inférieur, tels que le Plan Local d'Urbanisme (PLU) des communes, et les documents de planification sectorielle élaborés par la CPA : Programme Local de l'Habitat (PLH) et Plan de Déplacements Urbains (PDU).

Le SCoT n'a pas vocation à définir la destination et l'usage des sols à la parcelle, mais il fixe des orientations et prescriptions avec lesquelles, notamment, les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU), devront être compatibles.

L'élaboration du SCoT remise sur l'ouvrage en 2014

La procédure d'élaboration du SCOT vise à produire un document composé de quatre pièces :

- un rapport de présentation, qui comprend le diagnostic territorial (pièce n°1) et l'état initial de l'environnement (pièce n°2). Il justifie également, notamment sur la base de l'évaluation environnementale, les choix ayant conduit au projet de territoire (décliné dans le PADD, pièce n°3), et les principes qui en découlent (définis dans le DOO, pièce n°4) ;
- un projet d'aménagement et de développement durables (PADD). Cette pièce fondamentale du SCoT, représente son projet de territoire. Elle doit permettre de répondre aux enjeux mis en évidence par le diagnostic et l'état initial de l'environnement, en fixant des orientations générales et des objectifs d'aménagement ;
- un Document d'Orientations et d'Objectifs (DOO). C'est le document opérationnel et opposable du SCoT. Il définit les principes à mettre en œuvre afin de respecter les orientations et d'atteindre les objectifs fixés par le PADD, avec lequel il doit être logiquement cohérent. Il détermine ainsi des règles aux travers de prescriptions, qu'il peut accompagner de recommandations. Le Code de l'urbanisme définit assez précisément ce que le DOO doit ou peut prescrire. Il explique enfin de quelle manière le SCOT respecte les relations de compatibilité avec les autres documents de planification évoqués précédemment.

A partir de 2009, alors qu'elle n'était encore composée que de 34 communes, la Communauté d'Agglomération du Pays d'Aix avait commencé à élaborer un SCOT. Fin 2013, la procédure était déjà bien avancée, puisque le projet de SCoT avait été arrêté. Or, l'entrée des communes de Gardanne et de Gréasque dans la CPA au 1er janvier 2014 a entraîné l'élargissement du périmètre de SCOT du Pays d'Aix. La réglementation actuelle ne prévoyant pas de mesures transitoires pour un SCOT dont le périmètre est élargi au cours de son élaboration, la CPA a donc été dans l'obligation de relancer l'élaboration du SCoT à son stade initial. Ainsi, une délibération du conseil communautaire du 3 juillet 2014 a prescrit l'élaboration du SCoT sur son nouveau périmètre, regroupant désormais 36 communes.

Suite à l'arrêt du projet de SCoT lors du conseil communautaire du 19 février 2015, celui-ci a été soumis à enquête publique du 17 juin au 22 juillet 2015. Le SCoT du Pays d'Aix est exécutoire depuis le 21 février 2016 (source : *http://www.agglo-paysdaix.fr/*).

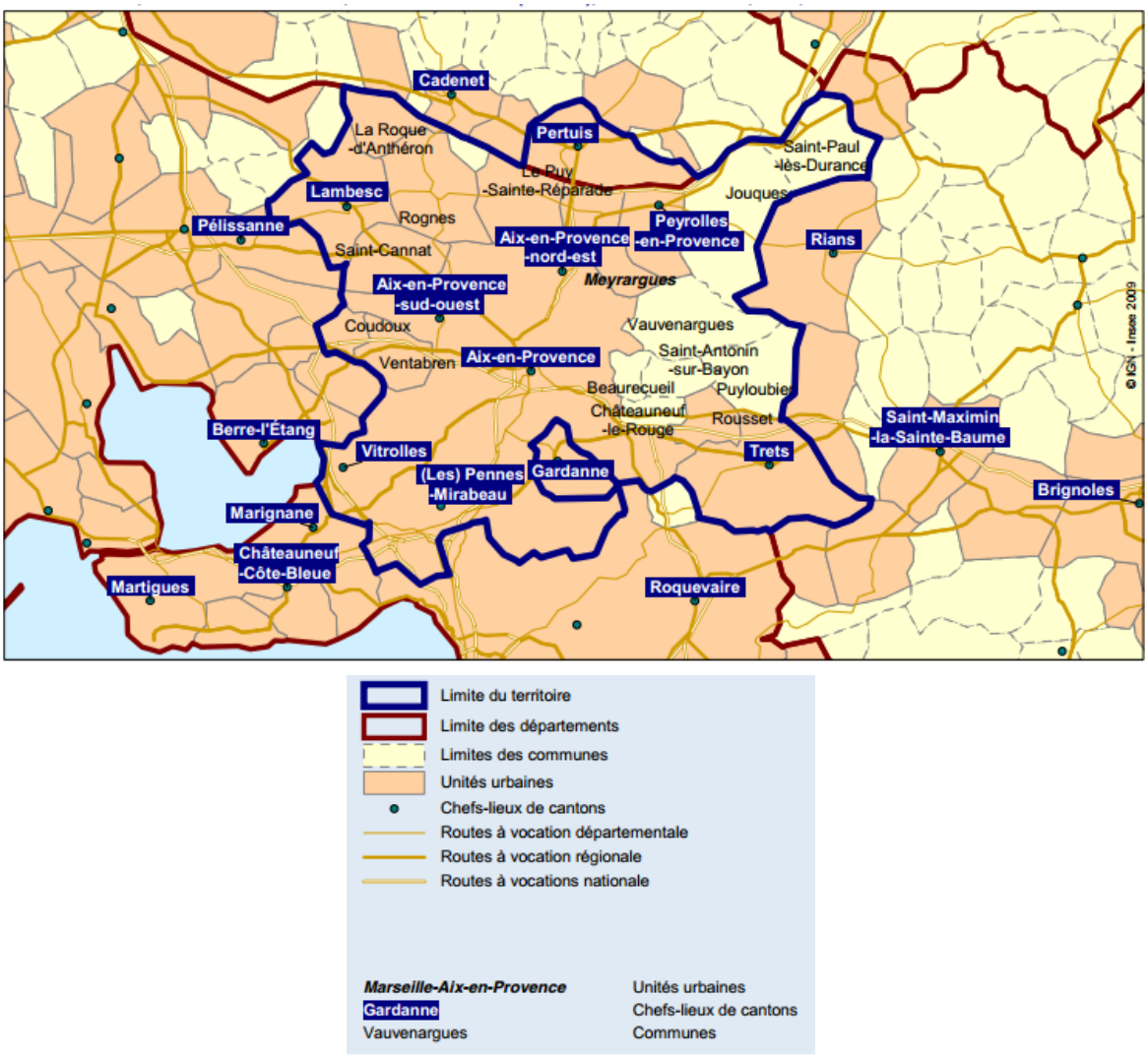


Figure 105 : Délimitation du SCOT du Pays d'Aix avec 34 communes en 2009 (Source : INSEE)

10.2.2. Document d'urbanisme communal

La commune de Saint-Paul-lez-Durance disposait d'un Plan d'Occupation des Sols (POS[29]), depuis le 9 avril 1996. Par délibération du Conseil Municipal du 29 juillet 2014, la commune a prescrit la procédure d'élaboration du Plan Local d'Urbanisme (PLU) pour remplacer le Plan d'Occupation des Sols. Le 23 mai 2016 a eu lieu une première réunion publique de présentation du diagnostic et des esquisses du Projet d'Aménagement et de Développement Durables (PADD)[30]. Le 26 juillet 2017, le PLU a été arrêté en Conseil Municipal. L'enquête publique a eu lieu du 30 novembre au 30 décembre 2017. Par délibération en date du 28 juin 2018, le Conseil de la Métropole Aix-Marseille Provence a approuvé le Plan Local d'Urbanisme de la commune.

[29] Depuis la loi relative à la solidarité et au renouvellement urbains du 13 décembre 2000, dite « loi SRU », le plan local d'urbanisme (PLU) est le principal document de planification de l'urbanisme au niveau communal ou intercommunal, qui a remplacé le Plan d'Occupation des Sols.

[30] Le Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) est la clef de voûte du dossier de Plan Local d'Urbanisme (PLU). Il en définit les orientations. C'est un document simple et concis, donnant une information claire aux citoyens et habitants sur le projet territorial.

La majeure partie du Centre de Cadarache est classée en zone urbaine UN (Filière de production d'énergie d'origine nucléaire et renouvelable), sur laquelle il n'y a pas de restriction de construction.

10.2.3. Maîtrise de l'urbanisme sur le Centre de Cadarache

Le Centre de Cadarache présente la particularité d'être à la fois un domaine boisé, et un centre de recherches avec un bâti qui évolue. Le classement en « zone urbaine » de l'ensemble des parcelles du Centre de Cadarache représente une particularité pour un domaine boisé, et dégage le CEA de posséder des documents réglementaires face à l'espace boisé. Le « Schéma Directeur de Gestion de la forêt et des milieux naturels du CEA de Cadarache 2010-2019 », élaboré par l'ONF, et présenté précédemment, constitue un outil non réglementaire dont le CEA s'est doté dans sa volonté d'appliquer un mode de gestion durable et raisonné dans le temps de sa propriété.

Le CEA s'est également doté, depuis juillet 2013, d'un Comité de gestion du patrimoine écologique du site. En effet, les contraintes environnementales et de préservation de la biodiversité sont à prendre en compte au même titre que les autres contraintes (géotechniques, accès, VRD[31], etc.), et à ce titre, elles sont à intégrer dès la conception des projets. Le Comité de gestion du patrimoine écologique du centre de Cadarache, mis en place par la Direction du Centre, permet de prendre des décisions stratégiques en intégrant notamment :

- la réalisation de projets ou de grands travaux ayant une emprise foncière ;
- la gestion des forêts et des espaces naturels ;
- les enjeux écologiques ;
- les autres activités sur les terrains du CEA (chasses, fréquentation du public, etc.).

Ce comité est présidé par le Directeur Délégué à la Sûreté et à la Sécurité, et est composé de représentants de chaque entité du Centre ayant potentiellement une influence sur le patrimoine écologique (Direction, Chargé de Mission Environnement, service logistique, département des projets, etc.).

[31] VRD : Voirie et Réseaux Divers.

10.3. Occupation des sols et agriculture

10.3.1. Végétation naturelle et environnement forestier

Les statistiques relatives au domaine forestier sont fournies par l'inventaire forestier, un service de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN). Ce service est chargé de l'inventaire permanent des ressources forestières nationales de manière à permettre à l'état de connaître l'évolution dans le temps et les potentialités de la forêt française.

L'IGN a établi pour la période 2017-2021 une carte du taux de boisement (la surface forestière rapportée à la surface totale du territoire) des régions Françaises, révélant d'importantes disparités entre les régions du Sud-Est les plus boisées (Corse, PACA), et celles du quart Nord-Ouest (Normandie, Pays de la Loire). Dans ce panorama, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur possède le 2e taux de boisement le plus élevé après la Corse, avec 52 % de sa surface totale boisée (contre 31 % à l'échelle nationale). Ses forêts sont pour 14 % des forêts ouvertes ; elles représentent 30 % des forêts ouvertes du territoire métropolitain.

La région de Cadarache fait partie de la Provence occidentale calcaire, composée en alternance de reliefs compacts et de bassins sédimentaires meubles. Elle présente un peuplement sylvestre en accord avec les terrains, quoique l'essor rapide de l'exploitation économique et industrielle du territoire ait entraîné des modifications importantes du tapis végétal.

Différentes espèces occupent des terrains souvent en relation avec les conditions micro-climatologiques, le site de Cadarache étant à la limite de leurs zones de végétation (Figure 106).

Ces différentes espèces sont les suivantes :

- la chênaie, presque partout présente sous forme de taillis médiocres, qui se maintient difficilement dans les régions de la vallée de la Durance ainsi que sur les régions côtières sous l'action de la sécheresse, du vent et de l'impact humain ;
- dans les zones incultes, on trouve également le pin d'Alep, le pin pignon et le pin maritime ;
- les taillis qui sont pour leur part constitués de térébinthes, buis, troènes, cornouillers, genévriers, tandis que les clairières sont peuplées entre autres de romarin, de thym et de chênes kermès. Le long des cours d'eau (moins de 1 % du peuplement), se trouvent également des peupliers, des aulnes et des ormeaux.

Le domaine de Cadarache représente un domaine naturel important (2 050 ha dont environ 867 ha clos) malgré les activités qui y sont implantées. La Figure 106 donne la carte de peuplement du domaine constitué, pour une part importante, de chênes verts et de chênes pubescents et pour une part moindre de futaie de pins d'Alep.

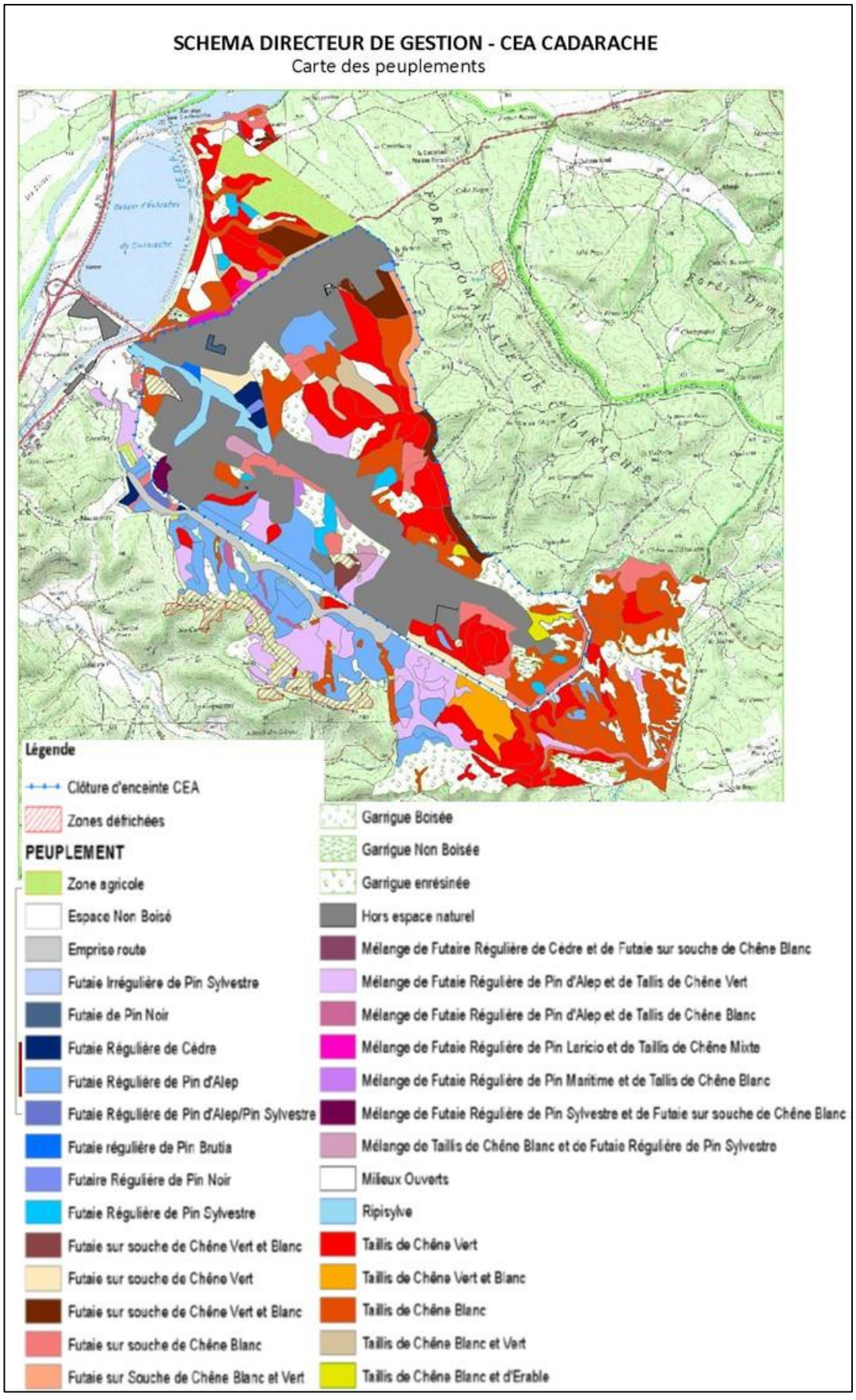


Figure 106 : Peuplement forestier du site de Cadarache en 2021 (Source : ONF)

La végétation qui entoure et peuple le site de Cadarache est particulièrement sensible au feu notamment après une longue période de sécheresse et en présence de vent. En effet, sur le plan de la sécurité, l'orographie, le régime particulier des vents, la topographie et surtout la prédominance des espaces boisés sont des facteurs propres à amplifier les effets d'un éventuel incendie de forêt. L'incendie des 1er, 2 et 3 août 1989 avait ainsi détruit 4 300 hectares aux abords du Centre dont 17 hectares à l'intérieur.

10.3.2. Utilisation agricole des sols et élevage

Les données décrivant l'agriculture locale sont extraites du Recensement Général Agricole (RGA), dont la dernière actualisation date de 2020.

En 2020, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur compte 18 025 exploitations, valorisant un total de 627 200 ha, soit une hausse de 3 % par rapport à 2010 ; plus de la moitié (57 %) sont des surfaces en prairies, composante essentielle de l'agriculture des départements alpins du fait de la nature extensive de l'élevage, valorisant et entretenant de vastes espaces d'estives.

Entre 2010 et 2020, le tissu d'exploitations de la région PACA a continué de se recomposer autour d'unités de moins en moins nombreuses, mais de + en + « robustes » (Figure 107). La Surface Agricole Utile (SAU) moyenne d'une exploitation en région PACA s'établit en 2020 autour de 35 ha.

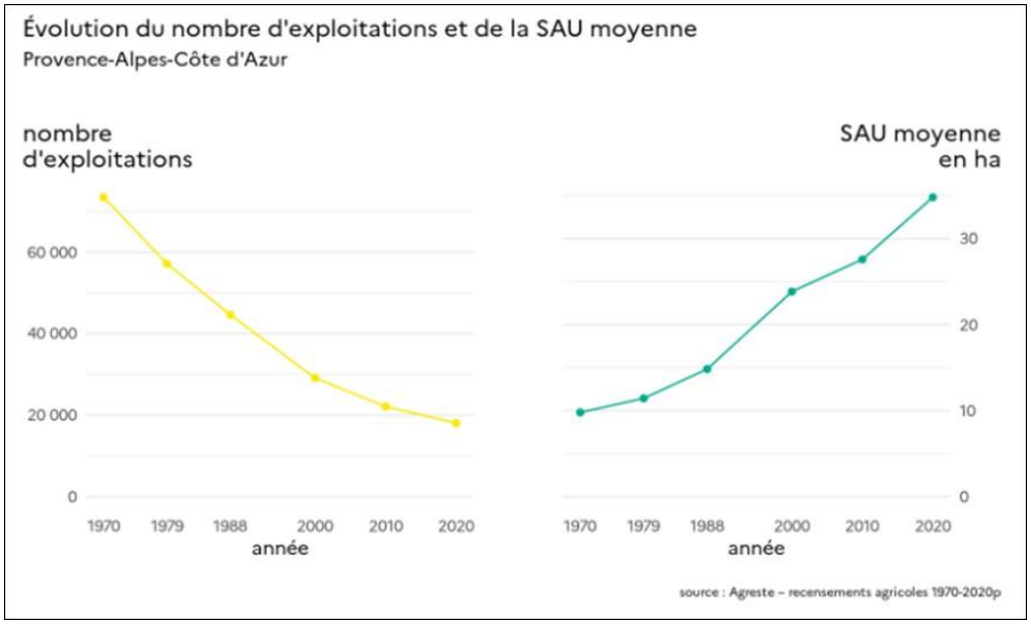


Figure 107 : Evolution du nombre d'exploitations et de la Surface Agricole Utilisée (SAU) en région PACA

Les surfaces agricoles recouvrent un quart du territoire de la région PACA en 2020, et sont particulièrement orientées vers la production de vin (34 % des exploitations), de fruits (16 %) et de légumes (14 %). Ainsi, la région est le 1er producteur national de raisin de table, de cerises, d'olives, de riz ou encore de plantes à parfum aromatiques et médicinales. Par ailleurs, un quart des surfaces agricoles est consacré à l'agriculture biologique (en progression de 14 points par rapport à 2010); la région arrive à ce titre à la 1e place métropolitaine.

On notera enfin que la part des exploitations sous autres labels officiels de qualité ou d'origine (Label Rouge, IGP, AOC-AOP, STG) est de 44 %, en progression de 6 % au cours de la dernière décennie.

La perte d'exploitations en région PACA est particulièrement prononcée en arboriculture et grandes cultures, tandis que le maraîchage progresse, à l'image des ventes en circuit court (la part des exploitations vendant en circuit court a progressé de 12 % en une décennie) ou de l'agriculture biologique (Figure 108).

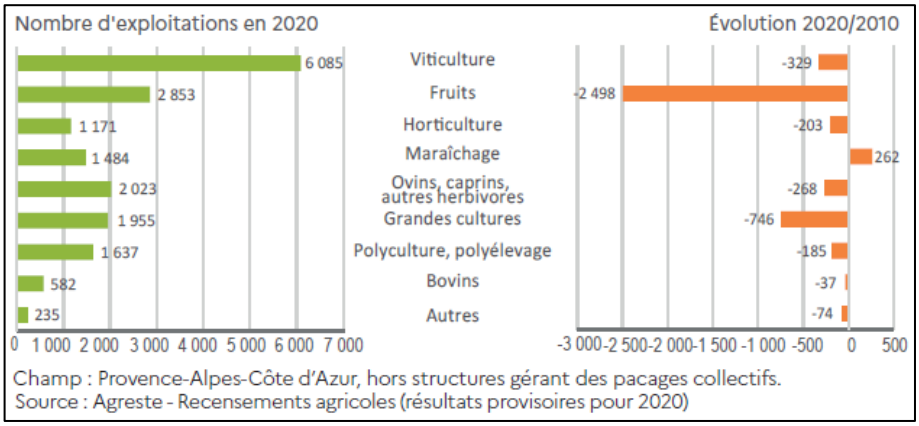


Figure 108 : Evolution de l'orientation technico-économique des exploitations agricoles entre 2010 et 2020 en région PACA

Hors prairies et fourrages, les surfaces cultivées reculent de 6 %. La diminution des surfaces semées en céréales (-35 000 ha) et des cultures fruitières (-3 000 ha) n'est que partiellement compensée par la progression en plantes à parfum, aromatiques et médicinales (+11 000 ha), légumes frais (+2 000 ha), et viticulture (+2 000 ha).

L'orientation technico-économique des exploitations de la région, par commune, est présentée sur la Figure 109.

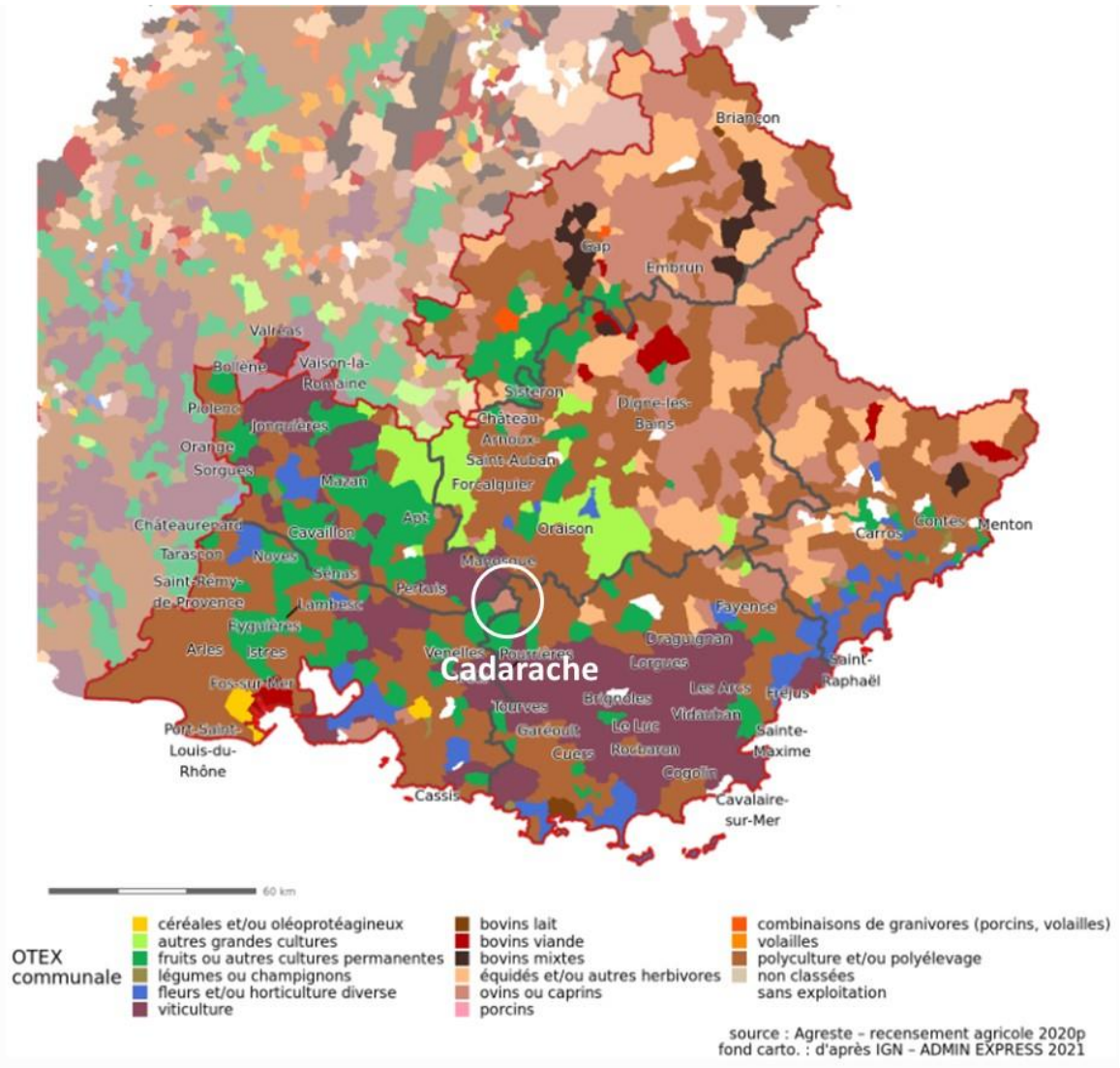


Figure 109 : Orientation technico-économique par communes pour la région PACA (Agreste RGA 2020)

L'économie agricole des régions avoisinant le site de Cadarache se partage entre plusieurs activités conditionnées par l'altitude des terrains :

- sur les hautes terres et collines : soit des forêts ou des peuplements arbustifs déjà décrits, soit des prairies naturelles ou artificielles servant de pacage, soit des cultures de plantes à parfums (lavande principalement) ou médicinales (sauge principalement), soit de la vigne ;
- dans les fonds de vallée ou les terres irrigables : des cultures vivrières diverses dans des zones très particularisées (rives de la Durance entre Manosque et Avignon, nord-ouest d'Aix entre cette agglomération et la Durance, zone sud du Luberon dans un polygone ayant pour sommets Lauris, la Bastide-des-Jourdans, Mirabeau, Pertuis, et enfin au sud de Cadarache aux alentours de Rians).

Il est difficile de disposer d'éléments représentatifs permanents qui sont en effet liés :

- aux choix effectués par les agriculteurs en fonction de la météorologie, des demandes du marché, des directives régionales, nationales ou européennes ;
- à la période de l'année : telle parcelle plantée en céréales jusqu'au mois de juillet sera, pendant l'été plantée en melon, ou restera en jachère.

On peut néanmoins constater que les orientations technico-économiques des communes situées dans un rayon de 5 km autour du Centre de Cadarache ont relativement peu évolué entre 2000 et 2020 comme le montre le Tableau 109 :

Orientations technico-économiques des communes dans un rayon de 5 km autour du Centre de Cadarache			
Commune	**2000**	**2010**	**2020**
Beaumont-de-Pertuis	Viticulture	Viticulture	Viticulture
Corbières	Viticulture	Viticulture	Viticulture
Ginasservis	Polyculture / polyélevage	Polyculture / polyélevage	Polyculture / polyélevage
Jouques	Polyculture / polyélevage	Fruits et autres cultures permanentes	Fruits et autres cultures permanentes
Mirabeau	Viticulture	Viticulture	Viticulture
Rians	Polyculture et polyélevage	Polyculture / polyélevage	Fruits et autres cultures permanentes
Saint-Paul-lès-Durance	Céréales et oléoprotéagineux	Céréales et oléoprotéagineux	Ovins ou caprins
Vinon-sur-Verdon	Cultures générales (autres grandes cultures)	Cultures générales (autres grandes cultures)	Polyculture / polyélevage

Tableau 109 : Orientations technico-économiques des communes sur un périmètre de 5 km autour du Centre de Cadarache (RGA 2020)

10.3.3. Organisation de la profession et labels

Chaque branche d'activité a sa propre organisation. Les céréales sont vendues directement aux utilisateurs (minotiers, fabricants de pâtes, etc.) par les coopératives. La commercialisation des fruits et légumes se fait principalement à un niveau individuel, soit par l'intermédiaire de négociants, soit par vente directe sur les marchés régionaux. Les cultures fourragères, peu utilisées directement sur les exploitations, sont vendues à des négociants.

La viticulture

La production viticole à proximité du Centre de Cadarache s'est organisée pour partie en producteurs indépendants (à Beaumont-de-Pertuis, à Gréoux-les-Bains, à Mirabeau, etc.) et pour partie en caves coopératives.

Les producteurs de Beaumont-de-Pertuis et de Mirabeau peuvent prétendre au label Indication Géographique Protégée (IGP) « Vin de pays d'Aigues », de même que ceux des communes vauclusiennes du sud-Luberon pour les vins qui ne peuvent avoir l'appellation d'origine contrôlée « Côtes-du-Luberon ».

La pomme de terre de Pertuis

La confrérie de la pomme de terre de Pertuis a été créée en 2008 et le 29 janvier 2010 la pomme de terre de Pertuis devient une marque. Cultivée dans la région de Pertuis, Cadenet, Lambesc, Peyrolles, elle est conditionnée en sacs portant le logo officiel de la « Pomme de terre de Pertuis ».

L’agneau de Sisteron

Les agneaux élevés pendant 60 jours minimum avec la mère en bergerie, âgés de 70 à 150 jours et d’un poids de 13 à 19 kg peuvent prétendre à l'IGP label rouge Agneau de Sisteron.

Le miel de Provence

Les apiculteurs produisant du miel ayant les caractéristiques suivantes : miel monofloral ou polyfloral, y compris miel de miellat, issu de la flore spontanée de Provence ou d'une culture spécifique à la Provence, à l'exception des cultures de colza, de tournesol ou de luzerne ainsi que toute autre culture non spécifique avec des pollens spécifiques à la Provence, spectre pollinique des miels devant dans tous les cas présenter une spécificité provençale, peuvent prétendre à l'appellation IGP Miel de Provence.

Huile d'olive de Provence AOC

Pour pouvoir postuler à l'AOC, l'huile d'olive de Provence doit être élaborée à base des variétés aglandau, bouteillan, cayon, salonenque ainsi que celles dénommées localement brun, cayet, petit ribier et belgentiéroise. Il faut au moins deux de ces variétés principales présentes au sein de l'oliveraie. Plusieurs oliveraies à proximité de Cadarache peuvent prétendre à ce label, notamment sur la commune de Mirabeau.

10.4. Activités industrielles

La Figure 110 suivante indique la localisation des sites industriels les plus importants dans un rayon de 80 km autour de Cadarache.

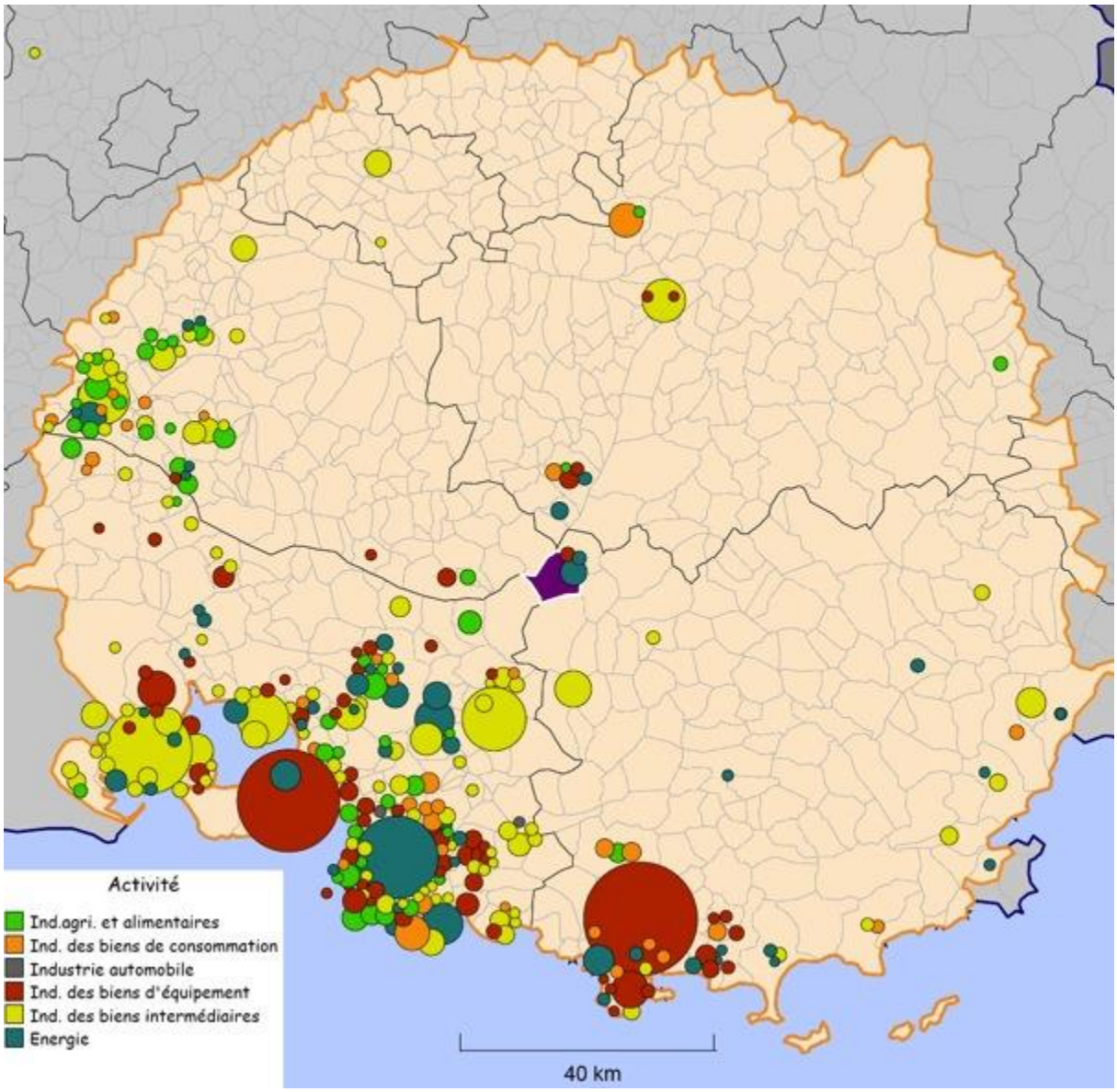


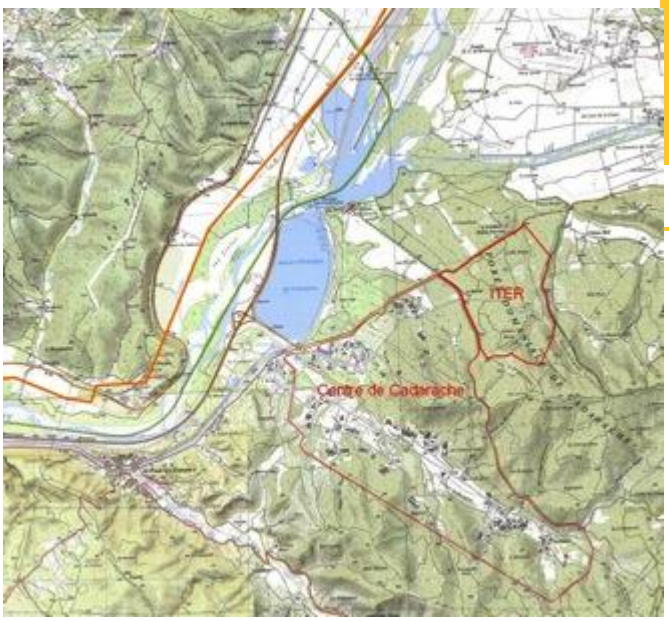
Figure 110 : Carte des principaux sites industriels autour du Centre de Cadarache

Le Centre de Cadarache est éloigné des grandes agglomérations et des grands centres industriels. Les concentrations industrielles importantes se situent à plus de 50 km (usines chimiques Arkema à Saint-Auban et Sanofi à Sisteron au nord, agglomération marseillaise au sud et périphérie de l'Étang de Berre au sud-ouest).

Dans un rayon de 20 km autour du Centre de Cadarache, se sont développées des zones industrielles de taille plus modeste qui accueillent notamment beaucoup de sous-traitants du CEA. C'est en particulier le cas à Saint-Paul-lez-Durance et Vinon-sur-Verdon, mais aussi à Manosque et Sainte-Tulle dans les Alpes de Haute-Provence. A Manosque (20 km au nord), on trouve des entreprises spécialisées en mécanique de précision, en électronique ou en optique, ainsi qu'en traitement des déchets.

L'activité industrielle la plus importante de la vallée de la Durance concerne la production et la distribution d'énergie hydroélectrique. L'ensemble hydraulique comprend 18 centrales représentant une puissance de 2 000 MW. Celles-ci sont pilotées à distance, à partir d'un poste de commande centralisée localisé à Sainte-Tulle à 10 km au nord de Cadarache. Les centrales les plus proches de Cadarache sont celles de Sainte-Tulle (10 km), Beaumont-de-Pertuis (5 km) et Jouques (8 km).

A Manosque il existe un site de stockage souterrain pour les hydrocarbures et le méthane, dans des cavités de sel, équipé dès la fin de 1992. L'exploitation du gaz rend nécessaire la constitution d'un stockage permettant un meilleur équilibre des ressources et des pointes de consommation sur le réseau national. La liaison avec l'artère principale qui passe au sud d'Aix-en-Provence s'effectue par une canalisation de 68 km de long et de 750 mm de diamètre nominal. Elle transporte le méthane humide à la pression maximale de 80 Bar. Le cheminement de la canalisation est représenté sur la figure ci-contre. Celle-ci passe à 1,5 km de la limite ouest du site. Les vannes de sécurité sont installées au nord de Peyrolles et à Sainte-Tulle, à 10 km environ du site de Cadarache.



Trajet de la conduite de gaz

Deux pipelines passent par ailleurs à plus de 15 km au nord-ouest du site. Ils relient la zone de Fos sur Mer à Manosque (GEOPIPE) pour le transport d'hydrocarbures ou à Saint-Auban pour le transport d'éthylène gazeux.

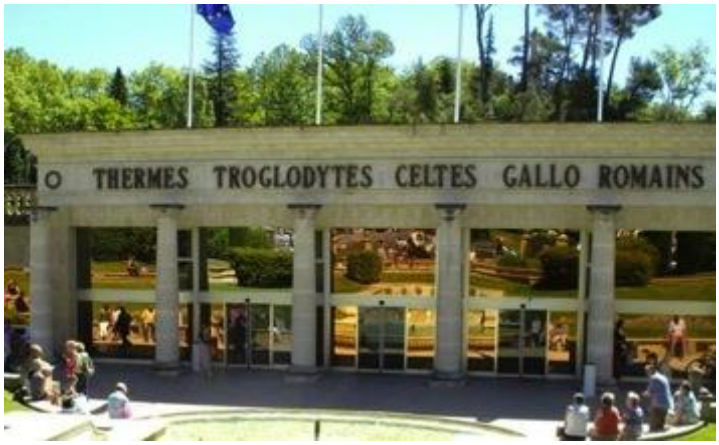
Un recensement des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) soumises à autorisation ou à autorisation avec servitude a été réalisé auprès des DREAL (Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) des quatre départements 04, 13, 83 et 84. Il en ressort qu'aucune ICPE de ce type n'est présente dans un rayon de 10km autour du site. Quant aux ICPE soumises à déclaration, le recensement effectué auprès des préfectures et l'analyse des activités pratiquées, croisées avec leur éloignement montre que celles-ci n'engendrent pas de risques particuliers pour le Site de Cadarache.

10.5. Activités de loisirs

La région constitue une zone touristique appréciée. Dans un rayon de 20 km à l'est, au nord et à l'ouest de Cadarache séjournent, en été, plus de 10 000 touristes dans les villages provençaux et dans les bases de loisirs, le long du Verdon.

La région possède un grand nombre de sites historiques attractifs (pays d'Aix, d'Arles et le littoral) et des festivals permanents et dispersés sur le territoire. Près d'Aix, se trouvent par exemple le village de Lambesc dont bon nombre de bâtisses sont protégées, Lançon-de-Provence qui domine la plaine de la Durance, le village de La Roque d'Anthéron avec son abbaye (Silvacane), le village de Vauvenargues.

A 10 km à vol d'oiseau du site se trouve le village de Gréoux-les-Bains qui possède un établissement thermal affilié à la chaîne thermale du soleil, ouvert entre mars et décembre. Le thermalisme était présent à Gréoux dès l'antiquité, à présent troisième centre thermal français. Les affections traitées concernent la rhumatologie et les voies respiratoires. Environ 27 000 personnes suivent chaque année une cure d'une durée de 6, 12 ou 18 jours.



Les thermes de Gréoux-les-Bains

Les zones d'intérêt touristique les plus proches du site de Cadarache sont, outre Gréoux-les-Bains, le lac d'Esparron, dont l'extrémité ouest est à moins de 15 kilomètres à vol d'oiseau du site et Manosque (ville historique, lieu de vie de Jean Giono, lac de baignade) à environ 20 kilomètres. On peut également citer Mirabeau (5 km), dont la fontaine a servi de lieu de tournage pour le film Manon des Sources et dont le défilé est non seulement célèbre, mais propice à l'escalade.

Enfin à Vinon-sur-Verdon se trouvent un aérodrome de tourisme (aviation légère, planeurs, ULM), un club de canoë-kayak sur le Verdon, un ranch et un parc d'aventures et d'attractions animalières.

10.6. Zones de servitude

Les seules servitudes occasionnées par le site de Cadarache sont celles relatives à la restriction de la circulation aérienne.

10.7. Patrimoine culturel et historique

Le patrimoine culturel et historique est très riche dans la région. Ce bref aperçu se limitera au site de Cadarache et aux éléments de patrimoine les plus marquants à proximité immédiate.

10.7.1. Le domaine de Cadarache

Déjà, au néolithique supérieur (environ 3 000 ans avant J.C), les premiers essais industrieux des hommes de la moyenne Durance qui vivaient en aval de Saint-Paul ont laissé des traces : des silex taillés, des os ouvrés, ainsi que d'importants débris de poterie.

A l'âge des métaux, les indices de la présence humaine se multiplient dans le périmètre même de Cadarache. Ensuite, De nombreux vestiges témoignent d'une permanence d'un habitat sur la commune de Saint-Paul-lez-Durance, du 1er au 5ème siècle après J.C. Le site de Cadarache se situait sur la voie romaine qui reliait Aix-en-Provence à Riez, puis vers les Alpes et Fréjus.

La nécropole reconstituée sur le Centre de Cadarache

C'est en 1964, lors de travaux de terrassement liés à l'extension du Centre, que fut mis au jour un ensemble de cimetières allant du premier âge du fer (6ème siècle avant J.C) à l'époque des invasions barbares (3ème au 5ème siècle).

Les fouilles réalisées en 1964 ont mis à jour 198 sépultures ; les archéologues ont alors découvert des ossements et objets divers (assiettes et vases en céramique).

Les quelques tombeaux reconstitués en surface, datent de l'époque mérovingienne (5ème et 6ème siècle après J.C).

Il faut attendre le début du 11ème siècle pour trouver la première mention de Cadarache dans les textes, en 1066, le domaine était la propriété de Hughes de Cadarache. Un premier château a probablement été détruit vers 1386, pendant la guerre contre Raymond de Turenne qui ravagea la Provence. Dans l'enceinte du château, se trouvait aussi un village avec une population relativement nombreuse jusqu'au 13ème siècle. Le village est tombé en ruines à la fin du 14ème siècle. Il n'en reste plus rien aujourd'hui.

Le château a été reconstruit au 15ème siècle. Outre les fondations, qui suivent probablement le contour du rocher, ne subsistent de cette époque que quelques pans d'une enceinte primitive et la porte d'entrée au nord qui présente des caractères anciens. Les écuries (aujourd'hui, la Ferme) sont au moins aussi anciennes et remontent au 13ème ou 14ème siècle. Le château est inscrit au répertoire des monuments historiques depuis 1925.

Le domaine de Cadarache a toujours appartenu à d'illustres familles, mais il ne constitua jamais la pièce maîtresse d'une fortune foncière. Il a donc rarement été une résidence principale, mais plutôt un agréable lieu de séjour campagnard voué aux parties de chasse.

En 1905, le domaine fut légué par testament à la commune d'Embrun. Au début du 20ème siècle, seule la chasse restait vivace et elle fut louée à un groupe d'hommes d'affaires marseillais. Le domaine fut vendu en 1914 et par un jeu d'échange avec des forêts en Gironde, il échut à l'Etat.

La cour intérieure du château de Cadarache

L'Administration des Eaux et Forêts le transformera en un parc pour le repeuplement du gibier au début des années 30. Sur une surface boisée de 170 hectares, des aménagements considérables furent entrepris pour l'élevage des faisans, perdrix, lièvres, chevreuils... jusqu'à l'introduction surprenante de mouflons de Corse en 1935, prévus pour être réintroduits en Yougoslavie et en Pologne. Mais comme entretemps le roi de Yougoslavie mourut, personne ne réclama les mouflons qui sont restés à Cadarache et ont prospéré depuis. Cette même année, le domaine fut à nouveau transformé, cette fois en école nationale des garde-chasses.

En 1959, le CEA qui cherchait un nouveau Centre est autorisé à venir s'installer à Cadarache. Cet endroit présentait en effet de nombreux atouts comme le rappela le Haut-commissaire de l'époque, Francis Perrin, lors de l'inauguration du Centre en 1963 : « près d'une ville universitaire, sans expropriation, des sols propices aux constructions lourdes, près d'une rivière pour le refroidissement, dans une région attrayante ».

10.7.2. Les falaises de Saint-Eucher

Au bord de la Durance, sur la rive opposée au site de Cadarache se trouvent les falaises de Saint-Eucher, du nom de l'évêque de Lyon de 435 à 449. Auparavant, celui-ci fut sénateur d'Aquae-Sextiae (Aix-en-Provence), puis moine dans les îles de Lérins et enfin ermite dans les falaises qui portent son nom.

Afin de s'isoler d'un monde, qu'il avait connu civilisé et qui sombrait dans la barbarie, Eucher vécut dans une grotte murée et seules Galla, son épouse, Tullia et Consortia ses deux filles purent le visiter et lui apporter sa pitance. Mais en 434, la réputation de l'ermite du Luberon était telle, qu'à la mort de l'évêque de Lyon, on descendit le chercher dans sa solitude provençale pour le placer sur le trône épiscopal. Un martyrologue lyonnais du 8ème siècle précise d'ailleurs qu'Eucher fit de la résistance puisque l'archidiacre chargé de cette mission dut casser le mur de la grotte et l'obliger à le suivre pour être sacré à Lyon.

Prélèvement d'eau au pied des falaises de St-Eucher

Dès son arrivée à Lyon, son premier souci fut d'écrire à sa fille Tullia pour lui ordonner de prendre sa place dans sa grotte. Décédée peu après sa claustration, celle-ci fut ensevelie dans une crypte rupestre, sur un site appelé depuis lors Tullæ, qui fut ensuite transformé en Sainte-Tulle, village à quelques kilomètres en amont des falaises. Au Moyen Âge, son sépulcre fut recouvert par une chapelle.

10.7.3. Le pont de Mirabeau et le défilé de Canteperdrix

Le rétrécissement de la Durance, quelques kilomètres en aval de Cadarache sur la commune de Mirabeau, où la rivière se fraye un chemin entre deux falaises de calcaire abruptes, le défilé de Canteperdrix (site d'escalade sur la rive droite), a donné lieu à quatre ponts successifs. L'ancienne route romaine qui reliait Aix-en-Provence à Riez passait en ce lieu et l'on utilisait des bacs à chaîne dès la première moitié du 18ème siècle.

Le pont édifié au 15ème siècle fut en partie détruit quatre fois en 1440, 1635, 1843 et 1881 par une Durance déchaînée, au débit multiplié par cent. Il fut chaque fois reconstruit car son péage était lucratif.

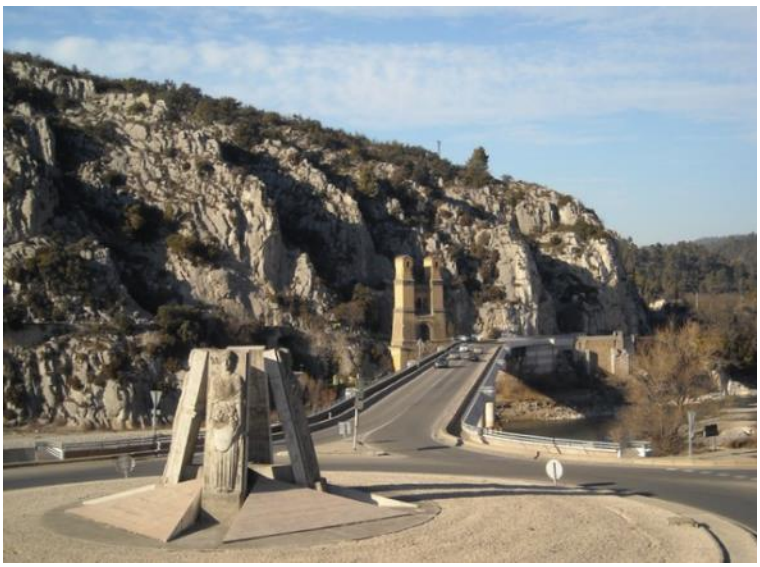
Après deux projets de pont non retenus en 1816 et 1817, Marc Seguin évoque l'idée d'un pont suspendu en 1825. C'est Jean-François Théophile Sauzet qui l'exécute en 1831. Le pont est de type « fil de fer » sur 150 m de long pour 5,50 m de large. Les suspensions sont arrimées à deux immenses portiques néo-roman encore debout aujourd'hui (inscrits Monument historique le 6 juillet 1988). Achevé en 1835, il est emporté par la crue millénale le 2 novembre 1843 et reconstruit en 1845.

Le troisième pont de Mirabeau (en 1961)

Ce pont, détruit pendant la Première Guerre mondiale, est remplacé par un pont d'une travée unique de 175 m de long surplombant la Durance à 14 m de hauteur et doté de deux pylônes en béton armé de 22 m de haut. L'ouvrage est achevé en juillet 1935, une sculpture et un bas-relief sont exécutés par Antoine Sartorio et symbolisent les quatre départements limitrophes. On disait que le pont de Mirabeau (troisième du nom) avait un pied dans chacun des quatre départements limitrophes (Alpes-de-Haute-Provence, Bouches-du-Rhône, Var et Vaucluse) et chacun des piliers illustrait son département par une frise.

Durant la libération, les Alliés, voulant retarder la retraite des chars allemands, le firent bombarder sans succès par leur aviation pendant trois jours. Finalement ce furent les résistants qui le firent sauter le 17 août 1944. Il fut reconstruit en 1947.

L'actuel pont moderne date de 1988 et les frises de Sartorio se trouvent désormais réunies au centre du giratoire, situé sur la rive gauche de la Durance.



Pont de Mirabeau actuel et détail des frises d'Antoine Sartorio

10.7.4. Chapelle de la Madeleine

A quelques dizaines de mètres en amont se trouve la chapelle de Cante Perdrix, dite à l'époque Sancte Marie de Roca Ruffa, possession de l'Abbaye de Villeneuve-lès-Avignon. Ce prieuré, un des plus anciens de Provence (fin du 12ème siècle) dédié à la Madeleine, était le lieu de culte d'une confrérie de bateliers-pontonniers de la Durance. Sa façade conserve une inscription latino-provençale au sujet d'une éclipse du 13ème siècle : « *L'an du Seigneur 1239, le 3 des nonnes de juin, le soleil s'est obscurci. Réfléchis, prends garde, si tu commences comment tu finiras. Qui bien fera, bien [finira]* ».

Chapelle de la Madeleine (ou de Cante Perdrix)

10.8. Paysages

Le site Internet du Grand site de la Sainte-Victoire (*http://www.grandsitesaintevictoire.com*) qualifie le paysage autour de Cadarache ainsi :

Sur les hauteurs de Saint-Paul-lez-Durance

(auteur Simone Dominati)

« ***Cadarache entre Durance et Haut-Var…***

Cette unité, tout en contraste, est formée de collines boisées et de vallons cultivés qui rythment le paysage. Cet ensemble typique de la montagne de Basse Provence est formé de chênaies blanches et de pinèdes, denses et âgés. La présence des ripisylves de la Durance et de l'Abéou offre une linéarité boisée et une couleur particulière le long des cours d'eau. Le domaine de Cadarache est adossé à une succession de collines basses de chênaies blanches et pinèdes. La diversité des essences et l'âge des peuplements marquent cette forêt domaniale et lui confèrent une exceptionnalité forestière, rare dans le département. Les collines ne dépassent pas 338 m d'altitude et présentent un relief moins accidenté que Concors. Espace perçu mais interdit, le complexe industriel de Cadarache marque fortement le paysage et contraste avec l'ambiance « naturelle » du lieu ».

On pourrait également ajouter que le site de Cadarache a su se faire discret, ses installations étant le plus souvent peu élevées et intégrées dans le paysage de sorte à minimiser leur impact visuel.

Saint-Paul-lez-Durance et le canal EDF

Une autre réalisation de l'homme a également marqué le paysage, il s'agit de l'aménagement de la Durance, notamment le canal EDF et le barrage de Cadarache.

Dans un rayon de 30 kilomètres autour de Cadarache se trouvent des paysages célèbres dans le monde entier : la montagne de la Sainte-Victoire au sud-est, celle de la Sainte-Baume au sud, le lac de Sainte-Croix à l'est et l'entrée des gorges du Verdon, les falaises de Moustiers-Sainte-Marie au nord-est et le Luberon au nord-ouest.

Autour de Cadarache, il n'existe cependant aucun site classé.

Le site de Cadarache se trouve aux confins de deux unités paysagères : « la vallée de l'Abéou - le plateau de Cadarache » et « la vallée de la Moyenne Durance ».

Les cartes suivantes présentent les enjeux paysagers (ces cartes sont issues de l'atlas des paysages publié par le Conseil général des Bouches-du-Rhône *https://www.cg13.fr/a-la-decouverte-du-13/atlas-de-paysages*).

L'atlas des paysages entre dans le cadre législatif de la loi dite « Paysage » (loi n° 93- 24 du 8 janvier 1993 sur la protection et la mise en valeur des paysages) et de la loi dite « Barnier » (loi n° 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement qui classe le paysage comme « patrimoine commun de la nation »).

La nécessité d'intégrer la dimension paysagère aux décisions et aux projets d'aménagement ont encouragé une politique d'inventaires départementaux des paysages pour disposer d'une connaissance partagée et concertée en la matière qui soit un document de référence. La démarche est menée par les Services de l'Etat (DIREN (maintenant DREAL), DDE selon les cas) auxquels sont associées les Collectivités Locales ou bien à l'initiative de ces dernières.

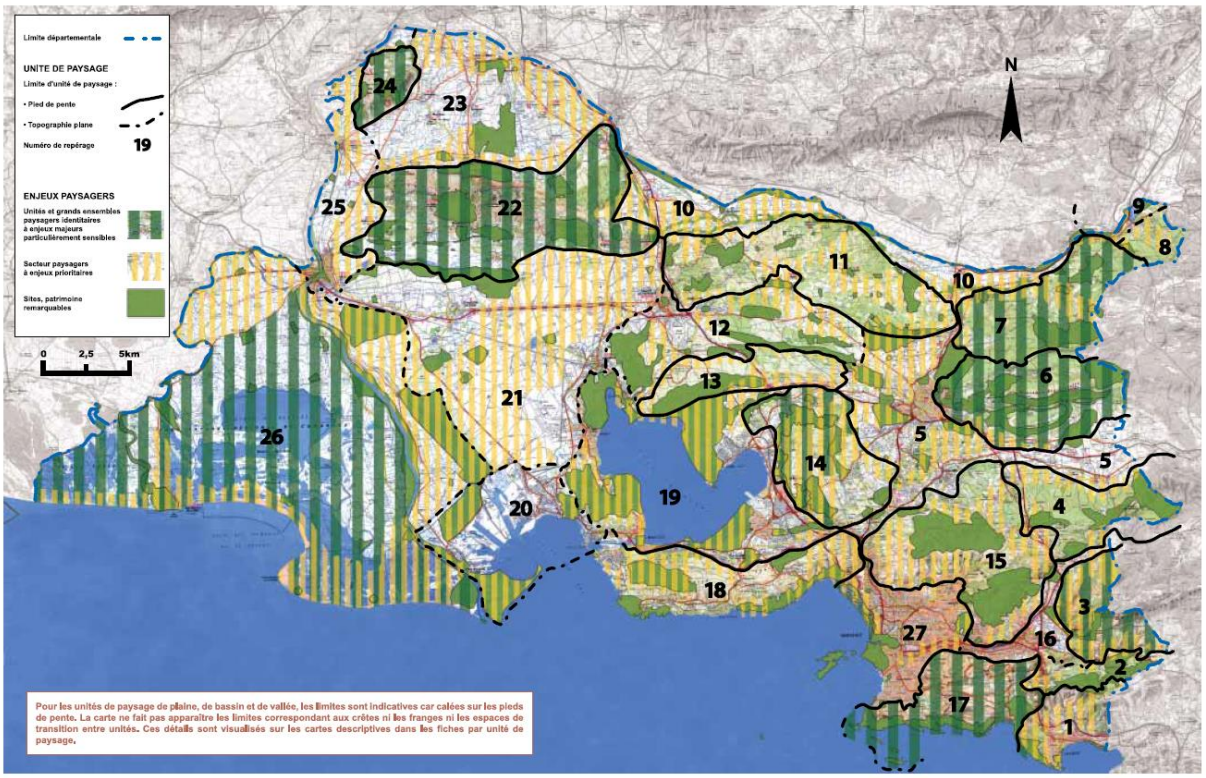
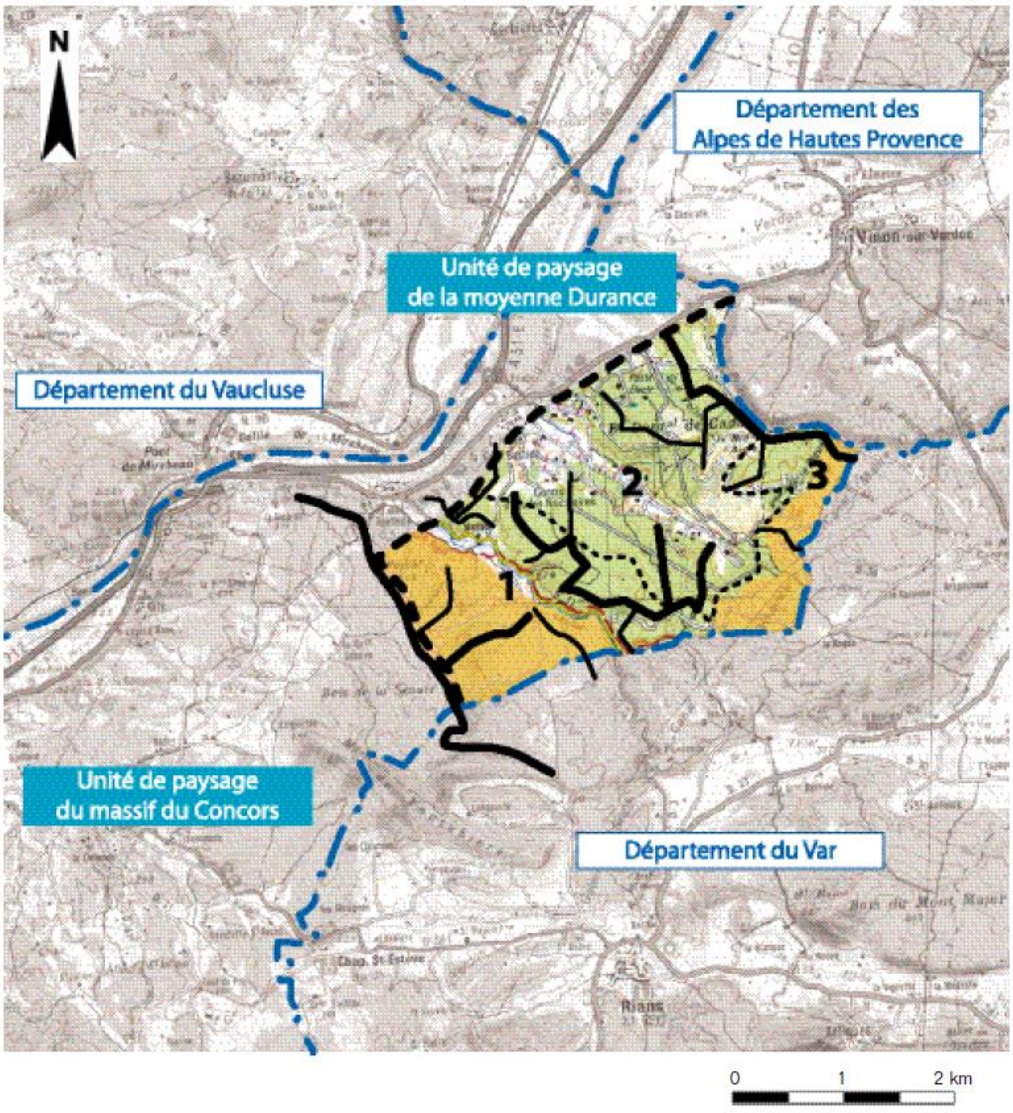


Figure 111 : Carte des unités de paysage des Bouches-du-Rhône, Délimitations et enjeux (Source : CG13)



Légende de la carte

Limites de l'unité de paysage
Elles s'appuient sur la topographie :
- à l'Ouest, les crêtes du Peycail et de la Séouve,
- au Nord, la crête des versants dominent directement la Durance.

A l'Est et au Sud, l'unité s'étend au-delà des limites départementales des Bouches-du-Rhône dans le Var.

Limite de département

Limite de sous-unité de paysage
1. La vallée du Labéou
2. Le domaine de Cadarache
3. La plaine de Grassy

Espace de transition, frange, horizons
- Au Sud-Ouest, les versants de la Séouve forment transition avec l'unité de paysage du massif du Concors
- Au sud-Est, s'amorcent les plans du haut Var.

Limite visuelle majeure

Limite visuelle secondaire

Horizon

Figure 112 : Unité de paysage de la vallée de l'Abéou et du plateau de Cadarache

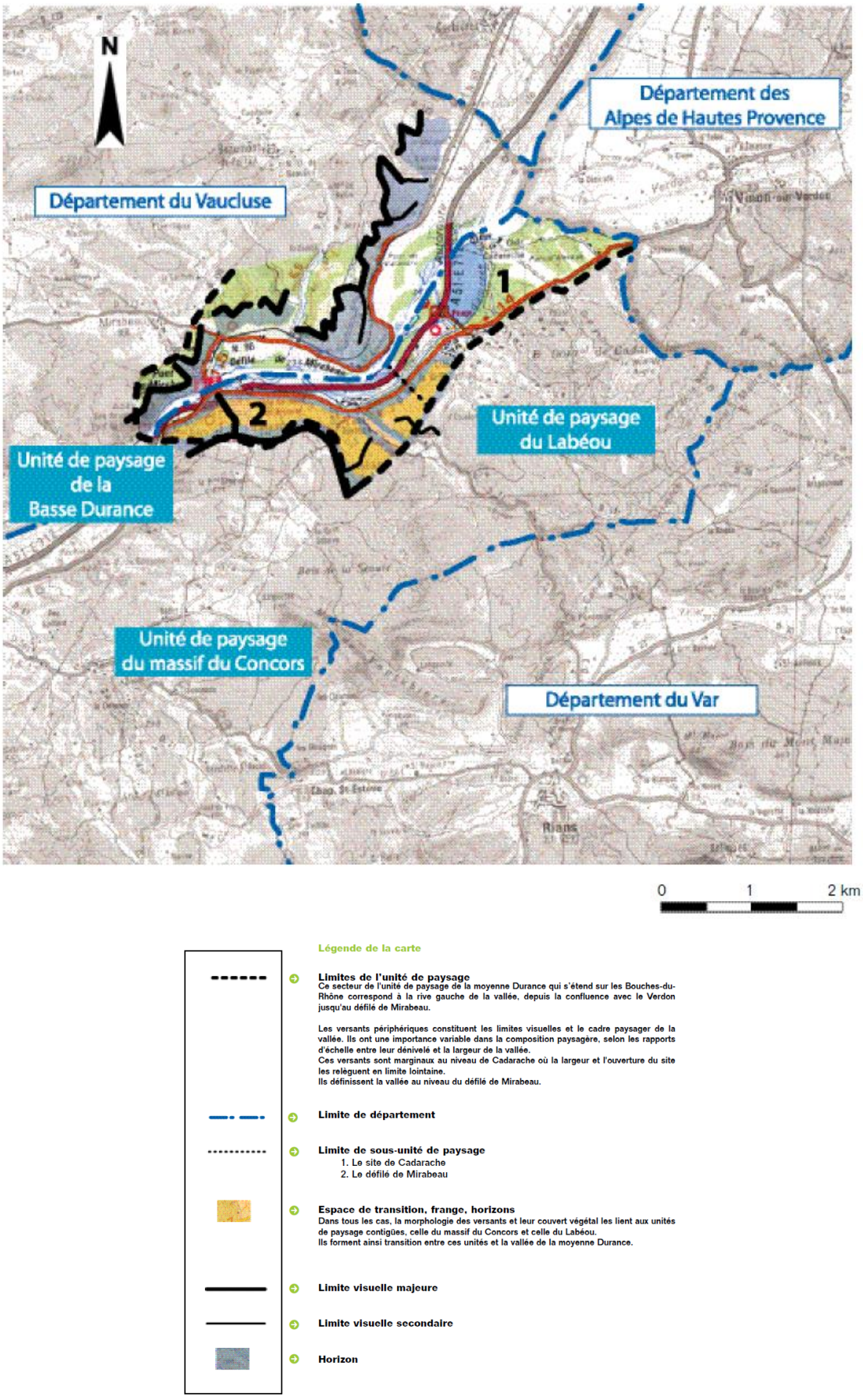


Figure 113 : Unité de paysage de la vallée de la Moyenne Durance

10.9. Environnement sonore

10.9.1. Réglementation

L'arrêté « INB » du 7 février 2012[32] modifié fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base stipule à l'article 4.3.5. du chapitre III sur la prévention des pollutions et des nuisances : *« Toute installation nucléaire de base doit être conforme aux dispositions de limitation du bruit fixées à l'article 3 de l'arrêté du 23 janvier 1997 dans sa version mentionnée en annexe I[33], sauf disposition contraire fixée par décision de l'Autorité de sûreté nucléaire prise en application du 3° du IV de l'article 18 du décret du 2 novembre 2007, eu égard aux caractéristiques particulières de l'installation ou de son environnement et après avis du conseil départemental mentionné à l'article R. 1416-1 du code de la santé publique.*

Ces dispositions ne sont pas applicables en cas de fonctionnement exceptionnel d'organes contribuant à la sûreté nucléaire. Elles excluent également la prise en compte des bruits permanents produits par les ouvrages implantés en cours d'eau.

Le respect des dispositions relatives aux niveaux de bruit s'apprécie en limite d'établissement. »

L'article 3 de l'arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), indique que les émissions sonores des installations ne doivent pas engendrer une émergence supérieure aux valeurs admissibles fixées dans le Tableau 110, dans les zones où celle-ci est réglementée.

Niveau de bruit ambiant existant dans les zones à émergence réglementée (incluant le bruit des installations)	Émergence admissible pour la période allant de 7h à 22h, sauf dimanches et jours fériés	Émergence admissible pour la période allant de 22h à 7h, ainsi que les dimanches et jours fériés
Supérieur à 35dB(A) et inférieur ou égal à 45dB(A)	6dB(A)	4dB(A)
Supérieur à 45dB(A)	5dB(A)	3dB(A)

Tableau 110 : Niveaux réglementaires en matière de bruit fixés par l'arrêté du 23 janvier 1997

Les niveaux sonores en limite de site de Cadarache doivent en outre être inférieurs aux limites fixées par l'arrêté préfectoral n° 2020-497-PC du 27 octobre 2022, soit :

- le jour (7h à 22h, sauf dimanches et jours fériés) : 60 dB(A) ;
- la nuit (22h à 7h), les dimanches et jours fériés : 50 dB(A).

10.9.2. Etat des lieux

Le Tableau 111 montre les résultats des mesures de bruit effectuées depuis 2013. Les limites de 60 dB(A) le jour et 50 dB(A) la nuit sont toujours respectées.

[32] L'arrêté « INB » a abrogé l'arrêté du 31 décembre 1999 fixant la réglementation technique générale destinée à prévenir et limiter les nuisances et les risques externes résultant de l'exploitation des installations nucléaires de base.

[33] Version en vigueur au moment de la parution de l'arrêté « INB », soit le 8 février 2012.

Point de mesure	Niveaux relevés en 2013 dB(A)		Niveaux relevés en 2016 dB(A)		Niveaux relevés en 2019 dB(A)		Niveaux relevés en 2022 dB(A)	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
N° 1	59,0	38,0	47,0	42,5	51,0	44,5	45,0	46,0
N° 2	57,0	39,0	54,0	48,5	57,0	49,5	50,5	48,0
N° 3	44,0	41,5	39,0	43,0	47,5	44,0	43,5	43,5
N° 4	43,5	44,0	39,0	41,5	41,0	26,0	59,0	35,0
N° 5	40,0	22,5	36,0	34,0	35,0	33,0	36,5	30,5
N° 6	43,5	35,5	35,5	34,0	37,5	33,0	40	37,5

Tableau 111 : Mesures de bruit effectuées entre 2013 et 2022

Les points de mesure de niveaux de bruit sont repérés sur le plan du Centre, Figure 114.

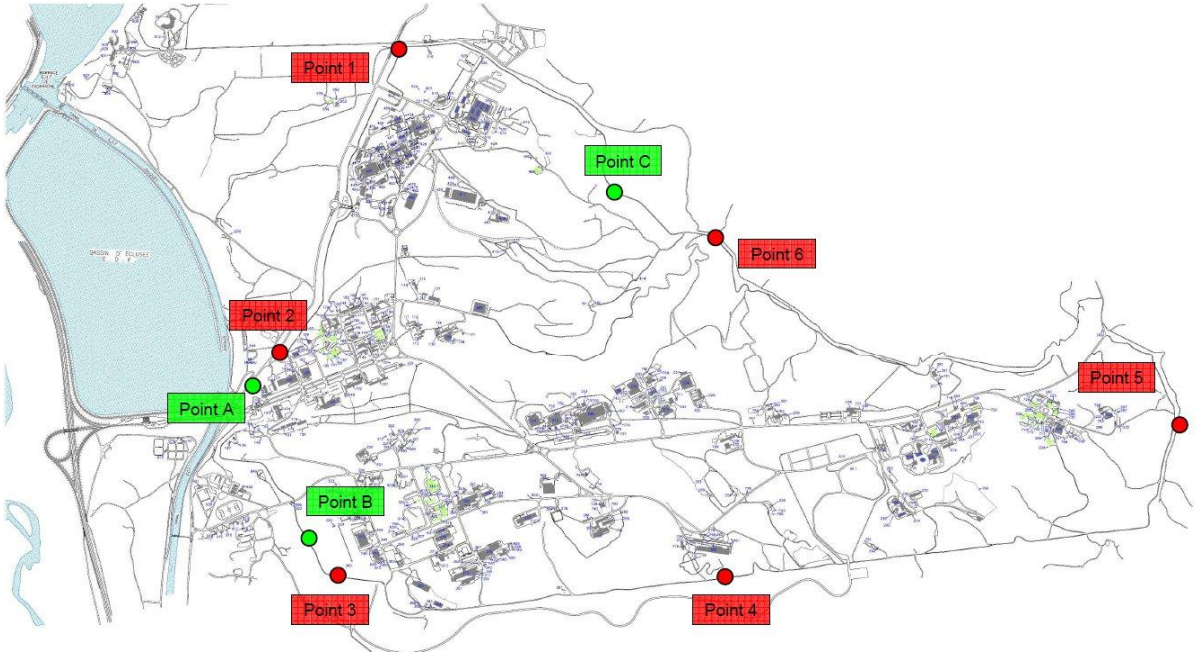


Figure 114 : Points de mesure de bruit

Trois points supplémentaires (A, B et C) ont été mis en place en limite de site (dans l'inter clôture) à 1,5 m au-dessus du sol pour obtenir le **bruit résiduel** servant au calcul d'émergence.

Le **bruit ajouté** par les installations du Centre de Cadarache, appelé **émergence**, a été calculé à partir des mesures effectuées aux points 1 à 6 et A à C.

Les résultats des trois dernières campagnes réalisées en 2016, 2019, et 2022 sont présentés dans les Tableau 112 à Tableau 114.

Point	Emergence jour en dB(A)	Emergence max. jour autorisée en ZER[34] - dB(A)	Emergence nuit en dB(A)	Emergence max. nuit autorisée en ZER - dB(A)
N°1	0**	5	0**	4
N°2	*	5	3,0	3
N°3	0**	5	0*	4
N°4	0**	6	1,0	3
N°5	0	6	***	***
N°6	0**	6	***	***

[34] ZER : Zone d'Emergence Réglementée.

** : l'impact sonore de de point de mesure correspond seulement au trafic routier, en effet, le micro du point n°2 est placé légèrement plus proche de la route que celui du point A ; ** : le niveau résiduel mesuré étant plus important que le niveau de bruit ambiant, l'émergence théorique serait négative, elle est donc imposée arbitrairement à zéro (traduit une absence de bruit ajouté) ; *** : niveau de bruit ambiant inférieur à 35 dB(A), l'indicateur d'émergence n'est pas applicable car il n'y a plus de seuils fixés par la réglementation*

Tableau 112 : Bruit ajouté par les installations du Centre de Cadarache en 2016

Point	Emergence jour en dB(A)	Emergence max. jour autorisée en ZER - dB(A)	Emergence nuit en dB(A)	Emergence max. nuit autorisée en ZER - dB(A)
N°1	0*	5	0*	4
N°2	4,5	5	1,5	3
N°3	0*	5	2	4
N°4	5	6	1,0	4
N°5	0*	6	0*	4**
N°6	0,5	6	0*	4**

** : le niveau résiduel mesuré étant plus important que le niveau de bruit ambiant, l'émergence théorique serait négative, elle est donc imposée arbitrairement à zéro (traduit une absence de bruit ajouté) ; ** : l'émergence n'est plus directement réglementée pour des niveaux inférieurs à 35 dB(A). Pour établir le constat de conformité, le critère retenu est +4 dB (cas des niveaux entre 35 et 45 dB(A))*

Tableau 113 : Bruit ajouté par les installations du Centre de Cadarache en 2019

Point	Emergence jour en dB(A)	Emergence max. jour autorisée en ZER - dB(A)	Emergence nuit en dB(A)	Emergence max. nuit autorisée en ZER - dB(A)
N°1	0	5	0	3
N°2	2,5	5	0,5	3
N°3	2	6	0,5	3
N°4	7	-*	0	3
N°5	1	6	0	3
N°6	3	6	0,5	3

** Il n'existe pas de ZER à proximité du point 4 donc il n'y a pas lieu de conclure sur la conformité de l'émergence en ce point, cette dernière est fournie seulement à titre indicatif.*

Tableau 114 : Bruit ajouté par les installations du Centre de Cadarache en 2022

Toutes les mesures réalisées sont conformes à la réglementation. D'une manière générale, le site est très peu perceptible ; il est tellement étendu et vallonné que le bruit des installations est vite arrêté.

La principale source de bruit à proximité du site de Cadarache est due à la circulation routière. Cette constatation est confirmée par les mesures qui ont été réalisées en 2007 sur le site d'ITER, présentées dans le Tableau 115.

Point	Niveaux relevés en dB(A) – ITER - 2007	
	Jour	Nuit
Près de la clôture CEA, au sud d'ITER	33,5	31,5
Au nord du site ITER en limite	33,5	29,5
Bord de la route, face à la maison de l'ONF	48,5	32,5

Tableau 115 : Mesures de bruit réalisées en 2007 sur le site d'ITER

L'enjeu lié à la pollution sonore est faible. En effet, les premières habitations se trouvent à plus d'un kilomètre du Centre de Cadarache et de l'INB 56.

10.10. Environnement lumineux

L'enjeu de la pollution lumineuse est lié, d'une manière générale, aux perturbations qu'elle peut engendrer sur l'observation du ciel, et sur la biologie des animaux (comportements migratoires, relations proies-prédateurs, dérangement des chauves-souris, etc.). Selon l'Association Nationale pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturnes (ANPCEN), les nuisances lumineuses touchent tout le territoire français, à la fois habitants et milieux naturels, et ont tendance à augmenter.

D'après la carte de pollution lumineuse établie en 2017 par l'association d'astronomie du Vexin AVEX, présentée ci-dessous, le site de Cadarache (dont la zone d'ITER, bien visible en partie nord) est une source de pollution lumineuse du même ordre de grandeur que celle des petites communes avoisinantes comme Vinon-sur-Verdon ou Rians : en échelle visuelle, coloration majoritairement verte et jaune (cf. échelle visuelle en page suivante). L'influence de Cadarache est très inférieure à celle des communes avoisinantes plus importantes (Manosque, Pertuis, Aix-en-Provence).

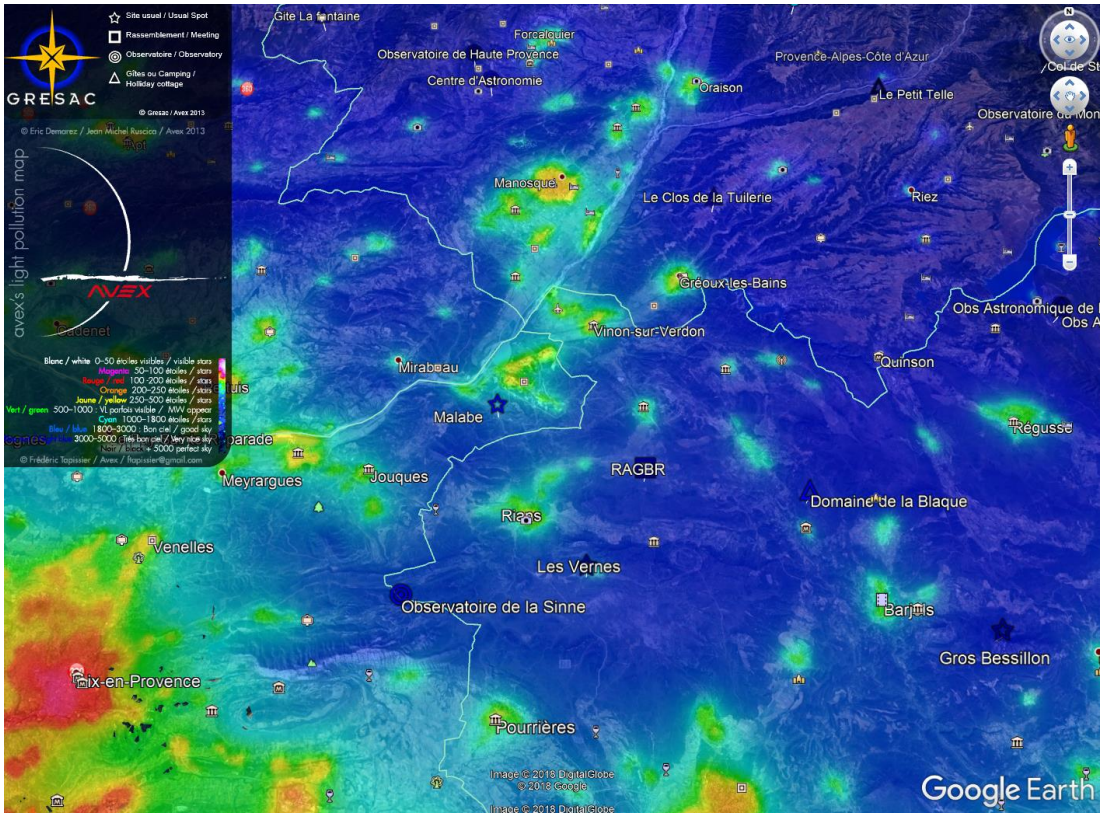
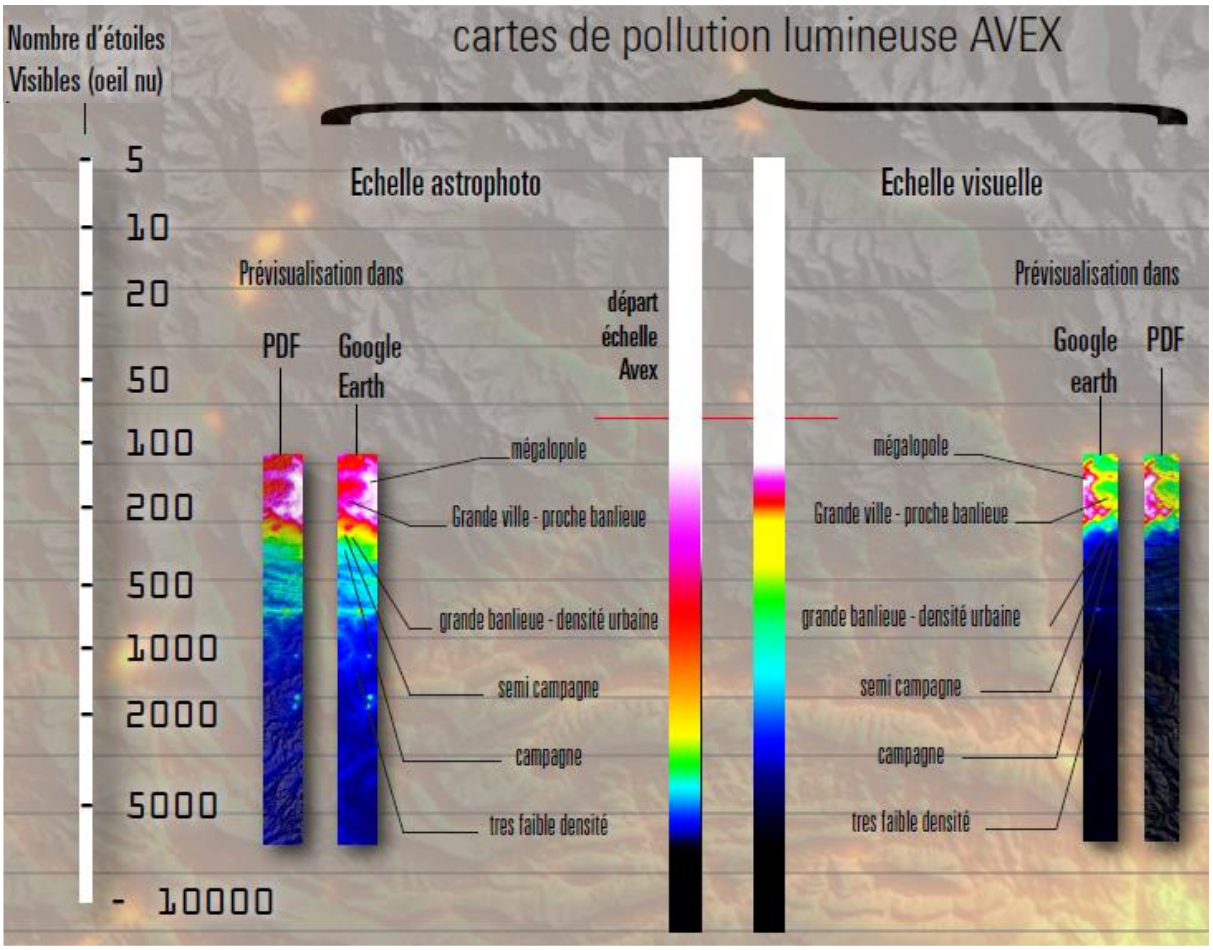


Figure 115 : Carte 2017 de pollution lumineuse en fausses couleurs Google Earth (source AVEX https://www.avex-asso.org/)



Blanc : 0-50 étoiles visibles (hors planètes) selon les conditions. Pollution lumineuse très puissante et omniprésente. Typique des très grands centres urbains et grande métropole régionale et nationale
Magenta : 50-100 étoiles visibles, les principales constellations commencent à être reconnaissables.
Rouge : 100 -200 étoiles : les constellations et quelques étoiles supplémentaires apparaissent. Au télescope, certains Messiers se laissent apercevoir
Orange : 200-250 étoiles visibles, dans de bonnes conditions, la pollution est omniprésente, mais quelques coins de ciel plus noir apparaissent ; typiquement moyenne banlieue.
Jaune : 250-500 étoiles : Pollution lumineuse encore forte. Voie Lactée peut apparaître dans de très bonnes conditions. Certains Messiers parmi les plus brillants peuvent être perçus à l'œil nu
Vert : 500-1000 étoiles : grande banlieue tranquille, faubourg des métropoles, Voie Lactée souvent perceptible, mais très sensible encore aux conditions atmosphériques ;
typiquement les halos de pollution lumineuse n'occupent qu'une partie du Ciel et montent à 40 -50° de hauteur
Cyan : 1000-1800 étoiles : La Voie Lactée est visible la plupart du temps (en fonction des conditions climatiques) mais sans éclat, elle se distingue sans plus
Bleu : 1800-3000 : Bon ciel, la Voie Lactée se détache assez nettement, on commence à avoir la sensations d'un bon ciel, néanmoins, des sources éparses de pollution lumineuse
sabotent encore le ciel ici et là en seconde réflexion, le ciel à la verticale de l'observateur est généralement bon à très bon
Bleu nuit : 3000-5000 : Bon ciel : Voie Lactée présente et assez puissante, les halos lumineux sont très lointains et dispersés, ils n'affectent pas notoirement la qualité du ciel
Noir : + 5000 étoiles visibles, plus de problème de pollution lumineuse décelable à la verticale sur la qualité du ciel. La pollution lumineuse ne se propage pas au-dessus de 8° sur l'horizon

Figure 116 : Echelle visuelle et évaluation de la pollution lumineuse (Source : https://www.avex-asso.org/)

L'enjeu lié à la pollution lumineuse est relativement limité : il perturbe les observations du ciel et également le comportement de certains animaux nocturnes. Pour ce qui concerne la gêne des habitants, l'enjeu est faible, car il n'y a pas d'habitants à proximité de l'INB 56. L'enjeu global est donc considéré comme faible.

10.11. Utilisation de l'énergie et des ressources naturelles

Energie

Le retour d'expérience des années 2014 et 2015 montre que la consommation électrique annuelle totale de l'INB 56 est de l'ordre 1800 MWh. Cette consommation annuelle va augmenter légèrement du fait des opérations réalisées (qui nécessitent des équipements électriques supplémentaires).

L'estimation des consommations électriques par secteur et par an est la suivante :

Secteur	Consommation (MWh)
Secteur commun de la zone du parc	1879,5
Hangars	inclus dans le secteur commun pas de données pour le hangar ATC
Fosses anciennes	1,3
Fosses récentes	inclus dans le secteur commun
Piscines	inclus dans le secteur commun
Tranchées	4,0 1 seule tranchée comptabilisée
Hangar TFA	0
TOTAL	**1884,7**

Tableau 116 : Estimation des consommations électrique par secteur et par an

Eau

Les consommations en eau de l'INB 56 (tous secteurs confondus) sont relativement stables. Le tableau suivant montre leur évolution (valeurs tirées des derniers bilans annuels arrondis au m3) :

2013	2014	2015	2016
322 m3	425 m3	556 m3	480 m3

Tableau 117 : Consommation annuelle en eau

A noter que les opérations de pompage des eaux de la nappe miocène par le SD42 ont été arrêtées (*cf.* lettre d'accord ASN de maintien à l'arrêt des activités de pompage CODEP-MRS-2014-050623 du 07/11/2014).

L'eau est majoritairement consommée pour les sanitaires puisqu'aucun procédé ne requiert d'eau en quantité significative lors du fonctionnement normal, sur la période considérée. A noter toutefois que la consommation d'eau devrait augmenter sensiblement lors de la phase de démantèlement, en raison d'une part de l'augmentation de l'effectif nécessaire et d'autre part de la mise en œuvre de procédés de cimentation pour le blocage des colis finaux (notamment Vrac-MI et tranchées).

L'estimation des consommations en eau par secteur et par an est la suivante :

Secteur	Consommation (m^3)
Secteur commun de la zone du parc	526
Hangars	4
Fosses anciennes	10
Fosses récentes	inclus dans le secteur commun
Piscines	inclus dans le secteur commun
Tranchées	0
Hangar TFA	0
TOTAL	**540**

Tableau 118 : Estimation des consommations en eau par secteur et par an

La consommation d'eau annuelle est de l'ordre de 540 m^3. Elle est à comparer à la consommation moyenne annuelle d'un foyer français de 2,5 personnes, évaluée selon l'INSEE à 120 m^3.

Elle représente environ 0,3% de la limite annuelle de prélèvements autorisée pour le fonctionnement des installations nucléaires de base civiles du Centre de Cadarache[35], fixée à 170 000 m³/an, conformément à la décision ASN n°2017-DC-0597.

L'enjeu sur la ressource en eau est jugé faible en raison des particularités locales : la ressource est en effet abondante, que ce soit dans les nappes alluviales de la Durance et du Verdon, ou dans les canaux de la Société du Canal de Provence et d'EDF alimentés par la Durance. Cette relative abondance n'exclut pas la recherche d'économie.

Matériaux

Les activités de fonctionnement de l'INB 56 n'engendrent pas de consommation particulière ni significative de matériaux.

10.12. Voies de communication

10.12.1. Infrastructures routières

La Figure 117 présente les principales voies de communication dans l'environnement du Centre de Cadarache.

Figure 117 : Les voies de communication autour du CEA de Cadarache

Le site est accessible, à partir du sud (Aix-en-Provence, Marseille) et du nord (Manosque) par la Route Nationale 96, la Route Départementale 952 et l'autoroute A51 dont la bretelle d'accès de la gare de St-Paul-lez-Durance est reliée à la Route Départementale 952 par un rond-point situé devant l'entrée principale du Centre.

[35] A l'exclusion des eaux de refroidissement du Réacteur Jules Horowitz (RJH).

Outre la RD 952, les routes les plus proches sont la RD 11 et la RD 36 qui permettent d'accéder au Centre par la Porte de Ginasservis, côté Est. Quinze portes réparties le long de la clôture permettent de rejoindre ces voies en utilisant des chemins forestiers. Elles peuvent être utilisées en cas de situation exceptionnelle.

La circulation sur la RN 96 est très importante mais a nettement chuté depuis la mise en service de l'autoroute A51. Sa fréquentation moyenne journalière est descendue en 2002 à 7 530 véhicules au sud du pont de Mirabeau et à 6 400 véhicules sur la portion la plus proche du site de Cadarache située dans le département du Vaucluse.

L'autoroute A 51 a absorbé de son côté en 2001 un trafic moyen journalier de 15 600 véhicules sur la section située entre Pertuis et Cadarache, et de 14 800 véhicules sur la section située entre Manosque et Cadarache. La différence entre ces 2 sections correspond essentiellement au trafic en provenance d'Aix-en-Provence lié à l'activité de Cadarache. Pour l'ensemble de ces données, la part de trafic correspondant aux poids lourds et aux cars est de 7 à 8 %.

En moyenne journalière annuelle, 3 810 véhicules ont emprunté la gare autoroutière de Saint-Paul-lez-Durance en 2001, dont 3 630 véhicules de tourisme et 180 cars ou poids lourds. La circulation en ce lieu est principalement due aux activités du site de Cadarache.

Il en est de même sur la route départementale 952 qui longe le Centre côté nord-ouest. Les comptages effectués par la DDE 13 indiquent pour 2002 un trafic moyen journalier de 5 730 véhicules au nord de l'entrée du Centre et de 5 710 véhicules du côté de Saint-Paul-lez-Durance. Les pointes principales se situent aux heures de début et de fin de journée (7h-9h et 16h-17h).

Les autres routes départementales, plus éloignées, ont une fréquentation moindre. En particulier, la fréquentation moyenne journalière de la RD 11 au sud-ouest du Centre était de 1 050 véhicules en 2002.

La circulation sur le Centre et sur l'emprise d'ITER obéit aux règles appliquées communément en agglomération. Sur le Centre, le trafic s'écoule suivant un réseau d'axes principaux reliés entre eux par des transversales, des routes et des chemins forestiers. Une piste de 4 mètres de large fait le tour de la clôture par l'intérieur et relie entre elles les différentes entrées.

Une analyse complémentaire concernant le trafic de matières dangereuses aux abords du site a été réalisée par le CETE Méditerranée en 2004. Cette étude montre que l'essentiel du trafic concerne l'autoroute A51 (150 poids lourds transportant des matières dangereuses en moyenne par jour).

Quelques poids lourds empruntent également la RD 952 qui longe les clôtures du Centre et d'ITER côté ouest, pour desservir la commune de Vinon-sur-Verdon.

L'approvisionnement du Centre en carburants (essence et gazole) a atteint un niveau stable ces dernières années avec 12 livraisons annuelles représentant environ 150 m^3 pour l'essence et 120 m^3 pour le gazole. Les trajets de camions d'hydrocarbure sur le Centre sont accompagnés d'un véhicule de la FLS sur le trajet porte principale – chaufferie – porte principale. En ce qui concerne les gaz comprimés (air, argon, butane, hélium, hydrogène, oxygène, méthane, propane, ammoniac, etc.), le flux d'entrée/sortie est d'environ 600 kg/an, sauf pour l'azote pour lequel il est de 6 000 kg/an. Le Centre est aussi approvisionné en produits chimiques divers, soit en capacités allant jusqu'à plusieurs mètre-cubes par an, soit en colis de petites quantités d'éthanol, d'acide nitrique ou sulfurique, de soude caustique (colis de 1 à 5 litres), ou encore de benzène (moins d'un colis de 5 ou 10 litres par mois).

10.12.2. Réseau ferroviaire

Le réseau ferroviaire à proximité du Centre de Cadarache se limite à la ligne Aix-en-Provence / Manosque /Sisteron. Cette ligne non électrifiée est peu utilisée, principalement pour le trafic voyageur.

En ce qui concerne le trafic ferroviaire de matières dangereuses sur la voie qui longe la RN 96, celui-ci a été recensé en 2005 sur la base des informations fournies par la SNCF et les industriels concernés. L'essentiel de ce trafic est dû à l'usine ATOFINA de Saint-Auban (04) qui a communiqué le détail de ses transports sous réserve de confidentialité.

10.12.3. Trafic fluvial

La Durance et le Verdon ne sont pas navigables, il n'y a aucun trafic fluvial à proximité du Centre de Cadarache.

10.12.4. Activités aériennes

L'interdiction de survol à basse altitude édictée pour le Centre de Cadarache s'applique également à l'INB 56.

A proximité (Vinon-Sur-Verdon), se trouve un aérodrome limité à l'aviation légère et aux planeurs.

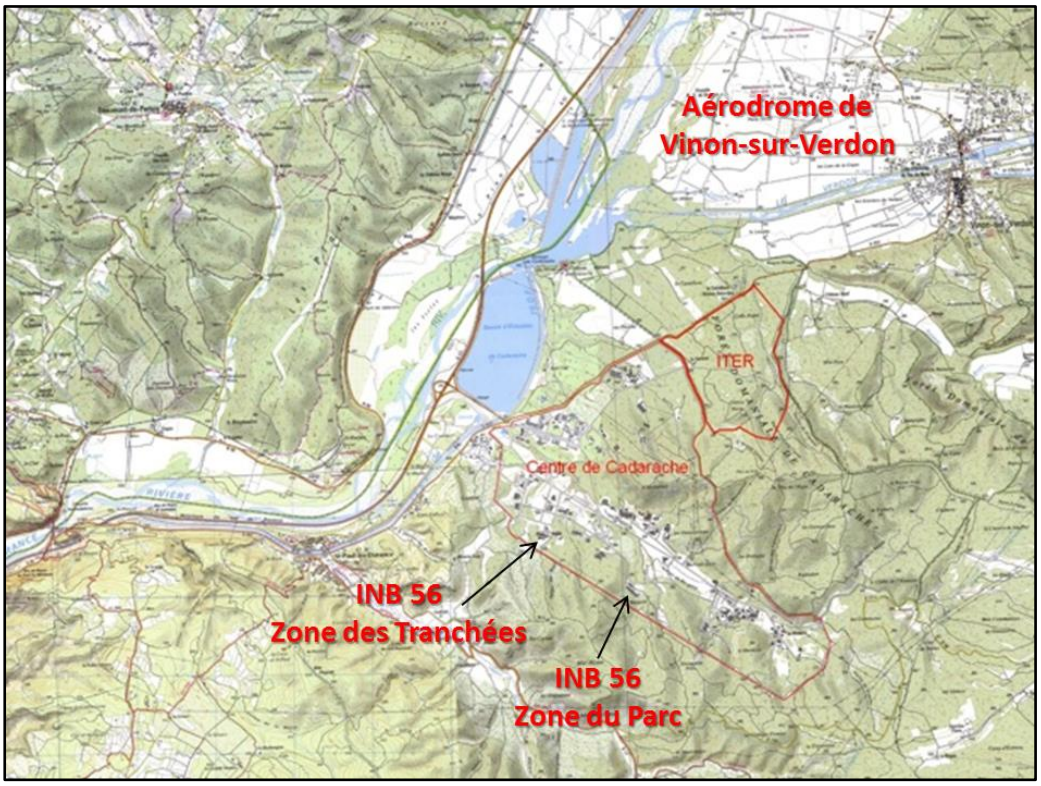


Figure 118 : Aérodrome de Vinon-sur-Verdon, au nord du Centre de Cadarache

10.13. Contexte socio-économique

L'INB 56 se trouve sur le Centre de Cadarache où travaillent tous les jours plus de 5 000 personnes (Voir partie 1 - chapitre 1.2-). Cadarache représente un pôle d'emploi très important pour la région Provence Alpes Côte d'Azur. En 2013, il a été évalué que l'activité de la plateforme Cadarache (hors ITER) permettait la création (ou le maintien) de près de 1 500 emplois dits « induits » en région, et que ses achats généraient la création (ou le maintien) de plus de 3 000 emplois dits « indirects », dont près de la moitié en PACA. Soit, si l'on prend en compte les emplois dits « directs » valorisés à près de 3 500, plus de 8 000 emplois sont ainsi créés et/ou maintenus par la présence du Centre, dont environ 6 500 en PACA.

Les fiches résumées ci-après sont réalisées par l'INSEE, elles présentent les chiffres clés des deux zones d'emploi autour de Cadarache : celle d'Aix-en-Provence (76 communes des départements 13, 83 et 84) et celle de Manosque (62 communes du département 04).

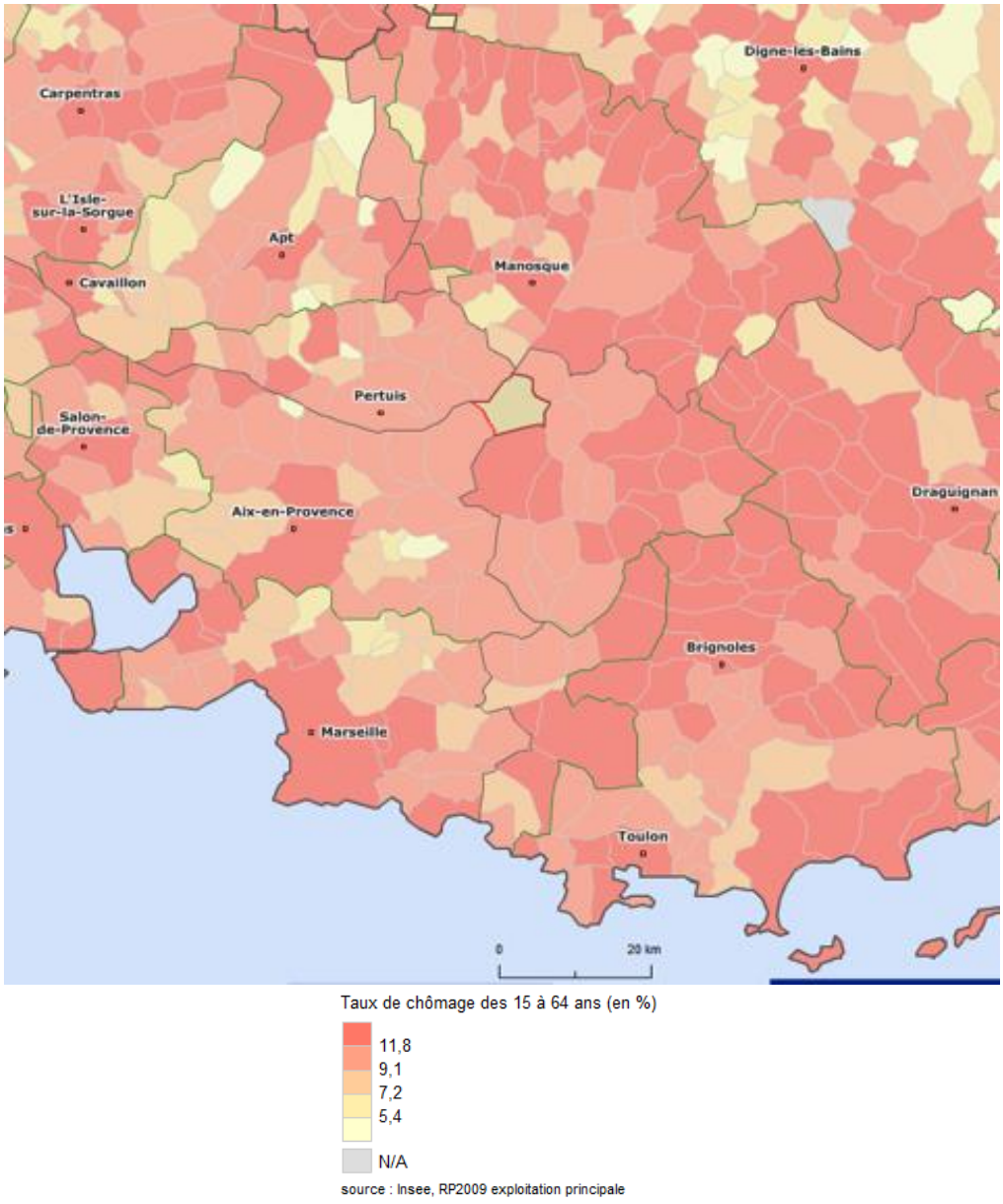


Figure 119 : Taux de chômage (en %) des 15-64 ans en 2009 (les zones d'emploi sont délimitées en vert)

Population	Aix-en-Provence (13001)
Population en 2011	140 684
Densité de la population (nombre d'habitants au km²) en 2011	756,0
Superficie (en km²)	186,1
Variation de la population : taux annuel moyen entre 2006 et 2011, en %	-0,3
dont variation due au solde naturel : taux annuel moyen entre 2006 et 2011, en %	*+0,4*
dont variation due au solde apparent des entrées sorties : taux annuel moyen entre 2006 et 2011, en %	*-0,6*
Nombre de ménages en 2011	67 957

Sources : Insee, RP2006 et RP2011 exploitations principales

Naissances domiciliées en 2011	1 532
Décès domiciliés en 2011	1 063

Source : Insee, état civil

Logement	Aix-en-Provence (13001)
Nombre total de logements en 2011	78 233
Part des résidences principales en 2011, en %	86,9
Part des résidences secondaires (y compris les logements occasionnels) en 2011, en %	4,7
Part des logements vacants en 2011, en %	8,4
Part des ménages propriétaires de leur résidence principale en 2011, en %	37,5

Sources : Insee, RP2011 exploitation principale

Revenus	Aix-en-Provence (13001)
Revenu net déclaré moyen par foyer fiscal en 2011, en euros	30 124
Foyers fiscaux imposables en % de l'ensemble des foyers fiscaux en 2011	61,2

Source : DGFiP, Impôt sur le revenu des personnes physiques.

Emploi - Chômage	Aix-en-Provence (13001)
Emploi total (salarié et non salarié) au lieu de travail en 2011	86 394
dont part de l'emploi salarié au lieu de travail en 2011, en %	*88,5*
Variation de l'emploi total au lieu de travail : taux annuel moyen entre 2006 et 2011, en %	+1,1
Taux d'activité des 15 à 64 ans en 2011	66,7
Taux de chômage des 15 à 64 ans en 2011	13,2

Sources : Insee, RP2006 et RP2011 exploitations principales

Établissements	Aix-en-Provence (13001)
Nombre d'établissements actifs au 31 décembre 2011	20 597
Part de l'agriculture, en %	1,7
Part de l'industrie, en %	4,4
Part de la construction, en %	6,8
Part du commerce, transports et services divers, en %	70,2
dont commerce et réparation automobile, en %	*17,4*
Part de l'administration publique, enseignement, santé et action sociale, en %	17,0
Part des établissements de 1 à 9 salariés, en %	24,4
Part des établissements de 10 salariés ou plus, en %	7,3

Champ : ensemble des activités

Source : Insee, CLAP (connaissance locale de l'appareil productif).

Tableau 119 : Résumé statistique de la commune d'Aix-en-Provence

Population	Manosque (04112)
Population en 2011	22 316
Densité de la population (nombre d'habitants au km²) en 2011	393,4
Superficie (en km²)	56,7
Variation de la population : taux annuel moyen entre 2006 et 2011, en %	+1,1
dont variation due au solde naturel : taux annuel moyen entre 2006 et 2011, en %	*+0,2*
dont variation due au solde apparent des entrées sorties : taux annuel moyen entre 2006 et 2011, en %	*+0,8*
Nombre de ménages en 2011	10 197

Sources : Insee, RP2006 et RP2011 exploitations principales

Naissances domiciliées en 2011	282
Décès domiciliés en 2011	198

Source : Insee, état civil

Logement	Manosque (04112)
Nombre total de logements en 2011	11 461
Part des résidences principales en 2011, en %	89,0
Part des résidences secondaires (y compris les logements occasionnels) en 2011, en %	2,0
Part des logements vacants en 2011, en %	9,1
Part des ménages propriétaires de leur résidence principale en 2011, en %	48,2

Sources : Insee, RP2011 exploitation principale

Revenus	Manosque (04112)
Revenu net déclaré moyen par foyer fiscal en 2011, en euros	22 470
Foyers fiscaux imposables en % de l'ensemble des foyers fiscaux en 2011	51,6

Source : DGFiP, Impôt sur le revenu des personnes physiques.

Emploi - Chômage	Manosque (04112)
Emploi total (salarié et non salarié) au lieu de travail en 2011	12 347
dont part de l'emploi salarié au lieu de travail en 2011, en %	*87,3*
Variation de l'emploi total au lieu de travail : taux annuel moyen entre 2006 et 2011, en %	+1,9
Taux d'activité des 15 à 64 ans en 2011	71,4
Taux de chômage des 15 à 64 ans en 2011	16,0

Sources : Insee, RP2006 et RP2011 exploitations principales

Établissements	Manosque (04112)
Nombre d'établissements actifs au 31 décembre 2011	3 014
Part de l'agriculture, en %	3,4
Part de l'industrie, en %	4,7
Part de la construction, en %	8,1
Part du commerce, transports et services divers, en %	68,2
dont commerce et réparation automobile, en %	*19,6*
Part de l'administration publique, enseignement, santé et action sociale, en %	15,6
Part des établissements de 1 à 9 salariés, en %	27,4
Part des établissements de 10 salariés ou plus, en %	6,2

Champ : ensemble des activités

Source : Insee, CLAP (connaissance locale de l'appareil productif).

Tableau 120 : Résumé statistique de la commune de Manosque

10.14. Enjeux sur l'environnement humain de l'INB 56

Figure 120 : Vue d'ensemble du site de Cadarache depuis la tour de veille

L'enjeu concernant l'occupation des sols est faible, car les deux sites de l'INB 56 se trouvent à l'intérieur du Centre de Cadarache, sur la commune de Saint-Paul-lez-Durance.

Les éléments du patrimoine culturel, les sites industriels autres que le site de Cadarache les plus proches sont à plus d'un kilomètre des deux zones de l'installation. Il en est de même pour les premières habitations. Les enjeux sur l'urbanisme, l'activité industrielle, les vibrations, les poussières, les odeurs, les émissions lumineuses, l'ambiance sonore, sont donc considérés comme faibles.

Dans l'aire d'étude lointaine du site, la région proche du Centre de Cadarache est essentiellement agricole. Les terres agricoles les plus proches sont cependant assez éloignées (plusieurs kilomètres).

De nombreuses terres destinées à une agriculture de produits sous signes officiels d'identification de l'origine et de la qualité (AOC-AOP-IGP) sont situées dans la zone d'étude. L'enjeu est fort concernant l'environnement agricole.

Le principal attrait touristique et de loisirs à proximité du site est le défilé de Mirabeau. La présence de la Durance constitue également un attrait touristique. L'enjeu est moyen concernant l'environnement touristique, car les grands sites touristiques sont éloignés.

Le monument historique le plus proche est le château de Cadarache, à plus de 5 kilomètres du centre. L'enjeu lié au patrimoine culturel est faible, en raison de l'éloignement.

L'enjeu sur les paysages est également considéré comme moyen en raison de l'absence de sites remarquables à proximité et de la relative discrétion du Centre de Cadarache. De plus, les bâtiments de l'INB 56 ne sont pas visible au-delà du Centre.

Les routes les plus proches, en dehors des voies d'accès au sein du Centre de Cadarache, sont la RD 952 et la D11.

L'enjeu sur la consommation d'énergie est fort, c'est une problématique d'importance nationale.

L'enjeu relatif à la socio-économie est considéré comme fort, en raison du nombre élevé de demandeurs d'emploi dans le bassin d'emploi.

10.15. Conclusions sur l'état initial du site et de l'environnement

La description de l'état initial du site et de l'environnement permet ensuite d'évaluer les incidences résiduelles du projet (après mise en œuvre des mesures pour éviter et réduire ses impacts).

	Thème	Evaluation de l'enjeu	Enjeu
Environnement physique	Climat	Bien qu'assez marqué, le climat dans la région de Cadarache ne présente pas d'extrêmes particuliers comme par exemple des froids intenses et prolongés. Les précautions à prendre pour les constructions restent donc classiques. Une attention particulière est cependant apportée aux précipitations violentes qui se traduisent par un dimensionnement adapté de systèmes d'évacuation d'eau pluviale. L'influence que peut avoir un projet industriel sur le climat est sa contribution au changement climatique planétaire. Même s'il faut des quantités cumulées importantes de gaz à effet de serre pour influencer le climat, l'enjeu climatique planétaire justifie un niveau d'enjeu moyen.	Moyen
	Air	La qualité chimique et radiologique de l'air est relativement bonne aux alentours du site et les mesures ont montré l'absence de pollution particulière de l'air, hormis des dépassements en ozone liés au transfert atmosphérique de la pollution émise dans les régions plus urbanisées au sud de Cadarache. L'enjeu associé est considéré comme moyen, car il faut des quantités importantes de polluants pour influencer la qualité de l'air à distance et il n'y a pas d'habitations à proximité immédiate de l'INB 56.	Moyen
	Sols, végétaux et produits de consommation	L'enjeu concernant les sols est considéré comme faible quant à la surface immobilisée par l'INB 56 (environ 13 hectares). Il est considéré comme moyen quant à leur qualité, en raison de la localisation à l'intérieur du Centre de Cadarache (l'enjeu aurait été qualifié de fort à l'extérieur du Centre). L'enjeu sur les végétaux et sur les produits de consommation a été regroupé avec celui de l'agriculture (cf. le thème environnement humain).	Moyen
	Sous-sol et eaux souterraines	Les nappes contenues dans les formations aquifères au droit de l'INB 56 s'écoulent globalement vers le nord, vers l'intérieur du Centre. Les analyses radiologiques et chimiques réalisées lors de l'état des lieux (2015-2016) ont montré un marquage en tritium sur certains piézomètres. Les eaux des nappes ne sont pas utilisées pour l'eau potable.	Moyen
	Ressource en eau	L'enjeu sur la ressource en eau est jugé faible en raison des particularités locales : la ressource est extrêmement abondante, que ce soit dans les nappes phréatiques de la Durance et du Verdon ou dans les canaux de la Société du Canal de Provence et d'EDF.	Faible
	Eaux superficielles (rejets liquides)	La Durance reçoit les rejets liquides de l'ensemble des installations du Centre de Cadarache, après traitement par la STEP. La surveillance radiologique, physico-chimique et biologique en amont et en aval du point de rejet ne met pas en évidence d'altération de la qualité due à ces rejets. L'enjeu est jugé moyen, car il faudrait des quantités très importantes de substances rejetées par l'INB 56 pour influencer la qualité des eaux.	Moyen
Environnement naturel (écologie)	Habitats naturels	Au niveau de la zone du Parc, on retrouve 3 habitats d'enjeu fort (Pelouses à Brachypode rameux, Garrigues à Badasse et Boisements rivulaires à Peupliers blancs et Pins sylvestres), et deux habitats d'enjeu assez fort (Cours d'eau temporaire et Mattorals à Chêne vert et Genévrier oxycèdre x Pinèdes à Pins d'Alep). Au niveau de la zone des Tranchées, on retrouve un habitat en enjeu assez fort (Cours d'eau temporaire). Les autres habitats naturels ont un enjeu très faible à moyen.	Très faible à Fort
	Flore terrestre	Seule la zone du Parc présente des espèces à enjeu de conservation : la Nonnée brune (espèce protégée, enjeu fort), le Chardon à épingle (enjeu assez fort) et l'Orchis bouffon (enjeu moyen).	Moyen à fort
	Faune terrestre	Parmi les espèces de faune terrestre inventoriées sur la zone d'étude de l'INB 56, les espèces suivantes présentent des enjeux de conservation : deux espèces de reptiles : Lézard ocellé (enjeu fort) et Psammodrome d'Edwards (enjeu moyen), deux espèces de scorpions : Scorpion languedocien et Scorpion noir à queue jaune (enjeu moyen), cinq espèces d'oiseaux : Tourterelle des bois (enjeu très fort), Verdier d'Europe (enjeu assez fort), Alouette lulu, Chardonneret élégant et Serin sini (enjeu moyen), et deux espèces de Chiroptères : Noctule de Leisler et Pipistrelle de Kuhl (enjeu moyen). Les autres espèces ont un enjeu faible.	Faible à Très fort
	Sites Natura	Le Centre de Cadarache ainsi que la zone d'étude de l'INB 56 ne sont	Moyen

	Thème	Evaluation de l'enjeu	Enjeu
	2000	concernés par aucun site Natura 2000. En revanche, on trouve dans un rayon de 5 km deux Zones Spéciales de Conservation (ZSC) et deux Zones de Protection Spéciale (ZPS). A ce titre, l'enjeu est qualifié de moyen.	
Environnement humain	Occupation du sol, urbanisme	Les opérations de démantèlement auront lieu pour la grande majorité à l'intérieur du périmètre de l'installation, elle-même située à l'intérieur du Centre de Cadarache.	Faible
	Agriculture (emprise)	Agriculture de produits sous signes officiels d'identification de l'origine et de la qualité (AOC-AOP-IGP).	Fort
	Agriculture (pollution)	La région proche du Centre de Cadarache est essentiellement agricole. Les terres agricoles les plus proches sont cependant assez éloignées (plusieurs kilomètres).	Moyen
	Activités industrielles	Il y a peu d'activités industrielles autour de Cadarache.	Faible
	Tourisme et loisirs	La région est propice au tourisme et aux loisirs de plein air. Les zones les plus proches sont néanmoins situées à plusieurs kilomètres du site de Cadarache.	Moyen
	Patrimoine culturel et historique	A plus de 5 km et/ou hors champ de vision.	Faible
	Archéologie	Le projet de démantèlement intéressera peu les aires extérieures, hormis les futures aires d'entreposage de déchets. Les terrains, a priori déjà remaniés, ne seront mobilisées que sur une faible épaisseur. La probabilité de tomber sur des vestiges archéologiques est très faible.	Faible
	Paysages	Pas de site remarquable à proximité immédiate de Cadarache et de la zone d'étude.	Moyen
	Environnement sonore	Les premières habitations se trouvent à plus d'un kilomètre du Centre de Cadarache et de l'INB 56.	Faible
	Environnement lumineux	L'enjeu lié à la pollution lumineuse est relativement limité : il perturbe les observations du ciel et également le comportement de certains animaux nocturnes. Pour ce qui concerne la gêne des habitants, l'enjeu est faible, car il n'y a pas d'habitants à proximité de l'INB 56. L'enjeu global est donc considéré comme faible.	Faible
	Odeurs	Les premières habitations se trouvent à plus d'un kilomètre du Centre de Cadarache et de l'INB 56.	Faible
	Vibrations	Les premières habitations se trouvent à plus d'un kilomètre du Centre de Cadarache et de l'INB 56.	Faible
	Poussières	Les premières habitations se trouvent à plus d'un kilomètre du Centre de Cadarache et de l'INB 56.	Faible
	Déchets	Solutions d'entreposage et de stockage.	Moyen
	Transport / Voies de communication	Pas de voies engorgées à proximité, à l'exception de l'accès à Cadarache sur des durées limitées aux heures d'embauche/débauche.	Faible
	Zones de servitude	Les seules servitudes occasionnées par le site de Cadarache sont celles relatives à la restriction de la circulation aérienne.	Faible
	Utilisation de l'énergie et des ressources naturelles	Souci des économies d'utilisation de l'énergie et des ressources naturelles au sens large (eau, matériaux, etc.).	Moyen
	Socio-économie	Taux de chômage important en PACA.	Fort
	Santé humaine	Groupes de population présents autour du site de Cadarache.	Fort

Après une synthèse des enjeux des différents compartiments de l'environnement décrits dans les paragraphes précédents, un aperçu de l'évolution probable de l'environnement en l'absence de mise en œuvre du projet de démantèlement de l'INB 56 est proposé.

10.15.1. Synthèse des enjeux

La synthèse de l'évaluation des enjeux des différents compartiments de l'environnement, issue de la description de l'état initial du site, est présentée dans le tableau suivant.

Tableau 121 : Synthèse de l'évaluation des enjeux autour du site de Cadarache

Les enjeux sont cotés de très faibles à très forts. Les enjeux forts à très forts sont liés :

- pour l'environnement naturel, à la présence de Pelouses à Brachypode rameux, Garrigues à Badasse et Boisements rivulaires à Peupliers blancs et Pins sylvestres (habitats naturels), de la Nonnée brune (flore), de la Tourterelle des bois (oiseau), du Lézard ocellé et du Psammodrome d'Edwards (reptiles) ;
- pour l'environnement humain : à l'activité socio-économique (emploi), et à la santé des populations autour de Cadarache.

10.15.2. Evolution probable de l'environnement en l'absence du projet

L'état initial du site et de l'environnement qui vient d'être présenté, est celui qui existe après une soixantaine d'années de présence et d'activités du CEA de Cadarache, et quasiment autant de fonctionnement de l'installation. Il est donc délicat de définir des changements « naturels » qui pourraient se produire en l'absence du projet de démantèlement, étant donné que sa part relative dans des activités humaines qui *a priori* vont perdurer est faible.

Dans le cadre des opérations de démantèlement, une surface relativement limitée sera utilisée à l'extérieur du périmètre actuel de la zone du Parc. Du point de vue écologique, l'entretien des milieux forestiers et des milieux ouverts favorables autour du périmètre de l'INB 56 devrait perdurer avec ou sans réalisation du projet.

Il est probable que l'évolution « naturelle » de l'environnement proche soit d'avantage assujettie à d'éventuels projets de plus grande envergure, ainsi qu'aux effets du changement climatique (sécheresse estivale, augmentation des températures, *cf.* le chapitre 5.1.5 en partie 4), qu'à la réalisation ou non du projet de démantèlement.

Partie 2 : Présentation de l'INB 56 et du projet de démantèlement

1. Introduction

Cette partie présente l'installation dans son fonctionnement actuel, ainsi que le projet de démantèlement. Pour une description plus détaillée de l'installation et de son état actuel, le lecteur est invité à consulter la pièce n° 2. Les opérations de démantèlement projetées sont quant à elle présentées en détail dans la pièce n° 3.

2. Description du site et de l'installation

Cadarache est un des neuf centres de recherche du Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives (CEA). C'est l'un des plus importants centres de recherche et développement technologiques pour l'énergie en Europe.

Implanté sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (Bouches-du-Rhône), le centre du CEA/Cadarache, créé le 14 octobre 1959, est situé à une trentaine de kilomètres au Nord d'Aix-en-Provence, aux confins de trois autres départements (Alpes-de-Haute-Provence, Var et Vaucluse) et il s'étend sur 2 050 hectares, dont environ 900 sont clôturés.

Environ 5 200 personnes travaillent sur ce site, dont la moitié sont des salariés CEA.

L'INB 56 « parc d'entreposage des déchets solides radioactifs », qui est l'une des « Installation Nucléaire de Base » du Centre, est implantée sur la zone Sud du CEA/Cadarache sur deux zones géographiquement distinctes et non contiguës, distantes d'environ 1500 mètres :

- la zone du parc d'entreposage,
- la zone des tranchées.

Cette séparation en deux zones distinctes, présentée dans la figure ci-dessous, est une particularité de l'INB 56.

Figure 121 : Vue aérienne des deux zones de l'INB 56. Zone du Parc (à droite) et zone des Tranchées (à gauche)

De plus, chaque zone est découpée en plusieurs secteurs, de la manière suivante :

ZONE DU PARC D'ENTREPOSAGE	ZONE DES TRANCHÉES
Secteur des parties communes du parc	secteur des tranchées T1 à T5
secteur des hangars	secteur du hangar TFA
secteur des fosses anciennes	
secteur des fosses récentes	
secteur des piscines	

Le référentiel de sûreté de l'INB est décomposé en « module », en cohérence avec les secteurs ci-dessus. Ainsi, dans la suite du document, on citera les modules 1 à 7 pour faire référence aux secteurs géographiques suivants :

- Module 1 : correspond géographiquement aux parties communes de la zone du Parc. Il n'y a pas d'émissaire de rejets atmosphérique associé à ce module 1.
- Module 2 : correspond géographiquement au secteur des hangars. L'émissaire E61 y est rattaché, ainsi que le futur émissaire E_ATC du bâtiment Atelier de Traitement et de Conditionnement (ATC) des colis sous hangars.
- Module 3 : correspond géographiquement au secteur des fosses anciennes. Le futur émissaire E_VRA de l'installation VRAC-MI y est rattaché.
- Module 4 : correspond géographiquement au secteur des fosses récentes. L'émissaire E62 de l'installation RFR y est rattaché.
- Module 5 : correspond géographiquement au secteur des piscines. L'émissaire E41 y est rattaché, qui comprend la ventilation du bâtiment 769, ainsi que la ventilation du bâtiment 774 (hangar blocs-cellules).
- Module 6 : correspond géographiquement au secteur des tranchées. L'émissaire E67 de l'installation T2 y est rattaché, ainsi que le futur émissaire E_TRA du « bâtiment de reprise des déchets en tranchées T1-T3-T4-T5 » (dénommée installation « autres tranchées » dans le reste du document).
- Module 7 : correspond géographiquement au secteur du hangar TFA. Il n'y a pas d'émissaire de rejet attaché à ce module.

2.1. Zone du Parc d'entreposage

2.1.1. Bâtiments implantés sur la zone du parc

La zone du parc d'entreposage des déchets de l'INB 56 est située dans le quartier Bargette au Sud Est du centre de Cadarache. Cette zone comprend :

- le secteur des hangars (numérotés de H1 à H10),
- le secteur des fosses anciennes (numérotées de F1 à F4),
- le secteur des fosses récentes (numérotées F5 et F6),
- le secteur des piscines (P1 à P3).

La zone du parc à la forme d'un rectangle d'environ 210 m x 65 m et occupe une superficie de 13 500 m^2. Elle est délimitée par une clôture de tous côtés. Deux portails situés en face Nord-Ouest permettent l'accès habituel au personnel et aux véhicules. Un portail en face Nord-Est peut également être utilisé en cas de besoin.

A l'intérieur de la zone clôturée du parc, une aire bitumée centrale placée dans le prolongement de la route d'accès conduit à distinguer la partie Sud (où sont implantés les hangars), de la partie Nord de la zone du parc (où sont implantés les fosses ainsi que les piscines). La figure 122 représente la zone du Parc à l'état initial du démantèlement.

Figure 122 : Schéma de la zone du parc d'entreposage

La figure 123 représente l'état de la zone du Parc lorsque l'ensemble des futures installations nécessaires aux opérations de RCD seront construites ; installation Vrac-MI pour les fosses anciennes, installation ATC (et sa route de desserte) pour les hangars.

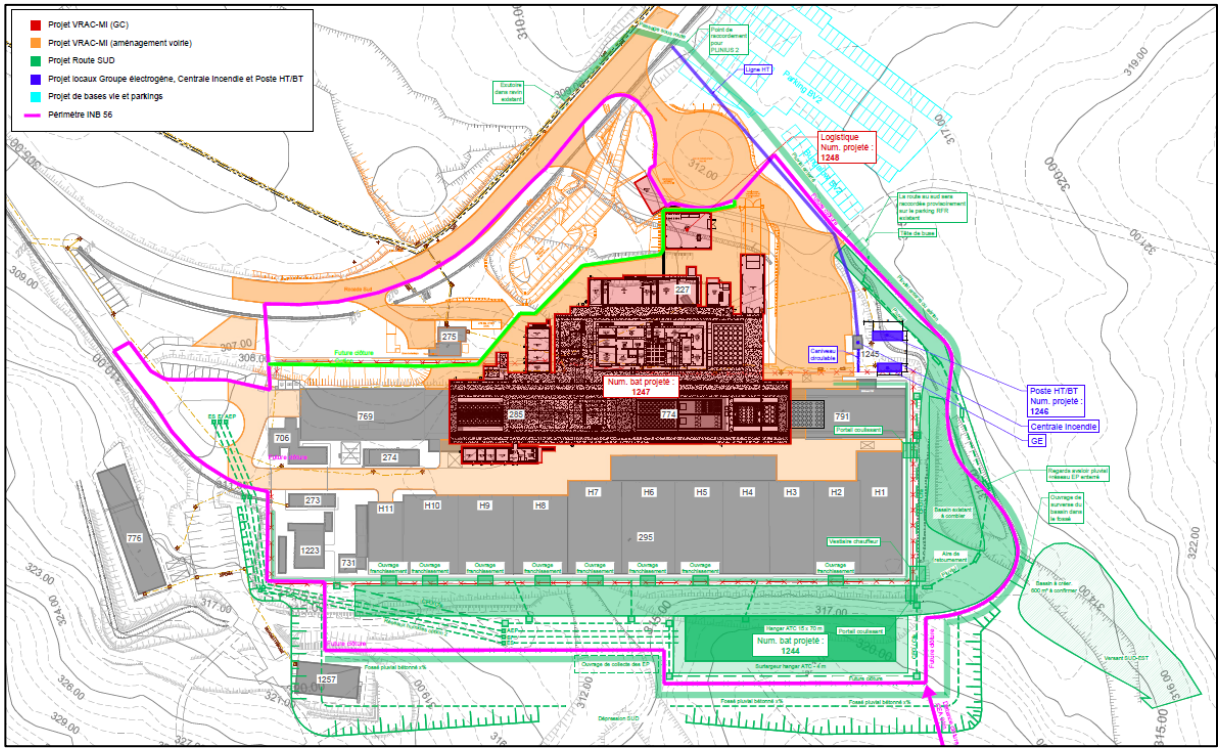


Figure 123 : Schéma de la zone du parc d'entreposage pendant les opérations de démantèlement

Les bâtiments implantés sur la zone du parc d'entreposage sont :

N° de bâtiment	Désignation	Secteur
227	Abris du poste de pompage	commun
273	Local SPR	commun
274	Local technique des piscines et des cuves d'effluents	commun
275a	Local Poste HT/BT principal ,	commun
275b	local GEF 1	commun
285	Local décontamination des colis (local déconstruit ou en cours de déconstruction)	hangars
295 (hangars H1 à H11)	Bâtiment des hangars H1 à H11, et extension de H4 à H6	hangars
Hangar H12	Entreposage de matériels divers non contaminés (hangar déconstruit ou en cours de déconstruction)	commun
774 (Hangar blocs-cellules)	Bâtiment de l'ancienne installation Vrac-FI	hangars
706	Labo SPR et onduleur	commun
731	Local opérateurs et de mesure par spectrométrie gamma	commun
769	Hangar des piscines P1 à P3	piscines
776	Bâtiment conventionnel abritant les bureaux de l'équipe d'exploitation, ainsi qu'un poste déporté du système de télésurveillance	conventionnel (hors périmètre INB)
Fosses F1 à F4	Les fosses anciennes sont dotées, au-dessus des puits, d'une couverture béton (dalles imbriquées en« T ») recouverte d'une protection contre les intempéries composé d'éléments modulaires métalliques	fosses anciennes
791	Hangar RFR abritant les fosses récentes F5 et F6	fosses récentes
1223	Bureaux en zone froide et vestiaires dédiés aux entreprises extérieures	commun
1246	Local HT/BT secondaire (installations RFR et ATC)	commun
1249	Local GEF 2 (installations RFR et ATC)	commun

Tableau 122 : Liste des bâtiments de la zone du parc d'entreposage

Ces bâtiments, représentés en figure 123, et leurs principales fonctions respectives sont détaillés dans les paragraphes suivants.

2.1.2. Secteur des parties communes du parc

Les parties communes de l'INB 56 sont constituées des différents bâtiments et infrastructures servant à l'ensemble du parc d'entreposage. Ce sont principalement des bâtiments comportant des équipements tels que les cuves à effluents, la production d'air comprimé, des équipements de la distribution électrique, ou abritant des bureaux pour le SPR, les vestiaires d'accès en zone contrôlée, des entreposages divers de matériels non contaminés. Ces bâtiments sont les suivants :

- Le bâtiment 273 (local SPR) : ce bâtiment est de construction classique et il renferme un vestiaire avec sanitaires, deux locaux attribués au SPR comprenant un bureau et un local « téléalarme » avec accès gardienné (alarme en cas d'intrusion).
- Le bâtiment 274 : ce bâtiment de construction classique renferme le tableau général d'alimentation électrique, l'ensemble de filtration et décontamination de l'eau des piscines (équipement mis à l'arrêt), deux compresseurs d'air comprimé, un atelier et du matériel d'exploitation. Les fosses des cuves à effluents liquides sont associées à ce bâtiment.
- Les bâtiments 275a et 275b (respectivement poste HT/BT et GEF 1) : le bâtiment 275a de construction classique abrite le transformateur d'alimentation électrique de l'installation. Un appendice en construction métallique abrite le groupe électrogène fixe (GEF1) reprenant en secours l'alimentation électrique de la zone du parc d'entreposage, hors installations RFR et ATC.
- Le bâtiment 706 (laboratoire SPR et onduleurs) : ce bâtiment est de construction classique et il comporte deux zones :
    - une zone abritant le vestiaire « visiteurs » d'accès à la zone chaude ainsi qu'une salle de repos et un laboratoire SPR situé en zone chaude et muni d'une paillasse ventilée,
    - une zone comportant deux bureaux climatisés en zone froide, des vestiaires et un local abritant des équipements électriques relatifs au bâtiment 769.
- Le bâtiment 731 (local opérateurs et de mesure par spectrométrie gamma) : ce bâtiment a été construit en béton baryté, constituant une protection biologique pour réduire le bruit de fond de l'ensemble de mesures de rayonnements ionisants qu'il abrite (ensemble de mesure par spectrométrie gamma).
- Le bâtiment 1223 : ce bâtiment en construction modulaire renferme des bureaux en zone froide, des vestiaires en zone froide ainsi que des vestiaires en zone chaude.
- Le bâtiment 1246 abritant le nouveau poste HT/BT destiné à alimenter électriquement l'installation RFR et le futur ATC,
- Le bâtiment 1249 abrite le nouveau groupe électrogène fixe GEF 2, qui alimente les installations RFR et ATC,
- Le local 227 : il abrite un poste de pompage non exploité.

Dans le cadre des OPDEM envisagées pour permettre la future construction de l'installation Vrac-MI de reprise des déchets MI entreposés en fosses anciennes, le hangar H12 qui servait à l'entreposage de matériels divers non contaminés, ainsi qu'un abri pour les engins de manutention, est déconstruit ou en cours de déconstruction.

2.1.3. Secteur des hangars

Le secteur des hangars, situé en partie Sud de la zone du parc d'entreposage, comprend actuellement 11 hangars contigus (H1 à H11) d'entreposage de colis de déchets, regroupés sous le numéro de bâtiment 295, un hangar métallique commun aux hangars H4 à H6, et le hangar 774 abritant les blocs-cellules (cette installation est l'ancienne installation Vrac-FI : équipée de plusieurs cellules, elle permet, après quelques adaptations, d'accueillir les activités de décontamination, de reconditionnement, de caractérisation de colis des hangars, et permet d'effectuer des opérations de décontamination d'objets divers (emballages, matériels, etc.).

Les hangars de la zone du parc, représentés en figure 124, sont utilisés pour l'entreposage des colis de déchets dits faiblement irradiants (FI), c'est-à-dire ceux dont le débit de dose au contact est inférieur à 2 mGy/h. Peuvent néanmoins y être placés, de façon limitée et avec un balisage radioprotection adapté, des colis de déchets présentant en quelques points des débits de dose supérieurs à 2 mGy/h.

Ces constructions métalliques, dont la plupart sont fermées (présence de panneaux métalliques sur leurs quatre faces), occupent une surface totale de 5 010 m^2 environ, et les surfaces unitaires de chaque hangar sont comprises entre 430 et 600 m^2.

Selon l'activité des déchets contenus, ces colis sont de catégorie FMA-VC (destinés à un stockage ANDRA de surface) en attente de caractérisation ou de reconditionnement, de catégorie FA-VL (déchets radifères en attente de reconditionnement) ou de catégorie MA-VL (non acceptables en stockage ANDRA de surface). Ces derniers sont gardés en entreposage en attente de leur évacuation.

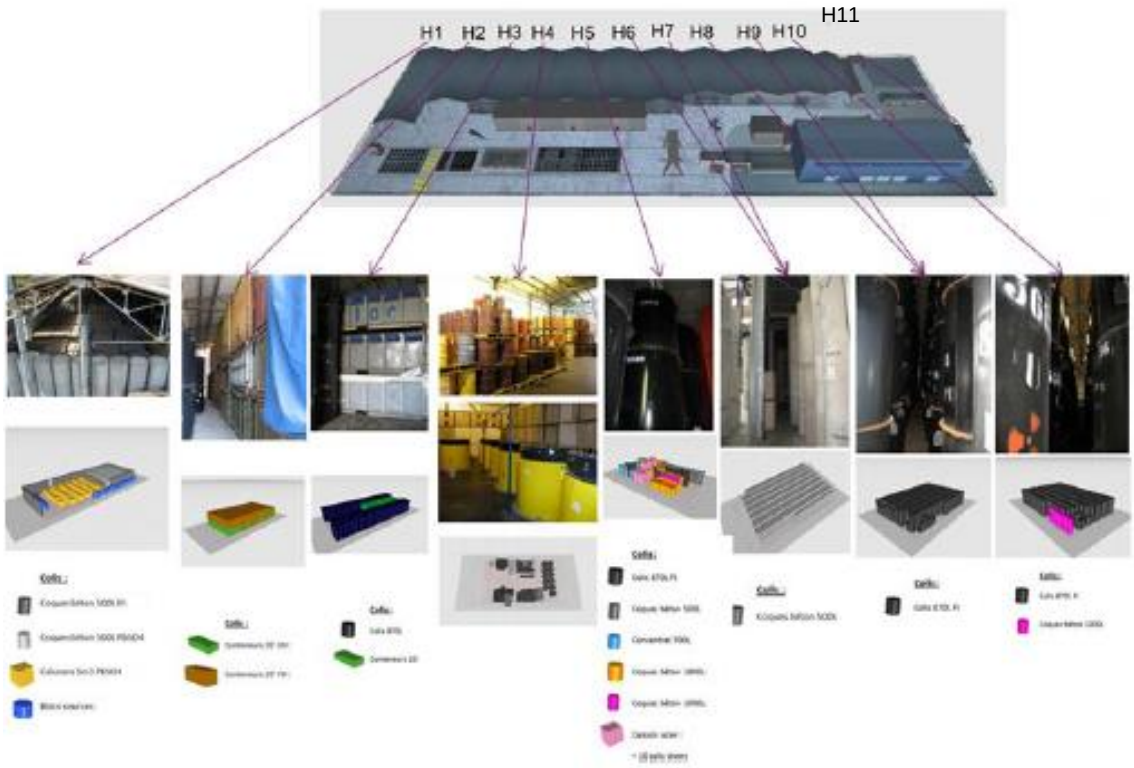


Figure 124 : Présentation des colis dans les hangars (les hangars des fosses ne sont pas représentés)

A titre indicatif, la répartition des types de déchets par hangar est donnée ci-après.

Hangar	Type de déchets
H1	Conteneurs de sulfate de plomb radifère, blocs sources
H2	Conteneurs de déchets radifères en open tops
H3	Conteneurs acier de 870 litres (Pu), fûts de paratonnerres, terres Bayard
H4	Coques de déchets magnésiens, conteneurs de 870 litres (résines), fûts de 350 litres (contenant des fûts de 220 litres boues), fûts de 225 litres (terres), pots décanteurs
H5	Conteneurs de 870 litres (avec fûts de 700 litres), coques béton 1000 et 1800 litres, caissons de 5 m^3
H6	Coques béton de 500 litres (concentrats, boues)
H7	Coques béton de 500 litres (boues et cendres)
H8	Conteneurs acier de 870 litres (U, Pu)
H9	Conteneurs acier de 870 litres (Pu)
H10	Conteneurs acier de 870 litres (Pu), coques béton 1000 litres (Pu)
H11	Conteneurs de déchets (coques, conteneurs, etc)

Tableau 123 : Types de déchets entreposés dans chaque hangar

Le bâtiment 285 abritait des ateliers permettant de réaliser des opérations de décontamination, de reconditionnement, de caractérisation (destructive et non destructive) de colis, et permettait d'effectuer des opérations de décontamination d'objets divers (emballages, matériels, etc.). Ce bâtiment est déconstruit (ou en cours de déconstruction) pour permettre la construction de l'installation de reprise des déchets Vrac-MI au-dessus des fosses anciennes.

2.1.4. Secteur des fosses

2.1.4.1. Généralités sur les fosses F1 à F6

Les fosses F1 à F6 sont implantées dans la zone du parc d'entreposage, entre les chemins de roulement du pont roulant 300 kN et dans le prolongement de l'axe des piscines. Il s'agit de fosses enterrées en béton destinées à entreposer les colis de déchets radioactifs dont le débit de dose ne permet pas un entreposage sous hangar. Elles assurent le confinement des colis qui y sont entreposés ainsi qu'une protection biologique des opérateurs vis-à-vis de ces colis.

Les fosses F1 à F4 sont appelées « fosses anciennes », tandis que les fosses F5 et F6 sont appelées « fosses récentes » car de construction plus récente.

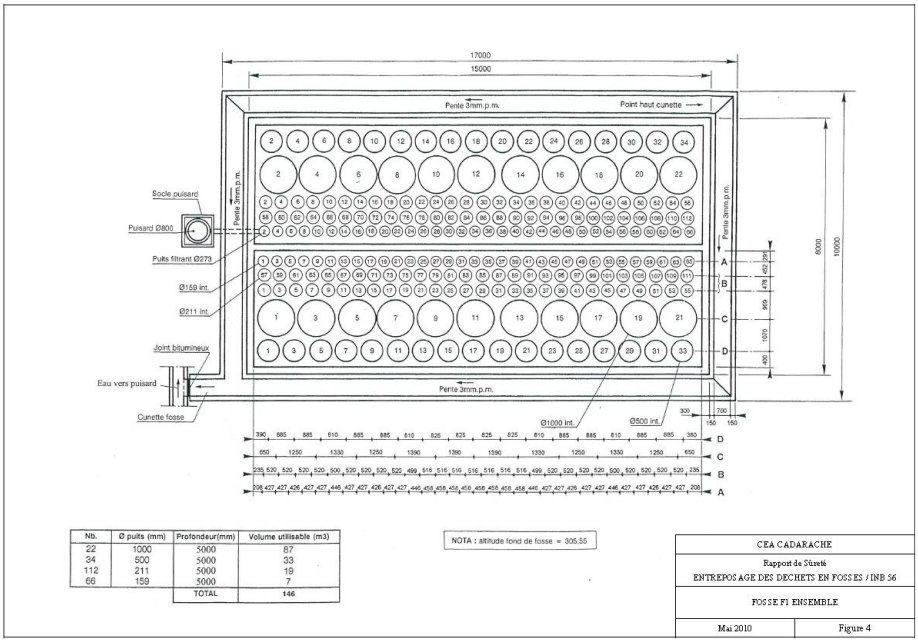
Après construction de l'installation destinée à reprendre les déchets dénommés « vrac-MI » entreposés dans les fosses anciennes, le portique roulant de 300 kN, desservant historiquement les fosses F1 à F6 (à l'exception de la partie de la fosse F1 située à proximité du bâtiment 769), ne sera plus utilisé que pour les besoins des opérations de RCD des fosses récentes.

2.1.4.2. Secteur des fosses anciennes

Les fosses F1 à F4 contiennent divers déchets anciens (FI et MI) disposés en vrac, ou bien dans des poubelles métalliques ou en carton.

À l'intérieur de parois en béton armé vibré de 30 cm d'épaisseur pour les parois latérales et le radier, les fosses anciennes sont de forme parallélépipédique et sont aménagées soit avec des puits cylindriques de différents diamètres, soit avec des alvéoles parallélépipédiques. Des bouchons adaptés obturent ces aménagements. Les fosses anciennes sont toutes de dimensions sensiblement

équivalentes : à titre d'exemple, la fosse F1 (longueur 14,4 m x largeur 7,4 m x profondeur 5,2 m), représentée sur les figures ci-dessous, présente un volume intérieur brut de 560 m^3 environ.



Nb.	Ø puits (mm)	Profondeur(mm)	Volume utilisable (m3)
22	1000	5000	87
34	500	5000	33
112	211	5000	19
66	159	5000	7
		TOTAL	146

Figure 125 : Vue du dessus de la fosse F1 montrant ses aménagements en puits cylindriques de différents diamètres

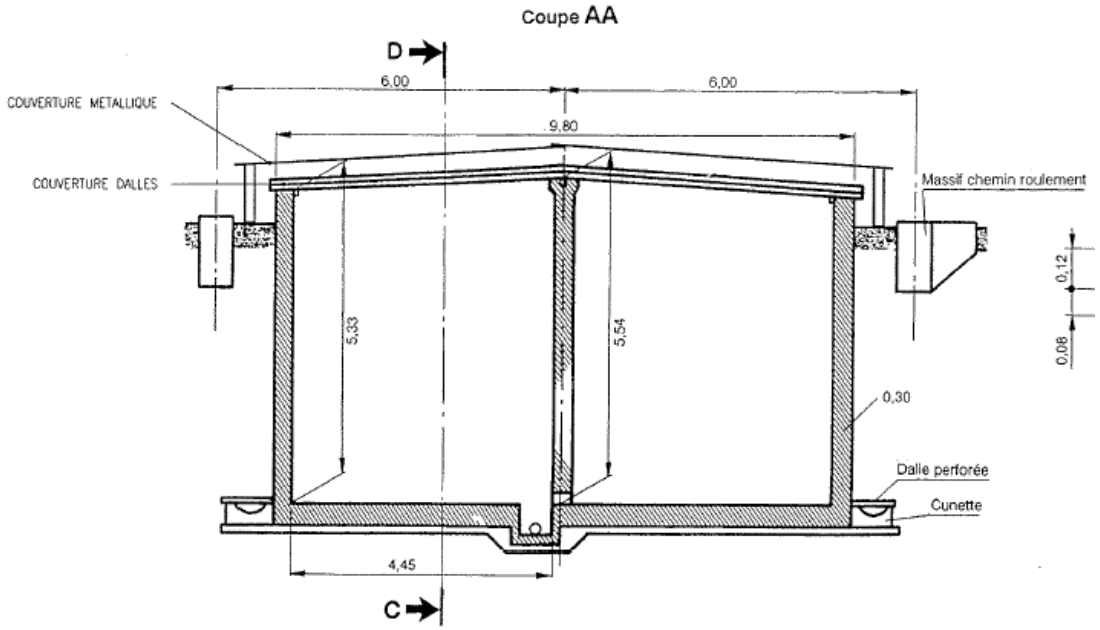


Figure 126 : Vue de face du gros œuvre de la fosse enterrée F1

Les fosses F1, F2 et F3 sont compartimentées en deux dans le sens longitudinal par une cloison médiane en béton de 20 cm d'épaisseur. Cette cloison supporte la couverture de chaque demi-fosse, décomposée en éléments amovibles en béton (poutrelles en T imbriquées).

La fosse F4, de conception légèrement différente (absence de cloison médiane), est également recouverte d'éléments amovibles en béton.

Ces couvertures de fosses en béton sont elles-mêmes recouvertes d'une couverture métallique de protection contre les intempéries, en éléments de tôle assemblée.

Les fosses F2 et F3 ont été recouvertes par un hangar commun (bâtiment 774 également appelé « hangar Vrac-FI ») pour abriter un bloc-cellules comportant les équipements de l'installation Vrac-FI de reprise des déchets vrac FI entreposés dans la fosse F3, et permettre le retrait de sa couverture tout en assurant son confinement statique. Cette installation a été en partie modifiée et est utilisée pour la reprise des colis sous hangars.

2.1.4.3. Secteur des fosses récentes

Les fosses récentes F5 et F6 contiennent exclusivement des déchets bloqués conditionnés en colis MI de 500 litres en acier noir et/ou en acier inoxydable conditionnés à l'INB 37 à partir de déchets irradiants de diverses provenances. Ces colis de type MA-VL font l'objet des opérations de RCD par l'installation RFR vers l'INB 164 – CEDRA du site de Cadarache, dans l'attente de l'ouverture d'une filière ANDRA adaptée (projet CIGEO).

Ces fosses, d'un volume intérieur brut identique de 650 m^3 environ (longueur 12,5 m x largeur 9 m x profondeur 5,7 m), sont constituées d'un massif de béton armé dans lequel sont noyés 48 puits de diamètre 1 000 mm formés de tuyaux de type « Bonna » en ciment armé, soit un total de 96 puits.

Chaque puits est équipé d'un bouchon en béton constitué d'une enveloppe d'acier inox dans laquelle sont coulés en fond 10 cm de plomb, puis 30 cm de béton baryté. Ces bouchons sont protégés par des couvercles en tôle.

A noter que la fosse F6 comporte des arrangements complémentaires (ventilation, puisards).

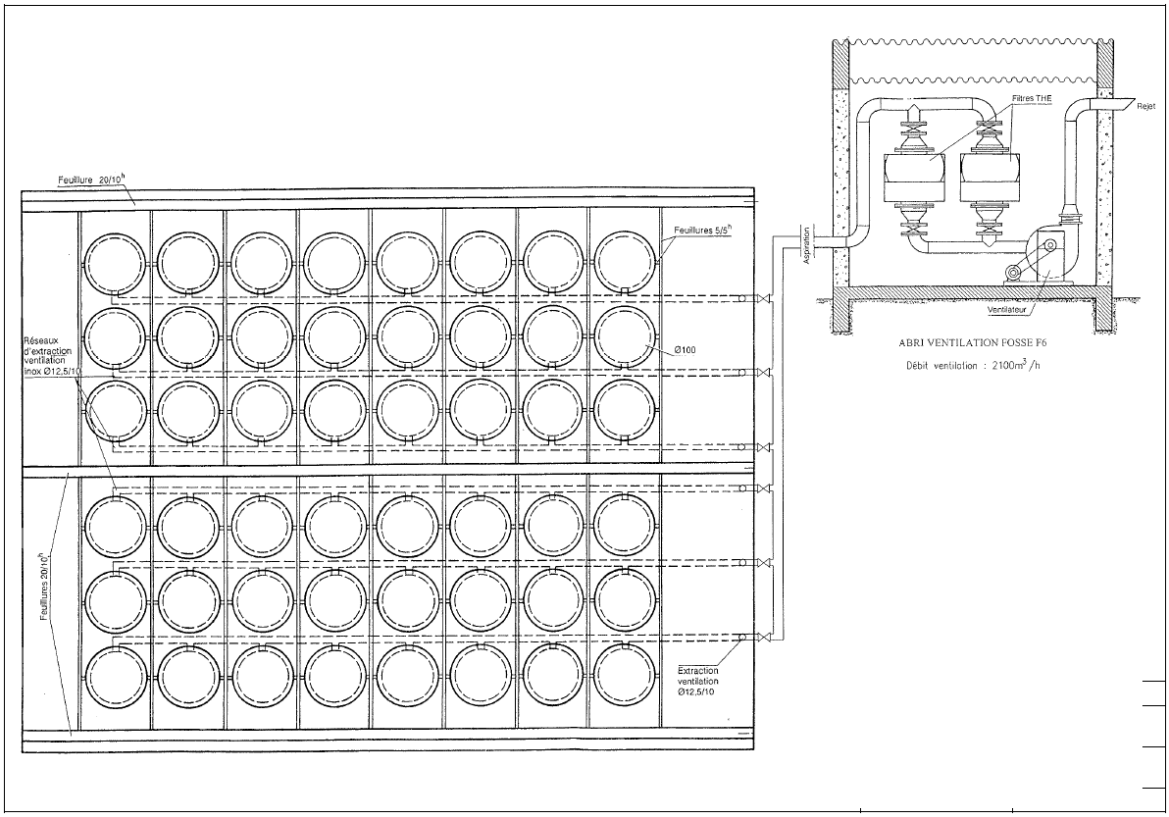


Figure 127 : Vue de dessus de la fosse F6 et ventilation associée

Ces fosses sont recouvertes par un hangar (bâtiment 791 également appelé « hangar RFR ») qui abrite également tous les équipements dédiés aux opérations de reprise des déchets en fosses, l'espace inter-fosses, le local de ventilation existant à l'extrémité de la fosse F6 et le poste de chargement/déchargement des emballages de transport. Le poste de commande se trouve dans un local qui jouxte le hangar RFR.

2.1.5. Secteur des piscines

Le secteur des piscines de l'INB 56 comprend un ensemble de trois piscines d'entreposage (P1, P2, P3) abritées sous le hangar 769 qui occupe une surface de 880 m^2.

Les piscines sont des ouvrages cylindriques enterrés en béton d'un diamètre de 5 mètres pour une profondeur utilisable de 7,40 m, soit un volume unitaire de 145 m^3 environ. L'épaisseur de la virole cylindrique en béton armé précontraint varie de 18 cm en partie haute à 1 m en partie basse, le fond des piscines est en béton précontraint d'une épaisseur de 60 cm.

Ces piscines étaient utilisées pour l'entreposage d'éléments combustibles à uranium naturel ou faiblement enrichi (filière « Graphite – Gaz » UNGG), et d'éléments combustibles à eau lourde (non UNGG), après que ceux-ci aient subi une série d'examens destructifs et non destructifs au LECA.

Figure 128 : Vue de la partie supérieure de la piscine enterrée P2 et de son hangar

Les Éléments Combustibles Irradiés (ECI) se trouvaient dans des conteneurs, qui étaient disposés dans des paniers métalliques. L'ensemble de ces conteneurs a été repris et la majorité des équipements nécessaires à la reprise des ECI n'ont plus d'utilités et ont été mis à l'arrêt : leur assainissement et mise en déchets est toujours en cours.

Suite aux opérations de reprise des ECI et de vidange des piscines, les piscines P1 à P3 sont à ce jour vides de leurs conteneurs et de tout effluents qu'elles contenaient, mais contiennent encore quelques équipements ou objets irradiants et/ou contaminants.

Le ciel des piscines est ventilé par une installation de ventilation qui comporte deux ventilateurs et des filtres THE. Dans le local abritant ce système de ventilation sont également implantés les appareils de radioprotection contrôlant les rejets gazeux radioactifs rejetés par l'émissaire E41 commun à l'extraction des piscines, et au hangar bloc-cellules.

2.2. Zone des tranchées

2.2.1. Bâtiments implantés en zone des tranchées

La zone des tranchées de l'INB 56 et située dans le quartier de la Bastide au sud du centre du CEA de Cadarache. Cette zone comprend :

- le secteur des tranchées, comprenant principalement les tranchées numérotées de T1 à T5 (dans lesquelles sont entreposés des déchets en plein terre), mais aussi des aires externes d'entreposage,
- le secteur du hangar TFA (bâtiment 367) qui contient des déchets TFA conditionnés en « open-top ».

Figure 129 : Vue du hangar de la tranchée T2

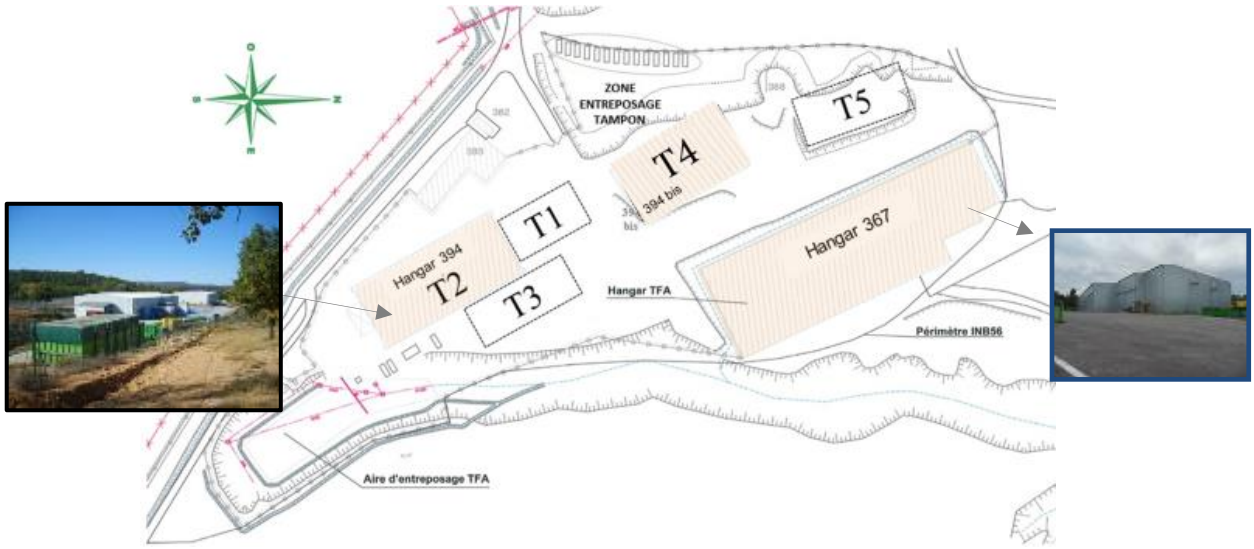


Figure 130 : Vue de la zone des tranchées indiquant l'emplacement des tranchées T1 à T5, des aires d'entreposage externe, et du hangar TFA

La zone des tranchées a une forme de type patatoïde (d'environ 350 m x 200 m dans ses dimensions maximales), délimitée par une clôture de tous côtés. Deux portails situés en face Nord-Ouest permettent l'accès habituel au personnel et aux véhicules. Un portail en face Nord-Est peut également être utilisé en cas de besoin.

Les bâtiments implantés sur la zone des tranchées sont les suivants :

Bâtiment	Désignation	Secteur
393	Bâtiment logistique	Tranchées
394	Bâtiment d'exploitation des tranchées	Tranchées
839	Bâtiment en attente d'exploitation	Tranchées
367	Hangar d'entreposage des déchets TFA	Hangar TFA

Tableau 124 : Liste des bâtiments de la zone des tranchées

2.2.2. Secteur des tranchées

La zone comporte cinq tranchées, numérotées de T1 à T5, dans l'ordre chronologique de leur réalisation. La capacité utile de chacune d'entre elles est variable.

Les tranchées ont été remplies de déchets radioactifs (déchets technologiques et déchets de procédé déclarés comme « de faible activité » au moment de leur enfouissement) entre 5 mètres de profondeur et jusqu'à un mètre environ de la surface du sol. Les tranchées sont recouvertes d'un remblai en forme de dôme d'au moins 1 m d'épaisseur sur les côtés et 1,50 m au milieu. Le tableau ci-après donne les dimensions de chaque tranchée, à partir des prospections géophysiques réalisées en 1998 qui ont permis de délimiter globalement les contours des tranchées :

Dimensions	T1	T2	T3	T4	T5
Longueur en ouverture (m)	26	25	39	32	34
Longueur en fond de fouille (m)	21	19	35	27	29
Largeur en ouverture (m)	10	10	10	10	10
Largeur en fond de fouille (m)	4	7,5	6,4	5,5	4
Profondeur (m)	5	5	3,5	4,5	5

Tableau 125 : Dimensions des tranchées T1 à T5

Figure 131 : Tranchée en cours de remplissage (1970)

Ce mode d'entreposage a été utilisé entre août 1969 et mai 1974. La tranchée T2 a fait l'objet d'une opération de RCD et est actuellement vide de déchets historiques, en attente d'assainissement (retrait des terres contaminées présentes en fond et en flanc de tranchée). Les opérations de RCD des autres tranchées vont démarrer après le passage en phase de démantèlement de l'INB56.

Trois bâtiments sont actuellement implantés sur le secteur des tranchées :

- Bâtiment logistique (bâtiment 393) : il s'agit d'un bâtiment préfabriqué abritant les vestiaires chauds et froids d'accès à la zone chantier, les bureaux administratifs et la salle de réunion, une salle de repos, et un hangar technique d'entreposage de matériel comprenant une « zone chaude » et une « zone froide » (la zone « froide » inclue de maintenance des équipements non contaminés).
- Bâtiment d'exploitation T2 (bâtiment 394) : ce bâtiment est composé d'un hangar métallique fermé reposant sur des longrines en béton. Cet ensemble est modulaire et démontable. Dans ce bâtiment étaient implantés toutes les unités et tous les équipements nécessaires à l'extraction, au tri, au conditionnement et à la caractérisation des déchets de la tranchée T2, aujourd'hui majoritairement déposés. Les parois et le fond de la tranchée sont couverts d'une géo-membrane étanche et la tranchée est désormais recouverte d'une nouvelle structure de confinement statique permettant un maintien en état sûr de la tranchée T2, en vue des opérations ultérieures d'assainissement de la tranchée T2.
- Bâtiment T4 (hangar 839) : un deuxième bâtiment, dit « en attente d'exploitation », métallique et fermé est installé sur la tranchée T4 planifiée à l'origine comme étant la tranchée suivante à exploiter. Il sert de protection lors des opérations préliminaires d'enlèvement du dôme de terre recouvrant la tranchée. La structure est celle d'un hangar identique au bâtiment d'exploitation 394. Il accueille notamment la zone d'entreposage tampon des déchets TFA en attente d'expédition au CIRES.

La zone des tranchées dispose de sa propre alimentation électrique de secours (GEF) pour palier la coupure du réseau électrique normal de cette zone. Ce GEF est d'une puissance suffisante pour alimenter l'ensemble des EIP électriques du secteur des tranchées (le secteur du hangar TFA ne nécessite aucune alimentation électrique de secours).

On recense deux aires d'entreposage extérieur de déchets sur le secteur des tranchées :

- Aire d'entreposage tampon : cette aire, qui occupe une surface de 100 m^2 environ, permet d'entreposer des conteneurs métalliques de transport des déchets conditionnés, en cours de remplissage et en attente d'évacuation vers les installations de traitement ou d'entreposage. Le revêtement de cette aire est constitué d'un revêtement de graviers concassés.
- Aire d'entreposage TFA : cette aire est dédiée aux conteneurs de déchets TFA (open-top). Sa surface est d'environ 585 m^2. Le revêtement de la plate-forme de l'aire est constitué d'enrobés percolés en résines imperméable. Dans le cadre d'opérations de caractérisations de colis de déchets anciens, un ensemble de conteneurs aménagés, sera implanté sur cette aire TFA (alors vidée des conteneurs TFA), et abriteront un dispositif de tomographie appelé TOMIS (TOMographe In Situ multiénergies à faible impact dosimétrique).

Figure 132 : Aire d'entreposage TFA et conteneurs Open Top

2.2.3. Secteur du hangar TFA

Ce secteur se compose d'un seul hangar dénommé « hangar TFA » (bâtiment 367). Ce hangar métallique fermé a été construit sur une aire goudronnée constituée d'un revêtement bitumineux type routier. Sa surface est d'environ 3 500 m^2. Il comporte deux accès (deux portes-camion dont l'une est munie d'un accès personnel) situés au Sud-Est du bâtiment sur la plate-forme de manœuvre, ainsi qu'une sortie de secours située sur la façade Nord-Ouest.

Ce hangar est utilisé comme lieu d'entreposage de colis de déchets renfermant des déchets TFA, en transit vers leur exutoire de l'ANDRA (CIRES).

3. Description des opérations de démantèlement

3.1. Opération à réaliser sur le secteur des hangars

3.1.1. Opérations de Reprise et de Conditionnement de déchets (phase A du démantèlement)

Les opérations de RCD envisagées au niveau du secteur des hangars consistent à reprendre, contrôler, puis si nécessaire, caractériser et améliorer le conditionnement des colis de déchets pour permettre leur évacuation vers l'exutoire le plus adapté à leur nature (CEDRA, ANDRA). Compte tenu du nombre de colis entreposés, ces opérations devraient durer plusieurs décennies.

Au début du démantèlement, le bâtiment 285 a été déconstruit (ou est en cours de déconstruction) pour permettre le montage de l'installation de RCD Vrac-MI (sur le secteur des fosses anciennes). Pour anticiper le maintien des fonctions d'exploitation associées à ce bâtiment, le hangar blocs-cellules de l'ancienne installation Vrac-FI (ayant servi à l'opération de RCD Vrac-FI sur la fosses F3) a été modifié en partie pour poursuivre les opérations « simples » de RCD des colis issus des hangars.

Le hangar blocs-cellules permet de réaliser le traitement de colis ne pouvant en l'état être expédiés vers l'exutoire final ou entreposés sur l'installation CEDRA. Pour cela, les fonctions suivantes sont réalisées sur les différents types de colis à traiter :

- Reprise des déchets contenus dans des fûts de 100L entreposés dans le hangar H4 : reconditionnement des fûts dans des colis de déchets dans le respect des spécifications d'acceptation en vigueur.
- Permettre de réaliser les fonctions qui étaient réalisées dans le bâtiment 285, à savoir :
    - inspection, entretien et reconditionnement de colis de déchets (TFA, 870L, coque béton 500L),
    - tri de déchets en fût de 200L,
    - décontamination d'emballages de colis.

A terme, une nouvelle installation de traitement des colis sera créée, dénommé ATC pour traiter le reste des colis entreposés sous hangars. Le nouveau hangar dénommé ATC sera construit, comprenant :

- une zone d'entreposage amont des colis en provenance des hangars, des tranchées et des fosses,
- une zone d'ouverture et de contrôle des colis,
- une cellule de découpe et de casse des colis (découpe au câble diamanté, carottage, etc.),
- une zone de reconditionnement et d'injection des colis (tri des déchets, reconditionnement, etc.),
- une zone de carottage et de prélèvement des colis (percement, reconstitution des colis, entreposage des prélèvements),
- une zone de réfection extérieure des colis (grenaillage, mise en peinture, etc.),
- une zone de caractérisation avant expédition (spectrométrie gamma, mesures de contamination etc.),
- une zone d'entreposage aval des colis avant expédition,

- une zone réservée à l'implantation d'un équipement TOMIS (équivalent à celui utilisé sur l'aire TFA de la zone des tranchées).

Concernant les tes terres Bayard entreposées dans les hangars H2 et H3, celles-ci ont vocation à rejoindre les sites de stockage et d'entreposage de l'ANDRA. Actuellement, la stratégie du CEA consiste à :

- désentreposer les colis de terres Bayard du hangar H3 entre 2020 et 2022,
- désentreposer les colis de terres Bayard du hangar H2 entre 2023 et 2025.

Cette nouvelle stratégie permet une évacuation au plus tôt et constitue une amélioration notable du planning de désentreposage des terres Bayard. Elle est cependant soumise à certaines conditions de disponibilité des installations ANDRA et de financement des opérations, dans le cadre de la mise en place d'un projet commun CEA – Andra.

En raison des activités de démantèlement dans l'environnement de la zone du parc, le périmètre de la zone du parc d'entreposage est modifié par rapport au périmètre enregistré (cf. Pièce 6 du dossier de démantèlement).

Dans le cadre de l'aménagement de la zone du Parc, le réseau des eaux pluviales va évoluer (Cf. Figure 123).

Le réseau existant, qui ceinture la partie viabilisée du Parc, sera étendu pour prendre en compte la nouvelle voie d'accès au sud, et les nouvelles plateformes des installations ATC et Vrac-MI : l'exutoire du réseau existant reste inchangée, de l'autre côté de la route dénommée « rocade sud ». En complément, un réseau périphérique en bordure extérieure du périmètre INB va être installé dans le cadre des travaux de terrassement des deux nouvelles plateformes, et recueillera les eaux pluviales des bassins amont de la zone du Parc. Les deux réseaux se rejoindront ensuite en aval de la sortie actuelle du réseau d'eaux pluviales existant

3.1.2. Opérations d'assainissement et de déconstruction (phases B et C du démantèlement)

Après désentreposage de l'ensemble des colis, les hangars H1 à H11 et l'installation ATC devront faire l'objet d'opérations d'assainissement puis de déconstruction qui comprendront successivement :

- la réalisation d'une cartographie radiologique des hangars,
- la dépose des équipements restant dans les hangars (utilités et dispositifs de surveillance),
- la dépose des ateliers de reconditionnement des déchets,
- le retrait des revêtements de sol,
- le retrait des terres contaminées,
- le démantèlement des fondations béton,
- le déclassement du zonage déchets,
- la dépose de la toiture des hangars historiques (présence d'amiante),
- le démantèlement des structures métalliques.

Les déchets générés par ces opérations d'assainissement et de déconstruction seront triés et conditionnés en fonction de leur nature physique et radiologique, pour être évacué vers les exutoires adaptés.

3.1.3. Opérations de contrôles radiologiques finaux et de repli du chantier (phase D du démantèlement)

Enfin, suite aux phases précédentes, la phase de contrôles radiologiques finaux et de repli du chantier pourra être réalisée, avec comme objectif de confirmer l'atteinte des niveaux de contamination et d'irradiation initialement établi, permettant le déclassement *in fine* de l'installation.

3.2. Opérations à réaliser sur le secteur des fosses anciennes

3.2.1. Opérations de RCD (phase A du démantèlement)

Les fosses anciennes contiennent divers déchets anciens disposés en vrac, ou bien dans des poubelles métalliques ou en carton ainsi que des colis 500L MI. Le projet RCD Vrac-MI vise à reprendre, trier et reconditionner les déchets MI et le reliquat des déchets FI.

Les déchets reconditionnés sont expédiés pour entreposage sur l'INB 1645-CEDRA de Cadarache avant un futur stockage sur le site de l'ANDRA (*a priori* CIGEO).

3.2.1.1. Opérations préparatoires

Comme indiqué précédemment, le bâtiment 285, puis le bâtiment 774, seront démontés pour permettre l'implantation de l'installation Vrac-MI.

Les ouvrages suivants de l'installation Vrac-MI seront ensuite construits :

- une plateforme au Nord de l'installation, associée à un ouvrage de soutènement définitif,
- un bâtiment fermé en charpente métallique (appelée nef principale, ou nef sud) recouvrant les fosses F1 à F4,
- un second bâtiment fermé appelé nef secondaire (ou nef nord) abritant certains ouvrages nouveaux, dont notamment l'Unité de Tri et de Reconditionnement (UTR) et une nouvelle fosse (appelée F7), équivalente à la fosse F6.

3.2.1.2. Exploitation du système de RCD Vrac-MI

La séquence suivante présente sommairement les différentes étapes de reprise, de tri et de conditionnement des déchets en vrac contenus dans un puits d'une des fosses à traiter. On procède puits par puits (ou alvéole par alvéole) dans une fosse puis on reproduit la même séquence sur la fosse suivante, une fois que tous les déchets vrac d'une fosse ont été repris (sauf cas particulier).

Les principales étapes sont effectuées à distance avec des moyens automatiques et/ou téléopérés (associés à des protections biologiques contre les rayonnements) :

- la reprise des déchets s'effectue au niveau de la nef principale (mise en place des interfaces entre le puits et le moyen de reprise, qui est une enceinte blindée pouvant se déplacer sur l'ensemble des puits,

- le transfert du conteneur navette contenant les déchets repris, de l'enceinte blindée (nef principale) vers l'UTR (nef secondaire) au moyen d'un système de transfert blindé et d'une remorque automotrice électrique,
- le tri en cellule blindée, la caractérisation et le reconditionnement des déchets sont effectuées au niveau de l'UTR,
- le conditionnement des conteneurs primaires contenant les déchets en colis finaux (colis 7C standards ou pré-bétonnés, colis 500L MI, colis 870L, colis 500L DSFI).

Les colis 500L MI et 870L sont bloqué par injection de mortier (liant hydraulique) puis séchés dans l'UTR avant d'être placés dans la fosse d'entreposage tampon F7, en attente de leur expédition vers l'exutoire prévu (ANDRA ou INB 164 CEDRA de Cadarache).

3.2.2. Opérations d'assainissement et de déconstruction (phases B et C du démantèlement)

Après désentreposage, les fosses F1 à F4 et le système RCD devront faire l'objet, dans un second temps, d'opérations d'assainissement incluant le retrait des terres contaminées en fond et aux abords des fosses puis de déconstruction. Le génie civil des fosses est alors démantelé avant les contrôles finaux. Les terres contaminées sont conditionnées dans des conteneurs adaptés à leur filière déchets (FA/TFA).

3.2.3. Contrôles radiologiques finaux et de repli du chantier (phase D du démantèlement)

Suite aux phases précédentes, la phase de contrôles radiologiques finaux et de repli du chantier pourra être réalisée, avec les mêmes objectifs que pour le secteur des hangars.

3.3. Opérations à réaliser sur le secteur des fosses récentes

Les fosses F5 et F6 sont recouvertes par un bâtiment métallique (bâtiment 791 de l'installation RFR). Elles permettent l'entreposage dans des puits de déchets exclusivement conditionnés en colis 500L MI dont l'emballage des colis encore entreposés est en acier noir. Chaque fosse comprend 48 puits permettant chacun l'entreposage au maximum de 8 colis.

Les opérations de désentreposage (RCD) ont débuté en 2009 par la fosse F6 (reprise des colis 500L MI inox) et sont actuellement réalisées sous couvert du référentiel de sûreté d'exploitation. Comme pour les fosses anciennes, ces opérations visent à désentreposer les colis vers l'INB 164 CEDRA du Centre de Cadarache avant leur envoi vers un exutoire adapté (*a priori* CIGEO).

3.3.1. Description des opérations de RCD

Les opérations de reprise des colis 500L MI en fosses F5 et F6 peuvent être divisées en quatre étapes :

- identification puis extraction des colis des puits,
- mise en sur-conteneurs,
- contrôle de la contamination surfacique du colis et décontamination si nécessaire,
- caractérisation radiologique des colis si nécessaire,
- expédition des colis au moyen d'un emballage ETCMI vers l'INB CEDRA.

Une fois que la fosse F6 sera vidée, la plateforme de manutention sera démontée et réimplantée, avec la cellule blindée, au-dessus de la fosse F6 pour permettre la poursuite des opérations de RCD sur la fosse F5. Compte tenu du nombre de colis en fosses et du rythme visé pour ces opérations (objectif de 50 colis extraits par an), ces opérations de RCD sont prévues pour durer plusieurs années.

3.3.2. Démontage de l'installation RCD (phases B)

En fin des opérations de RCD, les équipements nécessaires à la reprise des colis 500L MI sont démontés et mis en attente « sous cocon ». Lorsque les opérations de RCD de l'installation Vrac-MI seront arrivées à la phase de reprise des colis MI 500L présents en fosses anciennes, ces équipements (plateforme, cellule blindée, sur-conteneur, châteaux et emballages ECTMI, etc.) seront transférés vers la halle Vrac-MI en vue d'y être utilisés pour l'extraction des colis. Les manutentions s'effectuent alors avec les moyens de Vrac-MI.

3.3.3. Assainissement et déconstruction (phase C)

Les fosses récentes et l'installation de RCD RFR devront faire l'objet d'opérations d'assainissement puis de déconstruction. Ces opérations à réaliser sont sensiblement les mêmes que celle déjà mentionnées pour les fosses anciennes.

3.3.4. Contrôles radiologiques finaux et de repli du chantier (phase D)

La phase D de contrôle radiologiques finaux et de repli du chantier pourra être réalisée, avec les mêmes objectifs que pour les fosses anciennes.

3.4. Opérations à réaliser sur le secteur des piscines

Les piscines sont vides de combustibles (ECI) et vides d'effluents liquides (fin de vidange des piscines achevée en 2018). Ces opérations sont équivalentes au début de la phase A de RCD pour ce secteur.

3.4.1. Travaux préparatoires de mise à l'état sûr de la piscine P1 (OPDEM)

Les OPDEM envisagées sur le secteur des piscines sont les travaux préparatoires visant à mettre la piscine P1 à l'état sûr. Ces travaux comprennent

- l'installation d'une nouvelle ventilation des piscines P1 et P2, et le démontage du local ventilation d'origine accolé au bâtiment 769,
- la création de l'extension du bâtiment 769 (abri de P1) au-dessus de la piscine P1 (à l'intérieur du bâtiment 769,
- la préparation de la mise à l'état sûr de la piscine P1 incluant la mise en place de dispositifs au-dessus de la piscine de façon à assurer une fonction de confinement statique et dynamique, une fonction de protection biologique et une fonction de protection contre les chutes d'objets.

Parallèlement, les opérations déjà en cours de réalisation à l'état initial sont poursuivies. Ces opérations concernent l'évacuation des déchets technologiques issus des procédés de RCD.

Les déchets technologiques entreposés dans le hangar des piscines sont issus :

- de l'ancienne installation d'entreposage des ECI : anciens équipements de reprise des ECI, blocs béton de protection biologique,

- du procédé de vidange de l'eau en piscines P1 et P2 : pompe, tuyauteries, réservoirs, station de filtration, etc.

Ces déchets pourront éventuellement être traités dans les blocs-cellules du bâtiment 774 pour être évacués vers des filières adéquates (ICPE 312, ICPE 801, CIRES, CSA, INB 37-A).

3.4.2. Traitement des parois des piscines

Suite aux opérations préparatoires mentionnées ci-dessus, les opérations de RCD se poursuivent par :

- la réalisation d'une cartographie radiologique initiale avant traitement des piscines P1 et P2,
- le traitement des parois des piscines P1 et P2,
- l'assainissement du hangar 769,
- et enfin la réalisation d'un bilan physique et radiologique.

Les opérations de traitement des parois (retrait de béton sur une faible épaisseur, entre quelques mm et quelques cm) visent à réduire le niveau de contamination du génie civil des piscines P1 et P2 (la piscine P3 est déjà considérée pré assainie). Le traitement de leurs parois sera appliqué sur la piscine P1 puis sur la piscine P2, en exploitant le retour d'expérience des opérations équivalentes, déjà réalisées pour partie sur la piscine P3.

A la fin de cette opération, les piscines sont recouvertes par un confinement rigide sûr. L'activité résiduelle encore présente sera alors suffisamment faible pour qu'il ne soit plus nécessaire de ventiler en permanence le ciel des piscines.

3.4.3. Opérations d'assainissement et de déconstruction (phases B et C)

3.4.3.1. Assainissement

L'assainissement final des parois des piscines est réalisé par écroutage, sur une profondeur plus importante que l'opération de pré-assainissement, en ayant recours à un confinement statique et dynamique de type sas souple ou semi-rigide implanté au-dessus des piscines.

Les galeries techniques du secteur des piscines font également l'objet d'un traitement ainsi que le hangar 769 en lui-même. Ces travaux se déroulent également sous confinement statique et dynamique. Les matériels et équipements déposés sont conditionnés au fur-et-à-mesure des travaux puis évacués vers une zone d'entreposage tampon. Le revêtement de sol du hangar est retiré et le hangar est déconstruit.

3.4.3.2. Déconstruction

Les opérations de démantèlement du génie civil des piscines nécessitent l'utilisation d'un engin téléopéré de type Brokk équipé d'outils adaptés de types marteau piqueur/brise roche hydraulique, pince à béton, godet, etc. L'utilisation d'une scie à câble diamanté peut également être faite dans le cas où des découpes de blocs de béton sont effectuées.

Une aspiration à la source et une filtration au plus près, ainsi qu'un conditionnement des poussières en pot décanteur seront mis en place durant la démolition. Les gravats de béton générés sont conditionnés sur place et évacués vers une zone d'entreposage tampon après contrôle.

3.4.3.3. Enlèvement des terres

On procède, en parallèle à l'opération de démantèlement du génie civil, à l'enlèvement des terres contaminées situées en fond et en périphérie des piscines au moyen de l'engin d'extraction de type brokk ou pelle mécanique.

Les terres TFA extraites sont directement conditionnées en big-bags et évacuées au-fur-et-à-mesure de l'avancée des travaux.

3.4.4. Contrôles radiologiques finaux et de repli du chantier (phase D)

La phase de contrôles radiologiques finaux et de repli du chantier pourra être réalisée, avec les mêmes objectifs que pour les autres secteurs de la zone du parc.

3.5. Opérations à réaliser sur le secteur des tranchées

Les équipements et les structures nécessaires pour la reprise des déchets dans les tranchées T1, T3, T4 et T5 (appelé « système RCD Autres tranchées ») sont évolutifs et dimensionnés en considérant l'état initial des tranchées et en retenant des marges de sécurité pour tenir compte des incertitudes.

3.5.1. Description des nouvelles structures de RCD à créer

Pour les opérations de reprise, de tri et de reconditionnement, de nouveaux bâtiments et équipements, formant le système RCD, sont mis en place sur la zone des tranchées. Ces équipements seront démantelés à la fin des opérations.

Les nouveaux équipements prennent en compte, dès leur conception et dimensionnement, le REX réalisé lors de l'exploitation des équipements installés pour la reprise des déchets de la tranchée T2.

Les principaux choix techniques retenus, au niveau des études actuelles, pour les nouveaux équipements sont :

- le montage de façon progressive, de bâtiments « tranchée » formés d'un double confinement fixe sont mis en place au-dessus de chaque tranchée à traiter,
- le montage d'un bâtiment appelé « bâtiment support » commun à l'ensemble des tranchées à traiter, situé à proximité de la tranchée T4. Ce bâtiment regroupe l'ensemble des moyens de tri, de caractérisation et de reconditionnement des déchets extraits au niveau des tranchées.

La structure d'ensemble, sous confinement dynamique, est conçue de manière à pouvoir aménager des couloirs permettant de transférer les déchets extraits au niveau des tranchées jusqu'au bâtiment « support » en restant en permanence à l'intérieur d'un bâtiment.

3.5.2. Déroulement des opérations de RCD (phase A du démantèlement)

La majorité des opérations d'extraction des déchets effectuées en tranchée est réalisée de manière téléopérée afin de limiter au maximum les risques liés à l'intervention d'opérateurs au sein des tranchées (exposition externe et interne). Lors de leur extraction, les déchets sont conditionnés dans des conteneurs pour être acheminés vers le bâtiment « support ».

Les déchets sont alors introduits au sein d'une chaîne de Boites à Gants (BAG) pour effectuer le tri et le conditionnement en colis primaires. Les colis primaires sont ensuite assemblés en colis de déchets finaux qui peuvent être bloqués avec un liant hydraulique, dans le bâtiment « support » (colis 870L FI, colis 7C, etc.). Ces colis finaux sont entreposés dans une aire d'entreposage tampon avant leur expédition pour entreposage dans l'INB 164 CEDRA de Cadarache ou pour stockage dans une installation de l'ANDRA.

3.5.3. Déroulement des opérations d'assainissement et de déconstruction (phases B et C du démantèlement)

Après aménagement du chantier (mise en place de sas de confinement statique et dynamique au-dessus de chaque tranchée) et démantèlement du bâtiment support, les opérations d'assainissement et de déconstruction concernent les inspections visuelles et les mesures radiologiques, l'assainissement des fonds et en flancs de tranchée par retrait des terres, et enfin le conditionnement de ces terres en big-bags, évacués au fur et à mesure des opérations.

On procède enfin à la dépose des équipements restants (mobilier, équipements, etc.), puis à la déconstruction des structures métalliques des différents hangars « tranchées » par déboulonnage et découpe des parties métalliques.

3.5.4. Contrôles radiologiques finaux et de repli du chantier (phase D)

Une fois ces opérations achevées, la phase D de contrôles radiologiques finaux et de repli du chantier pourra être réalisée, avec les mêmes objectifs de déclassement que pour les autres secteurs de l'INB 56.

3.6. Opérations à réaliser sur le secteur du hangar TFA

Les opérations réalisées avant le début du démantèlement sur ce secteur ont consisté à vider entièrement le hangar TFA des déchets historiques entreposés, en vue de leur entreposage à l'ANDRA. Par la suite, ce hangar est utilisé tout le long des opérations de démantèlement comme lieu d'entreposage des colis de déchets TFA en transit, générés par les différents chantiers de démantèlement de l'INB 56 :

- Pendant la phase OPDEM :
    - travaux préparatoires à la construction de l'installation Vrac MI,
    - travaux de construction de la nouvelle route au sud ;
- Pendant la phase RCD :
    - travaux de terrassement pour la construction des installations Vrac MI et ATC,
    - reprises des tranchées T1, T3, T4, T5 ;
- Pendant la phase de DEM, dans toutes les zones de l'installation.

Pendant toutes ces phases, l'installation dispose du hangar TFA (bâtiment 367), dédié aux opérations de traitement et de reconditionnement des déchets TFA avant évacuation. Ce hangar représente un volume d'entreposage permettant de pallier une indisponibilité temporaire de l'exutoire TFA. Des zones dédiées à l'intérieur du hangar TFA pourront notamment être aménagées par typologie de déchets et répondront aux exigences de sûreté qui leur incombent.

Le secteur du hangar TFA sera le dernier de l'INB 56 à être démantelé, après avoir été entièrement vidé des déchets TFA entreposés (phase A du démantèlement), avec des méthodes similaires à celles mises en œuvre pour l'assainissement et la déconstruction des hangars H1 à H11 (phases B et C du démantèlement). Les déchets générés par ces opérations seront triés et conditionnés en fonction de leur nature physique et radiologique, pour être évacués vers les exutoires adaptés.

Enfin, la phase D de contrôles radiologiques finaux et de repli du chantier pourra être réalisée, avec les mêmes objectifs que pour les autres secteurs de l'INB 56, permettant le déclassement *in fine* de l'ensemble de l'installation.

3.7. Opérations de gestion des sols

Selon les conclusions des investigations radiologiques futures liées aux incertitudes des estimations des volumes de déchets de terre présentées dans le Tableau 243, la stratégie de réhabilitation des sols s'appuiera sur le guide inter-exploitants « réhabilitation des sols d'une INB » dans sa version de mai 2019. L'objectif de réhabilitation sera choisi au travers d'une démarche analytique, qui consiste à comparer diverses stratégies en regard d'un certain nombre de critères (radiologiques, économiques, environnemental...) afin de mettre en évidence la solution la plus adaptée. Ainsi :

- dans un premier temps, le retrait complet des substances chimiques/radioactives sera étudié. Cet « assainissement complet » constitue l'option de gestion de référence selon les recommandations du guide ASN n° 24,
- si l'assainissement complet n'est pas réalisable dans des conditions techniques et économiques acceptables, une démarche d'optimisation appelé « assainissement poussé » est mise en oeuvre pour atteindre un état final conduisant à un impact résiduel compatible avec les usages.

Il en découle un plan de gestion des sols. Le début de ces opérations est soumis à l'approbation de l'ASN. Cette démarche permet de prévenir ou limiter de manière suffisante les risques ou inconvénients pour la sécurité, la santé, la salubrité publique ou la protection de la nature et de l'environnement.

Les options de gestion des sols seront conformes aux préconisation du guide ASN n° 14 : l'assainissement des sols sera un assainissement complet ou un assainissement poussé (assorti d'un plan de gestion des sols).

4. Etat final envisagé

4.1. Généralités

Les travaux de démantèlement et d'assainissement décrits précédemment ont pour objectif de libérer l'INB 56 de toute contrainte nucléaire, afin de permettre sa radiation de la liste des INB. À la fin des travaux :

- Tous les matériaux ou équipements contaminés ou activés de manière significative seront évacués.
- L'état radiologique de l'installation justifiera le déclassement des locaux en zone non réglementée.
- Le zonage déchets des bâtiments comprendra uniquement des zones à déchets conventionnels.

L'état final visé à l'issue de l'ensemble des opérations de démantèlement et d'assainissement doit garantir de prévenir les risques ou inconvénients que pourra présenter le site pour les intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement, permettant ainsi le déclassement administratif de l'INB 56, et la réutilisation de l'ensemble des zones et structures conservées pour tout type d'activité industrielle, à caractère nucléaire ou non.

4.2. Etat physique final

L'état final des bâtiments de l'INB 56 dans le scénario de référence est leur déconstruction totale, que ce soit les bâtiments originels de l'installation ou les bâtiments récents et futurs liés aux opérations de RCD en cours et à venir. Il n'est pas identifié a priori de bâtiments qui seraient à garder sur pied (après déclassement radiologique pour les bâtiments nucléaires) à la fin du démantèlement de l'INB 56.

4.3. Etat radiologique final

L'objectif fixé pour l'état radiologique final de l'installation est un assainissement complet de toutes les zones de l'installation permettant le déclassement des zones réglementées en zones non réglementées du point de vue du zonage radioprotection, et le déclassement des zones à déchets nucléaires en zone à déchets conventionnels du point de vue du zonage déchets.

En cas de difficultés (ex : remise en cause de la tenue du génie civil, état radiologique visé des sols non atteint), des dispositions compensatoires adéquates pourraient alors être mises en œuvre (revêtements confinant la contamination, plan de surveillance, mise en place de servitudes, etc.).

4.4. Prévisions d'utilisation ultérieure du site

L'objectif du CEA est que l'installation puisse être, après démantèlement et assainissement final, déclassée et radiée de la liste des installations nucléaires de base, et qu'elle puisse être réutilisée pour tout type d'activité industrielle à caractère nucléaire ou non nucléaire, sans induire de risque radiologique. En ce sens, plus aucune surveillance radiologique ne sera nécessaire à l'issue des déclassements (zonage radioprotection, zonage déchets).

Toutefois, afin de conserver la mémoire de cette installation, une restriction d'usage conventionnel au profit de l'état sera instituée. A ce jour, au regard du planning avec un déclassement envisagé à l'horizon 2060 et de l'état radiologique final atteignable, il n'a pas encore été défini de projet de réutilisation.

Partie 3 : Déroulement de la séquence ERC « éviter, réduire, compenser » pour le projet de démantèlement

1. Introduction

1.1. Objectif

Ce chapitre a pour objectif d'apporter les éléments demandés aux items 7, 8 et 9 de l'Article R. 122-5 II du code de l'environnement :

« 7° Une description des solutions de substitution raisonnables qui ont été examinées par le maître d'ouvrage, en fonction du projet proposé et de ses caractéristiques spécifiques, et une indication des principales raisons du choix effectué, notamment une comparaison des incidences sur l'environnement et la santé humaine ;

8° Les mesures prévues par le maître de l'ouvrage pour :

- *éviter les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine et réduire les effets n'ayant pu être évités ;*
- *compenser, lorsque cela est possible, les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits. S'il n'est pas possible de compenser ces effets, le maître d'ouvrage justifie cette impossibilité.*

La description de ces mesures doit être accompagnée de l'estimation des dépenses correspondantes, de l'exposé des effets attendus de ces mesures à l'égard des impacts du projet sur les éléments mentionnés au 5° ;

9° Le cas échéant, les modalités de suivi des mesures d'évitement, de réduction et de compensation proposées ».

L'item 8 est complété par les dispositions suivantes mentionnées au 3 de l'article 9 du décret n° 2007-1557 du 2 novembre 2007 modifié (décret procédures) :

« 3° La description des mesures envisagées pour répondre aux exigences du 7° du II de l'article R. 122-5 du Code de l'environnement précise notamment :

a) Les dispositions d'aménagement et d'exploitation prévues et leurs caractéristiques détaillées ;

b) Les performances attendues, notamment en ce qui concerne la protection des eaux souterraines, l'épuration, l'évacuation, la gestion et la surveillance des eaux résiduelles et des émanations gazeuses ;

c) Les conditions d'apport à l'installation des matières destinées à y être traitées, du transport des produits fabriqués et de l'utilisation rationnelle de l'énergie ;

d) Les solutions retenues pour éviter, réduire ou, lorsque cela est possible, compenser l'impact des prélèvements d'eau et des émissions de l'installation, le volume et la toxicité radiologique, chimique et biologique des déchets produits et optimiser la gestion de ces déchets et émissions de l'installation en favorisant leur valorisation et leur traitement ;

e) Les mesures retenues par l'exploitant pour contrôler les prélèvements d'eau, les émissions de l'installation et surveiller les effets de l'installation sur l'environnement. Le dimensionnement et les modalités de contrôle et de surveillance retenues sont justifiés au regard des éléments visés au 2° et 3° du II de l'article R. 122-5 du Code de l'environnement tels que précisés et complétés par les 1° et 2° du présent article.

Le choix des mesures envisagées pour répondre aux exigences du 7° (du II de l'article R. 122-5 du Code de l'environnement tel que précisé par le présent 3° est justifié au regard de l'utilisation des meilleures techniques disponibles. »

Conformément aux articles 4.2.1 et suivants de l'arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base ainsi qu'à l'article 3.1 et suivants de la décision n°2013-DC-0360 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 16 juillet 2013 modifiée[36] relative à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des installations nucléaires de base, la surveillance des émissions produites par le démantèlement de l'INB 56, et celle de l'environnement susceptible d'en être affecté, est également décrite.

Ainsi le présent chapitre présente, après une introduction sur le principe de la séquence ERC :

- une synthèse des différentes sources possibles d'incidences du projet de démantèlement sur l'environnement ou la santé humaine ;
- les mesures et dispositions mises en place pour éviter et réduire les incidences notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine, notamment au regard des Meilleures Techniques Disponibles (MTD) ;
- les mesures de compensation et leur suivi ;
- les mesures de contrôle et de surveillance de l'environnement ;
- le coût de ces mesures.

Il convient d'analyser la séquence ERC appliquée aux projets de démantèlement en gardant à l'esprit que l'objectif d'un tel projet est d'atteindre un état final prédéfini où la totalité des substances dangereuses et radioactives aura été évacuée de l'installation pour permettre son déclassement et réduire au maximum tout impact et nuisance de l'installation sur l'environnement ou la santé humaine. Les substances, qui représentent le terme source chimique et / ou radiologique de l'installation, seront donc *in fine* réparties entre les colis de déchets solides, les effluents atmosphériques et les effluents liquides. Le projet cherchera donc à évacuer au maximum le terme source sous forme de déchets solides qui partiront vers les filières adaptées (tout en minimisant les volumes de ces déchets), afin de limiter les rejets directs dans l'environnement.

1.2. Principe de recherche du projet de moindre impact : la séquence ERC : « éviter, réduire, compenser »

La séquence « éviter, réduire, compenser » (ERC) a pour objectif d'éviter les atteintes à l'environnement, de réduire celles qui n'ont pu être évitées, et, si possible, de compenser les effets notables qui n'ont pu être ni évités, ni suffisamment réduits.

La séquence ERC dépasse la seule prise en compte de la biodiversité, pour englober l'ensemble des thématiques de l'environnement (air, bruit, eau, sol, santé des populations...). Elle s'applique, de manière proportionnée aux enjeux, à tous types de projets dans le cadre des procédures administratives d'autorisation (étude d'impacts, évaluation des incidences Natura 2000, dérogation à la protection des espèces, …).

[36] Modifiée par la Décision n° 2016-DC-0569 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 29 septembre 2016.

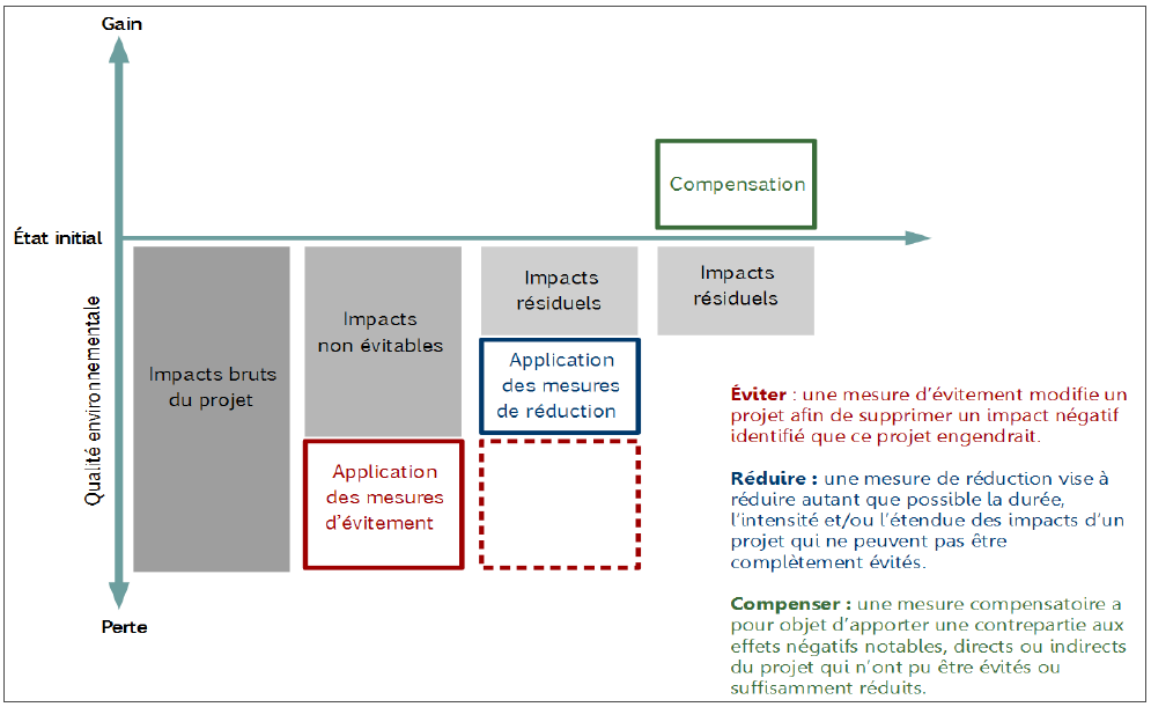


Figure 133 : Bilan écologique de la séquence ERC (Source : La séquence « éviter, réduire et compenser », un dispositif consolidé. Mars 2017. https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr)

La séquence ERC a été introduite en droit français par la loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature. Elle a été consolidée et précisée en août 2016 par deux textes : l'ordonnance n° 2016-1058 du 3 août 2016 relative à la modification des règles applicables à l'évaluation environnementale des projets, plans et programmes, et la loi n° 2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages.

Ainsi, en application de l'article L. 122-1 du code de l'environnement, l'évaluation environnementale est un processus constitué :

- de l'élaboration, par le maître d'ouvrage, d'un rapport d'évaluation des incidences sur l'environnement, dénommé « étude d'impact » ;
- de la réalisation de la consultation du public prévue par la réglementation ;
- de l'examen, par l'autorité compétente pour autoriser le projet, de l'ensemble des informations présentées dans l'étude d'impact, et de celles reçues dans le cadre de la consultation du public et de la part du maître d'ouvrage.

L'évaluation environnementale permet de décrire et d'apprécier de manière appropriée et proportionnée, en fonction de chaque cas particulier, les incidences notables directes et indirectes d'un projet sur l'ensemble des facteurs environnementaux, et particulièrement :

1° La population et la santé humaine.

2° La biodiversité, en accordant une attention particulière aux espèces et aux habitats protégés.

3° Les terres, le sol, l'eau, l'air et le climat.

4° Les biens matériels, le patrimoine culturel et le paysage.

5° L'interaction entre ces différents facteurs.

La séquence ERC est une démarche itérative, dans laquelle la prise en compte de l'environnement est intégrée le plus tôt possible dans la définition même du projet de façon à conduire à ce qu'il soit le moins impactant possible, de par ses choix techniques et/ou stratégiques (*cf.* schéma ci-après).

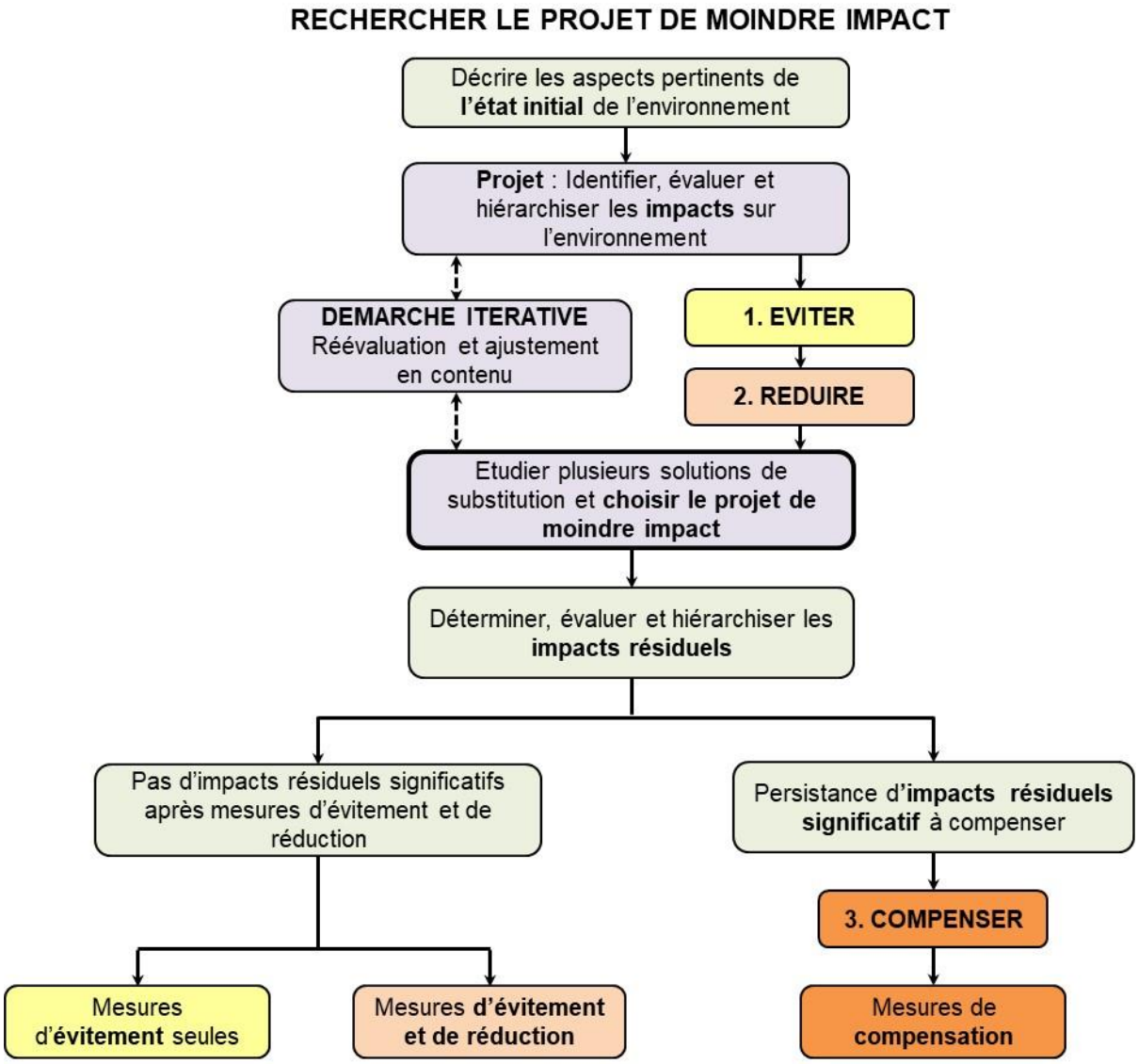


Figure 134 : Principe de recherche du projet de moindre impact selon la séquence ERC (adapté d'après le document du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) du Ministère de l'environnement « Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels », Octobre 2013)

2. Synthèse des sources possibles d'incidences du projet sur l'environnement ou la santé humaine

Ce paragraphe présente, à partir de la description de l'installation, une synthèse des sources possibles d'incidences du projet sur l'environnement ou la santé humaine. Dans le tableau de synthèse suivant, en face de chaque source possible d'incidence, sont présentés les différents compartiments de l'environnement (qui ont été décrits en partie 1 avec leurs enjeux) susceptibles d'être impactés. Les incidences possibles sont uniquement énoncées et non pas analysées, l'objectif étant de lister les éléments pour lesquels les mesures ERC sont mises en œuvre dans la définition du scénario de démantèlement. L'analyse des incidences résiduelles du scénario retenu est présentée en partie 4.

Nature et origine de l'incidence	**Incidences potentielles sur l'environnement ou la santé humaine**
Rejets des effluents atmosphériques chimiques et radiologiques	Exposition des milieux naturels, de la flore et de la faune lors du passage du panache et due aux éventuels dépôts Exposition des populations lors du passage du panache et due aux éventuels dépôts sur les produits de consommation
Rejets des effluents liquides chimiques et radiologiques	Exposition des milieux naturels, de la flore et de la faune aquatique de la Durance due aux rejets liquides Exposition des populations due à la consommation de poissons, ou d'eau de boisson issus de la Durance, ou de produits agricoles irrigués avec l'eau de la Durance Incidences sur les sites Natura 2000 de la Durance
Production de déchets conventionnels et radioactifs	Natures et volumes de déchets générés Besoins d'entreposage sur l'installation avant évacuation vers les filières de traitement et de stockage appropriées, générant une emprise sur les aires extérieures, des risques de pollution des sols et des eaux souterraines, etc. Camions de transports de déchets générant une consommation de carburant, des émissions de gaz d'échappement (dont des gaz à effet de serre), un dérangement de la faune et de la flore (bruits, poussières, risques d'écrasement, etc.)
Emprise sur les aires extérieures de l'installation (aires d'entreposage de déchets)	Travaux de terrassement générant la destruction/modification des habitats d'espèces protégées, et la destruction d'individus d'espèces protégées Engins de chantier générant un dérangement de la faune et de la flore (bruits, poussières, risques d'écrasement, etc.)
Augmentation du nombre de personnes sur l'installation pour les besoins du démantèlement	Augmentation de la consommation en eau potable Augmentation du nombre de trajets professionnels et domicile/travail Incidence sur l'activité économique

Nature et origine de l'incidence	Incidences potentielles sur l'environnement ou la santé humaine
Opérations de démantèlement à l'intérieur des bâtiments	Augmentation de la consommation d'énergie électrique due aux opérations de démantèlement (ventilation, procédés à sec, manutention/dépose, chantier, éclairage, etc.) Augmentation de la consommation en eau pour les procédés industriels (assainissement, découpe sous eau, etc.) Bruits, Odeurs, Vibrations Incidences sur l'activité économique
Opérations de démantèlement à l'extérieur des bâtiments	Bruits, Odeurs, Vibrations Besoins en éclairage, générant une augmentation de la consommation électrique et un dérangement de la faune

3. Mesures d'évitement et de réduction

3.1. Principes et mesures de management de l'environnement

3.1.1. Système de management de la qualité, de la sécurité et de l'environnement

Le dispositif de management présenté dans ce paragraphe est appliqué sur le périmètre du centre CEA de Cadarache et s'applique, de ce fait, à l'INB 56. Ce dispositif de management intégré sera adapté pour les opérations de démantèlement.

Ce Système de Management de la Qualité, de la Santé, de la Sécurité et de l'Environnement (SMQSE) répond aux exigences de la norme ISO 14001. Il présente par ailleurs les éléments du système permettant d'améliorer de façon continue les performances du centre de Cadarache en matière de santé – sécurité – sûreté conformément aux prescriptions du référentiel OHSAS 18001. Le centre de Cadarache bénéficie ainsi de la triple certification selon les référentiels ISO 9001 : 2015 - ISO 14001 : 2015 - OHSAS 18001 : 2007.

De plus, la politique environnement du CEA est déclinée au niveau des centres sous forme d'objectifs mesurables. Ainsi, on peut trouver au sein de la politique du centre de Cadarache, des objectifs tels que :

- l'amélioration de nos performances dans les domaines de la qualité, la santé, la sécurité, la sûreté, et l'environnement ;
- la maitrise des consommations d'eau et la recherche des économies d'énergie ;
- la maitrise des rejets liquides et gazeux ;
- le développement de la culture de sécurité, de sûreté, et de prévention de l'environnement des salariés.

De plus, la politique de management au CEA et à la DES (Direction des EnergieS) s'appuie sur une approche dite par « processus » telle que présentée ci-après :

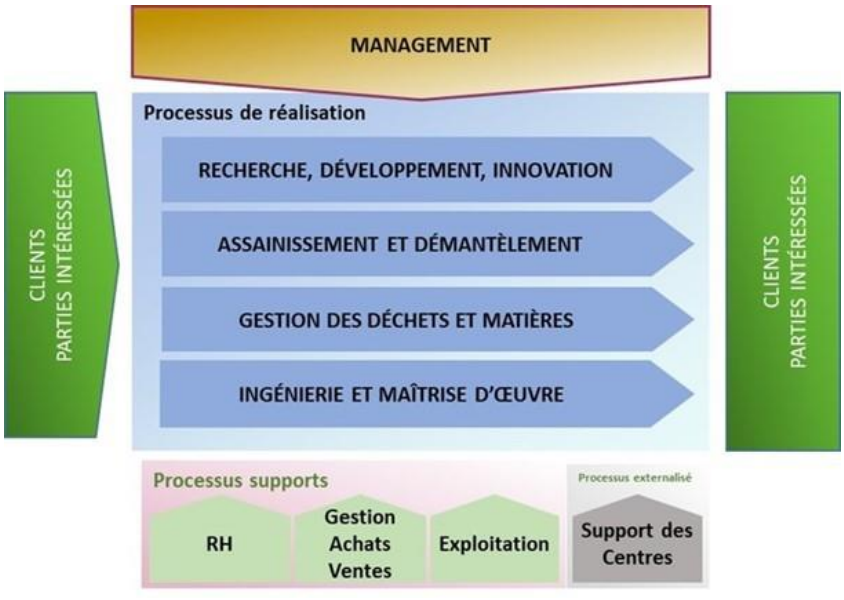


Figure 135 : Le management par processus de la Direction des Energies (DES) du CEA

Les processus et leurs modalités de mise en œuvre sont décrits par des dossiers de processus. Les produits de la DES sont des résultats de projets (conduits par la ligne projet) qui relèvent de deux processus de réalisation. Six processus contribuent au support de ces projets et un processus de management (conduit par la ligne hiérarchique) permet d'assurer la coordination générale du système et sa surveillance.

3.1.2. Protection de l'environnement

L'approche par processus (processus de réalisation « Assainissement – Démantèlement – Gestion et Transport des Matières et des Déchets ») permet de mieux maîtriser les opérations de démantèlement de l'INB 56.

La maîtrise de l'environnement est couverte, dans ce système, par le processus « Soutien en Sécurité, Sûreté, Santé et Environnement » qui est en interaction avec l'ensemble des activités.

Les aspects environnementaux et la conformité réglementaire font l'objet de plans d'actions environnement communs à l'ensemble des installations du centre CEA de Cadarache. Les actions propres aux opérations de démantèlement sont intégrées au sein de ces plans d'actions.

Ainsi dans le plan d'action de Cadarache pour l'année 2019, appelé Contrat d'Objectifs Sécurité, Sûreté, Environnement, sont identifiées des actions réglementaires comme la déclaration aux autorités compétentes (DREAL ou autre) des ouvrages concernés par la réglementation relative aux IOTA (Installations, Ouvrages, Travaux et Activités), ou encore des actions d'amélioration comme la formation des correspondants environnement des installations à la gestion environnementale, la mise à jour de l'étude déchets, la réalisation d'audits énergétiques ou encore le projet de création d'un nouveau Laboratoire de Chimie de l'Environnement (LCE)..

3.1.3. Management de l'environnement

Le personnel intervenant sur le chantier de démantèlement de l'INB 56 respecte les exigences définies par le CEA à travers le système de management intégré décrit dans le paragraphe précédent.

Les opérations de démantèlement (Reprise et Conditionnement de Déchets, assainissement, déconstruction) sont confiées à des entreprises extérieures qui doivent préalablement être acceptées par la CAEAR (Commission d'Acceptation des Entreprises d'Assainissement Radioactif et de démantèlement d'installation nucléaires) du CEA dans le cadre de la maîtrise des sous-traitants, conformément au chapitre II de l'arrêté du 7 février 2012, Les intervenants doivent être formés et disposer de toutes les habilitations nécessaires vis-à-vis des risques générés par les opérations à réaliser.

La préparation du chantier et la réalisation des travaux se font en suivant des procédures, modes opératoires et consignes, adaptés aux risques des techniques utilisées, et intègrent la limitation au maximum des impacts environnementaux. Ces documents sont rédigés par les entreprises extérieures et approuvés par le Chef d'Installation. Ces documents sont conformes au référentiel de sûreté des opérations de démantèlement de l'installation, approuvé par l'Autorité de Sûreté Nucléaire.

Sur le terrain, un programme de surveillance du chantier est mis en place par le CEA. Il comprend l'exécution de visites de contrôles, l'information préalable aux entreprises, ainsi que des consignes à respecter indiquées par le CEA dans les cahiers des charges des prestations demandées (installation d'aire de nettoyage des roues des camions de chantiers de terrassement dans le cadre des opérations de démantèlement pour éviter le développement d'espèces exotiques envahissantes, par exemple). Le CEA diligente également des visites de surveillance, au cours desquelles des écarts spécifiques à l'environnement peuvent être détectés.

3.2. Mesures génériques appliquées à l'INB 56

Dans le cadre d'opérations réalisées au sein d'une installation nucléaire de base (INB), dont l'INB 56, des mesures génériques sont mises en place, en accord avec les bonnes pratiques du milieu du nucléaire et les Meilleures Techniques Disponibles, pour éviter et réduire au maximum les impacts environnementaux liés au fonctionnement normal de l'installation. Ces dispositions génériques s'appliquent dans le cadre du démantèlement de l'INB 56.

3.2.1. Mesures d'évitement de rejets directs d'effluents atmosphériques radioactifs liés au fonctionnement normal d'une INB en démantèlement

3.2.1.1. Diminution du terme source radiologique

L'objectif des opérations de démantèlement dans une INB étant de déconstruire des procédés et tout ou partie de l'installation, il est prévu, dans un premier temps, la réduction du terme source radiologique, et particulièrement le terme source radiologique mobilisable, c'est-à-dire la part de radioactivité susceptible d'être impliquée dans un incident ou un accident : évacuation des combustibles pour un réacteur, évacuation des déchets historiques non bloqués ou non conditionnés pour une installation d'entreposage de déchets, évacuation des matières nucléaires dans un laboratoire,…

La stratégie globale du CEA en matière d'assainissement démantèlement vise en effet à traiter en priorité les installations présentant le terme source mobilisable le plus élevé, de façon à réduire au plus vite le risque de rejet à l'environnement en conditions incidentelles.

Dans le cas de l'INB 56, la quasi-totalité du terme source de l'installation provient des déchets entreposés dans ses différentes structures (hangars, fosses, tranchées). L'inventaire prévisionnel et projeté à l'état initial du démantèlement des colis de déchets encore entreposés sur l'installation est d'environ 17 450 TBq (sur la base d'un entreposage estimé lors du dernier réexamen de sûreté à 19 400 TBq), qui sera évacué, compte tenu de la durée d'évacuation des différents types de déchets (hangars, fosses, tranchées) variant entre 8 et 30 ans, sur une durée totale de 30 ans.

Le graphique ci-dessous indique l'estimation de la diminution du terme source radiologique issu du désentreposage des déchets de l'INB 56 au cours des opérations de RCD. Cette diminution se base sur l'hypothèse d'une décroissance régulière du terme source radiologique entreposé, induite par l'évacuation des colis désentreposés (avec ou sans opérations de reconditionnement).

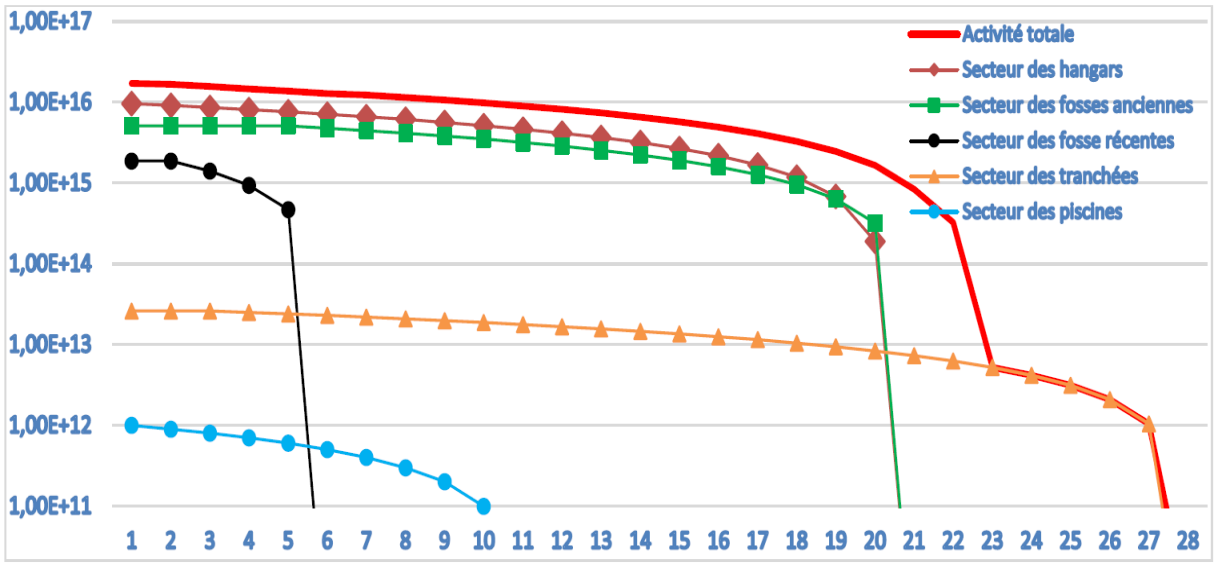


Figure 136 : Estimation de diminution du terme source radiologique issu du désentreposage des colis – échelle logarithmique

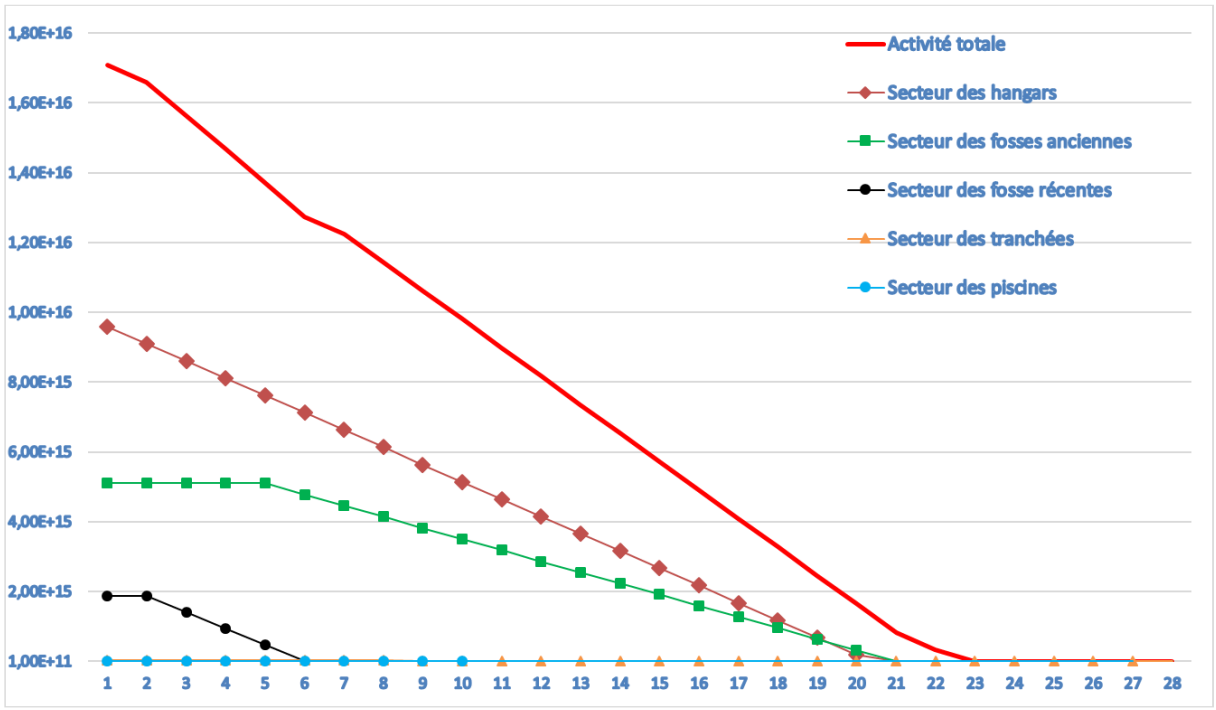


Figure 137 : Estimation de diminution du terme source radiologique issu du désentreposage des colis – échelle linéaire

Les principaux contributeurs du terme source sont les hangars (10 000 TBq pour environ 8600 colis, soit 60,2% du total), suivis par les fosses anciennes (5 100 TBq pour 2004 conteneurs historiques et 287 m³ de déchets vracs, soit 29,2% du total), les fosses récentes (1 820 TBq pour 463 colis MI500L acier noir et environ 80 colis MI500L inox, soit 10,4% du total) puis les tranchées (26,1 TBq pour 2570 m³ de déchets entreposés, soit 0,15% du total).

En-dessous de la valeur de 0,1 TBq (1E+11 Bq), le terme source radiologique est constitué des contaminations restantes au niveau des installations historiques d'entreposage, et des installations de RCD : ce terme source sera évacué lors des phases B et C du démantèlement.

Compte tenu des quantités d'activités radiologiques, des typologies de déchets (conditionnés, bloqués et enrobés, non conditionnés), des filières de déchets existantes, et de l'état des structures d'entreposage, la stratégie du CEA concernant les opérations de RCD pour l'INB 56 ont été mises en priorité sur les actions suivantes :

- prise en charge rapide des déchets MI des fosses,
- déchets des hangars présentant une dégradation pour maintenir l'entreposage en conditions sûres,
- colis de déchets non bloqués entreposés dans les hangars notamment le hangar H4.

L'estimation du terme source radiologique restant dans le génie civil et les sols les structures d'entreposage sera réalisée dès lors que les opérations de désentreposage seront terminées.

3.2.1.2. Utilisation de barrières de confinement

La protection des travailleurs, du public, et de l'environnement contre les conséquences d'un relâchement de produits radioactifs repose d'abord sur l'interposition d'une série de barrières de confinement. Afin de garantir et de pérenniser les caractéristiques de ces barrières qui doivent être aptes à remplir leur fonction dans toutes leurs conditions de fonctionnement prévues, il convient d'adopter :

- des dispositions de prévention concernant l'adéquation de la barrière aux conditions qui résultent du fonctionnement, notamment le choix des matériaux, la qualité de fabrication et le maintien dans le temps de caractéristiques suffisantes pour faire face aux différents modes de sollicitations (climatiques, thermiques, delta de pression etc..) de cette barrière ;
- des dispositions de surveillance consistant en la mesure de paramètres et de grandeurs permettant de déclencher les actions nécessaires à la protection des barrières, des dispositions complémentaires avec la mise en œuvre, si nécessaire, d'actions pour éviter ou réduire les conséquences de leur défaillance. Pour faire face à l'éventualité de la dégradation d'une barrière, les installations du CEA disposent d'au moins deux barrières de confinement dont les défaillances internes sont aussi indépendantes que possible. La deuxième barrière permet de limiter, en cas de défaillance de la première, la dissémination des matières radioactives dans l'environnement.

3.2.1.2.1. Confinement statique

L'objectif du confinement statique est :

- d'assurer des fonctions de sûreté (confinement) et la protection du personnel, de l'environnement et du public contre toute contamination radioactive ;
- de maintenir la propreté (radiologique et conventionnelle) des zones confinées.

Le confinement statique est composé généralement :

- d'une première barrière dont la fonction est de limiter le risque de dissémination de substances radioactives dans les zones de présence du personnel. Cette première barrière assure donc principalement une fonction de « protection du personnel » ;
- d'une deuxième barrière dont la fonction est de limiter le risque de dissémination de substances radioactives dans l'environnement. Cette deuxième barrière assure donc principalement une fonction de « protection de l'environnement et du public ».

Le confinement statique peut être assuré par :

- une enceinte de confinement (cellule existante dans le cadre des activités de l'installation ou sas de confinement temporaire installé pour les besoins de l'installation par exemple) ;
- les parois d'un local ou d'un bâtiment ;
- un équipement de procédé (cuve d'effluents liquides radioactifs par exemple) ;
- un emballage de colis de déchets ou un emballage de transfert/transport.

Dans le cadre des opérations de RCD de l'INB 56, ces confinements se traduisent notamment par :

- fosses anciennes : les outils de reprises de colis assurent le confinement statique des colis de déchets (vracs ou conditionnés) extraits des fosses. Après leur acheminement dans l'UTR, celles-ci assurent un confinement statique, avec des confinements statiques complémentaires au plus près des déchets reconditionnés. L'ensemble de ces éléments sont implantés à l'intérieur de la Halle de l'installation Vrac-MI, qui apporte un confinement statique supplémentaire.
- fosses récentes : les emballages et châteaux de transfert assurent le confinement statique des colis (bloqués et enrobés) extraits.
- hangars : les deux installations de reconditionnement des colis des hangars (les blocs-cellules et le hangar blocs-cellules ; l'ATC et ses ateliers de traitement) assurent le rôle de 1ère et 2ème barrière de confinement statique des colis en cours de traitement.
- tranchées : l'installation « Autres tranchées » comportent au moins 2 barrières de confinement statique des déchets extraits (bâtiment « tranchée », bâtiment « support » et ses boites-à-gants).

3.2.1.2.2. Confinement dynamique

Le confinement dynamique, assuré par la ventilation, permet de pallier aux éventuels défauts de continuité du confinement statique, et de limiter ainsi le risque de dissémination de substances radioactives :

- à l'intérieur de l'installation, en maintenant un sens préférentiel d'écoulement de l'air et une hiérarchisation des pressions afin d'assurer un transfert d'air des zones présentant les risques les plus faibles vers les zones présentant les risques les plus élevés ;
- à l'extérieur de l'installation, en maintenant une dépression par rapport à la pression atmosphérique dans les zones présentant des risques de dissémination, afin d'éviter les rejets incontrôlés à l'environnement.

Vis-à-vis du risque de dissémination, la ventilation assure également les fonctions suivantes :

- assainissement de l'atmosphère des enceintes et locaux, par renouvellement d'air des volumes considérés, en vue de minimiser le niveau de contamination atmosphérique ;
- épuration des rejets radioactifs atmosphériques en collectant et dirigeant les gaz et aérosols vers des dispositifs de filtrations adaptés avant rejet à l'environnement.

Dans le cadre des opérations de démantèlement de l'INB 56, les opérations pouvant être liées à un rejet de matières radioactives dans les effluents gazeux en fonctionnement normal sont celles liées principalement aux opérations de RCD des déchets entreposés (manutention de colis conditionnés et contaminés, tri de déchets non conditionnés, découpe de déchets pour mise au gabarit, assainissement d'équipements de RCD, ...).

Les dispositions d'évitement des rejets directs d'effluents atmosphériques radioactifs apportées par le confinement dynamique, et appliquées dans l'INB 56, sont les suivantes :

- filtrations de l'air du local récupéré par la ventilation nucléaire via un ou des filtres Haute Efficacité et/ou Très Haute Efficacité, permettant un haut niveau de rétention des matières radioactives particulaires : haute efficacité à 99,9% de rétention par filtre (rétention minimale garantie, ce qui signifie qu'au plus une particule sur 1000 peut passer), très haute efficacité à 99,98% de rétention par filtre ;
- surveillance radiologique en continu des émissaires de ventilation nucléaire de l'INB 56 (l'installation comporte plusieurs émissaires de rejets atmosphériques), permettant d'identifier tout rejet, et de conduire à des arrêts de procédés ou d'opérations selon les seuils atteints. A noter que selon la nature des matières radioactives pouvant être rejetées à l'environnement du fait des opérations de démantèlement, la surveillance radiologique en cheminée est adaptée aux nouveaux besoins (modification des limites de rejets).

Dans certains cas spécifiques, une ventilation/filtration complémentaire au plus près de l'opération de découpe ou de tri de déchets peut être ajoutée (pré-filtre) afin de limiter le niveau de contamination atmosphérique du local induit par cette opération, et ainsi collecter au mieux et filtrer au plus tôt les matières radioactives disséminées.

La fonction de ventilation nucléaire générale des différentes installations (d'origine, ou nouvelles de RCD), ainsi que celle de surveillance aux émissaires associés, sont maintenues tout au long des opérations de démantèlement, que ce soit :

- par le réseau de ventilation nucléaire d'origine, jusqu'au moment de sa dépose pour l'assainissement complet des locaux ;
- par un réseau de ventilation additionnel, à partir de la dépose du réseau d'origine (notamment à partir des opérations d'assainissement du génie civil des locaux), jusqu'au déclassement complet de l'INB.

Par ailleurs, la fonction de confinement statique des locaux, à laquelle peut être associée une fonction de confinement dynamique, est aussi maintenue tout au long des opérations de démantèlement. Elle peut se traduire par :

- le maintien du niveau d'étanchéité d'un local, même après modifications du confinement statique initial du local (rebouchage des traversées après retrait de canalisations ou utilités traversantes (câbles et chemins de câbles)) ;
- l'extension ou l'augmentation locale du niveau d'étanchéité, par l'ajout de sas de confinement (nouveau ou préexistant) permettant la réalisation d'opération de démantèlement d'équipements ou d'assainissement du local.

Les sas de confinement, et leur confinement dynamique, font l'objet d'un document pour leur conception, leur mise en service et leur exploitation. Celui-ci définit les critères garantissant le confinement dynamique au niveau d'enceinte de confinement temporaire, ainsi que la procédure de mise en service et les consignes d'exploitation. Ces règles permettent de garantir la qualité du confinement dynamique des sas, ainsi que le suivi de leurs évolutions dans le temps au cours des chantiers.

3.2.2. Mesures d'évitement de rejets d'effluents atmosphériques chimiques liés au fonctionnement normal d'une INB en démantèlement

Les rejets d'effluents atmosphériques chimiques pour une INB en démantèlement sont liés principalement :

- à des rejets dits « permanents » :
    - rejets associés au fonctionnement des Groupes Electrogènes Fixes (GEF) ou mobiles (GEM), dans le cadre de leur maintenance (périodique), ou de leur sollicitation (aléatoire),
    - gaz d'échappement des camions de transports arrivant et partant de l'INB 56, pour amener des matériels et consommables, et pour évacuer des colis de déchets,
    - gaz d'échappement des engins thermiques (principalement engins de manutention) utilisés pour les opérations d'exploitation de l'installation,
- à des rejets dits « ponctuels » : gaz d'échappement des engins thermiques utilisés pour les opérations de construction d'installations nécessaires à des phases de démantèlement (généralement, des phases de RCD).

Les mesures génériques d'évitement de rejets permanents appliqués sur l'INB 56 se traduisent de la façon suivante :

- Les périodes de fonctionnement des GEF/GEM pour les besoins de maintenance périodique sont minimisés, en termes de périodicité (généralement mensuellement) et en terme de durée (de l'ordre de quelques dizaines de minutes, nécessaires pour vérifier les phases de relestage et délestage des équipements secourus).
- Les durées de parking des camions de transport au sein du périmètre de l'INB 56 sont limitées au maximum, du fait par ailleurs des contraintes liées au risque incendie (extinction dès que non nécessaire du moteur des camions une fois en position de parking pour chargement/déchargement de sa cargaison).
- Les phases d'utilisation des engins de manutention thermiques sont optimisées afin de regrouper ces opérations, et limiter la co-activité avec d'autres opérations d'exploitation (restriction d'accès de personnel sur les zones d'opération).

3.2.3. Mesures d'évitement de rejets directs d'effluents liquides radioactifs liés au fonctionnement normal d'une INB en démantèlement

Les effluents liquides produits par une installation nucléaire de base de Cadarache sont de 3 natures :

- sanitaires : ils sont transférés à la station de traitement et d'épuration des effluents sanitaires (STEP/ES) du Centre, via le réseau d'effluents sanitaires (RES) ;
- industriels : ils sont transférés à la station de traitement et d'épuration des effluents industriels (STEP/EI) du Centre, via le réseau d'effluents industriels (REI) ;
- actifs : ils sont transférés vers l'installation de traitement des effluents radioactifs liquides de Cadarache (AGATE) ou de Marcoule (STEL) selon leur niveau d'activité radiologique et/ou leurs caractéristiques physico-chimiques.

Dans une INB, des réseaux d'effluents distincts existent afin de séparer physiquement les effluents sanitaires, industriels (également dénommés « effluents suspects »), liquides radioactifs (dénommés « effluents actifs »).

La présence de cuves tampons sur ces circuits permettent, avant leur transfert hors de l'installation, la prise d'échantillon afin de vérifier la comptabilité du transfert envisagé avec les spécifications d'acceptation des installations destinatrices. Ainsi, des analyses chimiques et radiologiques sont faites sur les effluents avant transfert dans ces réseaux afin de :

- valider la compatibilité avec les spécifications d'accueil de l'installation destinatrice avant transfert,
- ou réorienter le transfert vers l'installation adéquate (cas du transfert du contenu d'une cuve d'effluents suspects vers l'installation AGATE plutôt que vers la STEP/EI).

Les installations AGATE et STEL sont des installations destinées à collecter et traiter les effluents liquides radioactifs. Situées respectivement sur les centres de Cadarache et Marcoule, elles réceptionnent les effluents issus des différentes installations, effluents qui doivent respecter les critères d'acceptabilité définies à travers une spécification d'accueil. Sur AGATE, les effluents sont ensuite traités ; les distillats sont dirigés vers la station d'épuration avant d'être rejetés en Durance, et les concentrats sont transférés sur la STEL de Marcoule.

Les effluents réceptionnés sur la STEL de Marcoule, issus directement des installations ou ayant transité par AGATE, subissent un nouveau traitement de co-précipitation, concentration, puis cimentation en fût de 380 litres avant conditionnement par quatre en colis CBFK (Conteneur Béton Fibres Cubique de 5 m^3 à parois bétonnées, et dont le contenu est injecté de béton pour être bloqué) vers le centre de stockage des déchets solides de l'ANDRA (CSA).

Les rejets dans l'environnement des installations AGATE et STEL sont réglementés.

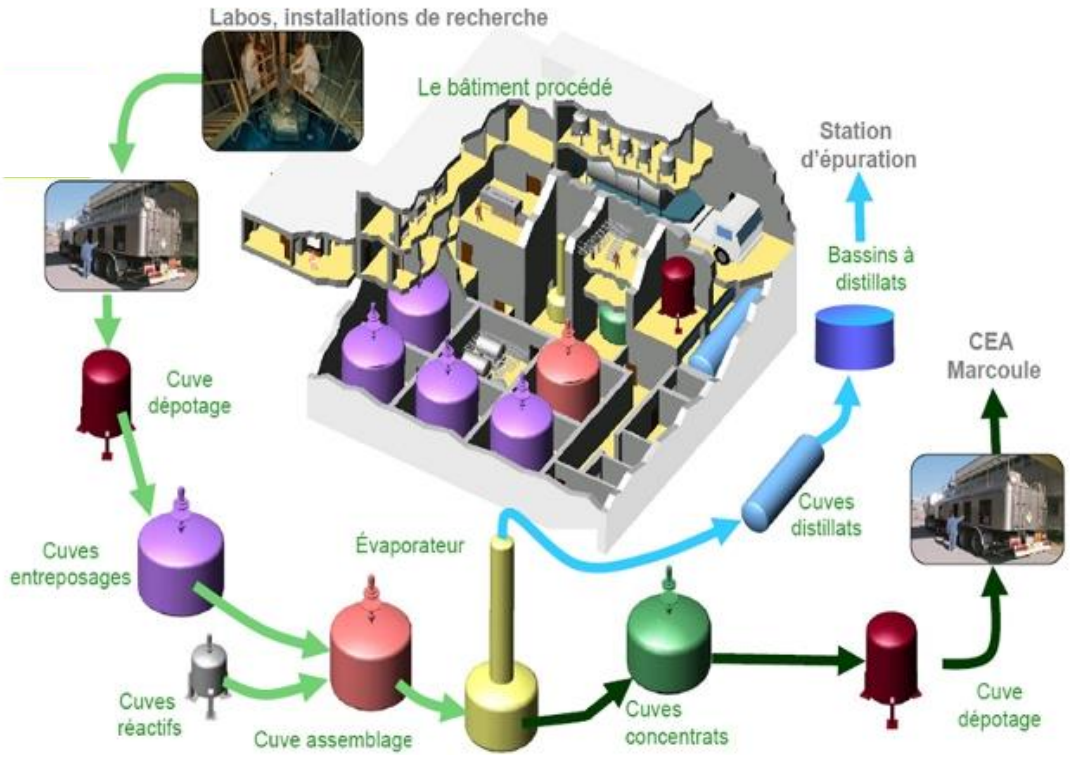


Figure 138 : Principe de traitement des effluents actifs sur AGATE (CEA Cadarache)

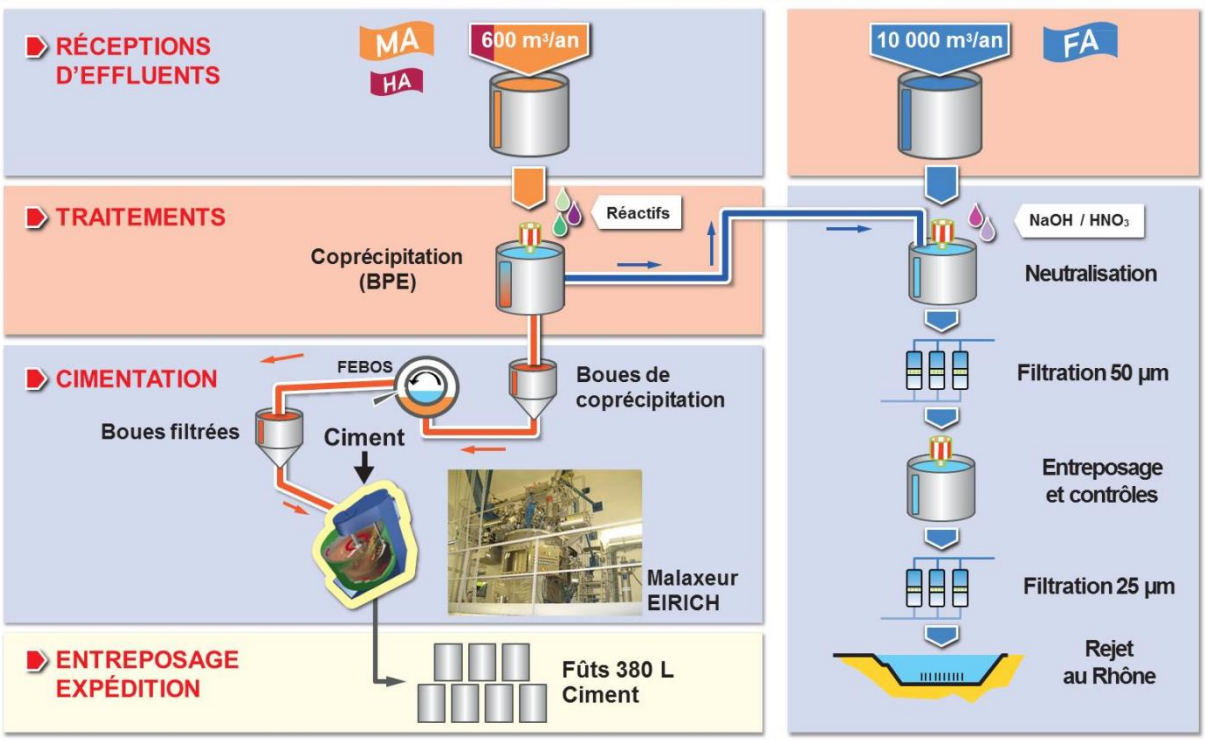


Figure 139 : Principe de traitement des effluents sur la STEL (CEA Marcoule)

A noter que les transferts d'effluents actifs vers les installations de traitement (AGATE à Cadarache ou STEL de Marcoule) s'effectuent en camion-citerne de grande contenance (LR 154 de 16 m^3 notamment sur le Centre de Cadarache), ce qui permet de limiter le nombre de rotations de camions pour évacuer ces effluents et d'éviter, ainsi, des rejets de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Dans le cadre des opérations de démantèlement de l'INB 56 (y compris lors des opérations de RCD), l'utilisation d'eau dans des procédés est limité à :

- l'utilisation d'eau pour la fabrication de mortier d'injection des nouveaux colis de déchets bloqués et enrobés produits par les opérations de RCD,
- l'utilisation d'eau pour le rinçage des lignes d'injection de mortier, conduisant à la production d'effluents industriels ou d'effluents radioactifs selon la position de la ligne d'injection rincée,
- l'utilisation d'eau pour l'assainissement et la décontamination des procédés de reprises des déchets en fosses anciennes et en tranchées,
- l'utilisation possible d'eau pour des opérations de découpe de colis bloqués/enrobés (refroidissement du procédé de découpe). Dans ce cas, une filtration de l'eau et un fonctionnement en circuit semi-fermé sont privilégiés pour limiter la production d'effluents radioactifs. Ceci permet de limiter les renouvellements d'eau pour une opération de découpe donnée, et donc d'éviter une consommation d'eau qui serait nécessaire en l'absence de ces mesures.

Les opérations d'assainissement dites « à sec », qui n'utilisent pas de fluides, sont privilégiées dans la mesure de leur efficacité car elles évitent ainsi les rejets liquides : ce sont généralement les opérations d'assainissement de procédés peu contaminés ou superficiellement contaminés. Il faut néanmoins noter qu'en contrepartie, elles sont généralement génératrices de plus d'effluents atmosphériques.

3.2.4. Mesures d'évitement relatives à la production de déchets radioactifs

L'objectif des opérations de démantèlement dans une INB étant de déconstruire des équipements de procédés et tout ou partie de l'installation, la production de déchets radioactifs est par conséquent une activité induite majeure, abordée selon les thématiques suivantes :

- Afin réduire le plus possible la production de déchets, des dispositions sont prises pour optimiser le volume et la catégorisation de déchets radioactifs : bonne définition du zonage déchets et suivi du plan qualité du Centre de Cadarache sur la gestion des déchets : toute unité productrice de déchets a en charge l'établissement du zonage déchets des différents locaux et de la gestion des déchets produits. Elle doit notamment s'assurer de l'existence d'une solution de traitement et d'évacuation, avant de produire tout déchet radioactif, veiller au respect des spécifications de prise en charge pendant la production (notamment aux déclarations portant sur la nature des déchets et l'absence de produits interdits, et à l'activité des radionucléides et aux masses de matières nucléaires contenues dans les déchets). Pour les effluents liquides, l'unité s'assure que toutes les dispositions ont été prises pour réduire autant que possible l'activité et le volume de ces effluents. La gestion des effluents est en accord avec les spécifications du Centre de Cadarache.
- Afin d'obtenir la meilleure connaissance possible (du point de vue radiologique) des déchets de démantèlement produits, les zones géographiques où sont produits ces déchets (zone de découpe d'équipement, zone d'assainissement du génie civil, …) sont dans la mesure du possible dissociées des zones géographiques dans lesquelles sont caractérisés ces déchets, et ce afin de diminuer le niveau d'ambiance radiologique et de permettre d'accéder le plus finement possible à l'information du contenu radioactif du déchet produit. L'efficacité de la caractérisation radiologique est ainsi augmentée, et l'optimisation des déchets produits s'en trouve confortée.
- Afin de limiter le volume de déchets complémentaires générés par ces opérations (dénommés déchets technologiques induits), la mutualisation des aménagements de chantiers est recherchée, pouvant par exemple conduire à réutiliser au sein même de l'installation et sur plusieurs chantiers les équipements nécessaires aux opérations de démantèlement (outils de découpe, sas de confinement temporaire, …).
- Afin d'optimiser le colisage des déchets nucléaires produits, une estimation des déchets radiologiques issus des opérations de RCD, de l'assainissement des utilités et du génie civil, est réalisée en amont des opérations. Les paramètres pris en compte sont l'adéquation entre le conditionnement d'origine du colis de déchets et les spécifications d'acceptation de colis de déchets en vigueur dans les installations réceptrices, les incertitudes pouvant exister sur la connaissance complète (radiologique et chimique) des déchets à désentreposer, la disponibilité des filières d'évacuation des colis de déchets, ...

3.2.5. Mesures d'évitement de l'extension de l'installation en démantèlement sur l'environnement local

Les opérations de démantèlement d'une INB doivent permettre la déconstruction partielle ou totale de l'installation puis son déclassement. La création de nouvelles infrastructures externes aux bâtiments préexistants, pour les besoins d'assainissement et de déconstruction des bâtiments, est limitée le plus possible, et la réutilisation au mieux des locaux existants dans l'installation est privilégiée : la mutualisation de locaux (existants ou à créer) pour des opérations similaires, mais séparées géographiquement ou temporellement, reste à privilégier.

Dans le cas particulier d'opérations préalables de RCD dans les installations d'entreposage, la construction de nouvelles installations de RCD, à proximité des structures d'entreposage, peut être incontournable (*cf.* § 3.1.1 pour la construction de l'ATC, § 3.2.1.1 pour Vrac-MI et § 3.5.1 pour l'installation « Autres tranchées ») : c'est le cas de l'INB 56 conçue historiquement comme « installation de stockage » de colis de déchets, et pour laquelle les fonctions de reprise et de reconditionnement de colis de déchets n'ont pas été intégrées.

3.2.6. Mesures d'évitement relatives à la gestion incidentelle

Dans le cadre du processus « Soutien en sécurité, Sûreté et Environnement », le CEA s'appuie sur ses équipes de la Formation Locale de Sécurité (FLS) et du Service de Protection contre les Rayonnements (SPR).

La Formation Locale de Sécurité (FLS) est un service opérationnel chargé d'assurer la sécurité physique des personnes et des biens sur le centre de Cadarache. Elle exerce ses activités de contrôle, surveillance et intervention dans les domaines de la protection physique, du gardiennage, de l'incendie et du secours aux victimes. Elle participe à la sensibilisation au risque incendie de l'ensemble du personnel et plus particulièrement des Equipes Locales de Premiers Secours.

Le Service de Protection contre les Rayonnements (SPR) est un service opérationnel chargé d'assurer notamment la surveillance de l'environnement, la surveillance du centre de Cadarache pour la radioprotection, dans le respect de la réglementation en vigueur et conformément au référentiel de sûreté de l'installation, Il intervient également lors des incidents à caractère radiologique. Il est alors chargé de coordonner l'action de ses équipes :

- qui, sur le terrain, participent à l'intervention dans la zone sinistrée, à l'évacuation des personnels et au contrôle et à la décontamination du personnel, aux mesures et aux prélèvements dans le site et aux abords de celui-ci ;
- qui collectent, interprètent et mettent en forme les résultats de mesures en provenance de l'installation (Tableau de Contrôle des Rayonnements (TCR)), des équipes de terrain, du Tableau de Contrôle de l'environnement (TCE) et du laboratoire d'analyse du SPR.

La finalité de ces actions est de fournir des informations traitées au Directeur de Centre, responsable de la gestion de crise, qui, en retour, transmet ses directives aux équipes, directives à appliquer en complément des actions prévues dans les fiches réflexes.

Les installations réalisent chaque année des exercices de crise, dans un but d'amélioration continue, de façon à réduire les impacts des incidents sur la santé humaine et l'environnement.

Ces exercices, au nombre de deux par an, peuvent porter sur les thèmes suivants : incendie, secours à victime, évacuation, radioprotection, environnement, autres.

3.3. Mesures additionnelles pour le démantèlement de l'INB 56

En plus des mesures génériques applicables à toutes les installations nucléaires, des mesures évaluées suivant la séquence ERC pour le scénario de démantèlement de l'INB 56 ont été retenues pour limiter l'impact du projet.

3.3.1. Mesures de réduction de l'impact des rejets d'effluents atmosphériques radioactifs

3.3.1.1. Opérations de RCD

Les opérations de RCD sont majoritairement des opérations de tri des déchets extraits : les opérations sont faites principalement dans des boîtes à gants ou des cellules blindées (BaG de l'installation support des tranchées, cellules blindées de l'installation Vrac-MI, blocs-cellules ou ateliers de traitement pour les colis des hangars), apportant un confinement statique et dynamique pour les opérations disséminantes qui y sont réalisées, et donc une filtration des matières rejetées.

Les autres opérations possibles de RCD sont les opérations de manutention, de caractérisation (intrusive ou non), de mise au gabarit (découpe de déchets). Dans ce dernier cas, les opérations de mise au gabarit sont privilégiées « à froid » plutôt « qu'à chaud » : cela permet de réduire d'un facteur 4 le taux de dégazage des éléments volatils générés par ces opérations, et d'un facteur 100 le taux de mise en suspension d'éléments aérosols.

Les opérations de découpe « à chaud » ne sont donc utilisées que lorsque se présente une impossibilité technique de découpe à froid, ou que la démarche ALARA pour l'estimation des doses prévisionnelles des opérateurs met en avant un gain dosimétrique significatif par une découpe à chaud permettant de limiter la durée de cette opération.

3.3.1.2. Opérations d'assainissement et démantèlement

Les opérations d'assainissement sur les installations d'origine seront principalement des opérations de décontamination et de déconstruction du génie civil, qui seront donc des opérations dites « à froid » : écroutage, ponçage, casse.

Les opérations d'assainissement sur les installations de RCD seront des opérations de décontamination et de démontage des procédés de reprise (équipements mécaniques de reprise et de confinement, procédés d'injection du mortier, ...) qui pourront être des opérations de découpe « à froid » ou « à chaud » selon les équipements, ainsi que des opérations de décontamination et de déconstruction du génie civil, qui seront donc préférentiellement des opérations dites « à froid ».

3.3.2. Mesures de réduction de rejets d'effluents atmosphériques chimiques liés au fonctionnement normal d'une INB en démantèlement

Dans le cadre de la jouvence d'une partie des engins de manutention de la zone du parc, l'acquisition d'un équipement électrique de manutention des colis entreposés sous hangars en remplacement de l'équipement thermique associé, a été préféré. Etant utilisé principalement pour la manutention des colis de déchets, il permet non seulement de limiter le risque incendie, mais aussi de réduire globalement les gaz d'échappement durant les opérations de manutention des colis lors des phases de désentreposage (phase A de RCD), et donc leur impact sur le personnel (manutention des colis dans les hangars semi-fermés) et l'environnement.

3.3.3. Mesures de réduction de l'impact des rejets d'effluents liquides radioactifs

Les volumes d'effluents liquides actifs générés par la vidange des piscines de l'INB 56 (vidange finalisée en 2018) ont été transférés à AGATE et à la STEL de Marcoule pour traitement. L'évacuation de ce terme source permet d'envisager les assainissements ultérieurs des piscines principalement sous forme sèche (pas de réutilisation de procédés liquides chimiques), l'utilisation de procédés sous forme liquides n'étant pas une piste privilégiée (cela dépendra des investigations radiologiques lors des opérations de traitement des parois des piscines).

3.3.4. Mesures de réduction relatives à la production de déchets radioactifs de l'installation

Les opérations de RCD sont dans la plupart des cas génératrices d'un volume de déchets plus important que celui en entrée du processus. Deux cas peuvent s'envisager :

- Dans le cas de déchets vracs, ou de déchets dont le conditionnement d'origine ne correspond plus aux spécifications de constitutions de colis de déchets des installations d'entreposage actuelles, un reconditionnement est nécessaire, qui peut s'accompagner généralement d'un blocage du colis produit par injection de mortier (colis MAVL). L'optimisation du remplissage du colis produit est réalisé sur les critères d'activité radiologique, mais aussi sur les critères de volume et de masse de remplissage.
- Dans le cas de déchets déjà conditionnés dans un emballage conforme, mais qui doit subir un traitement (réparation de surface, prélèvement pour caractérisation radiologique/chimique), l'objectif des opérations est d'un ratio de 1 pour 1, c'est à dire que le reconditionnement complet du colis (*cf.* cas précédent) n'est réalisé qu'en cas d'impossibilité technique de traitement.

Le cas particulier des déchets DSFI (déchets sans filière immédiate identifiée) est traité de façon particulière, afin de ne pas produire de déchets technologiques associés ni d'occuper des places d'entreposages pour des durées potentiellement importantes :

- Pour l'installation Vrac-MI, les déchets identifiés DSFI, ou les déchets pour lesquels une phase de traitement spécifique est à réaliser, sont conditionnés dans des colis « MI 500L DSFI », et entreposés en fosse F7 dans les puits identifiés « DSFI » afin d'être traités en fin des opérations de RCD.
- Pour l'ATC, les déchets DSFI (ex : déchets radifères, ...) ne sont repris pour être traités qu'en fin de RCD, ou avant dès lors que les filières d'évacuation seront disponibles.

3.3.5. Mesures de réduction de l'emprise sur l'environnement local de l'installation

Les mesures de réduction de l'emprise sur l'environnement local de l'INB 56 (à l'intérieur de son périmètre) sont les suivantes :

- Mutualisation des installations de RCD pour les opérations A&D : certaines des nouvelles installations de RCD seront utilisées (tout ou en partie) pour des opérations d'assainissement et de démantèlement des zones d'entreposages de l'INB 56 :
    - Halle de l'installation Vrac-MI : de par sa fonction de confinement statique, cette halle pourra être utilisée pour abriter des sas de confinement léger en vue des 1ères opérations d'assainissement et de démantèlement des fosses anciennes,

- Bâtiments « tranchées » de l'installation « Autres tranchées » : de par sa fonction de confinement statique et dynamique, ce bâtiment sera utilisé pour abriter les opérations d'assainissement des terres de fond de tranchées.

- Limitation de l'extension des nouvelles installations de RCD : les nouvelles installations de RCD sont conçues pour optimiser au mieux leur surface d'implantation, en regard des contraintes de co-activité, d'emprise sur l'environnement et de sûreté.

  - La halle de l'installation Vrac-MI a été étudiée dans 2 configurations : la 1ère configuration s'étend de l'ouest de la fosse F1 jusqu'à l'est de la fosse F6 (l'UTR est implantée entre les fosses F1 et F2, l'installation RFR dans cette configuration est déconstruite, et une zone supplémentaire à l'est de la fosse F6 intègre le bâtiment de maintenance) et de la voie centrale du parc (avec le bâtiment salle de commande) jusqu'au nord du parc avec le terrassement d'une plateforme pour accueillir les bâtiments supports (bâtiment ventilation, local mortier, locaux électriques, hall camion) ; la 2nde configuration s'étend de l'ouest de la fosse F1 jusqu'à l'est de la fosse F4 (l'installation RFR toujours en place et exploitée en parallèle), et de la voie centrale du parc (avec le bâtiment salle de commande) jusqu'au nord du parc avec le terrassement d'une plateforme plus importante pour accueillir les bâtiments supports (bâtiment maintenance, bâtiment ventilation, local mortier, locaux électriques, hall camion, ainsi que l'UTR et une nouvelle fosse d'entreposage F7). La configuration retenue est la configuration n°2, qui permet de répondre à une contrainte réglementaire de reprise des déchets non conditionnés au plus tôt, permet également de limiter les emprises sur les installations existantes afin que celles-ci continuent leurs opérations de RCD et/ou d'assainissement/démantèlement (hangar des piscines, et hangar de l'installation RFR). La configuration retenue a aussi permis de minimiser l'extension de la halle de l'installation dans l'axe nord-sud du fait d'un dimensionnement sismique adapté aux enjeux de sûreté.

  - La surface d'emprise du hangar de l'ATC sera optimisée pour comporter l'ensemble des zones de traitement des colis des hangars, ainsi qu'une zone de transit des colis produits/reconditionnés prêts à être expédier vers leurs exutoires qui sera dimensionnée au juste besoin des flux d'évacuation.

  - La nouvelle route au sud des hangars, desservant le futur hangar de l'ATC, est une voie à circulation unique, permettant de limiter son emprise au sol.

  - L'aménagement de l'ensemble de ces aires extérieures, du fait de leur dimension importante, ne nécessite pas la mise en œuvre d'une démarche en lien avec un dossier de demande d'autorisation de défrichement.

Dans le cadre de l'optimisation de l'utilisation des locaux de l'INB 56, et principalement sur la zone du parc, les locaux suivants sont utilisés dans le cadre des opérations de démantèlement :

- Hangar blocs-cellules : l'ancienne installation dénommé « Vrac-FI », utilisée pour les opérations de RCD des déchets vracs classés FI entreposés en fosses anciennes F3 et F4, est réutilisée partiellement pour les opérations de RCD des colis entreposés sous hangars.

- Locaux vestiaires : compte tenu d'un plus grand nombre de personnel à venir travailler en zone pour les différentes opérations de RCD d'une part, puis ultérieurement pour les opérations d'assainissement et de démantèlement d'autre part, les vestiaires actuels sont conservés et seront adaptés pour augmenter leurs capacités d'accueil. Il n'est pas retenu de construire les vestiaires supplémentaires à l'extérieur des locaux déjà existants.
- Local air comprimé : le local d'air comprimé (bâtiment 274) est maintenu, ainsi que les compresseurs d'air, ce qui permet de mutualiser les besoins en air comprimé des installations de RCD actuelles et à venir.
- Local des cuves : le local comprenant les cuves actives et suspectes est maintenu, ainsi que les cuves. Celles-ci sont utilisés comme point de collecte des effluents liquides (respectivement les effluents radioactifs et les effluents à contrôler avant rejet au REI).
- Local de télésurveillance : l'ensemble des moyens de surveillance (téléalarme, radioprotection, SSI) liés aux installations de RCD actuelles et à venir sont (et seront) raccordés aux automates de télésurveillance intégrés dans le bâtiment 273. Il n'est pas retenu de construire de bâtiments support associés à cette fonction de télésurveillance.

Enfin, le hangar TFA de la zone des tranchées garde la fonction de zone de transit des colis de déchets TFA en partance pour le CIRES de l'ANDRA, ce qui permet de découpler géographiquement les fonctions production et entreposages de colis TFA produits suite aux opérations de RCD puis d'assainissement et démantèlement sur l'ensemble des secteurs de l'INB 56 : ce découplage permet de s'affranchir de la création sur la zone du parc ou la zone des tranchées des nouvelles zones d'entreposage pour ces types de colis qui seront produits de façon importante (*cf.* Pièce 3 Plan de démantèlement) pendant l'ensemble des phases de démantèlement.

3.3.6. Mesures de réduction de l'impact des eaux pluviales

Les opérations de démantèlement nécessitent la création de nouveaux bâtiments et plateformes viabilisées associées : ces nouvelles surfaces viabilisées (environ +10% de surfaces viabilisées par rapport à l'existant) augmentent le volume d'eaux pluviales à reprendre au niveau de l'INB. Afin de réduire les arrivées d'eau sur le périmètre INB, il a été choisi de dissocier le réseau d'eaux pluviales en deux réseaux distincts :

- Le 1er réseau, déjà existant, va être prolongé pour pouvoir récupérer l'ensemble des eaux pluviales recueillies au niveau des surfaces viabilisées de l'ensemble de l'INB. De plus, le bassin d'orage récoltant les eaux pluviales juste avant leur transfert vers le thalweg de l'autre côté de la rocade sud sera redimensionné (+10% de volume) pour pouvoir prendre en compte les 10% supplémentaire de surface imperméable. Le dimensionnement de l'ensemble du réseau modifié a été vérifié.
- Un 2nd réseau sera créé, en périphérie extérieure du périmètre INB, qui recueillera les eaux pluviales issues des bassins versants amont de la zone du Parc, séparant ainsi les eaux du milieu naturel de celles du périmètre INB. Ce réseau rejoint directement l'exutoire au niveau de la « rocade sud » sans passer par le bassin d'orage.

La surveillance radiologique du 1er réseau étendu sera celle prévue par les décisions rejets en vigueur.

3.3.7. Mesures de réduction des travaux de terrassement

La réalisation des deux nouvelles plateformes sur lesquelles seront construites les installations Vrac-MI et ATC, ainsi que la réalisation de la nouvelle voie d'accès sud, va générer des surfaces à défricher et des volumes de terres et déblais à excaver et à remblayer assez important : 25 000 m^2 à défricher, 100 000 m^3 excavés, et environ 15 000 m^3 remblayés.

La stratégie de limitation des remblais à utiliser est de réutiliser au maximum les terres et déblais excavés en tant que remblais pour la plateforme Vrac-MI, sous réserve d'une compatibilité avec les exigences géotechniques de la plateforme (tenue à la charge, comportement sismique). Le taux de réutilisation des différentes terres excavées varie de 30% à 100%, cependant l'estimation finale de la réutilisation de l'ensemble des terres excavées n'est pas définie à ce jour.

3.4. Synthèse des mesures d'évitement et de réduction

Le logigramme suivant synthétise les mesures génériques et additionnelles prises dans le cadre des opérations de démantèlement de l'INB 56.

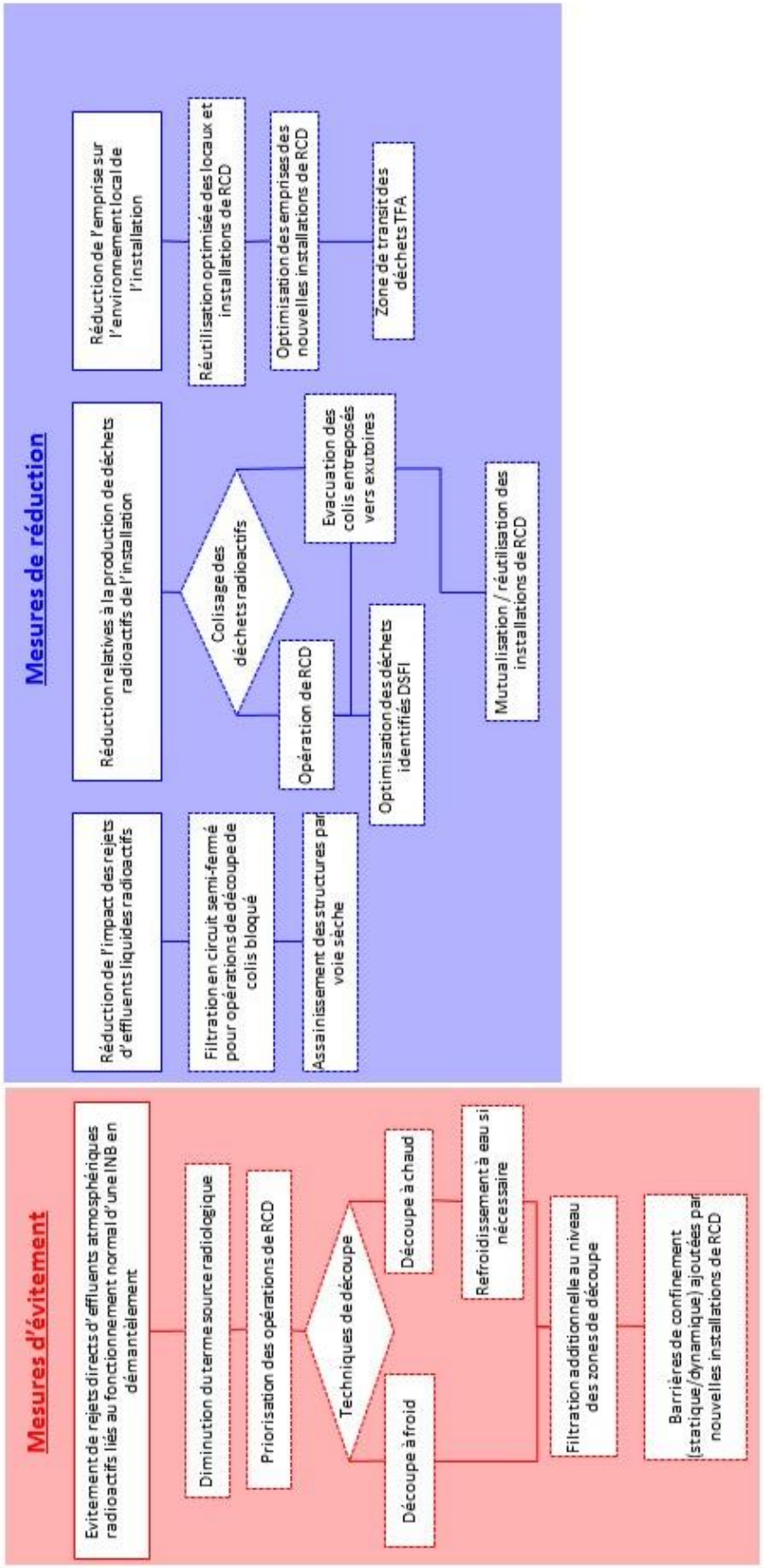


Figure 140 : Mesures génériques et additionnelles prises dans le cadre des opérations de démantèlement de l'INB 56

4. Contrôle et surveillance de l'environnement

La surveillance de l'environnement permet de vérifier que les mesures d'évitement, de réduction, et, le cas échéant, de compensation des impacts, sont efficaces sur le long terme. Les résultats des mesures de surveillance ont été présentés dans la partie 1 de l'étude d'impact, qui décrit l'état initial du site et de son environnement.

4.1. Surveillance du bon fonctionnement de l'installation

Les fonctions suivantes sont surveillées :

- la ventilation ;
- la gestion de l'énergie ;
- la distribution électrique ;
- l'éclairage ;
- la gestion des fluides ;
- l'obstruction des filtres.

Le système assure également la détection incendie et la gestion du report du système de surveillance radiologique vers la surveillance centralisée du site de Cadarache, ce qui permet la surveillance 24h/24.

4.1.1. Surveillance radiologique

Le système assure :

- la surveillance radiologique du personnel ;
- la surveillance de la contamination atmosphérique dans les locaux ;
- la surveillance des rejets aux émissaires ;
- le report des alarmes à l'entrée de l'INB et au poste centralisé de Cadarache.

4.1.1.1. Surveillance du personnel

La mesure et la surveillance de la dose intégrée par le personnel sont réalisées, en plus des dosimètres passifs, par le système de dosimétrie temps réel DOSICARD. Les contrôles du personnel avant sortie de la zone contrôlée sont réalisés par un portique de contrôle corps entier couplé à un contaminamètre placé en amont des vestiaires côté zone contrôlée.

Le contrôle de la contamination corporelle et vestimentaire à proximité des zones de travail est assuré par des appareils portables et autonomes.

4.1.1.2. Surveillance de la contamination atmosphérique dans les locaux

Des balises de surveillance de la contamination atmosphérique (aérosols) effectuent des prélèvements afin d'obtenir une surveillance d'ensemble des locaux.

Des balises mobiles de surveillance de la contamination atmosphérique (aérosols) peuvent être raccordées dans des locaux à risques ponctuels ou pour réaliser des interventions particulières.

4.1.2. Surveillance des rejets atmosphériques

4.1.2.1. Surveillance des rejets atmosphériques chimiques

Les rejets des groupes électrogènes de secours sont connus et comptabilisés (directement fonction de leurs caractéristiques et de la consommation de gazole).

4.1.2.2. Surveillance des rejets atmosphériques radioactifs

La décision n° 2017-DC-0597 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017 fixant les prescriptions relatives aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de transfert et de rejet dans l'environnement des effluents des installations nucléaires de base civiles du centre de Cadarache exploitées par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (Bouches-du-Rhône), précise, au point [CEACAD-24], les modalités de surveillance des rejets atmosphériques radioactifs.

L'extrait spécifique à l'INB 56 de la décision n° 2017-DC-0597 est donné dans le tableau ci-dessous :

N° INB	Référence émissaire	Mesure de débit	Mesure en continu			Prélèvement ponctuel ou en continu, mesure en différé							
			Gaz rares	Bêta global	Alpha global	^{3}H	^{14}C	Iodes	Gaz rares	Autres produits de fission et produits d'activation			
										Bêta global	Alpha global	CI βγ (1)	CI α (2)
56	E41	Oui		Oui		M				H	H	M	M
	E61	Oui	Oui (7)							H	H	M	M
	E62	Oui				M				H	H	M	M
	E63									H	H	M	M
	E67	Oui		Oui	Oui	M				H	H	M	M

(1) Composition isotopique (CI) βγ : spectrométrie gamma et détermination de l'activité des émetteurs bêta pur.
(2) CI α : spectrométrie alpha.
(3) H : mesure à la fin de chacune des quatre périodes suivantes : du 1er au 7, du 8 au 14, du 15 au 21 et du 22 à la fin du mois.
(4) RC : mesure, avant rejet concerté, sur un prélèvement ponctuel dans les capacités d'entreposage des INB 92 et 172 et dans les puits d'entreposage de combustibles usés de l'INB 22.
(5) M : mesure sur l'ensemble des prélèvements du mois.
(6) Hp : mesure sur un prélèvement ponctuel dans l'émissaire de rejet au cours de chacune des quatre périodes définies ci-dessus.
(7) Mesure requise uniquement lors des opérations de reprise et de reconditionnement des déchets « terres Bayard » sur l'INB 56.

Le système de surveillance permet par ailleurs de comptabiliser les rejets sur une période donnée et ainsi de vérifier le respect des limites de rejet.

Le système de surveillance pourra évoluer afin de coller au mieux à la surveillance des opérations de démantèlement et d'assainissement (nouveaux émissaires, mise à jour des autorisations de rejet).

Le **contrôle continu** permet de disposer en temps réel de la mesure, mais il est moins précis que la surveillance en différé qui intègre sur la semaine ou le mois l'activité rejetée. Le contrôle en temps réel permet notamment de déclencher les alarmes en cas de dépassement de seuils. La comptabilisation des rejets et le contrôle de non dépassement des limites annuelles sont réalisés à l'aide de la surveillance en différé.

Surveillance des rejets d'aérosols en différé : Les émissaires véhiculant potentiellement des rejets d'aérosols radioactifs sont équipés d'un Dispositif de Prélèvement des Rejets Cheminées (DPRC). Ce dispositif effectue, en aval des derniers équipements d'épuration de l'installation concernée et avant rejet à l'atmosphère, un prélèvement continu des aérosols par filtration. Les filtres sont remplacés toutes les semaines ou tous les mois pour faire l'objet d'une mesure afin de déterminer la radioactivité alpha et bêta.

Contrôle des rejets gazeux : Les émissaires susceptibles de rejeter des gaz radioactifs sont équipés d'un ensemble de mesure des gaz de type « chambre d'ionisation » étalonnée avec un gaz de référence figurant dans les rejets potentiels de l'installation. Ces ensembles de mesure associés à des unités de traitement permettent de déterminer les activités rejetées par l'installation pendant une période donnée.

Contrôle des rejets de tritium : Les émissaires susceptibles de rejeter du tritium sous forme de vapeur d'eau tritiée ou de gaz tritié sont équipés, en aval des derniers équipements d'épuration de l'installation concernée et avant rejet à l'atmosphère, d'un dispositif de barboteurs. Ce dispositif permet de déterminer, sur une base hebdomadaire, les activités en tritium éventuellement rejetées par l'installation.

4.1.3. Surveillance des effluents liquides

4.1.3.1. Effluents sanitaires

L'ensemble des effluents sanitaires des bâtiments (lavabos, douches, WC, etc.) situés hors zones contrôlées, est collecté vers la station d'épuration des effluents sanitaires du Centre, qui en assure le traitement, puis acheminé vers la station de rejet en Durance, commune à l'ensemble des installations du Centre et dont les rejets sont autorisés par arrêté préfectoral pris en application de la législation en vigueur.

4.1.3.2. Effluents industriels

Les effluents industriels sont collectés dans l'installation par un réseau particulier, et dirigés vers une cuve dite « suspecte » où ils font l'objet de contrôles. Si les paramètres des effluents à transférer sont tous inférieurs aux limites d'activité volumiques fixées par la décision ASN n° 2017-DC-0597, ces effluents peuvent être rejetés directement dans le Réseau des Effluents Industriels (REI) du Centre, qui les achemine vers la station d'épuration des effluents industriels (STEP/EI) du Centre de Cadarache, puis vers la station de rejet en Durance.

4.1.3.3. Effluents actifs

Les effluents dont l'activité volumique est supérieure à une des limites spécifiées par la décision ASN n° 2017-DC-0597, sont qualifiés d'actifs.

Les effluents actifs sont collectés dans des cuves et transférés par voie routière vers les filières de traitement des effluents radioactifs adaptées à leurs caractéristiques radiologiques et physico-chimiques :

- soit l'installation de traitement des effluents liquides radioactifs du Centre (INB 171 AGATE), si les effluents respectent les limites d'acceptation de la station. Après traitement (évaporation), la partie évaporée et recondensée (distillats) rejoint la STEP du Centre, et la fraction restante (le condensat qui a concentré la radioactivité) est envoyée vers le Centre de Marcoule ;

- soit des installations extérieures au Centre de Cadarache (Station de Traitement des Effluents Liquides (STEL) du CEA de Marcoule par exemple) et autorisées à cet effet, en vue de leur traitement.

4.2. Surveillance de l'environnement au niveau du Centre

4.2.1. Introduction

Le contrôle représente l'ensemble des mesures en continu portant sur des grandeurs physiques caractéristiques de l'environnement (dosimétrie, activité radiologique atmosphérique et aquatique, paramètres météorologiques, etc.), et recueillies grâce à un réseau de capteurs spécifiques (radiamètres, contaminamètres, capteurs météo, etc.). Il se distingue de la surveillance qui représente l'ensemble des activités de prélèvement, de traitement de l'échantillon, et d'analyses en différé effectuées en laboratoire afin d'évaluer l'impact du Centre sur son environnement.

Le LANSE

Dans le cadre de la surveillance des rejets et de l'environnement, les analyses radiologiques sont réalisées par le Laboratoire d'Analyses Nucléaires et de Surveillance de l'Environnement (LANSE) du SPR. La surveillance de l'environnement est mutualisée à l'échelle du Centre, elle concerne donc toutes les installations, y compris l'INB 56.

Pour information, le site internet http://reseau-becquerel.in2p3.fr/spip.php?article22 donne quelques explications sur la mesure des éléments radioactifs.

4.2.2. Contrôle des rejets liquides potentiellement radioactifs

Outre les contrôles effectués dans l'installation avant le transfert, le Centre possède deux stations de contrôle destinées à mesurer en permanence l'activité des effluents liquides avant rejet en Durance, l'une est située à la station d'épuration du Centre (STEP), l'autre à la station des rejets.

Figure 141 : Vue aérienne de la Station d'épuration du Centre (STEP) et de la station de rejet en Durance

Les eaux pluviales font l'objet d'un contrôle radiologique et chimique à la station des rejets avant leur rejet en Durance.

A la station d'épuration, un contrôle en continu alpha (α), beta (β) et gamma (γ) est réalisé sur les effluents industriels en entrée de l'unité de traitement (dans les neutralisateurs) ; de même qu'un contrôle en continu γ des effluents sanitaires en sortie de l'unité de traitement.

A la station de rejets, un contrôle γ en entrée de bassin et en sortie de bassin est réalisé dans la canalisation de rejet en Durance ainsi que dans le ravin de la bête.

Des hydro-collecteurs automatiques prélèvent en permanence une fraction des eaux :

- dans la canalisation des eaux industrielles à la station d'épuration ;
- dans la canalisation de rejet en Durance à la station des rejets.

Tableau de contrôle de l'environnement (TCE)

Les mesures en continu sont associées à des seuils d'alarme et reportées au TCE (tableau de contrôle de l'environnement) du SPR/LANSE et à la surveillance centralisée du Centre. Des prélèvements sont automatiquement effectués pour analyse par le SPR en cas d'alarme sur les effluents industriels à la STEP et en sortie de bassin aux rejets. De plus, un dépassement du seuil d'alarme à la station d'épuration provoque un détournement automatique des eaux vers des cuves de stockage de 1000 m^3 et vers le bassin de secours aux rejets si alarme en entrée de bassin ou sur le ravin. L'alarme en sortie de bassin aux rejets entraîne l'arrêt du rejet. Un contrôle en continu de l'activité volumique et un prélèvement en continu sont effectués sur les effluents dans la conduite de rejet en Durance.

Des hydrocollecteurs automatiques asservis au temps ou au débit prélèvent en continu une fraction des eaux :

- dans la canalisation des eaux industrielles (en entrée) et des effluents sanitaires (en sortie) à la station d'épuration ;
- dans la canalisation de rejet (sortie de bassin) en Durance à la station des rejets ;
- dans le ravin à la station des rejets pour les eaux pluviales.

Avant vidange d'un bassin aux rejets, une analyse tritium est réalisée.

Des échantillons moyens journaliers et mensuels sont constitués par fractionnement de ces prélèvements en vue d'analyses. L'ensemble des résultats des analyses effectuées sur ces échantillons est mentionné sur le registre réglementaire des rejets d'effluents liquides. De plus, un échantillon mensuel prélevé dans la canalisation des eaux industrielles est adressé au laboratoire IRSN du Vésinet (78).

PARAMETRE SURVEILLE	TYPE DE PRELEVEMENT	ANALYSES EFFECTUEES
Transfert à partir des installations	Eau de cuve d'effluents industriels	α, β global
		^{3}H
		Spectrométrie γ
Transfert à partir de la station de traitement des effluents	Echantillon d'un lot de rejets	α, β global
		^{3}H
		Spectrométrie γ
		Spectrométrie α
Rejets du Centre	Echantillon journalier Station d'Épuration	α, β global
	Echantillon journalier Station des Rejets	Spectrométrie γ
	Echantillon mensuel Station d'Épuration	α, β global
	Echantillon mensuel Station des Rejets	Spectrométrie γ

Tableau 126 : Programme de surveillance des transferts par voie liquide

Le Tableau de Contrôle de l'Environnement (TCE) du LANSE centralise les informations, génère des alarmes et archive les données en provenance des capteurs équipant les différentes stations.

4.2.3. Surveillance radiologique réglementaire de l'environnement

Les modalités de surveillance et de contrôle réglementaires de l'environnement vis-à-vis des prélèvements d'eau, et des rejets d'effluents radioactifs et chimiques du Centre, sont définies par l'arrêté préfectoral n° 2020-497-PC du 27 octobre 2022, l'arrêté du 15 octobre 2012, et la décision ASN n° 2017-DC-0597.

Les résultats des 5 000 prélèvements annuels, pour la surveillance de l'environnement, sont transmis suivant les fréquences définies par les arrêtés précédemment cités aux autorités compétentes. Les différents éléments (air, poussières atmosphériques, eau de pluie, eaux souterraines et de surface, sols et sédiments) sont mesurés ainsi que les principaux éléments de la chaîne alimentaire.

Prise d'échantillon atmosphérique

4.2.3.1. Surveillance atmosphérique

La surveillance atmosphérique s'effectue à partir des stations fixes équipées de capteurs mesurant en continu la radioactivité de l'air et de capteurs permettant de déterminer à tout moment les conditions de dispersion des rejets d'effluents atmosphériques dans l'atmosphère et le débit de dose au point de mesure. Ces stations sont implantées à l'intérieur du périmètre clôturé du Centre de Cadarache et à l'extérieur.

Conformément aux arrêtés relatifs aux prélèvements et rejets d'effluents du Centre, les mesures suivantes sont effectuées :

Lieu de prélèvement ou de mesure	Type de mesures	Fréquence
11 points autour de la clôture du site	Débit d'exposition gamma à la clôture (dosimétrie passive)	Mesure en continu avec relevé et lecture mensuels
2 points sous le vent à proximité de l'installation CEDRA (INB164) et de l'installation d'entreposage des déchets (INB56)	Activité volumique en **radon** atmosphérique	Mesure intégrée avec exploitation mensuelle
Stations de Ginasservis, Verrerie, Grande Bastide et Saint-Paul-lez-Durance	Enregistrement du rayonnement gamma ambiant (dosimétrie active)	Mesure en continu
Stations de Ginasservis, Verrerie, Grande Bastide et Saint-Paul-lez-Durance	**Aérosols** Activité alpha globale Activité bêta globale Spectrométrie gamma si activité volumique > 0,002 Bq/m^3 A partir de 2018 : Spectrométrie alpha si activité volumique > 0,002 Bq/m^3	Prélèvement continu d'aérosols sur filtres avec mesure journalière
	Aérosols A partir de 2018 : spectrométrie alpha et spectrométrie gamma sur le regroupement des filtres relevés quotidiennement	Mesure mensuelle
	Iode 131 par spectrométrie gamma	Prélèvement continu sur cartouche halogènes avec mesure hebdomadaire
Stations de la Verrerie, Grande Bastide, et Saint-Paul-lez-Durance	Activité volumique en **Tritium** atmosphérique Prélèvement par aspiration d'air en continu à l'aide de barboteurs spécifiques	Jusqu'à fin 2017 : prélèvements et mesures hebdomadaires A partir de 2018 : mesure mensuelle sur aliquote des prélèvements hebdomadaires (qui sont conservés pour investigations complémentaires éventuelles)
Stations de Ginasservis, Verrerie et Saint-Paul-lez-Durance	Activité volumique en **Carbone 14** atmosphérique Prélèvement par aspiration d'air en continu à l'aide de barboteurs spécifiques	Prélèvements bimensuels et mesures mensuelles sur aliquote

Stations de Ginasservis, Verrerie et Saint-Paul-lez-Durance	**Eaux de pluie** Prélèvement en continu Jusqu'à fin 2017 Activité volumique bêta globale (si > SD, spectrométrie gamma et mesure concentration en potassium) Activité volumique en tritium	Jusqu'à fin 2017 Mesure hebdomadaire
	Eaux de pluie Prélèvement en continu A partir de 2018 Activité volumique alpha globale Activité volumique bêta globale (si > SD, spectrométrie gamma et mesure concentration en potassium) Activité volumique en tritium	A partir de 2018 Mesure bimensuelle

Tableau 127 : Lieu, type et fréquence des prélèvements atmosphériques

4.2.3.2. Surveillance de la Durance

Des prélèvements spécifiques sont effectués dans le lit de la Durance :

Lieu de prélèvement ou de mesure	Type de mesures	Fréquence
Prélèvement d'eau en amont du point de rejet (Manosque) + Verdon (Vinon)	Sur l'eau filtrée : Activité volumique alpha globale, activité volumique bêta globale, activité volumique en tritium, Concentration en potassium Sur matières en suspension : Activité bêta globale	Prélèvement hebdomadaire et analyse sur aliquote mensuel
	A partir de 2018 : Analyses complémentaires en cas de mesures significatives en aval : Activité volumique en Strontium 90 Spectrométrie gamma Spectrométrie alpha	En cas de mesures significatives en aval
Prélèvement ponctuel d'eau en amont et en aval du point de rejet lors de chaque rejet de distillats (AGATE)	Sur l'eau : Activité volumique alpha globale, activité volumique bêta globale, activité volumique en Tritium, activité volumique en Strontium 90, spectrométrie gamma, spectrométrie alpha Sur les matières en suspension : Activité bêta globale, spectrométrie gamma	Prélèvement ponctuel
Prélèvements d'eau au Pont de Mirabeau	Sur l'eau : Activité volumique bêta globale, activité volumique alpha globale, activité volumique en Tritium, concentration en potassium	Jusqu'à fin2017 : Prélèvement à intervalle de temps régulier et mesure sur aliquote hebdomadaire
		A partir de 2018 : Prélèvement à intervalle de temps régulier, relevé hebdomadaire et mesure sur aliquote mensuel
	Sur l'eau : Activité volumique en Strontium 90, spectrométrie gamma, spectrométrie alpha	Mesure sur l'aliquote mensuel
	Sur les matières en suspension : Activité bêta globale	Jusqu'à fin2017 : Mesure sur aliquote hebdomadaire
		A partir de 2018 : Mesure sur aliquote mensuel
Prélèvements de sédiments à Saint-Eucher ou autre (proche du point de rejet)	Jusqu'à fin 2017 : Activité bêta globale, spectrométrie gamma, spectrométrie alpha, activité en strontium 90	Prélèvement annuel

	A partir de 2018 : Spectrométrie gamma, spectrométrie alpha, activité en strontium 90	
Prélèvements de végétaux aquatiques à Saint-Eucher ou autre (proche du point de rejet)	Jusqu'à fin 2017 : Activité bêta globale, spectrométrie gamma, spectrométrie alpha, activité en Strontium 90, Tritium (libre +TOL), Carbone 14	Prélèvement annuel
	A partir de 2018 : Spectrométrie gamma, spectrométrie alpha, activité en Strontium 90 et en Tritium (TOL)	
Prélèvements de poissons au plus proche du point de rejet	Jusqu'à fin 2017 : Activité bêta globale, spectrométrie gamma, spectrométrie alpha, activité en Strontium 90, Tritium (libre + TOL), Carbone 14	Prélèvement annuel
	A partir de 2018 : Spectrométrie gamma, spectrométrie alpha, activité en Strontium 90 et en Tritium (TOL)	

Tableau 128 : Lieu, type et fréquence des prélèvements en Durance

Préparations

Les échantillons prélevés sont préparés en laboratoires pour analyse.

Ainsi, les eaux sont filtrées, évaporées sur des coupelles, distillées ou conditionnées dans des flacons à géométrie standardisée.

Appareils d'analyse

Les appareils d'analyse permettent de mesurer de très faibles niveaux de radioactivité.

Les compteurs proportionnels déterminent simultanément les activités alpha global et bêta global contenues dans les échantillons.

Les compteurs à scintillateur liquide sont adaptés à la mesure de tritium, ^{14}C et ^{90}Sr des échantillons aqueux. Les spectromètres gamma ou alpha permettent d'identifier et de mesurer la plupart des produits radioactifs, naturels ou non, contenus dans des échantillons de diverses natures.

Afin d'assurer la justesse des résultats, l'étalonnage du matériel est effectué dans des conditions identiques à celles des contrôles périodiques (nature, masse, volume de l'échantillon, etc.).

4.2.3.3. Surveillance du milieu aquatique

La surveillance du milieu aquatique porte sur les eaux souterraines, les eaux de surface, les eaux réceptrices, les sédiments et la flore. Les valeurs mesurées sont inférieures ou très proches des limites de détection des appareils de mesure.

Surveillance des eaux de surface

La surveillance de la Durance a été détaillée au paragraphe précédent.

Surveillance des eaux souterraines

Un contrôle des eaux souterraines sous-jacentes aux installations est réalisé mensuellement par des prélèvements effectués à partir de 47 points dits réglementaires.

Sur ces prélèvements, sont mesurées les activités alpha et bêta globales, l'activité du tritium et la teneur en potassium.

Surveillance d'un piézomètre

Surveillance des eaux pluviales

Les eaux provenant du ruissellement des eaux pluviales sur les toitures, les voies de circulation, les aires de stationnement et autres surfaces imperméables de l'installation, sont collectées par des fossés et des caniveaux, puis dirigées vers l'impluvium du Centre (Ravin de la Bête).

L'impluvium fait l'objet d'un contrôle d'absence de radioactivité d'origine artificielle une fois par mois, par des méthodes qui garantissent des seuils de décision inférieurs à ceux prévus par la décision ASN n° 2013-DC-0360 modifiée (0,05 Bq/L pour l'activité volumique alpha globale, 0,25 Bq/L pour l'activité volumique bêta globale, et 10 Bq/L pour la mesure du tritium libre).

4.2.3.4. Surveillance du milieu terrestre (sols et flore)

Les types de prélèvements de terre et de végétaux sont résumés dans le tableau suivant.

Lieu de prélèvement	Type de mesures	Fréquence
Stations de Ginasservis, Verrerie, Grande Bastide et Saint-Paul-lez-Durance	**Végétaux bio indicateurs (thym ou herbe) :** **Jusqu'à fin 2017 :** × Activité bêta globale × Spectrométrie gamma (dont Potassium 40) × Activité Tritium (libre et TOL) et Carbone 14 × Spectrométrie alpha	 × Mensuelle × Mensuelle × Annuelle × Annuelle
	A partir de 2018 : × Spectrométrie gamma (dont Iode 131 et Potassium 40) × Activité Tritium (libre et TOL) × Activité Carbone 14 × Spectrométrie alpha	 × Trimestrielle × Semestrielle × Annuelle × Annuelle
Saint-Paul-lez-Durance	**Couche superficielle de terre :** × Spectrométrie gamma × Spectrométrie alpha	Annuelle

Tableau 129 : Lieu, type et fréquence des prélèvements de terre et végétaux

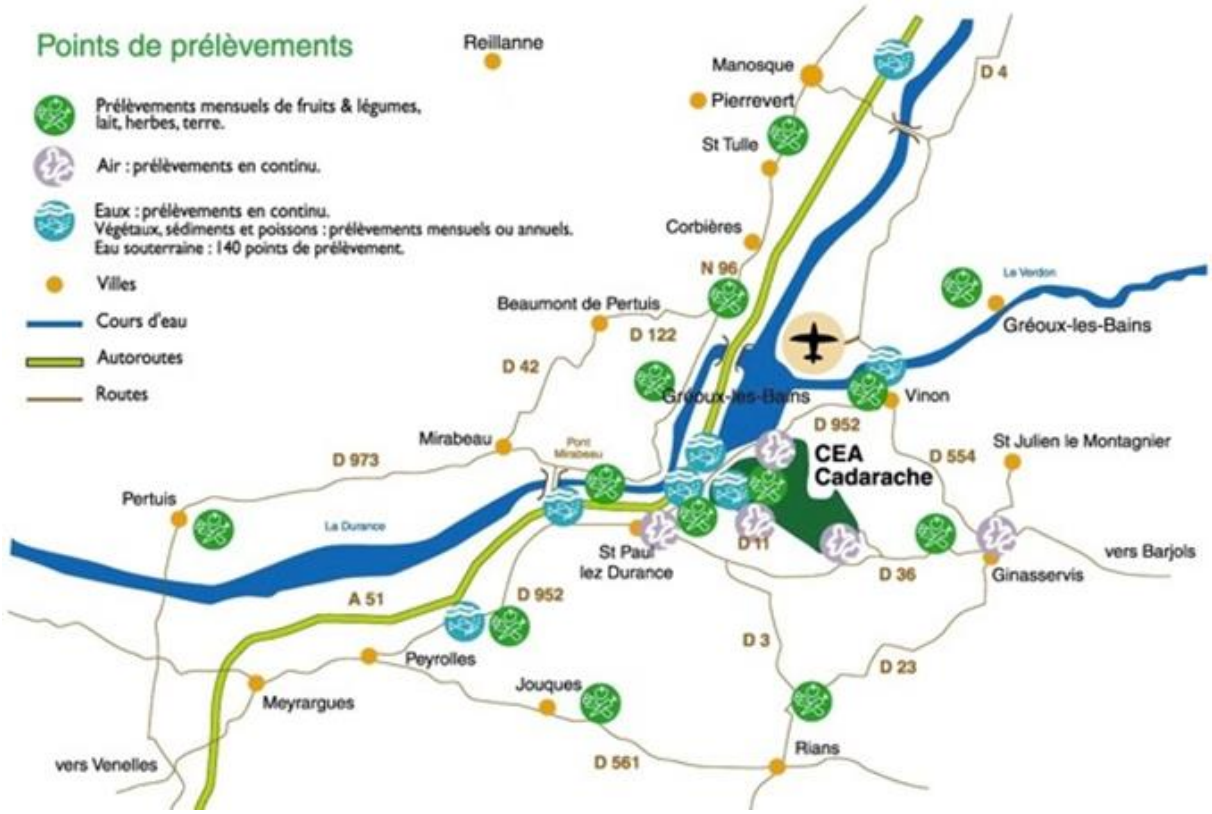


Figure 142 : Localisation des prélèvements pour la surveillance de l'environnement

Préparations

Les échantillons prélevés sont préparés au laboratoire avant analyse. Les végétaux sont pesés, broyés, desséchés, calcinés et leurs cendres conditionnées sous une géométrie pour laquelle l'appareillage est étalonné, voir lyophilisés notamment pour mesure tritium libre et lié. Les terres et les sédiments subissent une dessiccation, une pesée, un broyage et un tamisage avant d'être mesurés.

Appareils d'analyse

Les appareils d'analyse permettent de mesurer de très faibles niveaux de radioactivité.

Les compteurs proportionnels déterminent simultanément les activités alpha global et bêta global contenues dans les échantillons.

Les spectromètres gamma ou alpha permettent d'identifier et de mesurer la plupart des produits radioactifs, naturels ou non, contenus dans des échantillons de diverses natures.

Afin d'assurer la justesse des résultats, l'étalonnage du matériel est effectué dans des conditions identiques à celles des contrôles périodiques (nature, masse, volume de l'échantillon, etc.).

4.2.3.5. Surveillance de la chaîne alimentaire

L'analyse des produits de la chaîne alimentaire permet de vérifier l'absence de transfert de contamination par les voies atmosphériques et hydrologiques.

La surveillance de la radioactivité de la chaîne alimentaire des populations avoisinantes est pratiquée en mesurant notamment :

- Du lait de chèvre en une station (Gréoux-les-Bains) avec mesure par spectrométrie gamma et mesure bêta total, la fréquence de ces mesures étant mensuelle ; à cette mesure, est rajoutée une mesure annuelle du tritium libre et lié et du carbone 14. Le suivi de la radioactivité du lait s'inscrit dans les programmes de surveillance réglementaire de tous les sites nucléaires. Il est un indicateur important pour contrôler le transfert des radionucléides à travers la chaîne alimentaire.
- Trois catégories de légumes dans 4 localités : Ginasservis, Saint-Paul-lez-Durance, Peyrolles et Vinon-sur-Verdon :
    - 1 légume racine (carottes, pommes de terre, oignons) ;
    - 1 légume feuille (salades, épinards, blettes) ;
    - 1 légume fruit (tomates, courgettes, aubergines, pommes).

Il est à noter que le type de légumes prélevés est variable selon la saison et donc la disponibilité de ceux-ci.

Lieu de prélèvement	Type de mesures	Fréquence
Gréoux les Bains	**Sur le lait :** Jusqu'à fin 2017 : Activité bêta Spectrométrie gamma (dont Iode 131 et Potassium 40 Activité Tritium (libre et TOL) et Carbone 14	 Mensuelle[37] Mensuelle Annuelle
	A partir de 2018 : Spectrométrie gamma (dont Iode 131 et Potassium 40 Activité Tritium (libre et lié) et carbone 14 Activité Strontium 90	 Trimestrielle[38] Annuelle Annuelle
Ginasservis Saint-Paul-lez-Durance Vinon-sur-Verdon Peyrolles	**Sur les légumes (racines, fruits, feuilles) :** Activité bêta globale Spectrométrie gamma (dont potassium 40) Activité strontium 90 Spectrométrie alpha (transuraniens) Activité tritium (libre et lié) et carbone 14	 Annuelle

Tableau 130 : Lieu, type et fréquence des prélèvements sur la chaîne alimentaire

Par ailleurs, l'absence de radioactivité de l'huile d'olive et du vin de productions agricoles de Gréoux-les-Bains, Mirabeau et Pierrevert est contrôlée (mesures par spectrométrie gamma).

Un prélèvement annuel de poissons de la Durance est également effectué.

Prélèvement de poissons en Durance

[37] Sauf période d'allaitement des chevreaux.

[38] Sauf période d'allaitement des chevreaux.

4.2.3.6. Autres moyens de surveillance

Moyens mobiles de surveillance

Destinés à la surveillance de routine ou à l'intervention en cas d'incident ou d'accident radioactif, ces moyens complètent les installations fixes.

Ils sont composés de véhicules équipés :

- de matériel de détection d'irradiation et de contamination ;
- de matériels de prélèvements ;
- de liaisons hertziennes avec le LANSE permettant de transmettre, sur des fréquences réservées, les informations recueillies.

Le VISA

Le VISA

Le SPR dispose également d'un Véhicule d'Intervention et de Surveillance Atmosphérique (VISA) lui permettant d'évaluer les conséquences d'un incident ou d'un accident à caractère nucléaire sur le public :

- mesure des paramètres météorologiques ;
- analyse de la situation radiologique ;
- appareils de mesure (fixes ou portables) ;
- dispositifs autonomes de prélèvements d'échantillons ;
- laboratoire d'analyses (spectrométrie gamma) ;
- moyens autonomes de communication (liaison avec le Centre de crise).

4.2.4. Surveillance chimique de l'environnement

4.2.4.1. Surveillance atmosphérique

La qualité de l'air est vérifiée en continu par l'association indépendante Air PACA (l'association est membre de la fédération ATMO France, qui constitue le réseau national des Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA).

Air PACA dispose de stations fixes, ainsi que de systèmes mobiles de mesure de la pollution atmosphérique (véhicules laboratoires, cabines). Facilement déplaçables, ces derniers permettent de multiplier les campagnes mobiles en sillonnant le territoire couvert par Air PACA.

Enfin, des campagnes ponctuelles peuvent être mises en place par Air PACA selon les besoins.

4.2.4.2. Surveillance des eaux

Surveillance du milieu récepteur

L'impact des rejets d'effluents du site sur le milieu récepteur est contrôlé par le CEA.

Ce contrôle comporte deux volets :

- un suivi mensuel de la qualité physico-chimique de l'eau de la Durance (amont-aval) ;
- une évaluation ponctuelle annuelle (amont-aval) de la qualité écologique des milieux (bryophytes et sédiments).

Une analyse biocénotique comparative (amont-aval) permet également d'évaluer l'effet des changements de l'environnement qui affectent les communautés floristiques et faunistiques.

Surveillance des eaux souterraines

Les eaux souterraines sont surveillées chimiquement conformément aux prescriptions réglementaires, par l'intermédiaire de neuf piézomètres répartis sur l'ensemble du Centre de Cadarache.

Surveillance des eaux pluviales

Les eaux provenant du ruissellement des eaux pluviales sur les toitures, les aires d'entreposage, les voies de circulation, les aires de stationnement et autres surfaces imperméables de l'installation, sont collectées par des fossés et des caniveaux, puis dirigées vers l'impluvium du Centre.

Prélèvement des eaux pluviales du Ravin de la Bête

Il est procédé à un prélèvement ponctuel mensuel (prélèvements privilégiés par temps de pluie) au niveau du Ravin de la Bête. Les paramètres analysés sont le pH, la DCO, la DBO_5, les matières en suspension et les hydrocarbures totaux.

Afin de pallier une éventuelle pollution des eaux pluviales issues des parkings et voiries par des traces d'hydrocarbures provenant des véhicules, les caniveaux sont équipés de séparateurs d'hydrocarbures.

Les eaux pluviales d'ITER font l'objet d'une analyse annuelle des matières en suspension et des hydrocarbures totaux.

Surveillance des prélèvements d'eau brute

La quantité d'eau prélevée (canal EDF ou barrage de Cadarache) est mesurée, et les paramètres de turbidité, pH, conductivité, oxygène dissous et température sont contrôlés en continu.

D'autres analyses sont effectuées ponctuellement selon la qualité de l'eau brute. Elles permettent l'ajustement des taux de traitement de la station de production d'eau potable du Centre.

4.2.5. Contrôle et surveillance chimique des prélèvements, transferts et rejets d'effluents liquides

4.2.5.1. Au niveau des installations

Effluents industriels

Pour rejoindre le réseau des effluents industriels du Centre, les effluents transférés doivent respecter les valeurs limites retenues au sein de la fiche de caractérisation établie avec les exploitants et qui précise les natures et quantités des éléments transférés au réseau des effluents industriels du Centre, ainsi que les contrôles chimiques et les fréquences associées. Les valeurs limites et les modalités de

surveillance des transferts d'effluents liquides sont fixées par la décision ASN n° 2017-DC-0597.

Le transfert effectif dans le réseau est autorisé après vérification que celui-ci ne conduit pas à des concentrations en entrée de station supérieures à celles fixées dans l'arrêté de rejets d'effluents du Centre de Cadarache en vigueur.

Effluents actifs

Pour pouvoir être transférés vers AGATE, les effluents actifs doivent respecter les valeurs limites données dans la décision ASN n° 2017-DC-0597. Le transfert effectif est autorisé après vérification des caractéristiques chimiques et radiologiques.

4.2.5.2. A la station d'épuration

Un contrôle continu est effectué en entrée de la station **d'épuration des effluents industriels. Ce contrôle chimique,** effectué par des analyseurs, porte sur 8 éléments (métaux lourds et autres toxiques). Le pH est également mesuré en continu.

De plus, les effluents, après traitement, regroupés en cuve de 1 000 m^3, font l'objet d'analyses chimiques suivant 10 paramètres (métaux lourds et autres toxiques). Le pH, la température et l'oxygène sont également mesurés.

Dans le cadre du contrôle du fonctionnement de la station d'épuration des effluents sanitaires et de la station d'épuration des effluents industriels, des bilans complets de fonctionnement sont effectués plusieurs fois par mois. Il s'agit d'analyses en amont et en aval des stations permettant ainsi de suivre les pourcentages d'abattement.

Chaque fois qu'un bassin de 3 000 m^3 de la station de rejet du Centre est plein, l'effluent du bassin est prélevé et envoyé à la station d'épuration pour alimenter l'aquarium dans lequel est effectué le test poissons final avant rejet (survie d'une truite pendant au moins 6 heures), ainsi que le contrôle des 10 paramètres précités, le pH, la température et l'oxygène.

En plus des différents contrôles assurés par le Centre de Cadarache, des contrôles externes sont effectués trimestriellement sur les effluents rejetés en Durance, conformément à l'arrêté préfectoral n° 2020-497-PC du 27 octobre 2022.

Le test « poissons »

4.2.6. Conclusion

Le réseau de surveillance de l'environnement du centre de Cadarache étant déjà adapté, il n'est pas nécessaire de rajouter de nouveaux points de mesure, ni d'analyses complémentaires pour la surveillance de l'environnement dans le cadre du projet de démantèlement l'INB 56.

5. Estimation du coût des dépenses correspondantes

Plusieurs options sont possibles pour évaluer le coût des dépenses environnementales du projet de démantèlement. Dans le cadre de l'étude d'impact, il a été décidé de considérer :

- les investissements d'environnement prévus : nouveaux équipements, rénovations, aménagements ;
- les dispositifs de surveillance des rejets et de surveillance de l'environnement prévus, sans prendre en compte les coûts d'exploitation associés (personnel, fournitures, …).

Les opérations génériques ne sont pas cotées. Seules les actions supplémentaires spécifiques à la séquence ERC le sont.

Le tableau ci-après présente les mesures prises et les coûts correspondants.

Aspect Environnemental considéré	Action/aménagement/mesure environnementale envisagée	Coût estimé des investissements
Mesures de réduction des impacts faune/flore	MR1.1c : Balisage préventif des stations de Nonnée brune à proximité de la zone de travaux sur la zone du Parc	0,5 k€
	MR2.1a : Limitation de la vitesse des engins	0 € (intégrée aux coûts du chantier)
	MR2.1d : Limitation de la pollution en phase chantier	0 € (intégrée aux coûts du chantier)
	MR2.1n : Récupération et transfert des habitats favorables aux reptiles	0 € (intégrée aux coûts du chantier)
	MR2.1f : Évitement d'introduction d'espèces exotiques envahissantes (EEE)	0 € (intégrée aux coûts du chantier)
	MR2.1i : Mise en place d'une procédure d'abattage des arbres favorables à la faune	1 k€
	MR2.1o : Récupération et transfert des individus de Scorpions dans une zone éloignée	0,5 k€
	MR3.1a : Adapter les travaux de la phase chantier en fonction du cycle biologique des espèces	0 € (intégrée aux coûts du chantier)
	MR3.1b : Absence de travaux nocturnes	0 € (intégrée aux coûts du chantier)
Mesure de compensation des impacts faune/flore	MC1.1b : Création de gîtes à Lézard ocellé	5 k€
Mesure d'accompagnement des impacts flore	MA5.b : Action expérimentale de transplantation d'individus de Nonnée brune	0,5 k€

Aspect Environnemental considéré	Action/aménagement/mesure environnementale envisagée	Coût estimé des investissements
Mesure de suivi des impacts faune/flore	MSC1 : Suivi de chantier par un coordonnateur environnement	0 € (intégrée aux coûts du chantier)
	MSC2 : Suivi d'habitats et d'espèces par un écologue	14 k€
	MSC3 : Suivi de la mesure compensatoire pour le Lézard ocellé	9 k€
Réduction des rejets atmosphériques (radioactifs et chimiques)	Mise en place de systèmes de filtration haute efficacité (HE) et très haute efficacité (THE)	1 500 k€
	Remplacement de l'engin thermique de manutention par un engin électrique	46 k€
	Mise en place d'un système de récupération/filtration spécifique de l'eau de refroidissement pour les opérations de découpe de colis	50 k€
	Outil de découpe à froid des colis bloqués	300 k€
Réduction des rejets liquides	Station de traitement des effluents sanitaires (STEP/ES) et industriels (STEP/EI) Station de traitement des effluents radioactifs AGATE (Cadarache) et STEL (Marcoule)	0 k€
Gestion des déchets	Optimisation du colisage des déchets lors des opérations de RCD des colis entreposés sous hangars : poste de mesure gamma et poste de mesure neutron	900 k€

Tableau 131 : Estimation des dépenses en lien avec la réduction des impacts environnementaux

Partie 4 : Analyse des effets directs et indirects, et des impacts résiduels du projet de démantèlement

1. Introduction

1.1. Contenu en réponse à la réglementation

Cette partie présente l'analyse des effets que le projet de démantèlement de l'INB 56 peut présenter pour les intérêts protégés mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'Environnement, qui sont : la sécurité, la santé et la salubrité publiques et la protection de la nature et de l'environnement.

Ce chapitre a pour objectif d'apporter les éléments demandés aux items 5 et 6 de l'Article R. 122-5 II du code de l'environnement :

« 5° Une description des incidences notables que le projet est susceptible d'avoir sur l'environnement résultant, entre autres :

a) De la construction et de l'existence du projet, y compris, le cas échéant, des travaux de démolition ;

b) De l'utilisation des ressources naturelles, en particulier les terres, le sol, l'eau et la biodiversité, en tenant compte, dans la mesure du possible, de la disponibilité durable de ces ressources ;

c) De l'émission de polluants, du bruit, de la vibration, de la lumière, la chaleur et la radiation, de la création de nuisances et de l'élimination et la valorisation des déchets ;

d) Des risques pour la santé humaine, pour le patrimoine culturel ou pour l'environnement ;

e) Du cumul des incidences avec d'autres projets existants ou approuvés, en tenant compte le cas échéant des problèmes environnementaux relatifs à l'utilisation des ressources naturelles et des zones revêtant une importance particulière pour l'environnement susceptibles d'être touchées. Ces projets sont ceux qui, lors du dépôt de l'étude d'impact :

- *ont fait l'objet d'une étude d'incidence environnementale au titre de l'article R. 181-14 et d'une enquête publique ;*
- *ont fait l'objet d'une évaluation environnementale au titre du présent code et pour lesquels un avis de l'autorité environnementale a été rendu public.*

Sont exclus les projets ayant fait l'objet d'un arrêté mentionnant un délai et devenu caduc, ceux dont la décision d'autorisation est devenue caduque, dont l'enquête publique n'est plus valable ainsi que ceux qui ont été officiellement abandonnés par le maître d'ouvrage ;

f) Des incidences du projet sur le climat et de la vulnérabilité du projet au changement climatique ;

g) Des technologies et des substances utilisées.

La description des éventuelles incidences notables sur les facteurs mentionnés au III de l'article L. 122-1 porte sur les effets directs et, le cas échéant, sur les effets indirects secondaires, cumulatifs, transfrontaliers, à court, moyen et long termes, permanents et temporaires, positifs et négatifs du projet ;

6° Une description des incidences négatives notables attendues du projet sur l'environnement qui résultent de la vulnérabilité du projet à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs en rapport avec le projet concerné. Cette description comprend le cas échéant les mesures envisagées pour éviter ou réduire les incidences négatives notables de ces événements sur l'environnement et le détail de la préparation et de la réponse envisagée à ces situations d'urgence ; »

L'item 5 est **complété par les dispositions suivantes mentionnées au 2° de l'article 9 du décret n° 2007-1557 du 2 novembre 2007 modifié** (décret procédures) :

« 2° En tant que de besoin, l'analyse des effets négatifs et positifs, directs et indirects, temporaires et permanents, à court, moyen et long terme, du projet sur l'environnement, mentionnée au 3°[39] du II de l'article R. 122-5 du code de l'environnement, distingue les différentes phases de construction et de fonctionnement de l'installation. Elle prend en compte les variations saisonnières et climatiques.

L'analyse présente les prélèvements d'eau et les rejets d'effluents liquides envisagés ; elle précise les différents types d'effluents à traiter et leur origine respective, leur quantité, leurs caractéristiques physiques, leur composition, tant radioactive que chimique, le procédé de traitement utilisé, les conditions dans lesquelles seront opérés les rejets dans le milieu récepteur ainsi que la composition des effluents à rejeter ; elle indique les incidences de l'installation sur la ressource en eau, le milieu aquatique, l'écoulement, le niveau et la qualité des eaux, y compris de ruissellement, ainsi que sur chacun des éléments mentionnés à l'article L. 211-1 du code de l'environnement.

Elle présente également les rejets d'effluents envisagés dans l'atmosphère, y compris les retombées d'aérosols ou de poussières et leurs dépôts ; elle indique les incidences de l'installation sur la qualité de l'air et la qualité des sols.

Elle évalue l'exposition du public aux rayonnements ionisants du fait de l'installation, en prenant en compte notamment les irradiations provoquées directement par l'installation et les transferts de radionucléides par les différents vecteurs, y compris les chaînes alimentaires.

Elle présente enfin les déchets qui seront produits par l'installation, qu'ils soient radioactifs ou non ; elle mentionne leur volume, leur nature, leur nocivité et les modes d'élimination envisagés.

Les incidences de l'installation sur l'environnement sont appréciées notamment au regard des plans de protection de l'atmosphère définis à l'article L. 222-5 du code de l'environnement ainsi que des normes et objectifs de qualité et valeurs limites définis en application des articles L. 211-2, L. 211-4 et L. 221-2 du même code.

L'analyse justifie la compatibilité de l'installation :

a) Avec les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux et les schémas d'aménagement et de gestion des eaux prévus par les articles L. 212-1 et L. 212-3 du code de l'environnement ;

b) Pour les déchets radioactifs destinés à être produits par l'installation ou entreposés ou stockés dans celle-ci, avec le plan national de gestion des matières et déchets radioactifs prévu par l'article L. 542-1-2 du même code ;

c) Pour les autres déchets, avec les prescriptions des plans mentionnés dans la sous-section 1 de la section 3 du chapitre Ier du titre IV du livre V du même code ; »

1.2. Principes de l'analyse des incidences pour le démantèlement de l'INB 56

1.2.1. Interactions avec l'environnement

Le schéma de principe suivant présente les principales interactions entre l'INB 56 et l'environnement.

Il faut ajouter à ces interactions celles qui sont liées à l'environnement humain, telles que le bruit, l'activité économique, etc.

[39] Item 4° dans la version en vigueur.

Effluents, transferts et rejets : Dans la suite du document, les notions d'effluents, de transferts et de rejets, illustrées sur la figure suivante, seront fréquemment employées. Elles recouvrent les définitions suivantes :

- Un **effluent** est un liquide, ou un gaz, ou des aérosols, généré(s) par une opération (qui peut être de fonctionnement, de démantèlement, etc.). Dans l'industrie nucléaire, et en particulier dans une INB, certains effluents peuvent être radioactifs.
- Le **transfert** recouvre le transport des effluents liquides depuis l'installation productrice, jusqu'au dispositif de traitement approprié (station de traitement et d'épuration, STEP, par exemple, pour les effluents liquides).
- Le **rejet** est la partie de l'effluent finalement rejetée dans l'environnement, après mise en œuvre des dispositifs (filtration, traitement, etc.) permettant que ce rejet soit le plus faible possible.

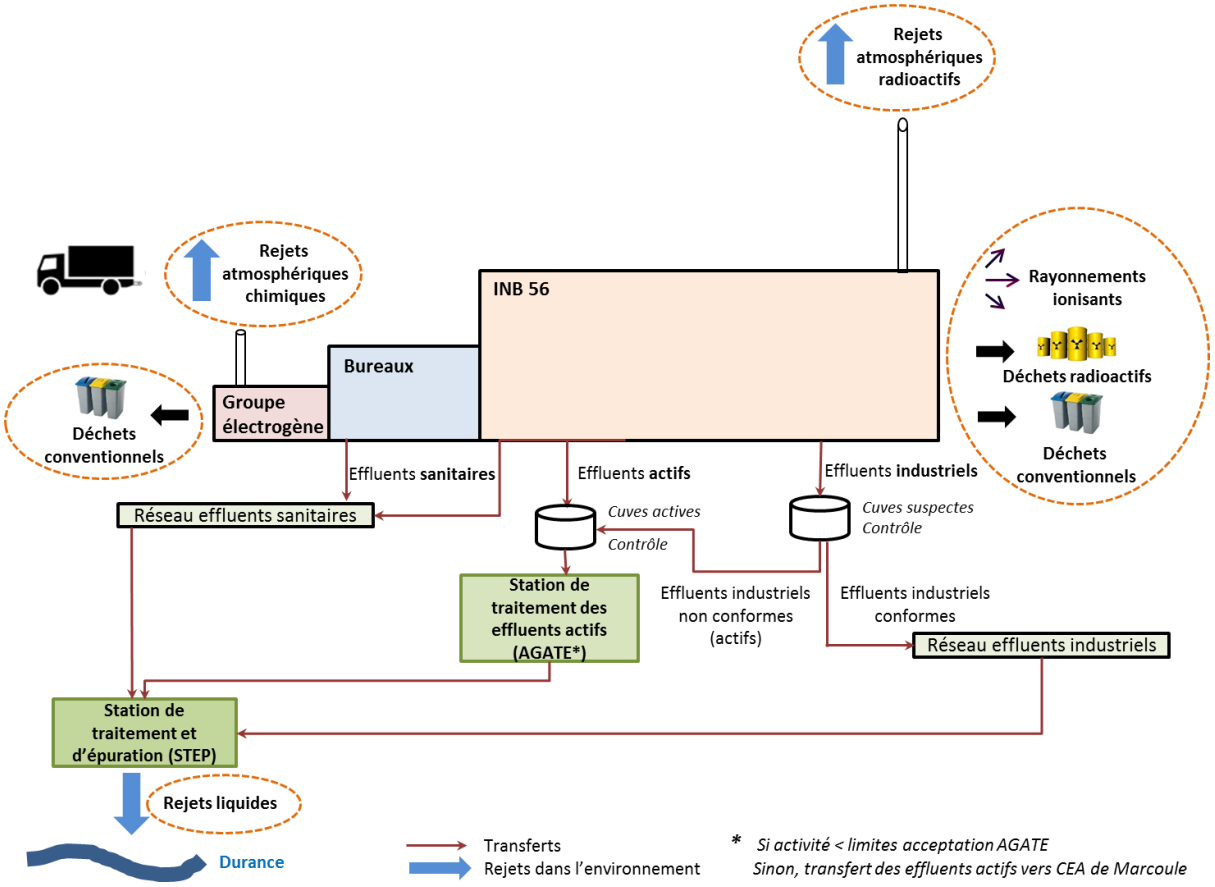


Figure 143 : Schéma de principe des principales interactions de l'INB 56 avec l'environnement

1.2.2. Minimisation des rejets dans l'environnement

Le principe est de chercher, dans la mesure du possible, à minimiser les rejets dans l'environnement : mesures de limitation des effluents, utilisation des meilleures techniques disponibles, etc.

Les solides

La radioactivité sous forme solide est immobilisée dans des conteneurs de déchets qui sont ensuite stockés dans des centres agréés. Dans certains cas, une partie de la radioactivité contenue dans des liquides ou des gaz peut être extraite pour constituer des déchets solides (filtration de gaz par exemple).

Par ailleurs, les centres de stockage n'acceptent pas les produits pouvant présenter un risque d'inflammation ou d'explosion, ni les liquides, en raison des risques de dissémination qu'ils présentent à long terme.

Les effluents atmosphériques

Pour diminuer la fraction de radioactivité rejetée dans l'atmosphère, les effluents atmosphériques sont filtrés avant rejet, ce qui permet de retenir les particules en suspension dans l'air (aérosols) mais pas les gaz eux-mêmes. Des filtres spéciaux, appelés « THE » (Très Haute Efficacité), permettent de retenir la radioactivité contenue dans les particules en suspension.

Les filtres THE : ce type de filtre est développé spécifiquement pour l'industrie nucléaire. Ce sont des cartouches qui ont un haut niveau de rétention des matières radioactives particulaires. Pour les filtres à très haute efficacité (THE), le rendement minimal garanti est de 99,98%, ce qui correspond à un coefficient d'épuration (calculé comme le rapport entre l'activité des aérosols en entrée et celle en sortie) de 5 000 (ce qui signifie qu'au plus une particule sur 5 000 peut passer à travers le filtre).

Ces filtres sont homologués par des organismes certifiés (par exemple l'IRSN) qui vérifient en particulier les performances minimales.

Les filtres THE retiennent les particules, notamment radioactives, en suspension dans l'air (appelées aérosols), mais pas celle des gaz (gaz rares, formes vapeur et gazeuse du tritium et du carbone 14, …).

Les filtres se présentent sous forme de cartouches interchangeables, qui combinent plusieurs mécanismes de piégeage[40] des aérosols (Figure 144) :

- captation par interception (équivalent d'un tamisage, dépendant essentiellement du diamètre de la particule) ;
- captation par inertie (dépendant essentiellement de la vitesse de la particule) ;
- captation par diffusion.

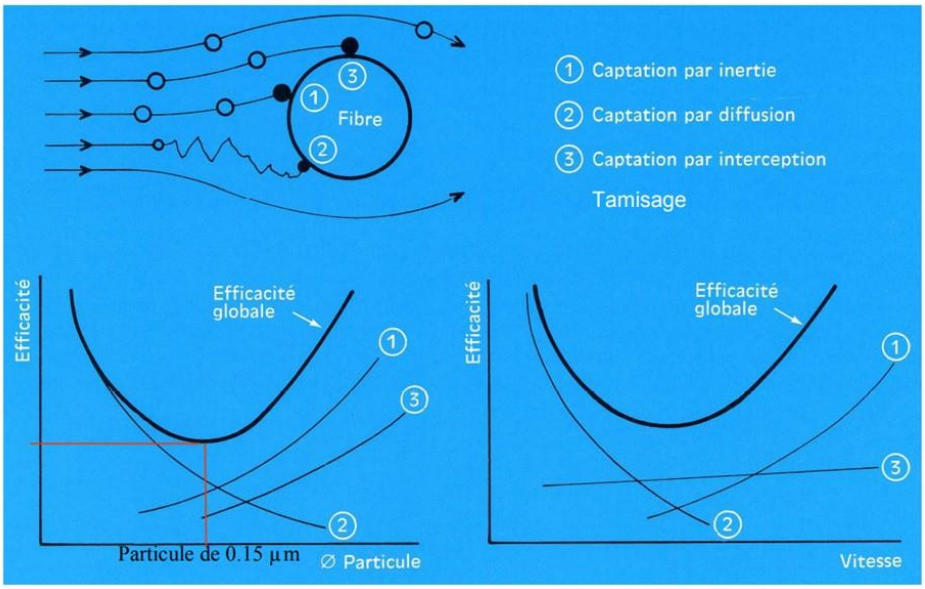


Figure 144 : Mécanismes de piégeage des aérosols sur un filtre

[40] Pour les iodes (halogènes), les mécanismes de piégeage sont différents.

La figure suivante (Figure 145) montre un exemple de filtres THE. Les filtres THE sont toujours montés en parallèle pour permettre leur remplacement sans arrêter la filtration.

Figure 145 : Exemple de filtres THE montés en parallèle pour assurer le maintien de la filtration lors du changement de filtre

Les filtres usagés sont des déchets radioactifs qui sont stockés dans les Centres de l'ANDRA.

Dans les installations nucléaires, les filtres THE sont placés :

- *a minima* au dernier niveau de filtration (DNF) avant rejet cheminée ;
- si besoin, en fonction des activités de l'installation, en aval immédiat d'un procédé (ou d'un local particulier).

La figure suivante (Figure 146) illustre le principe de la filtration.

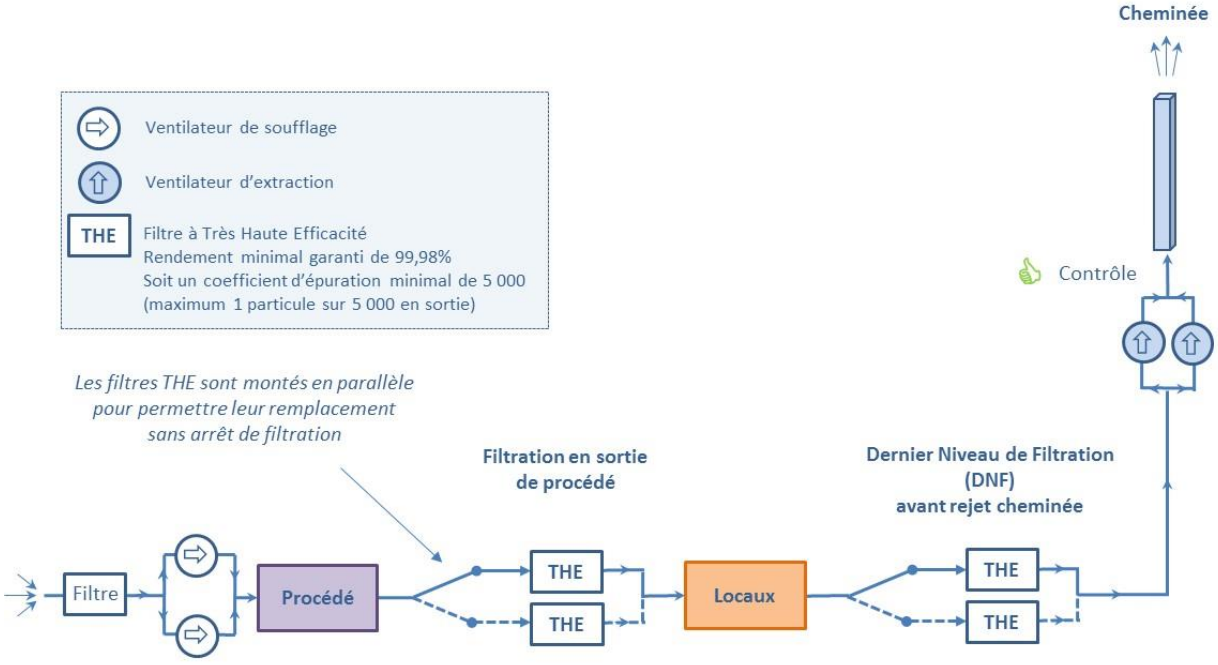


Figure 146 : Schéma de principe de la filtration (cas de deux niveaux de filtration en série)

Les effluents liquides

Pour les effluents liquides concentrés, il est possible d'extraire une grande partie de leur radioactivité. Deux voies principales existent : filtration puis évaporation ou coprécipitation chimique. On utilise l'une ou l'autre de ces deux techniques selon les caractéristiques chimiques et radiologiques des effluents à traiter. La radioactivité, extraite sous forme de liquide concentré (évaporation) ou de précipité (coprécipitation), est incorporée à du mortier de ciment, de bitume ou de résine pour en faire des blocs solides qui pourront être stockés après conditionnement.

Le schéma ci-après synthétise ces techniques utilisées pour minimiser les rejets.

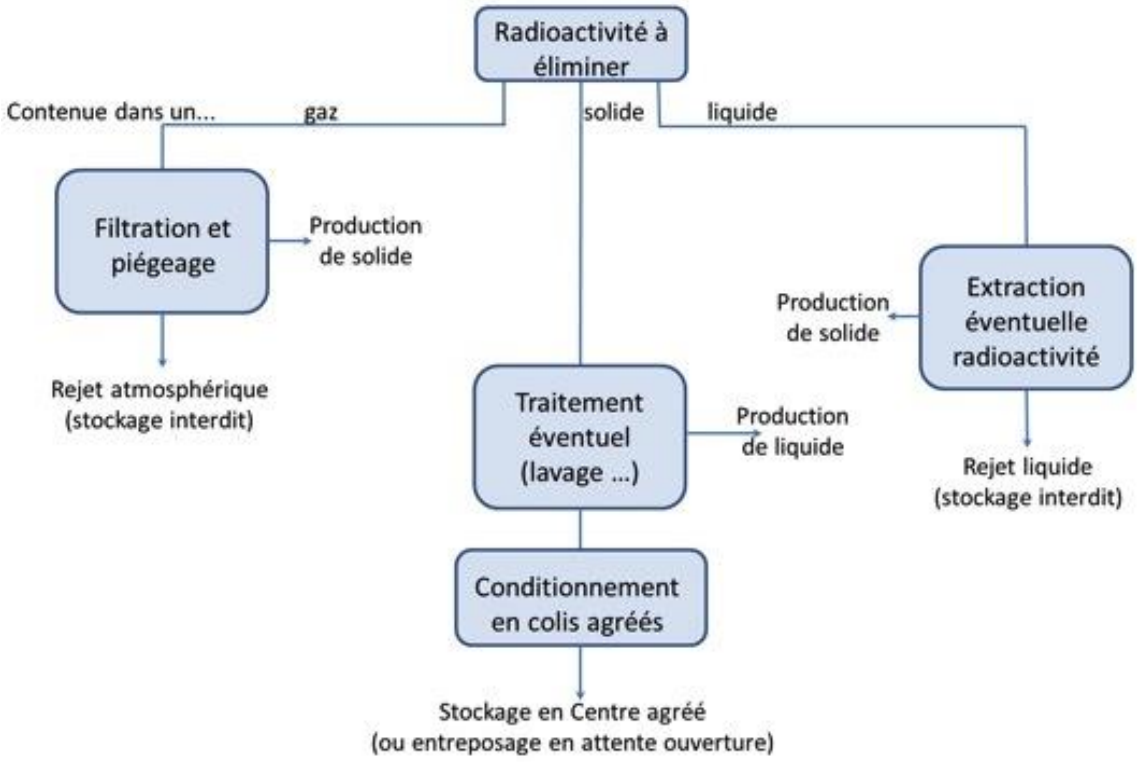


Figure 147 : Techniques utilisées pour minimiser les rejets dans l'environnement

1.2.3. Valeurs maximales de rejets dans l'environnement utilisées pour les calculs d'impact

L'analyse présentée ici commence par l'impact des différents rejets sur l'environnement et la santé humaine. En effet, la détermination des impacts des rejets des installations nucléaires dans l'environnement fait l'objet d'une méthodologie particulière, associée à des codes de calcul et des paramètres validés. Les calculs d'impact des rejets donnent une quantification des concentrations ajoutées (pour les rejets chimiques) et des activités ajoutées (pour les rejets radioactifs) dans l'air, les eaux, les sols, la végétation. La philosophie générale est d'obtenir des résultats dont on soit sûr qu'ils seront supérieurs à la réalité (résultats enveloppe). Pour cela, les calculs sont basés **sur des hypothèses de rejets dans l'environnement qui doivent être enveloppes, tout en restant réalistes**.

Les rejets peuvent varier d'une année sur l'autre, en fonction des opérations de fonctionnement et/ou de démantèlement qui sont menées dans l'installation, ou du nombre de personnes qui sont présentes. Aussi, pour rester enveloppe, il s'agit de définir des valeurs maximales de rejets. Celles-ci sont déterminées, après avoir comparé différents scénarios de démantèlement, en appliquant la séquence ERC (éviter, réduire, compenser) présentée précédemment.

Ainsi, les valeurs de rejets utilisées pour l'évaluation de leur incidence sur la santé humaine et l'environnement devront à la fois :

- être les plus faibles que raisonnablement possible, à l'issue de la séquence ERC, pour limiter les impacts ;
- intégrer les incertitudes associées à la détermination (activité encore présente dans l'installation, méthodologies utilisées pour les opérations de démantèlement, durée du démantèlement, etc.) ;
- être enveloppes, pour être sûr que l'impact réel sera quoiqu'il en soit inférieur à l'impact calculé.

1.2.4. Limites réglementaires de transferts et de rejets

Les transferts et rejets des effluents liquides et atmosphériques des installations du Centre de Cadarache sont réglementés, par arrêté préfectoral ou décisions de l'ASN (parfois homologuées par arrêté ministériel).

L'arrêté préfectoral n° 2020-497-PC du 27 octobre 2022 réglemente les **rejets**, après traitement à la station de traitement et d'épuration (STEP), des **effluents liquides de l'ensemble des installations** présentes sur le site du CEA de Cadarache en Durance.

Des **limites réglementaires concernant les transferts et rejets atmosphériques des INB** sont fixées en application de décisions de l'Autorité de Sûreté Nucléaire, après instruction des propositions du CEA. Pour Cadarache, deux décisions ASN sont actuellement en vigueur :

- Décision n° 2017-DC-0596 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017 fixant les limites de rejets dans l'environnement des effluents des installations nucléaires de base civiles du centre de Cadarache exploitées par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) sur la commune de Saint-Paul-lez-Durance (département des Bouches-du-Rhône). [Homologuée par arrêté ministériel du 21 septembre 2017, cette décision dite « décision limites » remplace la décision n° 2010-DC-0172 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 5 janvier 2010].

- Décision n° 2017-DC-0597 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017 fixant les prescriptions relatives aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de transfert et de rejets des effluents des installations nucléaires de base civiles du centre de Cadarache exploitées par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (département des Bouches-du-Rhône). [Cette décision dite « décision modalités » remplace la décision n° 2010-DC-0173 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 5 janvier 2010].

Les limites de rejets sont calées au plus près des possibilités techniques des exploitants, tout en tenant compte des aléas normaux d'exploitation. Le dépassement d'une limite de rejet constitue en effet un incident et est traité comme tel (déclaration obligatoire, instruction de l'anomalie et de ses conséquences). Elles doivent également avoir un caractère incitatif pour que les exploitants restent vigilants dans leur démarche permanente de réduction des rejets.

1.2.4.1. Limites réglementaires de rejets atmosphériques radioactifs

Les limites réglementaires des rejets atmosphériques radioactifs sont fixées, pour chaque INB, par la Décision n° 2017-DC-0596 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017.

Les limites annuelles et mensuelles de rejets atmosphériques radioactifs réglementaires en vigueur pour l'INB 56 (émissaires E61, E62, E63, E67, E41) sont présentées dans les tableaux suivants :

Limite annuelle de rejets atmosphériques radioactifs pour l'INB 56 fixée par la Décision n° 2017-DC-0596 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017 (GBq/an)					
Carbone 14	**Tritium**	**Iodes**	**Gaz rares**	**Autres émetteurs βγ**	**Emetteurs α**
	5,1	–	–	$7{,}8.10^{-5}$	$2{,}2.10^{-5}$

Tableau 132 : Limites annuelles d'activité des rejets radioactifs atmosphériques de l'INB 56

Limite mensuelle de rejets atmosphériques radioactifs pour l'INB 56 fixée par la Décision n° 2017-DC-0596 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017 (GBq/mois)					
Carbone 14	**Tritium**	**Iodes**	**Gaz rares**	**Autres émetteurs βγ**	**Emetteurs α**
–	0,85	–	15	1.10^{-5}	3.10^{-6}

Tableau 133 : Limites mensuelles d'activité des rejets radioactifs atmosphériques de l'INB 56

1.2.4.2. Limites réglementaires de transferts d'effluents liquides

Limite d'activité volumique – Valable pour toutes les installations du Centre de Cadarache

La décision ASN n° 2017-DC-0597 fixe les limites maximales d'activité volumique des effluents radioactifs produits par les installations qui peuvent être transférés dans le réseau des effluents industriels (REI) du Centre de Cadarache. Elles sont présentées dans le tableau suivant :

Limites maximales d'activité volumique pour le rejet d'effluents liquides radioactifs dans le Réseau des Effluents Industriels fixées par la Décision n° 2017-DC-0597 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017 (Bq/L)		
Tritium	**Autres émetteurs bêta-gamma**	**Emetteurs alpha**
74 000	74	10

Tableau 134 : Limites maximales d'activité volumique pour le rejet d'effluents liquides dans le Réseau des Effluents Industriels du Centre de Cadarache

Les effluents radioactifs sont considérés comme actifs lorsque leur activité volumique est supérieure ou égale à ces valeurs.

Limites de concentrations en entrée de la station d'épuration des effluents industriels – Valables pour toutes les installations du Centre de Cadarache

La décision ASN n° 2017-DC-0597 fixe les concentrations maximales des effluents transférés par les installations en entrée de la station d'épuration des effluents industriels (STEP/EI). Elles sont présentées dans le tableau suivant.

Paramètres	Concentration maximale en moyenne journalière des effluents en entrée de STEP/EI fixée par la décision ASN 2017-DC-0597 (mg/L)
Paramètres figurant dans l'arrêté préfectoral n° 2020-497-PC du 27 octobre 2022	
DBO_5	50
DCO	120
MES	70
Azote global	50
Aluminium	2,5
Bore	0,5
Chlorures	200
Fer	2,5
Fluorures	3
Hydrocarbures totaux	5
Phosphore total	20
Sulfates	700
Zinc	2
Paramètres complémentaires	
Arsenic	0,05
Cadmium	0,2
Chrome	0,2
Chrome VI	0,1
Composés organiques halogénés (AOX)	0,7
Cuivre	0,2
Cyanures	0,1
Etain	0,2
Manganèse	0,2
Mercure	0,04
Nickel	0,4
Plomb	0,3

Tableau 135 : Concentration maximale en moyenne journalière des effluents en entrée de STEP/EI fixée par la décision ASN 2017-DC-0597

Limite annuelle de transferts des effluents industriels pour l'INB 56

La limite annuelle d'activité des effluents industriels liquides transférables à la station d'épuration des effluents industriels en vigueur pour l'INB 56 est fixée par la Décision n° 2017-DC-0597 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017. Elle est présentée dans le tableau suivant.

Limite annuelle d'activité des effluents transférables à la station d'épuration des effluents industriels du Centre de Cadarache pour l'INB 56 fixée par la Décision n° 2017-DC-0597 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017 (GBq/an)			
Tritium	**Carbone 14**	**Autres émetteurs βγ**	**Emetteurs α**
$2{,}34.10^{-4}$	–	$3{,}33.10^{-4}$	$3{,}6.10^{-5}$

Tableau 136 : Limite annuelle d'activité des transferts liquides à la station de traitement des effluents industriels de l'INB 56

1.2.4.3. Limites réglementaires de rejet des effluents liquides de l'ensemble du Centre de Cadarache

L'activité annuelle des effluents liquides rejetés par l'ensemble du Centre de Cadarache ne doit pas dépasser les limites suivantes, fixées par l'arrêté préfectoral n° 2020-497-PC du 27 octobre 2022 :

Limites annuelles maximales d'activité des rejets liquides de l'ensemble du Centre de Cadarache fixées par l'arrêté préfectoral n°113-2006 A du 25/09/2006 (GBq/an)			
Tritium	**Carbone 14**	**Autres émetteurs bêta-gamma**	**Emetteurs alpha**
1 000	0,5	1,5	0,13

Tableau 137 : Limites annuelles d'activité des rejets liquides de l'ensemble du Centre de Cadarache

L'arrêté préfectoral n° 2020-497-PC du 27 octobre 2022 fixe également des valeurs maximales journalières pour le rejet des effluents liquides traités en Durance :

Valeurs limites journalières de rejets liquides pour l'ensemble du Centre de Cadarache fixées par l'arrêté préfectoral n° 2020-497-PC du 27 octobre 2022		
Débit maximum des effluents industriels	200 m^3/h (sur échantillon moyen 24h)	
Débit maximum des effluents sanitaires	50 m^3/h (sur échantillon moyen 24h)	
Débit journalier des effluents rejetés	4 000 m^3/j en maximum journalier, avec une moyenne journalière mensuelle de 3 000 m^3/j	
pH	Entre 5,5 et 9 (sur échantillon moyen 24h)	
Température	30°C (sur échantillon moyen 24h)	
Caractéristiques physico-chimiques contrôlées	**Valeur maximale sur échantillon moyen 24h (mg/L)**	**Flux journalier maximal (kg/j)**
Matières En Suspension (MES)	35	80
Demande Chimique en Oxygène (DCO)	100	225
Demande Biochimique en Oxygène à 5 jours (DBO5)	30	70
Hydrocarbures totaux	5	10
Azote global	30	70
Phosphore	10	22,5
Sulfates	700	1575
Chlorures	200	450
Bore	0,5	1
Aluminium	2,5	5

Valeurs limites journalières de rejets liquides pour l'ensemble du Centre de Cadarache fixées par l'arrêté préfectoral n° 2020-497-PC du 27 octobre 2022		
Fer	2,5	5
Zinc	2	12,5
Fluorures	1	2,25
Radionucléides contrôlés	**Valeur maximale sur échantillon moyen 24h (Bq/L)**	**Flux journalier maximal (Bq/j)**
Tritium	1E+04	22,5E+09
Ensemble des radionucléides autres que le tritium	100	225E+06

Tableau 138 : Valeurs limites journalières des rejets d'effluents liquides en Durance pour l'ensemble du Centre de Cadarache

2. Incidences des rejets

2.1. Introduction

Pour effectuer les calculs d'impact, il est nécessaire de quantifier, de manière raisonnablement enveloppe, les rejets qui sont susceptibles d'être effectués dans l'environnement, à la fois pour les activités permanentes de fonctionnement de l'installation en conditions normales d'exploitation (« rejets permanents »), et pour les différentes phases du démantèlement.

Ce chapitre présente les termes sources retenus pour les différentes phases de démantèlement et les résultats des calculs d'impacts des rejets atmosphériques et liquides, à la fois radiologiques et chimiques. La méthodologie des calculs d'impact est quant à elle présentée dans la partie 5.

Ce chapitre propose également des limites de rejets atmosphériques et des limites de transferts des effluents liquides.

2.2. Incidences des rejets atmosphériques radiologiques

2.2.1. Caractérisation des effluents atmosphériques

Les rejets d'effluents atmosphériques occasionnés par le projet de démantèlement de l'INB 56 proviendront :

- des véhicules divers (sous forme de gaz d'échappement), notamment de transport des matériels, matériaux et déchets et des groupes électrogènes fixes. Ces gaz d'échappement ne présentent qu'une composante chimique,
- des différents émissaires gazeux où est envoyé l'air extrait des locaux par les systèmes de ventilation. Ces gaz possèdent les composantes chimique et radiologique.

Concernant cette dernière catégorie, les effluents gazeux collectés au niveau des locaux et des cellules situées en zone règlementée transitent par les réseaux d'extraction des ventilations pour être rejetés au niveau des émissaires, après passage sur deux étages de filtres très haute efficacité (THE).

Lors du démantèlement, les rejets atmosphériques radioactifs seront dus à la mise en suspension de particules lors des opérations :

- de reprise des déchets,
- de manutention,
- de découpe d'éléments activés ou contaminés,
- de reconditionnement des déchets,
- de rinçage et/ou de vidange,
- d'assainissement,
- d'écroutage des bétons.

La radioactivité conduit à l'évolution de l'inventaire d'un colis de déchet dans le temps, et donc son spectre. Suivant la durée de vieillissement, l'impact radiologique peut être est différent, ainsi certains spectres ont été vieillis afin de retenir les hypothèses les plus pénalisants en termes de dose.

Enfin certains radioéléments (pères) ont une période très grande devant celle des radioéléments qu'ils créent en se désintégrant (fils). Ainsi une désintégration du père est « directement » suivie par celle de ses fils. On peut alors considérer ces radioéléments à l'équilibre séculaire, et ne conserver que l'activité du père, alors noté avec le symbole +. Le coefficient de dose associé à la forme + est modifié afin de traduire l'impact du père et de ses fils. Ce regroupement permet de réduire le terme source sans modifier les résultats du calcul d'impact. Au besoin, les activités des formes + peuvent être reconverties en activités du père est des fils.

Plusieurs spectres radiologiques sont définis dans le cadre des études de dimensionnement des installations de RCD, et des calculs des rejets atmosphériques. De par la nature variée des différentes typologies de déchets entreposées dans les différents secteurs de l'INB 56, et des opérations de RCD associées, des spectres dits « enveloppes » (du point de vue de leur impact sur l'exposition externe et/ou interne du personnel et de la population) ont été définis dans chacun des secteurs de l'INB 56 :

- secteur des hangars :
    - spectre des coques béton 500 L,
    - spectre des colis 870 L,
    - spectre des colis de déchets « ni bloqués ni enrobés » (ou « fûts hangar H4 »),
- secteur des fosses anciennes :
    - spectre « poubelle LECA » 2019[41],
    - spectre des colis MI 500 L (inox/acier noir),
- secteur des fosses récentes : spectre des colis MI 500 L (inox/acier noir),
- secteur des piscines : spectre béton piscine,
- secteur des tranchées : spectre UNGG, vieilli de 60 ans[42].

Certaines opérations de démantèlement étant très proches de celles réalisées en phase de fonctionnement, c'est alors le terme source radiologique propre à l'émissaire de rejet associé qui est repris à l'identique : c'est le cas pour les opérations du bâtiment 285, et pour le bâtiment 394 (installation T2).

2.2.2. Activité des rejets atmosphériques

Ci-dessous sont décrits les paramètres de l'ensemble des rejets atmosphériques étudiés dans ce document.

2.2.2.1. Module 1 – Secteur commun de la zone du Parc

Aucun rejet atmosphérique n'est à considérer pour le secteur commun du Parc car aucune opération à caractère radiologique ou chimique n'y est réalisée.

[41] Le spectre « poubelle LECA », établi à l'origine en 1999, a été estimée par décroissance en 2020 afin de maximiser les calculs d'impact sur le public

[42] La durée de décroissance de 60 ans correspond au spectre vieilli le plus impactant en termes de doses sur le public pour les rejets atmosphériques.

2.2.2.2. Module 2 – Secteur des hangars

2.2.2.2.1. Rejets du hangar ATC – Reconditionnement des coques béton 500 L (Calcul A1)

La première opération disséminante à considérer dans le hangar ATC concerne le reconditionnement des coques béton 500 L.

Caractéristiques des rejets :

- nombre de coques : 460
- coefficients : volume = 1,07.10^{-2}, mise en suspension (10^{-2} ou 4.10^{-2}), filtration (1 ou 10^{-5})
- période : 2026 – 2045 (20 ans, 23 coques/an)
- émissaire : E_ATC (nouvel émissaire)

Le terme source pour le calcul A1 est présenté dans le tableau suivant :

RN	Spectre (% activité)	Activité max GBq/colis	Coefficients		Activité annuelle Bq/an
			Suspension	Filtration	
Ag110m+	4.45E-05	7.00E-02	1.00E-02	1.00E-05	1.72E+00
Am241	5.46E-01	8.60E+02	1.00E-02	1.00E-05	2.12E+04
Am243+	2.54E-05	4.00E-02	1.00E-02	1.00E-05	9.84E-01
Ce144+	2.10E-05	3.30E-02	1.00E-02	1.00E-05	8.12E-01
Cm243	1.27E-05	2.00E-02	1.00E-02	1.00E-05	4.92E-01
Cm244	3.56E-03	5.60E+00	1.00E-02	1.00E-05	1.38E+02
Co57	2.80E-05	4.40E-02	1.00E-02	1.00E-05	1.08E+00
Co58	1.46E-04	2.30E-01	1.00E-02	1.00E-05	5.66E+00
Co60	5.21E-03	8.20E+00	1.00E-02	1.00E-05	2.02E+02
Cs134	1.65E-04	2.60E-01	4.00E-02	1.00E-05	2.56E+01
Cs137+	3.81E-02	6.00E+01	4.00E-02	1.00E-05	5.91E+03
Eu154	1.46E-04	2.30E-01	1.00E-02	1.00E-05	5.66E+00
Eu155	9.98E-05	1.57E-01	1.00E-02	1.00E-05	3.86E+00
HTO	1.84E-01	2.90E+02	4.00E-02	1.00E+00	2.85E+09
Mn54	7.62E-05	1.20E-01	1.00E-02	1.00E-05	2.95E+00
Na22	1.91E-06	3.00E-03	1.00E-02	1.00E-05	7.38E-02
Ni63	2.16E-02	3.40E+01	1.00E-02	1.00E-05	8.37E+02
Np237+	9.53E-05	1.50E-01	1.00E-02	1.00E-05	3.69E+00
Pu238	1.41E-01	2.22E+02	1.00E-02	1.00E-05	5.46E+03
Pu239+	2.92E-02	4.60E+01	1.00E-02	1.00E-05	1.13E+03
Pu240	2.61E-02	4.10E+01	1.00E-02	1.00E-05	1.01E+03
Pu241+	1.02E-06	1.60E-03	1.00E-02	1.00E-05	3.94E-02
Ru106+	3.18E-04	5.00E-01	4.00E-02	1.00E-05	4.92E+01
Sb125+	1.14E-04	1.80E-01	1.00E-02	1.00E-05	4.43E+00
Sr90+	2.51E-03	3.95E+00	1.00E-02	1.00E-05	9.72E+01
U234	2.22E-04	3.50E-01	1.00E-02	1.00E-05	8.61E+00
U235+	4.13E-05	6.50E-02	1.00E-02	1.00E-05	1.60E+00
U236	4.45E-06	7.00E-03	1.00E-02	1.00E-05	1.72E-01
U238	3.56E-04	5.60E-01	1.00E-02	1.00E-05	1.38E+01
Total	***1.00E+00***	***1.57E+03***			***2.85E+09***

Tableau 139 : Rejets radiologiques gazeux – Terme source « Coques 500L », calcul A1

2.2.2.2.2. Rejets du hangar ATC – Carottage Coques 500L (Calcul A2)

La seconde opération disséminante à considérer dans le hangar ATC porte sur le carottage des coques béton de déchets de 500L pour analyse radiochimiques.

Caractéristiques des rejets :

- nombre de coques : 460

- coefficients : volume = 1,4.10^{-3}, mise en suspension = 10^{-4}, filtration (1 ou 10^{-5})
- période : 2026 – 2045 (20 ans, 23 coques/an)
- émissaire : E_ATC (nouvel émissaire)

Le terme source pour le calcul A2 est présenté dans le tableau suivant :

RN	Spectre (% activité)	Activité max GBq/colis	Coefficients		Activité annuelle Bq/an
			Suspension	Filtration	
Ag110m+	4.45E-05	7.00E-02	1.00E-04	1.00E-05	2.25E-03
Am241	5.46E-01	8.60E+02	1.00E-04	1.00E-05	2.77E+01
Am243+	2.54E-05	4.00E-02	1.00E-04	1.00E-05	1.29E-03
Ce144+	2.10E-05	3.30E-02	1.00E-04	1.00E-05	1.06E-03
Cm243	1.27E-05	2.00E-02	1.00E-04	1.00E-05	6.44E-04
Cm244	3.56E-03	5.60E+00	1.00E-04	1.00E-05	1.80E-01
Co57	2.80E-05	4.40E-02	1.00E-04	1.00E-05	1.42E-03
Co58	1.46E-04	2.30E-01	1.00E-04	1.00E-05	7.41E-03
Co60	5.21E-03	8.20E+00	1.00E-04	1.00E-05	2.64E-01
Cs134	1.65E-04	2.60E-01	1.00E-04	1.00E-05	8.37E-03
Cs137+	3.81E-02	6.00E+01	1.00E-04	1.00E-05	1.93E+00
Eu154	1.46E-04	2.30E-01	1.00E-04	1.00E-05	7.41E-03
Eu155	9.98E-05	1.57E-01	1.00E-04	1.00E-05	5.06E-03
HTO	1.84E-01	2.90E+02	1.00E-04	1.00E+00	9.34E+05
Mn54	7.62E-05	1.20E-01	1.00E-04	1.00E-05	3.86E-03
Na22	1.91E-06	3.00E-03	1.00E-04	1.00E-05	9.66E-05
Ni63	2.16E-02	3.40E+01	1.00E-04	1.00E-05	1.09E+00
Np237+	9.53E-05	1.50E-01	1.00E-04	1.00E-05	4.83E-03
Pu238	1.41E-01	2.22E+02	1.00E-04	1.00E-05	7.15E+00
Pu239+	2.92E-02	4.60E+01	1.00E-04	1.00E-05	1.48E+00
Pu240	2.61E-02	4.10E+01	1.00E-04	1.00E-05	1.32E+00
Pu241+	1.02E-06	1.60E-03	1.00E-04	1.00E-05	5.15E-05
Ru106+	3.18E-04	5.00E-01	1.00E-04	1.00E-05	1.61E-02
Sb125+	1.14E-04	1.80E-01	1.00E-04	1.00E-05	5.80E-03
Sr90+	2.51E-03	3.95E+00	1.00E-04	1.00E-05	1.27E-01
U234	2.22E-04	3.50E-01	1.00E-04	1.00E-05	1.13E-02
U235+	4.13E-05	6.50E-02	1.00E-04	1.00E-05	2.09E-03
U236	4.45E-06	7.00E-03	1.00E-04	1.00E-05	2.25E-04
U238	3.56E-04	5.60E-01	1.00E-04	1.00E-05	1.80E-02
Total	***1.00E+00***	***1.57E+03***			***9.34E+05***

Tableau 140 : Rejets radiologiques gazeux – Terme source « Coques 500L », calcul A2

2.2.2.2.3. Rejets du hangar ATC – Colis 870L (Calcul A3)

La troisième opération disséminante à considérer dans le hangar ATC concerne le reconditionnement d'une partie des colis 870 L présentant un état de dégradation avancé et nécessitant un reconditionnement complet. Ces colis représentent environ 400 colis.

Caractéristiques des rejets :

- nombre total de fûts : 400
- coefficients : volume = 1,07.10^{-2}, mise en suspension (10^{-2} ou 4.10^{-2}), filtration (1 ou 10^{-5})
- période : 2026 – 2045 (20 ans, 20 fûts/an),
- émissaire E_ATC (nouvel émissaire)

Le terme source pour le calcul A3 est présenté dans le tableau suivant :

RN	Spectre (% activité)	Activité moyenne GBq/colis	Coefficients		Activité annuelle Bq/an
			Suspension	Filtration	
Ag108m+	8.53E-08	2.70E-04	4.00E-02	1.00E-05	2.31E-02
Ag110m+	7.26E-12	2.30E-08	4.00E-02	1.00E-05	1.97E-06
Am241	1.55E-02	4.90E+01	1.00E-02	1.00E-05	1.05E+03
Be10	1.01E-11	3.20E-08	1.00E-02	1.00E-05	6.85E-07
C14 CO2	1.93E-07	6.10E-04	4.00E-02	1.00E+00	5.22E+03
Ce144+	5.68E-06	1.80E-02	1.00E-02	1.00E-05	3.85E-01
Cl36	1.29E-09	4.10E-06	4.00E-02	1.00E+00	3.51E+01
Cm242	1.07E-05	3.40E-02	1.00E-02	1.00E-05	7.28E-01
Cm244	4.77E-04	1.51E+00	1.00E-02	1.00E-05	3.23E+01
Co60	5.05E-07	1.60E-03	1.00E-02	1.00E-05	3.42E-02
Cs134	8.21E-05	2.60E-01	4.00E-02	1.00E-05	2.23E+01
Cs137+	8.21E-04	2.60E+00	4.00E-02	1.00E-05	2.23E+02
Eu152	2.62E-07	8.30E-04	1.00E-02	1.00E-05	1.78E-02
Eu154	1.17E-04	3.70E-01	1.00E-02	1.00E-05	7.92E+00
Eu155	5.05E-07	1.60E-03	1.00E-02	1.00E-05	3.42E-02
Fe55	9.47E-08	3.00E-04	1.00E-02	1.00E-05	6.42E-03
HTO	5.68E-03	1.80E+01	4.00E-02	1.00E+00	1.54E+08
I129org	7.58E-09	2.40E-05	4.00E-02	1.00E+00	2.05E+02
Mn54	5.37E-09	1.70E-05	1.00E-02	1.00E-05	3.64E-04
Mo93	2.08E-11	6.60E-08	1.00E-02	1.00E-05	1.41E-06
Na22	6.95E-11	2.20E-07	1.00E-02	1.00E-05	4.71E-06
Nb94	3.47E-11	1.10E-07	1.00E-02	1.00E-05	2.35E-06
Ni59	9.47E-08	3.00E-04	1.00E-02	1.00E-05	6.42E-03
Ni63	2.94E-07	9.30E-04	1.00E-02	1.00E-05	1.99E-02
Np237+	1.23E-08	3.90E-05	1.00E-02	1.00E-05	8.35E-04
Pu238	1.14E-02	3.60E+01	1.00E-02	1.00E-05	7.70E+02
Pu239+	1.01E-02	3.20E+01	1.00E-02	1.00E-05	6.85E+02
Pu240	5.05E-03	1.60E+01	1.00E-02	1.00E-05	3.42E+02
Pu241	9.50E-01	3.01E+03	1.00E-02	1.00E-05	6.44E+04
Pu242	5.68E-06	1.80E-02	1.00E-02	1.00E-05	3.85E-01
Ru106+	1.96E-05	6.20E-02	4.00E-02	1.00E-05	5.31E+00
Sb125+	8.21E-06	2.60E-02	1.00E-02	1.00E-05	5.56E-01
Sr90+	2.24E-04	7.10E-01	1.00E-02	1.00E-05	1.52E+01
Tc99	7.89E-05	2.50E-01	1.00E-02	1.00E-05	5.35E+00
Th228+	1.55E-07	4.90E-04	1.00E-02	1.00E-05	1.05E-02
U234	2.46E-06	7.80E-03	1.00E-02	1.00E-05	1.67E-01
U235+	1.04E-07	3.30E-04	1.00E-02	1.00E-05	7.06E-03
U236	6.95E-07	2.20E-03	1.00E-02	1.00E-05	4.71E-02
U238+	1.86E-06	5.90E-03	1.00E-02	1.00E-05	1.26E-01
Zr93	1.55E-11	4.90E-08	1.00E-02	1.00E-05	1.05E-06
Total	***1.00E+00***	***3.17E+03***			***1.54E+08***

Tableau 141 : Rejets radiologiques gazeux – Terme source « Colis 870L », calcul A3

2.2.2.2.4. Rejets du hangar ATC – Fûts ni bloqués ni enrobés (Calcul A4)

La dernière opération se déroulant dans le hangar ATC porte sur le reconditionnement des fûts non bloqués non enrobés du hangar H4.

Caractéristiques des rejets :

- nombre total de containers : 560
- coefficients : mise en suspension = 10^{-5} hors gaz rares, filtration = 10^{-5}

- période : 2026 – 2045 (20 ans, 28 fûts/an),
- émissaire E_ATC (nouvel émissaire)

Le terme source pour le calcul A4 est présenté dans le tableau suivant :

RN	Spectre (% activité)	Activité moyenne GBq/colis	Coefficients		Activité annuelle Bq/an
			Suspension	Filtration	
Am241	5.94E-02	2.32E+01	1.00E+05	1.00E+05	6.50E+01
Cs137+	7.68E-01	3.00E+02	1.00E+05	1.00E+05	8.40E+02
Pu238	4.61E-03	1.80E+00	1.00E+05	1.00E+05	5.04E+00
Pu239+	2.94E-02	1.15E+01	1.00E+05	1.00E+05	3.22E+01
Pu240	2.66E-02	1.04E+01	1.00E+05	1.00E+05	2.91E+01
Pu241+	1.12E-01	4.39E+01	1.00E+05	1.00E+05	1.23E+02
Pu242	1.07E-05	4.19E-03	1.00E+05	1.00E+05	1.17E-02
Total	***1.00E+00***	***3.91E+02***			***1.09E+03***

Tableau 142 : Rejets radiologiques gazeux – Terme source « Fûts H4 NBNE », calcul A4

2.2.2.2.5. Rejets des hangars H3/H4 (Calcul B1)

Les rejets actuels des hangars H3 et H4 ne seront pas modifiés. Les valeurs annuelles maximales mesurées lors des dernières années d'exploitation seront donc utilisées pour le calcul, telles que détaillées ci-dessous :

	Activités mesurées et maximales (GBq/an)					
	2012	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**Max**
Emetteurs α	**4.56E-08**	4.44E-08	3.08E-08	3.48E-08	3.77E-08	4.56E-08
Emetteurs βγ	4.27E-06	**6.02E-06**	4.95E-06	5.69E-06	5.34E-08	6.02E-06

Tableau 143 : Mesures et activités retenues pour les rejets des hangars H3/H4 (émissaire E61)

Par ailleurs, du carbone 14 sera également mesuré, à hauteur de 0,5 GBq/an. Il provient de l'entreposage sous confinement dynamique de fûts contenant des déchets de silice en poudre contaminée par des molécules organiques marquées au carbone 14 (provenant historiquement de la société ISOTOPCHIM).

Enfin, les compléments de rejets canalisés estimés à 1,4 GBq/an en tritium de l'émissaire E61 (hangars H3/H4) sont pris aussi en compte dans ces estimations.

Caractéristiques des rejets :

- période : 2024 – 2045 (22 ans)
- émissaire : E61

Le terme source pour le calcul B1 est présenté dans le tableau suivant :

RN	Spectre par catégorie (% activité)	Activité annuelle (Bq/an)
Cs137+	71,8 % (βγ)	4.32E+03
Co60	14,6 % (βγ)	8.80E+02
Pu239+	100 % (α)	4.56E+01
Sr90+	13,6 % (βγ)	8.18E+02
C14 CO_2	100 % (C14)	5.0E+08

Tableau 144 : Rejets radiologiques gazeux – Terme source « H4-Chronique », calcul B1

2.2.2.2.6. Rejets diffus des hangars H1 à H3

Les seuls rejets diffus de l'INB 56 sont émis au niveau des hangars H1 à H3 par les colis de déchets qui y sont entreposés.

Caractéristiques des rejets :

- période : 2024 – 2051 (28 ans)
- émissaire E61, au niveau du sol

Le terme source de ces rejets est présenté dans le tableau ci-dessous :

RN	Activité annuelle (Bq/an)
HTO	2,36E+12
C14 CO2	2.08E+08
Rn222	9.51E+11

Tableau 145 : Rejets radiologiques gazeux – Terme source « Diffus »

2.2.2.3. Module 3 – Secteur des fosses anciennes

2.2.2.3.1. Rejets des déchets Vrac (Calcul C1)

La première opération se déroulant dans les fosses anciennes concerne le reconditionnement des déchets Vrac, qui se compose de trois étapes : reprise depuis les fosses, cellule de tri et conditionnement final.

Caractéristiques des rejets :

- volume par poste : 230 L
- nombre de postes par an : 190
- application du spectre « Poubelle LECA » :
  - activité totale pour 50 L : $4{,}70.10^{11}$ Bq
  - activité totale pour 1 poste : $2{,}16.10^{12}$ Bq
- coefficients :

Opérations	Coefficients	Reprise depuis les fosses	Cellule de tri	Conditionnement Final
Léchage	Fraction mobilisable	0,10	0,10	0,10
	Taux de remise en suspension (h^{-1})	4.10^{-5}	4.10^{-5}	4.10^{-5}
	Temps d'exposition (h)	0,167	6,2	0,167
Manutention	Fraction mobilisable	0,10	–	0,10
	Remise en suspension	10^{-5}	–	10^{-5}
Manipulation	Fraction mobilisable	–	0,10	–
	Remise en suspension	–	10^{-4}	–
Déversement table de tri	Fraction mobilisable	–	0,10	–
	Remise en suspension	–	10^{-4}	–
Découpe	Fraction mobilisable	–	0,03	–
	Remise en suspension	–	1,00	–
Toutes	Filtration globale	10^{-6}		
Total		***1,67.10^{-12}***	***3,00.10^{-8}***	***1,67.10^{-12}***

- activité annuelle totale rejetée : $2{,}16.10^{12} \times 190 \times (1{,}7.10^{-12} + 3{,}0.10^{-8} + 1{,}7.10^{-12})$ = **$1{,}24.10^{7}$ Bq/an**
- période : 2031 – 2046 (16 ans),
- émissaire E_VRA (nouvel émissaire)

Le terme source pour le calcul C1 est présenté dans le tableau suivant :

RN	Spectre (% activité)	Activité annuelle moyenne (Bq/an)
Am241	2.59E-02	3.20E+05
Ce144+	8.10E-10	1.00E-02
Cm244	4.38E-03	5.41E+04
Co60	3.15E-04	3.89E+03
Cs134	7.17E-05	8.85E+02
Cs137+	3.10E-01	3.83E+06
Eu154	1.79E-03	2.21E+04
Eu155	4.93E-04	6.09E+03
Ni63	5.00E-04	6.17E+03
Np237+	1.37E-07	1.70E+00
Pu238	1.97E-02	2.43E+05
Pu239+	7.44E-03	9.19E+04
Pu240	1.49E-02	1.84E+05
Pu241+	2.28E-01	2.81E+06
Ru106+	4.17E-08	5.15E-01
Sb125+	3.04E-05	3.76E+02
Sr90+	4.66E-02	5.75E+05
U234	1.21E-06	1.49E+01
U236	8.80E-09	1.09E-01
Total	***1.00E+00***	***1.24E+07***

Tableau 146 : Rejets radiologiques gazeux – Terme source « Vrac », calcul C1

2.2.2.3.2. Rejets des Colis MI500L (Calculs C2 et C3)

La seconde opération se déroulant dans les fosses anciennes porte sur le reconditionnement des colis MI 500 L (inox/acier noir).

Caractéristiques des rejets :

- surface : 3,5 m^2, contamination surfacique : 1000 Bq/cm^2 → activité surfacique : **3,5.10^7 Bq/colis**
- coefficients :

Opérations	Coefficients	Reprise depuis les fosses
Léchage (hors gaz)	Fraction mobilisable	0,10
	Taux de remise en suspension (h^{-1})	4.10^{-5}
	Temps d'exposition (h)	1,0
Manutention	Fraction mobilisable	0,10
	Remise en suspension	10^{-5}
Toutes	Filtration hors tritium	10^{-3}

- nombre de colis : 205
- périodes : 2041 (52 colis/an, 1 an), 2042 – 2044 (51 colis/an, 3 ans)
- émissaire E_VRA (nouvel émissaire)

Les termes sources pour les calculs C2 et C3 sont présentés dans le tableau suivant :

RN	Activité totale par colis (GBq)	Spectre (% activité)	Coefficients	Activité (52 colis) Calcul D2 (Bq/an)	Activité (51 colis) Calcul D3 (Bq/an)
Ag108	3.67E-02	6.04E-07	5.00E-08	5.49E-05	5.39E-05
Ag108m	3.94E-01	6.48E-06	5.00E-08	5.90E-04	5.78E-04
Am241	5.22E+03	8.58E-02	5.00E-08	7.81E+00	7.66E+00
Am243	5.59E-01	9.19E-06	5.00E-08	8.37E-04	8.20E-04
Ba137m	2.48E+03	4.08E-02	5.00E-08	3.71E+00	3.64E+00
Be10	2.40E-04	3.95E-09	5.00E-08	3.59E-07	3.52E-07

RN	Activité totale par colis (GBq)	Spectre (% activité)	Coefficients	Activité (52 colis) Calcul D2 (Bq/an)	Activité (51 colis) Calcul D3 (Bq/an)
C14 CO2	1.72E+02	2.83E-03	1.00E-05	5.15E+01	5.05E+01
Cl36	1.20E+00	1.97E-05	1.00E-05	3.59E-01	3.52E-01
Cm243	3.18E+01	5.23E-04	5.00E-08	4.76E-02	4.67E-02
Cm244	1.36E+03	2.24E-02	5.00E-08	2.04E+00	2.00E+00
Co60	3.36E+01	5.53E-04	5.00E-08	5.03E-02	4.93E-02
Cs134	3.01E-02	4.95E-07	5.00E-08	4.50E-05	4.42E-05
Cs137	2.62E+03	4.31E-02	5.00E-08	3.92E+00	3.85E+00
Eu152	3.97E-03	6.53E-08	5.00E-08	5.94E-06	5.83E-06
Eu154	4.14E+00	6.81E-05	5.00E-08	6.20E-03	6.08E-03
Eu155	1.96E-01	3.22E-06	5.00E-08	2.93E-04	2.88E-04
Fe55	5.07E-01	8.34E-06	5.00E-08	7.59E-04	7.44E-04
HTO	8.60E+02	1.41E-02	1.00E-05	2.57E+02	2.52E+02
I129org	3.70E-02	6.08E-07	1.00E-05	1.11E-02	1.09E-02
Mo93	1.79E-02	2.94E-07	5.00E-08	2.68E-05	2.63E-05
Na22	1.46E-03	2.40E-08	5.00E-08	2.19E-06	2.14E-06
Nb93m	2.28E-02	3.75E-07	5.00E-08	3.41E-05	3.35E-05
Nb94	3.20E-02	5.26E-07	5.00E-08	4.79E-05	4.70E-05
Ni59	1.60E+00	2.63E-05	5.00E-08	2.39E-03	2.35E-03
Ni63	2.29E+02	3.77E-03	5.00E-08	3.43E-01	3.36E-01
Np237	5.75E-02	9.46E-07	5.00E-08	8.61E-05	8.44E-05
Np239	5.59E-01	9.19E-06	5.00E-08	8.37E-04	8.20E-04
Pa233	5.73E-02	9.42E-07	5.00E-08	8.58E-05	8.41E-05
Pa234m	4.66E-02	7.66E-07	5.00E-08	6.97E-05	6.84E-05
Pm147	9.13E-03	1.50E-07	5.00E-08	1.37E-05	1.34E-05
Pu238	1.78E+03	2.93E-02	5.00E-08	2.66E+00	2.61E+00
Pu239	3.06E+02	5.03E-03	5.00E-08	4.58E-01	4.49E-01
Pu240	3.34E+02	5.49E-03	5.00E-08	5.00E-01	4.90E-01
Pu241	4.36E+04	7.17E-01	5.00E-08	6.53E+01	6.40E+01
Pu242	3.00E+00	4.93E-05	5.00E-08	4.49E-03	4.40E-03
Rh106	2.66E-06	4.37E-11	5.00E-08	3.98E-09	3.90E-09
Ru106	2.66E-06	4.37E-11	5.00E-08	3.98E-09	3.90E-09
Sb125	5.03E-02	8.27E-07	5.00E-08	7.53E-05	7.38E-05
Sr90	6.87E+02	1.13E-02	5.00E-08	1.03E+00	1.01E+00
Tc99	3.91E+02	6.43E-03	5.00E-08	5.85E-01	5.74E-01
Te125m	1.23E-02	2.02E-07	5.00E-08	1.84E-05	1.81E-05
Th231	1.53E-03	2.52E-08	5.00E-08	2.29E-06	2.25E-06
Th234	4.66E-02	7.66E-07	5.00E-08	6.97E-05	6.84E-05
U233	3.66E-06	6.02E-11	5.00E-08	5.48E-09	5.37E-09
U234	1.89E-01	3.11E-06	5.00E-08	2.83E-04	2.77E-04
U235	1.53E-03	2.52E-08	5.00E-08	2.29E-06	2.25E-06
U236	1.05E-02	1.73E-07	5.00E-08	1.57E-05	1.54E-05
U237	1.07E+00	1.76E-05	5.00E-08	1.60E-03	1.57E-03
U238	4.66E-02	7.66E-07	5.00E-08	6.97E-05	6.84E-05
Y90	6.87E+02	1.13E-02	5.00E-08	1.03E+00	1.01E+00
Zr93	1.40E-02	2.30E-07	5.00E-08	2.10E-05	2.05E-05
Total	**6.08E+04**	**1.00E+00**		***3.99E+02***	***3.91E+02***

Tableau 147 : Rejets radiologiques gazeux – Terme source « MI 500 L », calculs C2 et C3

2.2.2.4. Module 4 – Secteur des fosses récentes

2.2.2.4.1. Rejets du hangar RFR (Calcul D1)

L'émissaire E62 correspond au point de rejet des effluents atmosphériques du secteur des fosses récentes. Les mesures annuelles effectuées à ce point sont données dans le tableau ci-dessous :

RN	Rejets annuels (GBq/an)					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Pu239 + Pu240	2.50E-09	2.52E-09	1.97E-09	1.33E-09	5.13E-09	3.74E-09
Cs137	1.56E-07	1.90E-07	1.42E-07	1.12E-07	4.98E-07	4.18E-07
Co60	1.39E-07	2.21E-07	1.62E-07	1.19E-07	5.57E-07	4.63E-07
Sr90 + Y90	5.49E-08	5.58E-08	4.02E-08	3.05E-08	1.49E-07	1.38E-07
Tritium (HT + HTO)	2.31E-01	1.46E-01	1.08E-01	6.63E-02	3.09E-01	1.93E-01

Tableau 148 : Mesures de l'activité annuelle rejetée à l'émissaire E62, de 2012 à 2017

Bien que l'année 2016 soit celle ayant les mesures les plus importantes, l'année 2017 est plus représentatives des opérations attendues au hangar RFR (extraction de 50 colis par an). Le rejet est donc basé sur l'année 2017.

Caractéristiques des rejets :

- nombre de colis : 463
- période : 2024 – 2035 (12 ans, 50 colis/an en valeur haute)
- émissaire : E62

Le terme source pour le calcul D1 est présenté dans le tableau suivant. Les isotopes et formes retenus correspondent aux plus pénalisants en terme d'impact (Pu239+ et HTO).

RN	Activité annuelle (Bq/an)
Pu239+	3.74E+00
Cs137+	4.18E+02
Co60	4.63E+02
Sr90+	1.38E+02
HTO	1.93E+08

Tableau 149 : Rejets radiologiques gazeux – Terme source « RFR », calcul D1

2.2.2.5. Module 5 – Secteur des piscines

2.2.2.5.1. Rejets des opérations d'écroutage des piscines (Calcul E1)

L'écroutage des piscines P1 et P2 (dans le cadre des opérations de mise à l'état sûr des piscines) consiste à retirer la surface contaminée des parois. Le planning de réalisation des opérations sur les 2 piscines étant séparé de quelques années, il est considéré de manière majorante un rejet annuels continu durant toute la période.

La contamination des parois de chacune des piscines est détaillée dans le tableau ci-dessous. Une densité de 2,3 g/cm^3 est utilisée pour le calcul de l'activité massique. Afin d'avoir un terme source unique et majorant pour les 2 piscines, les valeurs les plus élevées ont été retenues.

RN	Activité volumique (Bq/m^3)		Activité massique maximale (Bq/g)
	Piscine 1	Piscine 2	
Am241	5.30E+06	1.39E+06	2.30E+00
Cd109	2.01E+09	2.14E+08	8.74E+02
Co60	2.01E+08	6.36E+06	8.74E+01
Cs137	7.17E+10	7.17E+10	3.12E+04
Eu154	1.34E+08	4.24E+06	5.83E+01
H3	3.53E+08	6.32E+07	1.53E+02
Pu238	1.33E+06	3.50E+05	5.78E-01
Pu239	1.33E+06	3.50E+05	5.78E-01
Pu240	1.33E+06	3.50E+05	5.78E-01

RN	Activité volumique (Bq/m³)		Activité massique maximale (Bq/g)
	Piscine 1	Piscine 2	
Pu241	1.21E+07	3.81E+05	5.26E+00
Sr90	2.72E+09	4.40E+07	1.18E+03
U232	5.30E+06	1.39E+06	2.30E+00
U234	5.30E+06	1.39E+06	2.30E+00
U235	5.30E+06	1.39E+06	2.30E+00
U238	5.30E+06	1.39E+06	2.30E+00
Total	***7.72E+10***	***7.20E+10***	***3.35E+04***

Tableau 150 : Contamination des parois des piscines P1 et P2

Caractéristiques des rejets :

- vitesse d'écroutage :
  - surface = 10^4 $cm^2.h^{-1}$, épaisseur = 1,5 cm
  - volume = $1{,}5.10^4$ $cm^3.h^{-1}$ → masse : $3{,}45.10^4$ $g.h^{-1}$
- dimensions des piscines : hauteur = 780 cm, rayon = 250 cm → surface = $1{,}42.10^6$ cm^2
- durée des traitements : 142,16 h par piscine
- coefficients : mise en suspension = 10^{-3}, filtration hors tritium = 10^{-3}, DNF hors tritium = 10^{-2}
- période : 2026 – 2035 (10 ans)
- émissaire : E41

Le terme source pour le calcul E1 est présenté dans le tableau suivant :

RN	Activité massique totale (Bq/g)	Rejet horaire (Bq/h)	Activité annuelle (Bq/an)
Am241	2.30E+00	7.95E-04	2.26E-01
Cd109+	8.74E+02	3.02E-01	8.57E+01
Co60	8.74E+01	3.02E-02	8.57E+00
Cs137+	3.12E+04	1.08E+01	3.06E+03
Eu154	5.83E+01	2.01E-02	5.71E+00
HTO	1.53E+02	5.30E+03	1.51E+06
Pu238	5.78E-01	2.00E-04	5.67E-02
Pu239	5.78E-01	2.00E-04	5.67E-02
Pu240	5.78E-01	2.00E-04	5.67E-02
Pu241	5.26E+00	1.82E-03	5.16E-01
Sr90+	1.18E+03	4.08E-01	1.16E+02
U232	2.30E+00	7.95E-04	2.26E-01
U234	2.30E+00	7.95E-04	2.26E-01
U235	2.30E+00	7.95E-04	2.26E-01
U238	2.30E+00	7.95E-04	2.26E-01
Total	***3.35E+04***	***5.31E+03***	***1.51E+06***

Tableau 151 : Rejets radiologiques gazeux – Terme source « Ecroutage Piscine », calcul E1

2.2.2.5.2. Rejets des blocs-cellules – Fûts non bloqués non enrobés (Calcul E2)

Une des opérations des blocs-cellules est le reconditionnement des fûts non bloqués non enrobés du hangar H4.

Caractéristiques des rejets :

- nombre total de fûts : 144
- coefficients : mise en suspension = 10^{-5}, filtration = 10^{-5}

- période : 2024 – 2025 (2 ans, 72 fûts/an)
- émissaire E41

Le terme source pour le calcul F2 est présenté dans le tableau suivant :

RN	Activité moyenne par fût (GBq)	Coefficient	Activité annuelle moyenne (Bq/an)
Pu238	1.80E+00	1.00E-10	2.61E+01
Pu239	1.15E+01	1.00E-10	1.67E+02
Pu240	1.04E+01	1.00E-10	1.51E+02
Pu241	4.39E+01	1.00E-10	6.37E+02
Pu242	4.19E-03	1.00E-10	6.08E-02
Am241	2.32E+01	1.00E-10	3.36E+02
Cs137	3.00E+02	1.00E-10	4.35E+03
Total	***3.91E+02***		***5.67E+03***

Tableau 152 : Rejets radiologiques gazeux – Terme source « Fûts H4 NBNE », calcul E2

2.2.2.6. Module 6 – Secteur des autres tranchées

2.2.2.6.1. Rejets de la tranchée T2 (Calcul F1)

Les rejets annuels de la tranchée T2 ne seront pas modifiés. Compte tenu de l'évacuation du terme source radiologique entreposé en tranchée T2, les valeurs annuelles minimales mesurées principalement lors des toutes dernières années d'exploitation (depuis 2017) seront donc utilisées pour le calcul, telles que détaillées ci-dessous :

	Activités mesurées (GBq/an)				Minimum (GBq/an)
	2017	2018	2019	2020	
Emetteurs α	5.62E-08	5.24E-08	**4.90E-08**		4.90E-08
Emetteurs βγ	4.27E-06	4.32E-06	4.52E-06		2.83E-06
Tritium	5.24E-03	5.10E-03	5.39E-03		4.78E-03

Tableau 153 : Mesures et activités retenues pour les rejets de la tranchée T2 (émissaire E67)

Caractéristiques des rejets :

- période : 2024 – 2051 (28 ans)
- émissaire : E67

Le terme source pour le calcul F1 est présenté dans le tableau suivant :

RN	Spectre par catégorie (% activité)	Activité annuelle (Bq/an)
Cs137+	77,7% (βγ)	2.20E+03
HTO	100% (tritium)	4.78E+06
Pu238	50% (α)	2.45E+01
Pu239+	50% (α)	2.45E+01
Sr90+	22,3% (βγ)	6.31E+02
Total		***4.78E+06***

Tableau 154 : Rejets radiologiques gazeux – Terme source « T2-Chronique », calcul F1

2.2.2.6.2. Rejets des autres tranchées T1, T3, T4 et T5 (Calculs G1 à G4)

Les rejets des autres tranchées sont issus des opérations de reprise, de tri et de reconditionnement des déchets historiques entreposés. L'inventaire total des différentes tranchées est présenté dans le tableau ci-dessous :

Catégories	Activité totale (GBq)			
	T1	T3	T4	T5
Emetteurs α	5.08E-06	7.16E-06	1.20E-05	5.97E-06
Emetteurs βγ	1.08E-05	1.52E-05	2.54E-05	1.27E-05
Tritium	3.70E-05	3.87E-05	5.58E-05	1.27E-07
Total	***5.28E-05***	***6.10E-05***	***9.32E-05***	***1.88E-05***

Tableau 155 : Inventaire des autres tranchées

Caractéristiques des rejets :

- périodes :
  - Tranchée T3 : 2028 – 2034 (6,5 ans), Calcul G1
  - Tranchée T4 : 2034 – 2041 (7,5 ans), Calcul G2
  - Tranchée T5 : 2042 – 2049 (7,5 ans), Calcul G3
  - Tranchée T1 : 2050 – 2051 (2 ans), Calcul G4
- émissaire E_TRA (nouvel émissaire)

Les déchets stockés peuvent en majorité être décrits par un spectre UNGG, vieilli de 60 ans (émetteurs α principalement). Toutefois, afin de considérer les émetteurs βγ identifiés sur le site, le spectre a été complété. Le spectre final, représentatif de l'ensemble de l'inventaire des autres tranchées, est présenté dans le tableau ci-dessous, ainsi que les termes source de chaque tranchée. L'activité totale présentée dans le tableau précédent est répartie sur la durée des opérations (2, 6,5, 7,5 et 7,5 ans respectivement), et les rejets seront effectués de manière majorante sur des années complètes (2, 7, 8 et 8 respectivement).

RN	Spectre (% activité par catégorie)	Activité annuelle (Bq/an)			
		T1 Calcul G4	T3 Calcul G1	T4 Calcul G2	T5 Calcul G3
Am241	4.95E-01 (α)	1.26E+03	5.45E+02	7.90E+02	3.93E+02
Co60	2.26E-03 (βγ)	1.22E+01	5.29E+00	7.67E+00	3.82E+00
Cs137	2.46E-02 (βγ)	1.33E+02	5.76E+01	8.34E+01	4.16E+01
HTO	1.00E+00 (^{3}H)	1.85E+04	5.95E+03	7.44E+03	1.69E+01
Np237	7.05E-06 (α)	1.79E-02	7.76E-03	1.13E-02	5.61E-03
Pa233	7.15E-06 (βγ)	1.79E-02	7.76E-03	1.13E-02	5.61E-03
Pu238	3.83E-02 (α)	9.73E+01	4.22E+01	6.12E+01	3.05E+01
Pu239	2.46E-01 (α)	6.24E+02	2.71E+02	3.93E+02	1.96E+02
Pu240	2.21E-01 (α)	5.61E+02	2.43E+02	3.53E+02	1.76E+02
Pu241	9.50E-01 (βγ)	5.12E+03	2.22E+03	3.22E+03	1.60E+03
Pu242	8.95E-05 (α)	2.27E-01	9.85E-02	1.43E-01	7.12E-02
Sm151	8.49E-04 (βγ)	4.57E+00	1.98E+00	2.88E+00	1.43E+00
Sn126	1.70E-07 (βγ)	9.15E-04	3.97E-04	5.75E-04	2.87E-04
Sr90	2.18E-02 (βγ)	1.17E+02	5.09E+01	7.38E+01	3.68E+01
Tc99	8.49E-06 (βγ)	4.57E-02	1.98E-02	2.88E-02	1.43E-02
Th230	2.44E-09 (α)	6.19E-06	2.69E-06	3.90E-06	1.94E-06
Th231	1.47E-08 (βγ)	3.67E-05	1.59E-05	2.31E-05	1.15E-05
U233	7.36E-10 (α)	1.87E-06	8.10E-07	1.17E-06	5.85E-07
U234	8.35E-06 (α)	2.12E-02	9.19E-03	1.33E-02	6.64E-03
U235	1.46E-08 (α)	3.70E-05	1.61E-05	2.33E-05	1.16E-05
U236	3.93E-07 (α)	9.98E-04	4.33E-04	6.28E-04	3.13E-04
U237	2.32E-05 (βγ)	5.80E-02	2.52E-02	3.65E-02	1.82E-02
Zr93	1.13E-06 (βγ)	6.10E-03	2.65E-03	3.84E-03	1.91E-03
Total	***3.00E+00***	***2.64E+04***	***9.39E+03***	***1.24E+04***	***2.50E+03***

Tableau 156 : Rejets radiologiques gazeux – Terme source « Autres tranchées», calculs G1 à G4

2.2.2.7. Module 7 – Secteur du hangar TFA

Aucun rejet atmosphérique n'est à considérer pour le secteur du hangar TFA.

2.2.2.8. Synthèse des rejets atmosphériques

Le tableau ci-dessous résume la chronologie des rejets atmosphériques de 2022 à 2051, par émissaire de rejet et par calcul :

Module, Emissaire	Calculs	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051
M2 - E_ATC	A1			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
	A2			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
	A3			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
	A4			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
M2 - E61	B1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
M3 - E_VRA	C1								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
	C2																		■										
	C3																			■	■	■							
M4 - E62	D1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																
M5 - E41	E1			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																
	E2	■	■																										
M6 - E67	F1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
M6 - E_TRA	G1					■	■	■	■	■	■	■																	
	G2											■	■	■	■	■	■	■	■										
	G3																			■	■	■	■	■	■	■	■		
	G4																											■	■

Tableau 157 : Chronologie des rejets atmosphériques

Les cumuls par catégorie des rejets annuels sont présentés dans les histogrammes ci-dessous.

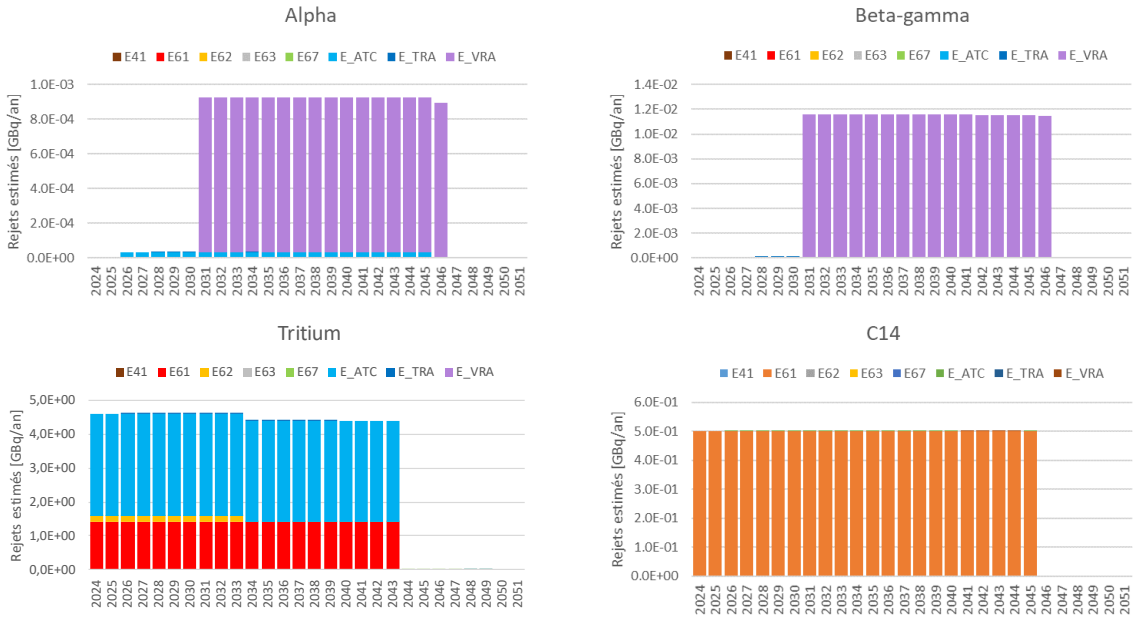


Figure 148 : Rejets atmosphériques radiologiques annuels par émissaire

2.2.3. Caractéristiques des émissaires de rejet atmosphérique

Les émissaires E41, E61, E62, E63 et E67 sont à l'heure actuelle présents sur l'installation. Il est envisagé de bâtir les émissaires E_ATC, E_TRA et E_VRA, et de détruire l'émissaire E63.

Les caractéristiques des émissaires présents durant les opérations de démantèlement sont détaillées dans le tableau suivant, les emplacements sont représentés par la figure ci-après.

Emissaire	Coordonnées (Lambert II étendu)		Hauteurs (m)
	X	Y	
E41	876 154	1 859 189	12*
E61	876 184	1 859 095	7
E62	876 263	1 859 085	2
E63	876 182	1 859 178	5.5
E67	874 831	1 859 811	8
E_ATC	876 116	1 859 137	18
E_TRA	874 764	1 859 946	18*
E_VRA	876 222	1 859 194	18

** : pour le calcul aux limites mensuelles (situation incidentelle), les hauteurs considérées sont deux fois plus faibles afin de prendre en compte les effets de rabattement du panache (règle du H/2)*

Tableau 158 : Caractéristiques des émissaires de rejet atmosphérique

a) Zone du Parc *b) Zone des tranchées*

Figure 149 : Position des émissaires de rejet atmosphérique

2.2.4. Proposition de limites de rejets atmosphériques radioactifs

Les rejets atmosphériques radioactifs canalisés de l'INB 56 sont actuellement réglementés par des limites annuelles et des limites mensuelles fixées par la Décision 2017-DC-0596 de l'ASN. Ces limites ont été présentées en tête de chapitre. Les rejets prévus durant le démantèlement seront soit inférieurs, soit supérieurs à ces limites, aussi il est nécessaire de demander d'autres limites plus spécifiques aux rejets envisagés.

2.2.4.1. Calcul des nouvelles limites

Les nouvelles limites sont calculées à partir des spectres de références et complémentaires associés à chaque émissaire de l'INB 56 (actuels et futurs). En fonction des valeurs minimales détectables par les dispositifs de surveillance et des rejets estimés, les valeurs maximales sont retenues en tant que limites annuelles de rejet, elles sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Emissaire	Nouvelles limites annuelles (GBq/an)			
	Tritium	Autres émetteurs βγ	Emetteurs α	Carbone 14
E41	2.76E-01	1.03E-05	3.38E-07	-
E61	1.40E+00	1.34E-05	2.88E-07	5.00E-01
E62	1.93E-01	7.83E-06	7.78E-08	-
E63	-	-	-	-
E67	2.43E-01	1.65E-05	3.98E-07	-
E_ATC	3.01E+00	7.30E-05	3.20E-05	6.34E-03
E_VRA	2.63E+00	1.15E-02	8.939E-04	1.50E-01
E_TRA	1.05E+00	7.11E-05	6.03E-06	-
Total	***8.80E+00***	***1.17E-02***	***9.32E-04***	***6.57E-01***

Tableau 159 : Nouvelles limites annuelles d'activité des rejets radioactifs atmosphériques de l'INB 56

Les limites mensuelles sont définies comme étant un rejet instantané dont l'activité correspond à 1/6 du rejet annuel. Les valeurs ainsi définies sont données dans le tableau ci-dessous :

Emissaire	Nouvelles limites mensuelles (GBq/mois)			
	Tritium	Autres émetteurs βγ	Emetteurs α	Carbone 14
E41	4.61E-02	1.71E-06	5.63E-08	-
E61	-	2.23E-06	4.80E-08	8.33E-02
E62	3.22E-02	1.31E-06	1.30E-08	-
E63	-	-	-	-
E67	4.06E-02	2.75E-06	6.64E-08	-
E_ATC	5.02E-01	1.22E-05	5.33E-06	1.06E-03
E_VRA	4.38E-01	1.91E-03	1.49E-04	2.51E-02
E_TRA	1.75E-01	1.19E-05	1.01E-06	-
Total	***1.47E+00***	***1.94E-03***	***1.55E-04***	***1.09E-01***

Tableau 160 : Nouvelles limites mensuelles d'activité des rejets radioactifs atmosphériques de l'INB 56

Ces valeurs sont à comparer aux valeurs annuelles déclarées des dernières années, indiquées dans les tableaux suivants, qui rappellent les rejets atmosphériques déclarés en tritium, alpha total et beta-gamma total pour les années 2011 à 2018 qui ont servis de base à l'élaboration des nouvelles limites de rejets demandées et l'estimation des rejets pour les besoins du démantèlement. Ces rejets sont répartis par émissaire (actuels et futurs émissaires des installations ATC (E_ATC), Vrac-MI (E_VRA) et des Autres tranchées (E_TRA)).

Rejets 3H - GBq/an										
Emissaire	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**AUTORISATION ACTUELLE (*)**	**DEM**
E41	1.20E-01	1.30E-01	1.01E-01	1.35E-01	1.45E-01	1.42E-01	9.63E-02	5.37E-02		2.76E-01
E61	*	*	*	*	*	*	*	*		1.40E+00
E62	7.74E-02	2.31E-01	1.46E-01	1.08E-01	6.63E-02	3.09E-01	1.93E-01	3.74E-01		1.93E-01
E63	*	*	*	*	*	*	*	*		-
E67	1.22E-02	9.87E-03	4.78E-03	5.56E-03	6.59E-03	5.56E-03	5.24E-03	5.10E-03		2.43E-01
E_ATC	N.A.									3.01E+00
E_VRA										2.63E+00
E_TRA										1.05E+00
TOTAL	**2.10E-01**	**3.71E-01**	***2.52E-01***	**2.49E-01**	**2.18E-01**	**4.57E-01**	**2.95E-01**	**4.33E-01**	**5.10E+00**	***8.80E+00***

Rejets ALPHA - GBq/an										
Emissaire	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**AUTORISATION ACTUELLE (*)**	**DEM**
E41	3.13E-08	1.74E-08	2.45E-08	2.45E-08	2.71E-08	1.77E-08	1.22E-08	1.24E-08		3.38E-07
E61	4.58E-08	4.56E-08	4.44E-08	3.08E-08	3.48E-08	3.77E-08	2.63E-08	2.19E-08		2.88E-07
E62	2.03E-09	2.50E-09	2.52E-09	1.97E-09	1.33E-09	5.13E-09	3.74E-09	7.10E-09		7.78E-08
E63	8.55E-09	5.77E-09	1.15E-08	1.53E-08	8.06E-09	6.22E-09	6.18E-09	5.08E-09		-
E67	8.99E-08	7.31E-08	9.65E-08	5.33E-08	6.91E-08	7.20E-08	5.62E-08	5.24E-08		3.98E-07
E_ATC	N.A.									3.20E-05
E_VRA										8.93E-04
E_TRA										6.03E-06
TOTAL	**1.78E-07**	**1.44E-07**	***1.79E-7***	**1.26E-07**	**1.40E-07**	**1.40E-07**	**1.40E-07**	**1.40E-07**	**2.20E-05**	***9.32.E-04***

Rejets BETA-GAMMA - GBq/an										
Emissaire	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**AUTORISATION ACTUELLE (*)**	**DEM**
E41	1.14E-06	1.80E-06	2.64E-06	2.85E-06	2.76E-06	2.38E-06	2.03E-06	1.83E-06		1.03E-05
E61	4.56E-06	4.27E-06	6.02E-06	4.95E-06	5.69E-06	5.34E-06	5.01E-06	4.87E-06		1.34E-05
E62	1.29E-07	3.49E-07	4.67E-07	3.45E-07	2.61E-07	1.20E-06	1.02E-06	1.28E-06		7.83E-06
E63	1.41E-06	1.38E-06	2.30E-06	3.53E-06	1.98E-06	1.91E-06	1.88E-06	1.86E-06		-
E67	2.20E-06	2.83E-06	3.92E-06	3.27E-06	3.73E-06	4.08E-06	4.27E-06	4.32E-06		1.65E-05
E_ATC	N.A.									7.30E-05
E_VRA										1.15E-02
E_TRA										7.11E-05
TOTAL	**9.44E-06**	**1.06E-05**	***1.53E-05***	**1.49E-05**	**1.44E-05**	**1.44E-05**	**1.44E-05**	**1.44E-05**	**7.80E-05**	***1.17E-02***

Rejets Carbone 14 rare - GBq										
Emissaire	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**AUTORISATION ACTUELLE (*)**	**DEM**
E_61	N.A.								**N.A.**	5,00E-01
E_ATC										6.34E-03
E_VRA										1.50E-01
TOTAL										***6.57E-01***

Tableau 161 : valeurs déclarées des rejets radioactifs atmosphériques aux émissaires de l'INB 56, et nouvelles limites demandées

(*) Arrêté du 21 septembre 2017 portant homologation de la décision no 2017-DC-0596 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017.

A noter que :

- l'émissaire E63, associé au bâtiment 285, ne devrait pas perdurer au-delà de 2023 compte tenu de sa déconstruction lors des travaux préparatoires à la construction de l'installation Vrac-MI,

- les valeurs de rejets mentionnées ici sont à mettre en perspective de leur besoin dans le temps, comme décrit dans le Tableau 159,
- les besoins d'évolutions à la hausse des limites de rejets en alpha et en beta-gamma proviennent presque exclusivement (à plus de 98 %) des rejets de l'installation Vrac-MI.

Le tableau suivant compare les rejets mesurés entre 2011 et 2018 aux autorisations de rejet actuelles et aux limites demandées :

Catégories	Rejets (2011-2018)		Limite Actuelle	Nouvelles limites
	Min	Max		
Tritium	2.10E-01	4,57E-01	5.10E+00	8.80E+00
Autres émetteurs βγ	9.44E-06	1,53E-05	7.80E-05	1.17E-02
Emetteurs α	1.26E-07	1,79E-07	2.20E-05	9.32E-04
Carbone 14	-	-	-	6.57E-01

Tableau 162 : Comparaison des rejets (2011 à 2018) avec les limites actuelles et demandées (GBq/an)

2.2.4.2. Termes sources basés sur les limites

Deux calculs d'impact, associés aux deux zones géographiques de l'INB 56, ont à réaliser sur la base des propositions de limites de rejets atmosphériques annuelles et mensuelles. Les spectres de références spécifiques aux deux zones de l'INB 56 sont appliqués aux limites :

Catégories	RN	Zone du Parc	Zone des Tranchées
Tritium	HTO	100 %	100 %
Emetteurs βγ	Cs137+	83,0 %	77,7 %
	Co60	16,8 %	–
	Sr90+	0,2 %	22,3 %
Emetteurs α	Pu238	–	50 %
	Pu239+	100 %	50 %
Carbone 14	C14 CO2	100 %	100 %

Tableau 163 : Spectres de référence des rejets gazeux canalisés de l'INB 56

Afin de retenir les hypothèses les plus pénalisantes, les rejets sont effectués au niveau des émissaires les plus proche du Hameau (groupe de population le plus rapproché), soit les émissaires E41 pour la zone du Parc et E_TRA pour la zone des Tranchées. Les isotopes présents dans ce spectre sont les plus pénalisants en termes de dose au regard des radioéléments présents dans tous les spectres, les calculs aux limites restent donc enveloppes.

Les termes sources basés sur les limites sont donnés dans le tableau ci-dessous :

RN	Activité aux limites annuelles (Bq/an)		Activité aux limites mensuelles (Bq)	
	Zone du Parc	Zone des Tranchées	Zone du Parc	Zone des Tranchées
Cs137+	9.71E+06	9.09E+06	1.61E+06	1.52E+06
Co60	1.97E+06	-	3.26E+05	-
HTO	8.80E+09	8.80E+09	1.47E+09	1.47E+09
Pu238	-	4.66E+05	-	7.75E+04
Pu239+	9.32E+05	4.66E+05	1.55E+05	7.75E+04
Sr90+	2.34E+04	2.61E+06	3.88E+03	4.33E+05
C14 CO2	6.57E+08	6.57E+08	1.09E+08	1.09E+08
Total	***9.47E+09***	***9.47E+09***	***1.58E+09***	***1.58E+09***

Tableau 164 : Termes sources du calcul aux limites annuelles et mensuelles

2.2.5. Calculs d'impact des rejets atmosphériques

2.2.5.1. Hypothèses retenues pour les calculs d'impact

Les hypothèses retenues pour les calculs d'impact sont présentées dans la partie 5. Ne sont rappelées ci-dessous que les hypothèses principales.

Code de calcul

Les calculs sont réalisés à l'aide des outils de la plateforme CERES (Code d'Evaluations Rapides Environnementales et Sanitaires), développée par le CEA. L'impact des rejets atmosphériques chroniques est évalué avec le module GASCON, et celui des rejets ponctuels avec le module MITHRA.

Voies d'exposition

Suite à des émissions atmosphériques de substances radioactives, les différentes voies d'exposition de l'homme sont les suivantes :

- l'immersion dans le panache qui conduit à une exposition interne par inhalation et à une exposition externe ;
- la présence sur le dépôt au sol, qui conduit à une exposition externe ;
- la consommation de végétaux, pour lesquels l'activité résulte principalement des dépôts d'aérosols et de gouttes de pluie (voie directe), mais aussi des transferts racinaires à partir du sol (voie indirecte ou racinaire), et qui conduit à une exposition interne par ingestion ;
- l'ingestion de produits issus d'animaux qui ont consommé des aliments contaminés, qui conduit à une exposition interne.

Dans le cas d'émission de tritium, les voies d'exposition considérées sont légèrement différentes :

- l'immersion dans le panache conduit à une exposition interne par inhalation et par passage transcutané ;
- la présence sur le dépôt au sol, qui conduit à une exposition externe. En pratique, le tritium étant un émetteur β pur, il ne conduit pas à une exposition externe par les dépôts. En raison de la mobilité du tritium dans les sols, l'effet d'accumulation est très faible et est négligé ;
- la consommation de végétaux, pour lesquels l'activité résulte des transferts internes à la plante et qui conduit à une exposition interne par ingestion ;
- l'ingestion de produits d'origine animale, contaminés par ingestion, conduisant à une exposition interne.

Le schéma conceptuel suivant présente les voies d'exposition de l'homme aux rejets.

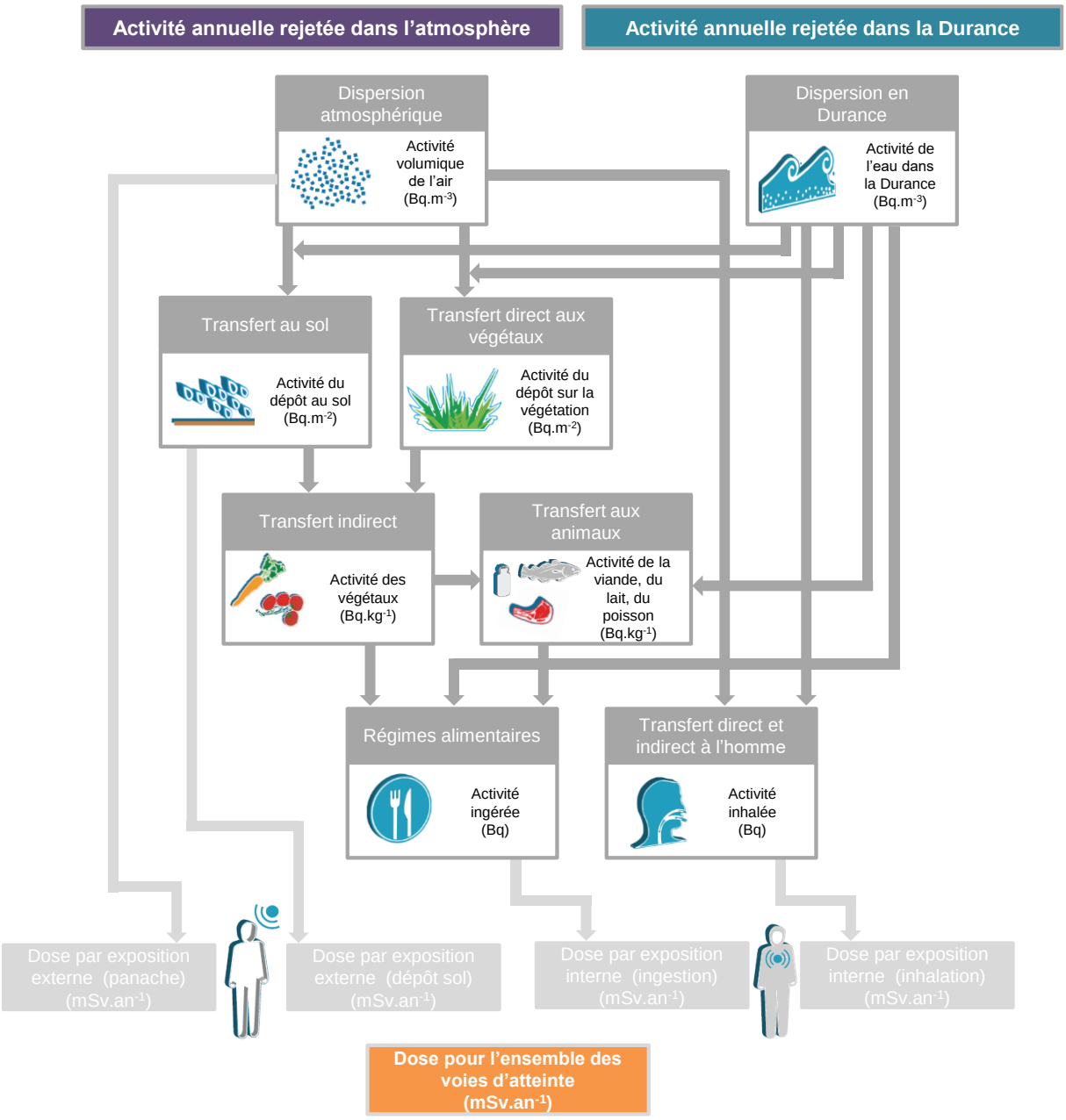


Figure 150 : Schéma conceptuel générique des expositions aux rejets (atmosphériques et liquides)

Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques utilisées pour le calcul sont celles habituellement utilisées pour le calcul de l'impact des rejets chroniques des installations du Centre de Cadarache. La rose des vents, pour les trois conditions de diffusion (diffusion faible, DF, diffusion normale sec DN, et diffusion normale pluie DNp), a été présentée en partie 1, au chapitre 3.4.

Pour le calcul aux limites mensuelles, qui correspondent à des rejets sur une courte période, il est considéré de manière pénalisante un rejet sous forme de bouffée. Le calcul est réalisé à l'aide du logiciel MITHRA, qui considère les mêmes voies d'exposition que GASCON, mais place tous les groupes de population dans l'axe du vent à la même distance, pour les trois conditions de vent caractéristiques du site de Cadarache :

- une condition météorologique raisonnablement pénalisante et supposée de manière conservative constante pendant le rejet. Il s'agit de la condition **DF2** (diffusion faible, vitesse du vent de 2 $m.s^{-1}$), correspondant à une atmosphère stable, c'est-à-dire des conditions de diffusion défavorables ;
- une condition météorologique représentative des conditions moyennes en France et supposée de manière conservative constante pendant le rejet. Il s'agit de la condition **DN5** (diffusion normale, vitesse du vent de 5 $m.s^{-1}$), correspondant à une atmosphère instable, c'est-à-dire des conditions de diffusion favorables ;
- une condition météorologique conduisant également à des dépôts plus importants et usuellement retenue pour les études des situations accidentelles sur le site de Cadarache. Il s'agit de la condition **DN5p** (diffusion normale, vitesse du vent de 5 $m.s^{-1}$, pluie de 5 $mm.h^{-1}$).

Groupes de populations

Les groupes de populations sont choisis en fonction des conditions météorologiques, de l'existence d'habitations, de cultures et d'élevage.

Quel que soit le groupe étudié, à l'extérieur du site, on tient compte de la présence d'enfants de 10 ans et d'enfants âgés de 1 à 2 ans (même au Hameau de Cadarache). Au regard de la rose des vents, des distances qui séparent l'émissaire et les communes d'intérêts et les modes de vie considérés, les groupes de référence correspondent au Hameau de Cadarache (très proche mais pas de produits alimentaires locaux), Ginasservis (proche avec consommation de produits alimentaires locaux exposés aux rejets atmosphériques), Saint-Paul-lez-Durance (proche avec consommation de produits alimentaires locaux exposés aux rejets atmosphériques et liquides, et consommation de produits issus de la pêche dans la Durance), et Beaumont-de-Pertuis (plus éloigné, mais avec eau de boisson prélevée dans la Durance).

Les distances des groupes de population aux points de rejet de l'INB 56 sont indiquées dans le tableau ci-après :

Groupes de populations		Distance aux points de rejet (m)						
	E41*	E61*	E62*	E63*	E67**	E_ATC*	E_TRA**	E_VRA*
Hameau	2 647	2 744	2 792	2 671	1 663	2 674	1 533	2 678
Saint-Paul-Lez-Durance	4 116	4 160	4 239	4 145	2 724	4 086	2 692	4 183
Ginasservis	7 476	7 437	7 358	7 447	7 125	7 509	7 059	7 408
Beaumont de Pertuis	8 406	8 482	8 544	8 420	8 394	8 405	8 265	8 436
Corbières	9 061	9 158	9 176	9 075	9 212	9 109	9 348	9 063
Gréoux-les-Bains	13 346	13 388	13 337	13 333	13 989	13 410	13 941	13 293
Jouques	10 648	10 630	10 695	10 668	9 833	10 590	9 879	10 710
Manosque	17 166	17 257	17 261	17 174	16 710	17 221	16 588	17 155
Mirabeau	8 590	8 644	8 723	8 620	8 894	8 567	8 952	8 654
Pertuis	20 659	20 691	20 771	20 687	19 301	20 622	19 264	20 727
Rians	8 393	8 311	8 296	8 393	7 173	8 357	7 121	8 407
Vinon-Sur-Verdon	6 644	6 698	6 656	6 635	7 032	6 708	6 907	6 597

** : Zone du Parc, ** : Zone des Tranchées*

Tableau 165 : Distance des groupes de populations aux points de rejet atmosphérique de l'INB 56

2.2.5.2. Calcul d'impact des rejets atmosphériques

2.2.5.2.1. Impact des rejets diffus

Dans un premier temps, l'impact uniquement lié aux rejets diffus des hangars H1 à H3 (§2.2.2.2.6) a été calculé. Les rejets étant constants, l'impact maximal est obtenu après 28 ans de rejets, soit en 2051, bien qu'il n'y ait que très peu d'effets résiduels d'une année sur l'autre. Les doses maximales annuelles et cumulées obtenues sur toute la durée des opérations sont détaillées dans le tableau suivant :

Groupe de populations	Doses efficaces maximales annuelles (mSv/an) et cumulées (mSv)					
	Enfants 1-2 ans		Enfants 10 ans		Adulte	
	Annuelle (2051)	Cumulée (28 ans)	Annuelle (2051)	Cumulée (28 ans)	Annuelle (2051)	Cumulée (28 ans)
Hameau	**2.02E-03**	**5.67E-02**	1.73E-03	4.86E-02	1.71E-03	4.80E-02
Saint-Paul-Lez-Durance	9.40E-04	2.63E-02	8.64E-04	2.42E-02	8.26E-04	2.31E-02
Ginasservis	1.75E-03	4.90E-02	1.62E-03	4.52E-02	1.54E-03	4.32E-02
Beaumont de Pertuis	1.02E-03	2.85E-02	9.84E-04	2.76E-02	9.19E-04	2.57E-02
Corbières	1.69E-04	4.74E-03	1.58E-04	4.43E-03	1.50E-04	4.20E-03
Gréoux-les-Bains	7.53E-05	2.11E-03	7.71E-05	2.16E-03	7.01E-05	1.96E-03
Jouques	9.46E-04	2.65E-02	9.31E-04	2.61E-02	8.62E-04	2.41E-02
Manosque	6.51E-05	1.82E-03	6.64E-05	1.86E-03	6.05E-05	1.69E-03
Mirabeau	3.21E-04	8.99E-03	3.20E-04	8.96E-03	2.95E-04	8.25E-03
Pertuis	8.58E-05	2.40E-03	9.00E-05	2.52E-03	8.09E-05	2.27E-03
Rians	4.77E-05	1.33E-03	4.25E-05	1.19E-03	4.12E-05	1.15E-03
Vinon-Sur-Verdon	2.12E-04	5.94E-03	2.02E-04	5.66E-03	1.90E-04	5.32E-03

Tableau 166 : Doses efficaces annuelles maximales (2051) et cumulées (28 ans) issues des rejets diffus

Les doses annuelle et cumulée les plus importantes sont obtenues au Hameau chez l'enfant de 1-2 ans, avec respectivement **$2{,}02.10^{-3}$ mSv/an** et **$5{,}67.10^{-2}$ mSv**.

2.2.5.2.2. Impact des rejets canalisés estimés

Dans un second temps, l'impact de l'ensemble des rejets canalisés a été calculé. Les doses efficaces annuelles maximales (obtenues en 2045, année 22 du démantèlement) et les doses efficaces cumulées sur les 28 années de rejets, pour chacun des groupes de populations, sont données ci-après :

Groupes de populations	Doses efficaces maximales annuelles (mSv/an) et cumulées (mSv)					
	Enfants 1-2 ans		Enfants 10 ans		Adulte	
	Annuelle (2045)	Cumulée (28 ans)	Annuelle (2045)	Cumulée (28 ans)	Annuelle (2045)	Cumulée (28 ans)
Hameau	3.37E-06	5.41E-05	5.16E-06	8.29E-05	**7.41E-06**	**1.19E-04**
Saint-Paul-Lez-Durance	1.27E-06	2.37E-05	1.53E-06	2.74E-05	2.07E-06	3.65E-05
Ginasservis	2.48E-06	4.61E-05	3.03E-06	5.40E-05	4.14E-06	7.23E-05
Beaumont de Pertuis	1.44E-06	2.68E-05	1.77E-06	3.15E-05	2.42E-06	4.23E-05
Corbières	2.20E-07	4.14E-06	2.63E-07	4.74E-06	3.56E-07	6.28E-06
Gréoux-les-Bains	8.30E-08	1.59E-06	9.61E-08	1.76E-06	1.28E-07	2.29E-06
Jouques	1.23E-06	2.30E-05	1.48E-06	2.65E-05	2.00E-06	3.52E-05
Manosque	7.29E-08	1.39E-06	8.45E-08	1.55E-06	1.13E-07	2.02E-06
Mirabeau	3.92E-07	7.39E-06	4.65E-07	8.40E-06	6.25E-07	1.11E-05
Pertuis	8.43E-08	1.64E-06	9.43E-08	1.76E-06	1.23E-07	2.25E-06
Rians	5.66E-08	1.08E-06	6.58E-08	1.21E-06	8.78E-08	1.58E-06
Vinon-Sur-Verdon	2.77E-07	5.20E-06	3.33E-07	5.99E-06	4.51E-07	7.95E-06

Tableau 167 : Doses efficaces annuelles maximales (2045) et cumulées (28 ans) issues des rejets canalisés estimés

Les doses annuelle et cumulée les plus importantes (au Hameau, adulte), sont respectivement **7,41.10^{-6} mSv/an** et **1,19.10^{-4} mSv**. Les graphiques ci-dessous illustrent les doses reçues par les populations d'intérêt (adulte au Hameau, à Saint-Paul-lez-Durance, et à Ginasservis) :

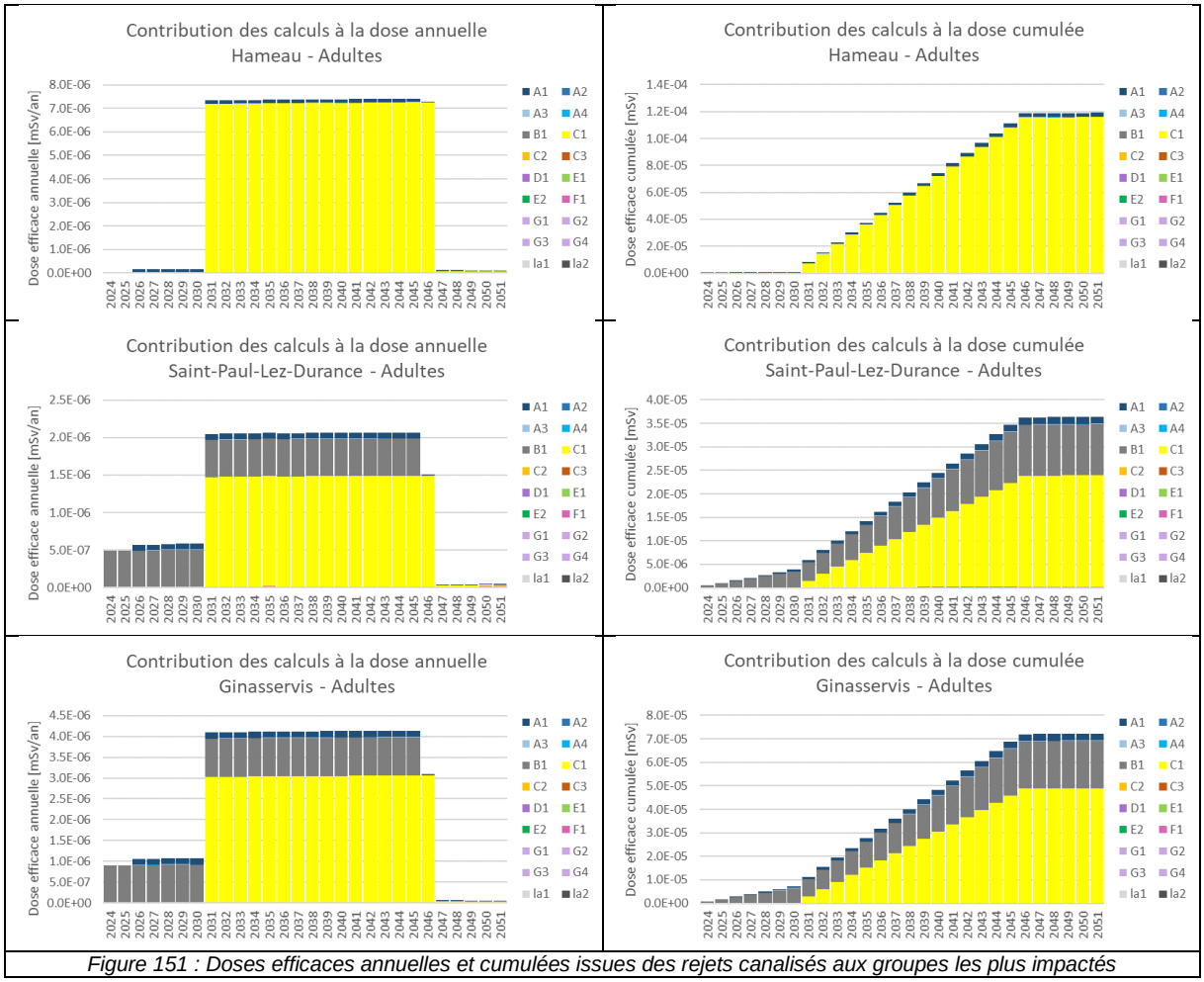


Figure 151 : Doses efficaces annuelles et cumulées issues des rejets canalisés aux groupes les plus impactés

La dose à Saint-Paul-lez-Durance (groupe de référence) est principalement due aux calculs :

- C1 (reconditionnement des déchets issus de Vrac-MI) à partir de 2031 : 68 % du cumul final,
- B1 (rejets chroniques du hangar H4) durant la période 2024 – 2045 : 28 % du cumul final,
- A1 (reconditionnement des CB 500L) de 2027 à 2030 : 4 % du cumul final.

A titre d'illustration, la contribution des autres calculs est présentée ci-dessous pour Saint-Paul-lez-Durance :

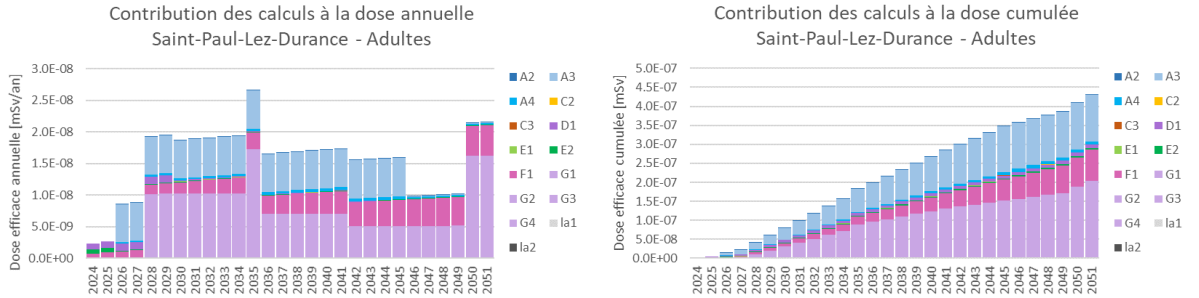


Figure 152 : Doses efficaces annuelles et cumulées issues des rejets canalisés aux groupes les plus impactés – Hors calculs A1, B1 et C1

2.2.5.2.3. Impact des rejets canalisés aux limites annuelles

Les rejets aux limites annuelles étant constants sur toute la durée des opérations, les doses annuelles maximales sont obtenues après 28 années de rejets, soit en 2051, elles sont détaillées dans le tableau ci-dessous, pour chaque classe d'âge, groupe de population, et pour les deux points de rejet :

Groupes de populations	Doses efficaces maximales annuelles (la 28ème année de rejets) (mSv/an)					
	Enfants 1-2 ans		Enfants 10 ans		Adulte	
	E41	E_TRA	E41	E_TRA	E41	E_TRA
Hameau	2.68E-05	6.48E-06	2.83E-05	6.89E-06	2.97E-05	7.27E-06
Saint-Paul-Lez-Durance	4.45E-06	1.24E-05	4.57E-06	1.28E-05	4.90E-06	1.39E-05
Ginasservis	9.28E-06	5.28E-06	9.56E-06	5.47E-06	1.03E-05	5.92E-06
Beaumont de Pertuis	5.40E-06	5.49E-06	5.56E-06	5.69E-06	5.97E-06	6.16E-06
Corbières	7.04E-07	7.18E-07	7.18E-07	7.37E-07	7.70E-07	7.98E-07
Gréoux-les-Bains	2.30E-07	3.67E-07	2.32E-07	3.74E-07	2.49E-07	4.06E-07
Jouques	3.94E-06	3.91E-06	4.02E-06	4.02E-06	4.31E-06	4.36E-06
Manosque	2.08E-07	2.08E-07	2.10E-07	2.11E-07	2.25E-07	2.28E-07
Mirabeau	1.20E-06	1.51E-06	1.22E-06	1.55E-06	1.31E-06	1.68E-06
Pertuis	2.16E-07	5.30E-07	2.15E-07	5.36E-07	2.31E-07	5.81E-07
Rians	1.63E-07	8.66E-07	1.65E-07	8.97E-07	1.77E-07	9.72E-07
Vinon-Sur-Verdon	8.70E-07	1.18E-06	8.87E-07	1.21E-06	9.52E-07	1.31E-06

Tableau 168 : Doses efficaces annuelles maximales (2051) issues des rejets canalisés aux limites annuelles

Les doses annuelles et cumulées les plus importantes (au Hameau, adulte), sont de :

- rejet en zone du Parc (E41) : **$2{,}97.10^{-5}$ mSv/an** et **$5{,}75.10^{-4}$ mSv**,
- rejet en zone des Tranchées (E_TRA) : **$1{,}39.10^{-5}$ mSv/an** et **$3{,}00.10^{-4}$ mSv**.

2.2.5.2.4. Impact des rejets canalisés aux limites mensuelles

Les résultats du calcul basé sur les limites mensuelles de rejets correspondent aux doses cumulées 1 et 28 ans après le rejet (considéré ici instantané), ce qui correspond à la dose reçue l'année du rejet et la dernière année des opérations (en supposant que le rejet a eu lieu la 1ère année).

Les doses efficaces totales obtenues pour le rejet en zone du Parc (E41) et celui en zone des Tranchées (E_TRA) sont données dans les tableaux ci-dessous :

	Doses efficaces totales (mSv)					
	Enfant de 1 à 2 ans		Enfant de 10 ans		Adulte	
	1 an	28 ans	1 an	28 ans	1 an	28 ans
Hameau	2.87E-05	1.23E-04	3.68E-05	1.31E-04	**4.16E-05**	**1.36E-04**
Saint-Paul-lez-Durance	1.68E-05	5.48E-05	1.99E-05	5.80E-05	2.38E-05	6.18E-05
Ginasservis	2.87E-06	8.90E-06	3.34E-06	9.37E-06	3.96E-06	9.99E-06
Beaumont de Pertuis	2.10E-06	6.44E-06	2.44E-06	6.78E-06	2.89E-06	7.22E-06
Corbières	1.65E-06	4.98E-06	1.90E-06	5.24E-06	2.25E-06	5.58E-06
Gréoux-les-Bains	7.29E-07	2.10E-06	8.26E-07	2.20E-06	9.70E-07	2.34E-06
Jouques	1.47E-06	4.43E-06	1.70E-06	4.66E-06	2.00E-06	4.96E-06
Manosque	5.07E-07	1.42E-06	5.69E-07	1.48E-06	6.66E-07	1.58E-06
Mirabeau	1.79E-06	5.46E-06	2.07E-06	5.74E-06	2.45E-06	6.11E-06
Pertuis	3.70E-07	1.01E-06	4.11E-07	1.05E-06	4.80E-07	1.12E-06
Rians	2.82E-06	8.74E-06	3.28E-06	9.21E-06	3.89E-06	9.81E-06
Vinon-sur-Verdon	2.99E-06	9.30E-06	3.49E-06	9.80E-06	4.14E-06	1.04E-05

Tableau 169 : Doses efficaces totales - rejet basé sur les limites mensuelles - Zone du Parc

	Doses efficaces totales (mSv)					
	Enfant de 1 à 2 ans		Enfant de 10 ans		Adulte	
	1 an	28 ans	1 an	28 ans	1 an	28 ans
Hameau	2.64E-05	1.06E-04	3.42E-05	1.13E-04	**3.90E-05**	**1.18E-04**
Saint-Paul-lez-Durance	1.59E-05	4.85E-05	1.91E-05	5.17E-05	2.30E-05	5.55E-05
Ginasservis	2.74E-06	7.90E-06	3.21E-06	8.39E-06	3.84E-06	9.00E-06
Beaumont de Pertuis	2.01E-06	5.73E-06	2.34E-06	6.07E-06	2.80E-06	6.51E-06
Corbières	1.57E-06	4.43E-06	1.83E-06	4.69E-06	2.18E-06	5.03E-06
Gréoux-les-Bains	6.99E-07	1.88E-06	7.96E-07	1.97E-06	9.43E-07	2.12E-06
Jouques	1.41E-06	3.95E-06	1.63E-06	4.17E-06	1.94E-06	4.48E-06
Manosque	4.87E-07	1.27E-06	5.49E-07	1.33E-06	6.48E-07	1.43E-06
Mirabeau	1.72E-06	4.85E-06	1.99E-06	5.14E-06	2.38E-06	5.51E-06
Pertuis	3.57E-07	9.07E-07	3.97E-07	9.47E-07	4.67E-07	1.01E-06
Rians	2.69E-06	7.76E-06	3.15E-06	8.24E-06	3.77E-06	8.84E-06
Vinon-sur-Verdon	2.85E-06	8.26E-06	3.35E-06	8.76E-06	4.01E-06	9.40E-06

Tableau 170 : Doses efficaces totales - rejet basé sur les limites mensuelles - Zone des Tranchées

Les doses reçues sont les plus fortes en conditions DF2 au Hameau, chez l'adulte pour le rejet en zone du Parc et chez l'adulte en zone des Tranchées, avec les valeurs suivantes :

- Zone du Parc : **$4{,}16.10^{-5}$ mSv** à 1 an, **$1{,}36.10^{-4}$ mSv** cumulé sur 28 ans,
- Zone des Tranchées : **$3{,}90.10^{-5}$ mSv** à 1 an, **$1{,}18.10^{-4}$ mSv** cumulé sur 28 ans.

2.2.5.3. Synthèse de l'impact des rejets atmosphériques

2.2.5.3.1. Evaluation des incidences sur la santé humaine

Les doses efficaces maximales obtenues dans tous les calculs réalisés sont rappelées dans le tableau ci-dessous pour les groupes de population les plus impactés :

Groupe de population	Doses efficaces annuelles maximales (mSv/an)					
	Diffus	Canalisés	Limite annuelle		Limite mensuelle	
			Parc	Tranchées	Parc	Tranchées
Hameau	2.02E-03	7.41E-06	2.97E-05	7.27E-06	4.16E-05	3.90E-05
Saint-Paul-Lez-Durance	9.40E-04	2.07E-06	4.90E-06	1.39E-05	2.38E-05	2.30E-05
Ginasservis	1.75E-03	4.14E-06	1.03E-05	5.92E-06	3.96E-06	3.84E-06

Tableau 171 : Doses efficaces annuelles maximales issues des rejets atmosphériques

L'ensemble de ces valeurs, obtenues en supposant les hypothèses les plus pénalisantes, restent largement inférieures à la dose de 1 mSv/an, limite réglementaire pour la population de la dose annuelle admissible d'expositions d'origines artificielles (hors expositions à des fins médicales), fixée par l'article R. 1333-11 du code de la santé publique.

De plus, les valeurs annuelles sont inférieures à la dose de 10 µSv, cumulée ou annuelle, dose jugée non préoccupante au titre de la radioprotection.

L'impact des rejets atmosphériques radiologiques est donc considéré comme faible.

2.2.5.3.2. Evaluation des incidences sur l'environnement

L'activité ajoutée dans les produits alimentaires reste largement inférieure aux limites de commercialisation tout au long du démantèlement, aucun élément de l'environnement ne présente d'activité supérieure aux seuils de décision des mesures dans l'environnement.

Les incidences résiduelles sur l'environnement sont qualifiées de faibles.

2.3. Incidences des rejets liquides radiologiques

2.3.1. Caractérisation, modes de transfert, de traitement et de rejet des effluents liquides radiologiques

L'INB 56 produit actuellement, pour ses activités permanentes, et produira pendant le démantèlement, deux types d'effluents liquides à caractère radiologique : industriels et actifs.

2.3.1.1. Effluents industriels

Les effluents industriels proviennent des zones contrôlées de l'installation. Ces effluents, collectés au moyen d'un réseau particulier, sont dirigés vers un réservoir de stockage des effluents suspects où ils font l'objet d'analyses chimiques et radiologiques. Les effluents collectés dans le réservoir d'effluents suspects sont rejetés dans le Réseau d'Effluents Industriels (REI) du Centre et dirigés vers la station d'épuration des effluents industriels (STEP/EI) si leurs activités volumiques sont en-deçà des limites fixées par la décision ASN n°2017-DC-0597, rappelées en tête de partie 4 (cf. §1.2.4). Dans le cas où l'un des paramètres mesurés est supérieur aux limites fixées, l'effluent est considéré comme actif.

Lorsque l'activité des effluents n'est pas connue, elle est calculée sur la base des limites d'acceptabilité du REI. Le spectre ne respectant pas forcément la répartition entre les catégories limitées (tritium, α, $\beta\gamma$), un calcul permet d'évaluer la catégorie limitante. L'activité totale des effluents est alors définie à partir de la valeur limitante suivant le spectre. Enfin, la répartition des activités par radioélément est appliquée à l'activité totale ainsi définie.

2.3.1.2. Effluents actifs

Les effluents actifs sont des effluents dont les caractéristiques radiologiques et/ou physico-chimiques dépassent les limites de transfert dans le réseau d'effluents industriels (REI) du Centre. Actuellement, les effluents actifs produits par l'INB 56 sont collectés dans les réservoirs de stockage puis transférés par voie routière (bonbonnes ou camion-citerne) vers les filières de traitement des effluents radioactifs adaptées à leurs caractéristiques radiologiques et physico-chimiques :

- si les effluents actifs respectent ses spécifications d'acceptation présentées dans le tableau ci-après, ils sont transférés à la station de traitement des effluents actifs du CEA de Cadarache (INB n° 171 AGATE), où ils seront traités par évaporation. La fraction évaporée y est ensuite condensée, contrôlée, puis envoyée (si l'activité est conforme aux limites) vers la station d'épuration des effluents industriels (STEP/EI) pour rejet. La fraction restante, c'est-à-dire le condensat qui a concentré la radioactivité, est alors envoyée vers le Centre de Marcoule pour y être transformée en un déchet stockable (incorporation à une matrice solide) ;
- si les effluents actifs dépassent les limites d'acceptation pour la station de traitement des effluents actifs de Cadarache, ils sont transférés vers la Station de Traitement des Effluents liquides du centre CEA de Marcoule (STEL).

Limites maximales d'activités volumiques des effluents liquides pris en charge par l'INB 171 AGATE (Bq/m³)				
Tritium	Autres émetteurs $\beta\gamma$	Emetteurs α	Carbone 14	Iode 131
2E+09	1,8E+10	3,7E+07	5,2E+06	3,0E+04

Tableau 172 : Limites maximales d'activités volumiques des effluents liquides pris en charge par l'INB 171 AGATE

La station AGATE traite simultanément les effluents de toutes les installations, ce qui rend difficile l'évaluation de l'impact dû à ceux provenant de l'INB 56. Toutefois, les distillats en sortie d'AGATE sont soumis, selon la décision ASN 2017-DC-0597, à des limites d'activités volumiques permettant leur transfert vers la station d'épuration des effluents industriels (STEP/EI) :

Limites d'activités volumiques des distillats produits par l'INB 171 AGATE permettant leur transfert vers la STEP/EI (Bq/L)			
Tritium	Autres émetteurs $\beta\gamma$	Emetteurs α	Carbone 14
1 000 000	52	10	190

Tableau 173 : Limites maximales d'activités volumiques des distillats produits par l'INB 171 AGATE pour leur transfert vers la STEP/EI

Afin d'évaluer l'impact de l'INB 56, la méthode suivante est appliquée :

- majoration du volume d'effluents (facteur 1,3) : en effet, dans son procédé d'évaporation/condensation, AGATE ajoute de l'eau distillée à hauteur de 30% environ du volume initial ;
- application des activités volumiques maximales des distillats de sortie au volume majoré → calcul de l'activité totale correspondante sur le volume majoré (activité maximale de sortie) ;
- comparaison des activités ainsi calculées aux activités initiales :
    - tritium : l'activité initiale est toujours conservée, le tritium se comportant comme l'eau (forme HTO),
    - autres catégories : le calcul peut donner une activité en sortie supérieure à l'activité initiale. Dans ce cas, l'activité initiale est conservée, ceci afin de ne pas « ajouter » d'activité par le calcul.

Dans le cas où les activités initiales ne sont pas connues, les valeurs maximales d'activité volumique en sortie d'AGATE sont utilisées. Le spectre initial est ensuite séparé par catégorie d'émetteurs, puis appliqué aux valeurs d'activités définies.

2.3.1.3. Récapitulatif du traitement des rejets liquides radioactifs

Le schéma ci-après résume le principe général des modes de transfert et de traitement des effluents liquides radioactifs sur le Centre de Cadarache.

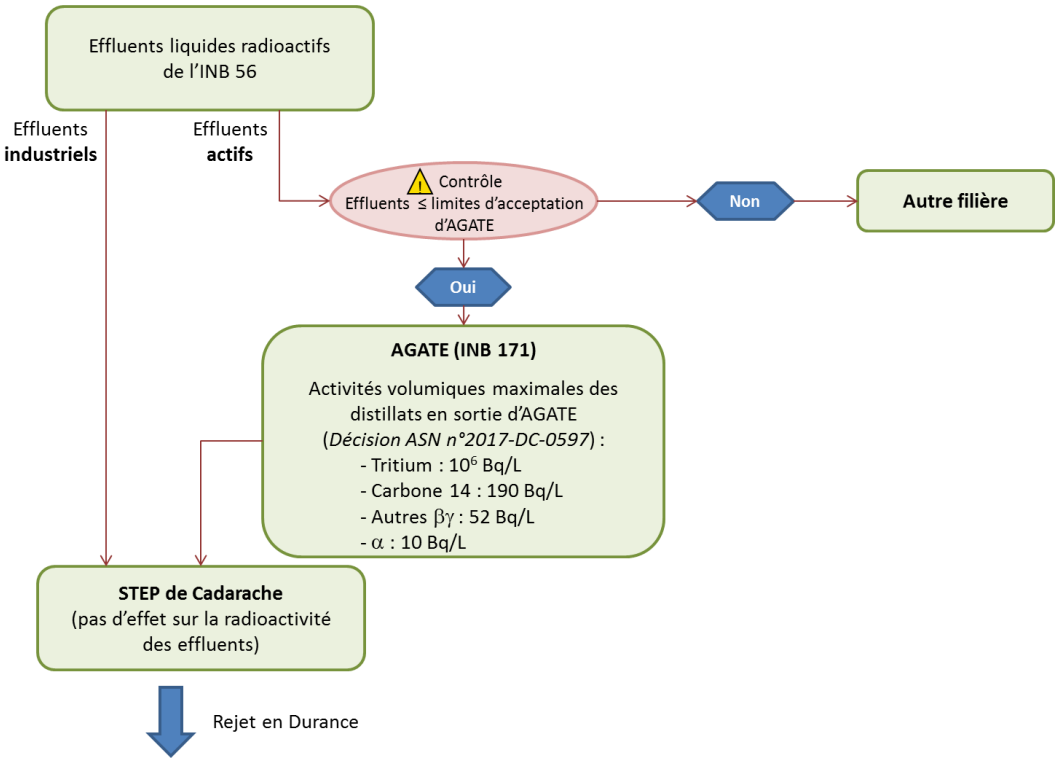


Figure 153 : Schéma de principe des transferts et des traitements des effluents industriels et actifs

Le schéma ci-après résume le transfert et le traitement de l'ensemble des effluents liquides à l'échelle du Centre de Cadarache avant leur rejet dans la Durance.

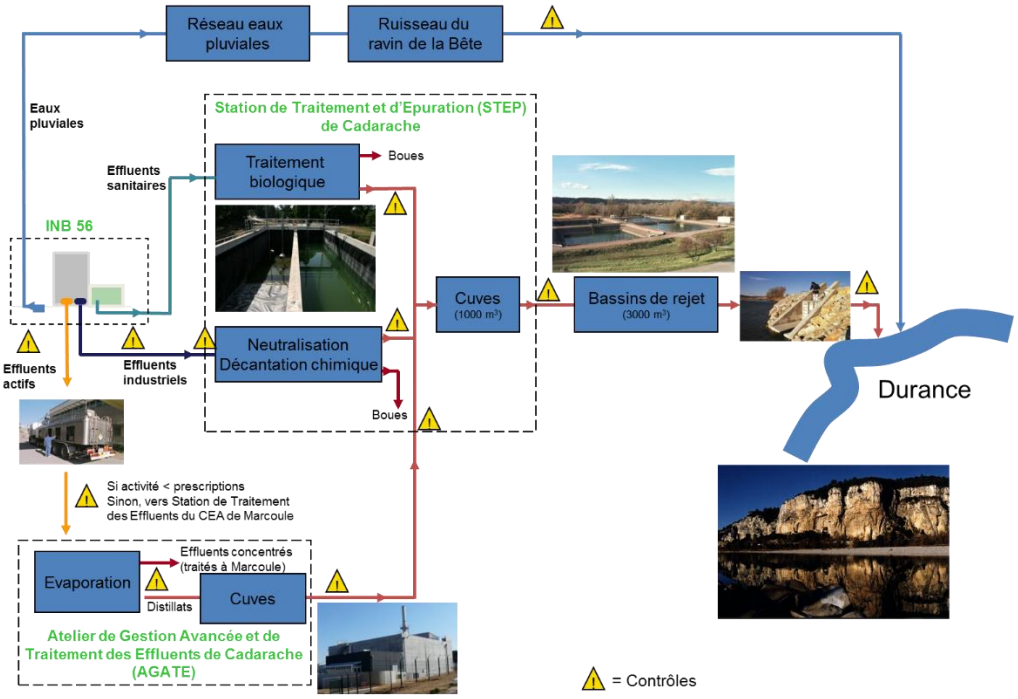


Figure 154 : Schéma de principe du transfert et du traitement des effluents liquides sur le Centre de Cadarache

Les rejets en Durance doivent suivre des prescriptions réglementaires, et notamment les limites annuelles de rejets du Centre de Cadarache, données dans le chapitre 4.3 de l'arrêté préfectoral n° 2020-497-PC du 27 octobre 2022, et présentées en tête de partie 4 (cf. §1.2.4).

Les rejets liquides en Durance se font par la vidange, plusieurs fois dans l'année, de bassins de 3000 m3, qui s'effectue pour un bassin sur une durée supérieure à 24 heures, pouvant aller jusqu'à plusieurs jours.

Les calculs d'impact sont effectués en considérant une exposition chronique, due à un rejet annuel moyen de la STEP suite à ces vidanges. Dans la réalité le rejet en Durance est discontinu car il s'effectue par bâchée aux heures ouvrables mais la fréquence des vidanges est suffisamment importante pour correspondre à l'hypothèse d'un rejet continu et non ponctuel. En 2020, 117 000 m^3 d'effluents ont été rejetés en Durance, ce qui correspond à plus de 70 vidanges de bassins 3000, à un débit moyen de 300 m^3/j et un débit maximal de 2 600 m^3/j. Sur les 5 dernières années, les flux de rejet en Durance varient entre 117 000 et 185 000 m^3/an, avec en moyenne 87 vidanges de bassins par an.

2.3.2. Volumes et activités des effluents liquides produits

Les effluents liquides produits par l'INB 56 sont permanents, aucun rejet temporaire n'est envisagé. Les effluents sanitaires ne possèdent pas de composante radiologique.

2.3.2.1. Effluents industriels

Les modules/secteurs suivants ne comportent aucune opération susceptible de générer spécifiquement des effluents industriels :

- module 2 – secteur des hangars
- module 4 – secteur des fosses récentes
- module 5 – secteur des piscines
- module 7 – secteur du hangar TFA

2.3.2.1.1. Module 1 – Secteur commun de la zone du Parc (Calcul I1)

De 2001 à 2015, un volume moyen de **5 m^3/an** d'effluents suspects a été produit par la zone du Parc, ce qui correspond au type d'opérations réalisées pendant ces années (opérations d'entreposage de colis, opérations d'évacuation de colis, maintien en conditions opérationnelles et sûres). Depuis 2019, un volume beaucoup plus important d'effluents industriels a été produits, provenant dans la grande majorité des eaux issues de forages liés à la création de piézomètres, à la réalisation de carottage pour sondage en zones suspectes, la réalisation de pieux de fondation en zones suspectes, dans le cadre de l'exploitation courante ou des projets sur la zone du Parc (tous secteurs confondus). Ces effluents liquides potentiellement légèrement marqués ont été pompés en capacité de stockage intermédiaire et analysés, et doivent être transférés dans les cuves suspectes de l'INB56. En tenant compte des projets de RCD sur l'ensemble de zone du Parc, le volume de ces effluents est estimé en moyenne à 120 m^3 par an : c'est ce volume qui est retenu pour les calculs suivants et qui est associé au secteur commun de la zone du Parc du fait de la présence des cuves suspectes sur ce secteur.

Les activités volumiques considérées correspondent aux maximums mesurés sur la période 2009 à 2019 et relatifs aux eaux des nappes (relevés de piézomètres).

Les activités volumiques ainsi définies sont présentées dans le tableau ci-dessous :

	Activités max 2009-2019 (Bq/l)		Activités retenues (Bq/l)	
Tritium	348	SD5 octobre 2012	Tritium	348
Cs-137	2	SD5 mars 2012	Beta-gamma	295
Sr-90	293	SD5 avril 2012		
Co-60	0,21	SD5 mars 2017		
Pu238	0,069	SD5 mai 2017	Alpha	7,68
Am241	2,1	SD5 mai 2017		
Pu239+Pu240	5,51	SD5 février 2012		

Tableau 174 : Rejets radiologiques liquides industriels – Terme source « Module 1 »

Les valeurs maximales, issues du piézomètre SD5 situé au droit des fosses F3 et F4, sont 2 à 3 fois supérieures aux activités relevés couramment à ce jour.

Ce rejet est considéré de manière pénalisante constant tout au long des opérations, soit de 2027 à 2054.

2.3.2.1.2. Module 3 – Secteur des fosses anciennes (Calcul I2)

Les effluents industriels produits dans Vrac-MI résultent du fonctionnement de l'unité de cimentage pour le blocage des colis finis.

Rinçage de la boucle mortier :

La boucle mortier est rincée à l'air comprimé (poussée de la balle dans la tuyauterie de la boucle mortier) puis à l'eau. Le béton non utilisé (environ 70L pour les colis 500L MI vrac et 150L pour les colis 870L) est un mortier très liquide qui devient un déchet solide conventionnel que l'on obtient après séchage, et le reliquat d'eau est réutilisé. En effet, cette eau est récupérée dans une cuve de décantation puis réutilisée (10L de cette eau sont « perdus » à chaque rinçage de la boucle).

Les opérations de rinçage de la boucle mortier génèrent donc 10L d'effluents liquides conventionnels par colis produits, qui sont rejetés au réseau des effluents industriels. On considère qu'on réalise annuellement et au maximum le blocage de 114 colis 500L MI et de 10 colis 870L, soit un volume de **1,24 m^3/an**.

Rinçage de la ligne d'injection de mortier :

Les opérations d'injection de mortier dans les colis 500L MI et dans les colis 870L nécessitent le rinçage de la ligne d'injection de mortier. Le mortier est poussé à l'air et il en est récupéré environ 25L (sans production d'effluent liquides), puis on effectue un rinçage à l'eau dont on récupère environ 50L d'effluents suspect par opération de rinçage ; ces effluents sont orientés, après contrôle, dans le réseau d'effluents industriels.

On considère qu'on réalise annuellement et au maximum le blocage de 114 colis 500L MI et de 10 colis 870L, soit un volume de **6,2 m^3/an**.

Au total, le volume d'effluents industriels s'élève à **7,44 m^3/an**. Le spectre à retenir pour ces effluents industriels est le spectre « poubelle LECA » vieilli à l'année 2020. En l'absence de mesures, les activités totales retenues sont ici celles correspondant aux limites hautes de la spécification d'acceptation de ces effluents dans le réseau industriel. Les activités volumiques retenues sont détaillées dans le tableau ci-dessous :

RN	Activité volumique (Bq/m3)	Activité annuelle (Bq/an)
Am241	2.07E+03	1.54E+04
Ce144+	6.46E-05	4.81E-04
Cm244	3.49E+02	2.60E+03
Co60	2.51E+01	1.87E+02
Cs134	5.72E+00	4.25E+01
Cs137+	2.48E+04	1.84E+05
Eu154	1.42E+02	1.06E+03
Eu155	3.93E+01	2.93E+02
Ni63	3.99E+01	2.97E+02
Np237+	1.10E-02	8.15E-02
Pu238	1.57E+03	1.17E+04
Pu239+	5.94E+02	4.42E+03
Pu240	1.19E+03	8.82E+03
Pu241+	1.81E+04	1.35E+05
Ru106+	3.32E-03	2.47E-02
Sb125+	2.43E+00	1.80E+01
Sr90+	3.71E+03	2.76E+04
U234	9.63E-02	7.17E-01
U236	7.02E-04	5.22E-03
Total	***5.26E+04***	***3.92E+05***

Tableau 175 : Rejets radiologiques liquides industriels – Terme source « Module 3 »

Ces rejets seront effectués de 2036 à 2050 (16 ans).

2.3.2.1.3. Module 6 – Secteur des autres tranchées (Calcul I3)

Une partie des effluents industriels sont issus du rinçage des procédés d'injection de mortier dans les colis 870 L, de coulage des bouchons CB 500L et de préparation du coulis pour blocage des boues situés. Ils sont susceptibles de contenir des polluants chimiques ou faiblement radioactifs. Ils sont récupérés via un réseau d'effluent suspect et entreposés en cuves. Après contrôle radiologique, ils peuvent être rejetés au réseau d'effluents industriels s'ils répondent aux critères applicables sur le centre.

La quantité globale d'effluents liquides est estimée en considérant des campagnes d'utilisation des procédés puisqu'ils ne fonctionnent pas en même temps. A noter que ces volumes d'effluents donnés ci-après dépendent de l'utilisation de certains procédés (blocage des boues, …) ainsi que de la quantité d'humidité contenue dans les déchets historiques.

Pour les effluents suspects, on considère le procédé nécessitant le plus d'eau de rinçage (240 L/jour) à laquelle est ajoutée l'eau de rinçage des tuyauteries d'injection (50 L/jour). La quantité globale d'effluents industriels est donc estimée à environ 100 L par jour, soit **22 m^3/an**.

Le spectre à retenir pour ces effluents est celui des déchets UNGG vieilli de 60 ans. En l'absence de mesures, les activités totales retenues sont ici celles correspondant aux limites hautes de la spécification d'acceptation de ces effluents dans le réseau industriel.

L'autre partie des effluents industriels produits sont liés au fonctionnement des conteneurs de compresseurs d'airs (comprimés et respirables). Ces effluents sont rejetés au réseau d'effluents industriel du Centre, en réalisant des prélèvements pour garantir le respect des conditions d'acceptation.

Les quantités produites sont :

- 3 L/h pour les unités de production d'air comprimé, soit 24 L/j, à raison d'une journée de 8h,
- 12 L/h pour les unités de production d'air respirable, soit 96 L/j, à raison d'une journée de 8h.

Soit environ **26,4 m³/an** s'ajoutant aux effluents industriels issus du procédé.

Au total, un volume de **48,40 m³/an** d'effluents industriels est généré, les activités volumiques retenues sont détaillées dans le tableau ci-dessous :

RN	Activité volumique (Bq/m3)	Activité annuelle (Bq/an)
Am241	4.95E+03	2.39E+05
Co60	2.23E+01	1.08E+03
Cs137+	2.43E+02	1.17E+04
HTO	2.79E-01	1.35E+01
Np237+	7.05E-02	3.41E+00
Pa233	7.05E-02	3.41E+00
Pu238	3.83E+02	1.86E+04
Pu239	2.46E+03	1.19E+05
Pu240	2.21E+03	1.07E+05
Pu241	9.37E+03	4.53E+05
Pu242	8.95E-01	4.33E+01
Sm151	8.37E+00	4.05E+02
Sn126	1.67E-03	8.10E-02
Sr90	2.15E+02	1.04E+04
Tc99	8.37E-02	4.05E+00
Th230	2.44E-05	1.18E-03
Th231	1.44E-04	6.99E-03
U233	7.36E-06	3.56E-04
U234	8.35E-02	4.04E+00
U235	1.46E-04	7.06E-03
U236	3.93E-03	1.90E-01
U237	2.29E-01	1.11E+01
Zr93	1.12E-02	5.40E-01
Total	***1.99E+04***	***9.61E+05***

Tableau 176 : Rejets radiologiques liquides industriels – Terme source « Module 6 »

Ces rejets seront effectués de 2030 à 2051 (24 ans).

Une autre source estimée de production d'effluents industriels sera celle des eaux issues de forages liés à la création de piézomètres, à la réalisation de carottage pour sondage en zones suspectes, la réalisation de pieux de fondation en zones suspectes, dans le cadre de l'exploitation courante ou des projets sur la zone des tranchées. De façon analogue aux effluents issus des eaux de forage de la zone du Parc (cf. § 2.3.2.1.1), ces effluents liquides potentiellement légèrement marqués seront pompés en capacité de stockage intermédiaire et analysés avant d'être transférés dans les cuves suspectes (celles de la zone du Parc, ou celles de la zone des tranchées). En tenant compte des projets de RCD sur la zone des tranchées, le volume de ces effluents est estimés à 60 m³ par an.

Les valeurs d'activités volumiques considérées sont prises égales à celles de la zone du Parc (cf. Tableau 174). Pour des questions de simplification des calculs, ce volume annuel de 60 m³ sera jouté au volume annuel de 120 m³ de la zone du Parc pour le calcul d'impact (calcul I1), et sur la même durée d'exploitation, soit de 2027 à 2054.

2.3.2.2. Effluents actifs

Les modules/secteurs suivants ne comportent aucune opération susceptible de générer des effluents actifs :

- module 1 – secteur commun de la zone du Parc
- module 4 – secteur des fosses récentes
- module 5 – secteur des piscines
- module 7 – secteur du hangar TFA

2.3.2.2.1. Module 2 – Secteur des hangars (Calcul A1)

Au niveau des hangars, le seul procédé conduisant à générer des quantités significatives d'effluents liquides actifs est la découpe des colis 870L avec des outils de découpe à eau (estimation de 100L d'effluents non récupérables pour chaque colis) dans la salle de reconditionnement de l'ATC, ce qui conduit à rejeter environ **2 m³/an** d'effluents actifs (20 colis par an). Ces effluents doivent être envoyés par camion-citerne pour traitement vers AGATE (un transport par an). Le spectre à retenir pour ces effluents est celui des colis 870L. En l'absence de mesures, le niveau d'activité radiologique à retenir est celui correspondant aux limites hautes d'acceptation de l'installation AGATE.

Pour l'utilisation du bloc-cellules du hangar H11 et pour le futur ATC, les autres effluents liquides actifs éventuellement envisagés (en très faible volume) lors des opérations sur les colis seront absorbés à l'aide de chiffonnettes mises aux déchets radioactifs, après séchage. Ils ne sont donc pas comptabilisés dans ces effluents.

Les activités annuelles des effluents sont données dans le tableau ci-dessous :

RN	Activité annuelle (Bq/an)
Ag108m+	1.21E-02
Ag110m+	1.03E-06
Am241	9.47E+03
Be10	1.44E-06
C14 CO2	2.74E-02
Ce144+	8.09E-01
Cl36	1.85E-04
Cm242	6.54E+00
Cm244	2.91E+02
Co60	7.19E-02
Cs134	1.17E+01
Cs137+	1.17E+02
Eu152	3.72E-02
Eu154	1.66E+01
Eu155	7.19E-02
Fe55	1.35E-02
HTO	2.60E+09
I129org	1.08E-03
Mn54	7.63E-04
Mo93	2.97E-06

RN	Activité annuelle (Bq/an)
Na22	9.88E-06
Nb94	4.95E-06
Ni59	1.35E-02
Ni63	4.18E-02
Np237+	7.51E-03
Pu238	6.96E+03
Pu239+	6.17E+03
Pu240	3.09E+03
Pu241	1.35E+05
Pu242	3.48E+00
Ru106+	2.79E+00
Sb125+	1.17E+00
Sr90+	3.18E+01
Tc99	1.12E+01
Th228+	9.47E-02
U234	1.50E+00
U235+	6.35E-02
U236	4.25E-01
U238+	1.14E+00
Zr93	2.20E-06
Total	**2.60E+09**

Tableau 177 : Rejets radiologiques liquides actifs – Terme source « Module 2 »

Ces rejets seront effectués de 2032 à 2040 (9 ans).

2.3.2.2.2. Module 3 – Secteur des fosses anciennes (Calcul A2)

Les opérations de reprise et de traitement pourront générer des effluents liquides actifs lors des opérations de décontamination des équipements et des outils (assainissement des outillages, des CNV et des PDP). La quantité d'effluents actifs correspondante est évaluée à environ **3,7 m^3/an**. Ces effluents doivent être envoyés par camion-citerne pour traitement AGATE (un transport par an). Le spectre à retenir pour ces effluents est celui d'une poubelle LECA vieilli à l'année 2020. Le niveau d'activité radiologique à retenir est celui correspondant aux limites hautes d'acceptation de l'installation AGATE.

Par ailleurs, de l'eau contaminée peut également être présente en fond de puits (estimation faible compte tenu des volumes identifiés dans les puisards des fosses), ce qui conduit à un rejet estimé à 1 m^3/an d'effluents actifs, après pompage. Compte tenu de l'environnement dans lequel cette eau aurait séjourné, il est très probable que l'activité radiologique soit trop importante pour être acceptée sur l'installation AGATE. Il est donc prévu d'envoyer ces effluents par camion-citerne pour traitement vers la STEL du Centre de Marcoule (un transport par an).

Les activités annuelles des effluents sont données dans le tableau ci-dessous :

RN	Activité annuelle (Bq/an)
Am241	1.73E+04
Ce144+	2.18E-04
Cm244	2.91E+03
Co60	8.48E+01
Cs134	1.93E+01
Cs137+	8.37E+04
Eu154	4.82E+02
Eu155	1.33E+02
Ni63	1.35E+02
Np237+	9.14E-02
Pu238	1.31E+04
Pu239+	4.95E+03
Pu240	9.89E+03
Pu241+	6.13E+04
Ru106+	1.12E-02
Sb125+	8.20E+00
Sr90+	1.26E+04
U234	8.04E-01
U236	5.86E-03
Total	**2.07E+05**

Tableau 178 : Rejets radiologiques liquides actifs – Terme source « Module 3 »

Ces rejets seront effectués de 20368 à 2051 (16 ans).

2.3.2.2.3. Module 6 – Secteur des autres tranchées (Calcul A3)

Les effluents liquides actifs proviennent notamment des déchets détrempés issus des tranchées et pouvant être transférés au niveau des BAG de sortie de tranchée, du rinçage du procédé de blocage des boues et du rinçage d'une partie des tuyauteries du procédé d'injection de mortier dans les colis 870 L.

Ces effluents sont récupérés via un réseau d'effluent actif et entreposés en cuve active. La quantité globale d'effluents liquides actifs est estimée en considérant des campagnes d'utilisation des procédés en série puisqu'ils ne fonctionnent pas simultanément. A noter que les volumes d'effluents donnés ci-après dépendent de l'utilisation de certains procédés (blocage des boues, etc.) ainsi que de la quantité d'humidité contenue dans les déchets historiques.

Pour les effluents actifs, on considère le procédé nécessitant le plus d'eau de rinçage (40 L/jour pour le procédé d'injection de mortier pour les colis 870L) à laquelle est ajoutée l'eau issue des déchets détrempés (14 L/jour), ce qui représente une quantité globale d'effluents actifs d'environ 54 L par jour, soit **12 m^3/an**. Cette quantité annuelle correspond à environ 3 transports par an de camion-citerne vers AGATE pour traitement.

Le spectre à retenir pour ces effluents est celui des déchets UNGG vieilli de 60 ans.

Nota : Le REX de T2 rapporte la présence d'eau piégée dans les déchets (notamment dans des colis dégradés), mais l'absence d'eau directement dans la tranchée (entre des déchets), et donc de faibles volumes d'effluents actifs générés.

RN	Activité annuelle (Bq/an)
Am241	7.69E+04
Co60	1.83E+03
Cs137+	1.99E+04
HTO	1.55E+10
Np237+	1.10E+00
Pa233	5.78E+00
Pu238	5.96E+03
Pu239	3.82E+04
Pu240	3.43E+04
Pu241	7.68E+05
Pu242	1.39E+01
Sm151	6.86E+02
Sn126	1.37E-01
Sr90	1.76E+04
Tc99	6.86E+00
Th230	3.79E-04
Th231	1.18E-02
U233	1.14E-04
U234	1.30E+00
U235	2.27E-03
U236	6.11E-02
U237	1.87E+01
Zr93	9.15E-01
Total	**1.55E+10**

Tableau 179 : Rejets radiologiques liquides actifs – Terme source « Module 6 »

Ces rejets seront effectués de 20308 à 2051 (22 ans).

2.3.2.3. Synthèse des rejets liquides

Le tableau ci-dessous résume la chronologie des rejets liquides de 2027 à 2054, par calcul :

Rejet	Module	Calcul	Volume (m^3/an)	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054
Industrie	M1 - Commun	I1	180 (*)																												
	M3 - Vrac-MI	I2	7,44																												
	M6 - Tranchées	I3	48,4																												
Actif	M2 - Hangars	A1	2																												
	M3 - Vrac-MI	A2	3,7																												
	M6 - Autres tranchées	A3	12																												

Tableau 180 : Chronologie des rejets liquides

(*) Ce volume tient compte des 120 m^3 annuels de la zone du Parc et des 60 m^3 annuels de la zone des tranchées.

La contribution de chaque calcul à l'activité totale par catégorie de radioéléments est représentée sur les graphiques suivants :

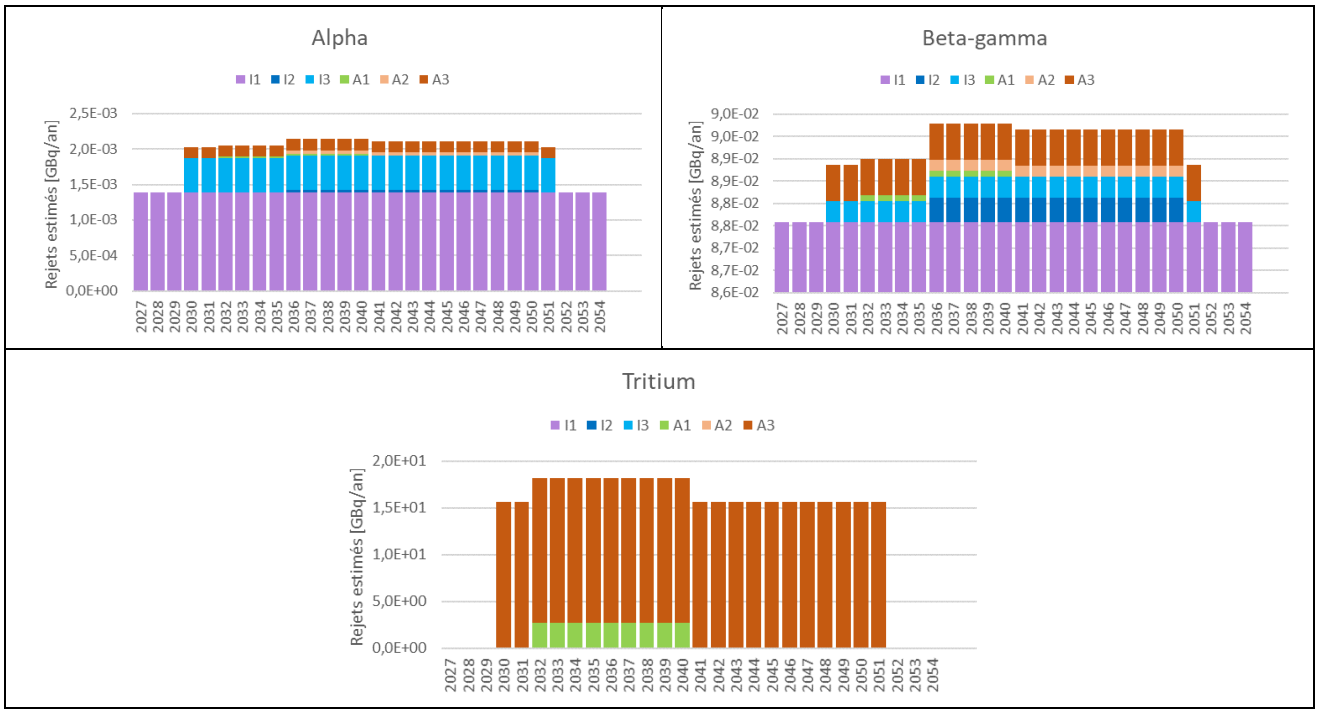


Figure 155 : Rejets liquides radiologiques annuels par calcul

2.3.3. Proposition de limites de transfert d'effluents industriels

Tout comme pour les rejets atmosphériques, les transferts d'effluents industriels de l'INB 56 sont actuellement réglementés par des limites annuelles et des limites mensuelles fixées par la Décision 2017-DC-0596 de l'ASN. Ces limites ont été présentées en tête de chapitre. Les rejets prévus durant le démantèlement seront soit inférieurs, soit supérieurs à ces limites, aussi il est nécessaire de demander d'autres limites plus spécifiques aux rejets envisagés.

Les nouvelles limites sont calculées à partir des spectres de références et complémentaires associés aux effluents industriels. En fonction des valeurs minimales détectables par les dispositifs de surveillance et des rejets estimés, les valeurs maximales sont retenues en tant que limites annuelles de rejet, elles sont présentées dans le tableau ci-après :

	Limites (GBq/an)	
	Actuelles	**Proposition révisée (2024)**
Emetteurs α	3.60E-05	1.91E-03
Emetteurs βγ	3.33E-04	5.45E-02
Tritium	2.34E-04	6.31E-02

Tableau 181 : Limites des activités annuelles des effluents liquides industriels - valeurs actuelles et propositions

Le tableau suivant rappelle les transferts d'effluents industriels annuels effectués au réseau du Centre de Cadarache, avec les activités radiologiques associées en tritium, alpha total et beta-gamma total pour les années 2011 à 2018 qui ont servis de base à l'élaboration des nouvelles limites de rejets demandées, et l'estimation des rejets pour les besoins du démantèlement :

			Activités annuelles (Bq/an)		
	Année	Volume (m^3)	ALPHA TOTAL	BETA TOTAL	TRITIUM
Effluents suspects	2011	4,2	3.57E+01	1.97E+04	9.66E+04
	2012	5	5.25E+01	2.91E+05	3.75E+04
	2013	4,5	4.32E+01	9.52E+04	1.71E+05
	2014	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	2015	9	5.56E+02	1.25E+05	6.75E+04
	2016	8,09	5.06E+02	1.46E+05	6.07E+04
	2017	5,03	2.72E+02	6.00E+04	5.50E+05
	2018	7,11	7.18E+02	9.02E+04	1.77E+05
	Limites actuelles		**3.60E+04**	**3.33E+05**	**2.34E+05**
	DEM	**234**	**1.91E+06**	**5.45E+07**	**6.31E+07**

Tableau 182 : Volumes d'effluents industriels et activité radiologique associée transférés au réseau du Centre de Cadarache, et propositions

Le tableau suivant compare les rejets mesurés entre 2011 et 2018 aux autorisations de rejet actuelles et aux limites demandées :

Catégories	**Rejets (2011-2018)**		**Limites Actuelles**	**Nouvelles limites**
	Min	**Max**		
α total	3.57E-08	7.18E-07	3.60E-05	1.91E-03
β total	1.97E-05	2.91E-04	3.33E-04	5.45E-02
Tritium	3.75E-05	5.50E-04	2.34E-04	6.31E-02

Tableau 183 : Comparaison des rejets (2011 à 2018) avec les limites actuelles et demandées (GBq/an)

Le spectre associé aux limites est donné dans le tableau ci-dessous :

Catégories	**RN**	**% de l'activité de la catégorie**
Tritium	HTO	100%
Emetteurs βγ	Cs137+	50%
	Sr90+	50%
Emetteurs α	Pu238	50%
	Pu240	50%

Tableau 184 : Spectres de référence des rejets liquides industriels de l'INB 56

2.3.4. Calculs d'impact des rejets d'effluents liquides

2.3.4.1. Hypothèses retenues pour les calculs d'impact

Les hypothèses retenues pour les calculs d'impact sont présentées dans la partie 5. Ne sont rappelées ci-dessous que les hypothèses principales.

Code de calcul

Le calcul d'impact des rejets liquides est réalisé avec le module ABRICOT de la plateforme CERES.

Débit de la Durance

Le débit de la Durance est supposé au minimum garanti par EDF en aval du barrage de Cadarache, soit 9 m^3/s.

Voies d'exposition

Les voies d'exposition des rejets liquides sont présentées dans le schéma de principe ci-dessous :

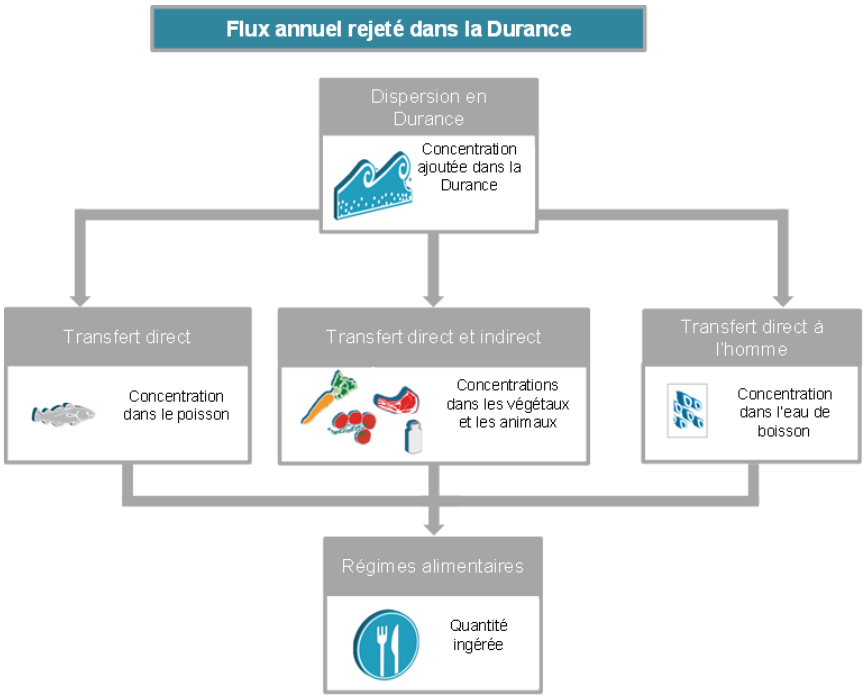


Figure 156 : Schéma conceptuel générique des voies d'expositions suite à des rejets liquides en Durance

Groupes de référence

Les résultats des calculs d'impact des rejets liquides sont présentés pour les groupes de référence de Saint-Paul-lez-Durance (ingestion de productions agricoles irriguées avec l'eau de la Durance et de poissons pêchés en Durance) et de Beaumont-de-Pertuis (consommation d'eau de boisson prélevée dans la Durance).

2.3.4.2. Calcul d'impact des rejets liquides attendus

Les doses efficaces annuelles maximales et les doses efficaces cumulées sur les 30 années de rejets, pour chacun des groupes de populations, sont données dans le tableau suivant :

Groupes de populations	Doses efficaces maximales annuelles (mSv/an) et cumulées (mSv)					
	Enfants 1-2 ans		Enfants 10 ans		Adulte	
	Annuelle (2051)	Cumulée (30 ans)	Annuelle (2051)	Cumulée (30 ans)	Annuelle (2051)	Cumulée (30 ans)
Saint-Paul-Lez-Durance	3,53E-05	9,23E-04	3,69E-05	9,64E-04	4,98E-05	1,33E-03
Beaumont de Pertuis	1,82E-06	4,69E-05	1,88E-06	4,92E-05	2,52E-06	6,48E-05

Tableau 185 : Doses efficaces annuelles maximales (2028) et cumulées (30 ans) issues des rejets liquides estimés

Les doses annuelle et cumulée les plus importantes sont respectivement :

- Saint-Paul-lez-Durance, adulte : **$4{,}98.10^{-5}$ mSv/an** et **$1{,}33.10^{-3}$ mSv,**
- Beaumont de Pertuis, adulte : **$2{,}52.10^{-6}$ mSv/an** et **$6{,}48.10^{-5}$ mSv**.

Les graphiques ci-dessous illustrent la contribution des calculs aux doses reçues par les adultes :

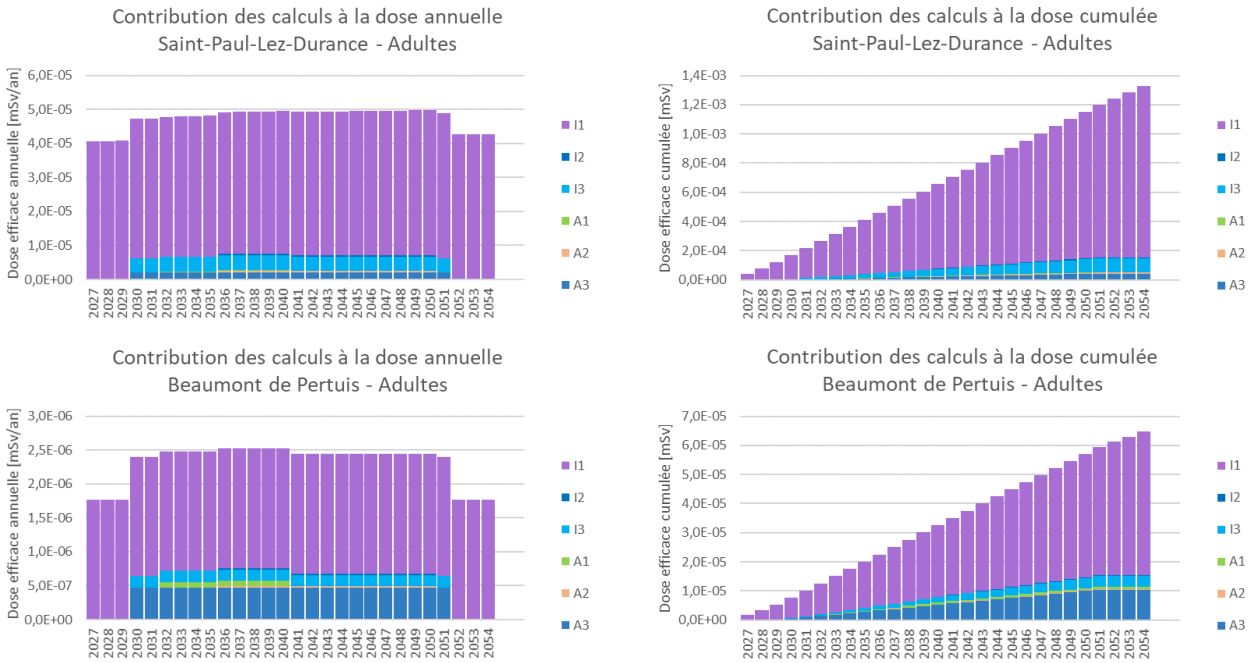


Figure 157 : Doses efficaces annuelles et cumulées issues des rejets liquides

Les calculs I1 et I3 (rejets industriels du parc et du secteur des autres tranchées) sont les principaux responsables de la dose totale.

2.3.4.3. Calcul d'impact des rejets liquides industriels aux limites

Les rejets d'effluents industriels aux valeurs limites sont constants sur toutes la durée des opérations, ainsi les doses efficaces annuelles maximales sont obtenues la dernière année (2051). Ces valeurs, ainsi que les cumuls sur les 30 années de rejets, sont données dans le tableau suivant :

Groupes de populations	Doses efficaces maximales annuelles (mSv/an) et cumulées (mSv)					
	Enfants 1-2 ans		Enfants 10 ans		Adulte	
	Annuelle (2051)	Cumulée (30 ans)	Annuelle (2051)	Cumulée (30 ans)	Annuelle (2051)	Cumulée (30 ans)
Saint-Paul-Lez-Durance	3,87E-05	1,16E-03	4,04E-05	1,21E-03	5,86E-05	1,76E-03
Beaumont de Pertuis	1,62E-06	4,86E-05	1,91E-06	5,72E-05	2,47E-06	7,41E-05

Tableau 186 : Doses efficaces annuelles maximales (2051) et cumulées (30 ans) issues des rejets liquides aux limites

Les doses annuelle et cumulée les plus importantes sont respectivement :

- Saint-Paul-lez-Durance, adulte : **$5{,}86.10^{-5}$ mSv/an** et **$1{,}76.10^{-3}$ mSv,**
- Beaumont de Pertuis, adulte : **$2{,}47.10^{-6}$ mSv/an** et **$7{,}41.10^{-5}$ mSv.**

2.3.4.4. Synthèse de l'impact des rejets liquides

2.3.4.4.1. Evaluation des incidences sur la santé humaine

Les doses efficaces maximales issues de tous les calculs, obtenues en supposant les hypothèses les plus pénalisantes, restent largement inférieures à la dose de 1 mSv/an, limite réglementaire pour la population de la dose annuelle admissible d'expositions d'origines artificielles (hors expositions à des fins médicales), fixée par l'article R. 1333-11 du code de la santé publique.

De plus, les valeurs sont inférieures à la dose de 10 µSv, totale ou annuelle, dose jugée non préoccupante au titre de la radioprotection.

L'impact des rejets liquides radiologiques est donc considéré comme faible.

2.3.4.4.2. Evaluation des incidences sur l'environnement

L'activité ajoutée dans les produits alimentaires reste largement inférieure aux limites de commercialisation tout au long du démantèlement, aucun élément de l'environnement ne présente d'activité supérieure aux seuils de décision des mesures dans l'environnement.

Les incidences résiduelles sur l'environnement sont qualifiées de faibles.

2.4. Incidences des rejets atmosphériques chimiques

2.4.1. Caractérisation des rejets atmosphériques

Le fonctionnement actuel de l'INB 56 ne nécessite pas l'utilisation de produits chimiques spécifiques. Son démantèlement ne fera pas non plus appel à de grandes quantités de produits chimiques. Aussi, on considère que les gaz d'échappement représentent l'essentiel des composés chimiques rejetés à l'atmosphère. Ces rejets sont supposés émis au niveau du sol.

Les rejets atmosphériques chimiques émis par l'INB 56 sont estimés de manière annuelle et en restant enveloppe des rejets réels en distinguant :

- les rejets des activités permanentes (essais et entretien des GEF, exploitation de l'installation Vrac-MI, gaz d'échappement des camions de transport des colis finaux),
- les rejets temporaires liés aux activités de démantèlement (construction des installations de RCD).

2.4.1.1. Zone du Parc

2.4.1.1.1. Rejets des activités permanentes

2.4.1.1.1.1. Fonctionnement intermittent des deux GEF

Les rejets réguliers liés au fonctionnement des deux GEF sont communs à la zone du parc. Les hypothèses suivantes sont utilisées pour définir les émissions annuelles liées au groupe électrogène de la zone du parc :

- chaque GEF fonctionne au maximum **32 heures par an** (dont 16 heures pour les essais mensuel et annuels de sûreté du GEF et 16 heures pour pallier aux coupures d'alimentation électrique),
- les rejets des GEF sont ceux d'un moteur diesel de 330 kVA, soit **264 kW**. En l'absence d'indication de norme historique, la norme EU Nonroad diesel engines Stage I de 1999, catégorie A (130kW > P > 560 kW) est utilisée pour les calculs.

Les rejets atmosphériques chimiques liés aux groupes électrogènes fixes sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Rejets	CO	HC	NOx	PM	CO_2
Limites d'émission pour la norme Stage I (cat A) et facteur d'émission de CO_2 pour le diesel (en g/kWh)	5	1.3	9.2	0.54	330
Rejets atmosphériques horaires pour les 2 GEF (en g/h)	2640	686.4	4857.6	285.12	174240
Rejets atmosphériques pour 32h/an d'utilisation par GEF (en kg/an)	84.48	21.9648	155.4432	9.1238	5575.68

Tableau 187 : Rejets atmosphériques chimiques permanents - Zone du Parc – Fonctionnement des GEF

2.4.1.1.1.2. Exploitation Vrac-MI

Les travaux d'exploitation de l'installation Vrac-MI nécessitent l'utilisation en parallèle de **2 engins de 150 kW** pendant **312 heures**.

Rejets	CO	HC	NOx	PM	CO_2
Limites d'émission pour la norme Stage III B (M/N) et facteur d'émission de CO_2 pour le diesel (en g/kWh)	5	0.19	3.3	0.025	330
Rejets atmosphériques horaires (en g/h)	1500	57	990	7.5	99000
Rejets atmosphériques pour 312h de travaux (en kg)	468	17.78	308.88	2.34	30888

Tableau 188 : Rejets atmosphériques chimiques permanents - Zone du Parc – Exploitation Vrac-MI

2.4.1.1.1.3. Gaz d'échappement des camions de transport des colis finaux (pendant leur stationnement sur l'installation)

Nombre maximum de transports nécessaires par an

Hangars :

- 28 caissons PbSO4 : **14** transports FA = 2 conteneurs 7C par camion
- 269 CB 500L : **34** transports vers CEDRA = 8 conteneurs CB par camion
- 200 colis 870L : **29** transports vers CEDRA = 7 colis 870L par camion
- 15 OT Terres Bayard : **15** transports FA = 1 OT par camion

Fosses anciennes :

- **6** transports FA (conteneurs 7C)
- **2** transports vers CEDRA (colis 870L, 61 en moyenne sur 7 ans)
- **114** transports vers CEDRA (MI 500L)
- **1** transport d'approvisionnement de matériels et de consommables

Fosses récentes :

- 50 colis MI 500L : **50** transports vers CEDRA

Piscines :

- estimation de 4,26 m^3 de gravats de type FA : **1** transport (2 colis 7C de 3 m^3 de volume utile)
- opérations d'évacuation des déchets entreposés dans le hangar des piscines (exploitation, technologiques, équipements démontés), programmées entre 2022 et 2026, soit au maximum par an :
  - 7 m^3 de Vrac FMA-VC en pièce unitaire massive : 3 transports vers le CIRES, via l'ICPE 312
  - 4 paniers constitués pour assemblage en caisson 5 m^3 7C : 2 transports vers le CIRES, via l'ICPE 312
  - 100 fûts 2A compactable 200 L jaune : 5 transports vers le CIRES, via l'ICPE 801
  - 4 fûts 118 L PE incinérable solide : 1 transport vers le CIRES, via l'ICPE 801
  - 4 caissons 5 m^3 7C : 2 transports vers le CSA
  - 3 m^3 de déchets Métalliques Non Compactables (Famille 2, casier 2m^3) : 1 transport vers le CIRES, via l'ICPE 801
  - 3 m^3 de déchets Non Métalliques Compactables (Famille 4, GRVS) : 1 transport vers le CIRES, via l'ICPE 801
  - 5 m^3 de Pièces Massives unitaires : 2 transports vers le CIRES, via l'ICPE 801

Rejets des gaz d'échappement des camions de transport

Pour les calculs d'impact, il est considéré que les différents camions utiles au démantèlement restent stationnés pendant 1 heure, moteur allumé, à chacune de leurs rotations. Il s'agit de :

- 92 camions prévus pour le transport des déchets solides finaux du secteur des hangars,
- 123 camions prévus pour le transport des déchets solides finaux du secteur des fosses anciennes et pour les camions d'approvisionnement,
- 50 camions prévus pour le transport des déchets solides finaux du secteur des fosses récentes,
- 18 camion prévu pour le transport des déchets solides finaux du secteur des piscines.

Soit un total de 283 transports pour la zone du parc. Les hypothèses suivantes sont utilisées pour définir leurs rejets chimiques :

- la puissance de ces camions est estimée à 450 ch (puissance des moteurs des plus gros poids lourds couramment en circulation aujourd'hui), soit environ 330 kWh,
- il est estimé que ces camions fonctionnent à 20% de cette puissance lorsqu'ils sont à l'arrêt, moteur allumé,
- le facteur d'émission de CO_2 pour le diesel pur est de 0,330 $kgCO_{2e}$ par kWh.

Ces camions respectent *a minima* la norme Euro V (propre aux camions mis en service après octobre 2008). A ce sujet, le document en référence indique qu'en 2020, cette norme Euro V sera respectée par près de 90% des poids lourds (59% des poids lourds respectant également la norme Euro VI en vigueur depuis janvier 2013). Les rejets atmosphériques chimiques liés aux rotations de camions en lien avec le démantèlement sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Rejets	CO	HC	NOx	PM	CO_2
Limites d'émission pour la norme Euro V et facteur d'émission de CO_2 pour le diesel (en g/kWh)	1.5	0.46	2	0.02	330
Rejets atmosphériques horaires (en g/h)	99	30.36	132	1.32	21780
Rejets atmosphériques pour un total de 283 camions réalisant des rotations d'1h (en kg)	28.02	8.59	37.36	0.37	6163.74

Tableau 189 : Rejets atmosphériques chimiques permanents - Zone du Parc – Rotations des camions

2.4.1.1.1.4. Total des rejets des activités permanentes

Au total, les activités permanentes conduisent au rejet annuel des quantités suivantes :

Rejets	CO	HC	NOx	PM	CO_2
Rejets annuels liés au fonctionnement intermittent des GEF du parc (kg/an)	84.48	21.96	155.44	9.12	5 576
Exploitation de Vrac-MI (kg/an)	468	17.78	308.88	2.34	30888
Rejets annuels liés au gaz d'échappement des camions pendant leurs stationnements sur l'installation	28.02	8.59	37.36	0.37	6163.74
Total (kg/an)	***538.26***	***37.36***	***423.96***	***7.28***	***39839.58***

Tableau 190 : Rejets atmosphériques chimiques permanents - Zone du Parc – Synthèse

2.4.1.1.2. Rejets temporaires liés aux activités de démantèlement

Lors des opérations de démantèlement, des rejets chimiques gazeux sont émis par les engins de chantier et par les différents camions susceptibles de stationner moteur allumé sur place.

2.4.1.1.2.1. Construction de la voie Sud et du hangar ATC

La réalisation des opérations de démantèlement nécessite :

- la construction du hangar ATC : ces travaux nécessitent la mise en œuvre d'un rouleau compresseur et d'une goudronneuse d'une puissance totale de **300 kW** pendant 8 mois (à raison de 8h par jour et 20 jours par mois) soit un total de **1280 h**,
- la construction de la nouvelle voie au sud des hangars H1 à H11 qui permet de desservir le nouveau hangar ATC. La durée des travaux, qui nécessite l'emploi de 3 pelleteuses et d'un tombereau d'une puissance totale de **600 kW**, est estimée à 3 mois (à raison de 8h par jour et 20 jours par mois), soit un total de **480 h**.

Les hypothèses suivantes sont utilisées pour définir leurs rejets chimiques sont les mêmes que précédemment. Les rejets atmosphériques chimiques liés aux gaz d'échappement des engins de chantier sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Rejets	CO	HC	NOx	PM	CO_2
Limites d'émission pour la norme Stage III B (M/N) et facteur d'émission de CO_2 pour le diesel (en g/kWh)	5	0.19	3.3	0.025	330
Rejets atmosphériques horaires de la construction du hangar ATC (en g/h)	1500	57	990	7.5	99000
Rejets atmosphériques pour la construction du hangar ATC pour 1280 h de travaux (en kg par an)	1920	72.96	1267.2	9.6	126720
Rejets atmosphériques horaires de la construction de la voie Sud (en g/h)	3000	114	1980	15	198000
Rejets atmosphériques pour la construction de la voie Sud pour 480 h de travaux (en kg par an)	1440	54.72	950.4	7.2	95040
Total (kg/an)	**3360**	**127.68**	**2217.6**	**16.8**	**221760**

Tableau 191 : Rejets atmosphériques chimiques temporaires - Zone du Parc – Construction voie Sud et hangar ATC

2.4.1.1.2.2. Construction de l'installation Vrac-MI

Etape 1 : opérations préparatoires

La réalisation des opérations de démantèlement nécessite de déconstruction du bâtiment 285 et du hangar Vrac-FI en vue de permettre la construction de la nouvelle halle destinée au traitement des déchets. La durée des travaux est estimée à 11 mois (à raison de 20 jours par mois et 8 h par jour, soit **1760 h**) et ces travaux nécessitent 10 engins de 150 kW (au maximum), soit une puissance totale de **1500 kW**.

Les hypothèses utilisées pour définir leurs rejets chimiques sont les mêmes que précédemment. Les rejets atmosphériques chimiques liés aux gaz d'échappement des engins de chantier sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Rejets	CO	HC	NOx	PM	CO_2
Limites d'émission pour la norme Stage III B (M/N) et facteur d'émission de CO_2 pour le diesel (en g/kWh)	5	0.19	3.3	0.025	330
Rejets atmosphériques horaires (en g/h)	7500	285	4950	37.5	495000
Rejets atmosphériques pour 1760 h de travaux (en kg par an)	13200	501.6	8712	66	871200

Tableau 192 : Rejets atmosphériques chimiques temporaires - Zone du Parc – Construction Vrac-MI – Etape 1

Etape 2 : construction de l'installation

La réalisation des fondations profondes, du gros œuvre et du second œuvre lors de la construction de la nouvelle halle destinée au traitement des déchets nécessite au maximum l'utilisation de 10 engins de 150 kW (soit **1500 kW**) pendant 32 mois (à raison de 20 jours par mois et 8 h par jour), soit **5120 h** au total, et 1920 h/an.

Les hypothèses utilisées pour définir leurs rejets chimiques sont les mêmes que précédemment. Les rejets atmosphériques chimiques liés aux gaz d'échappement des engins de chantier sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Rejets	CO	HC	NOx	PM	CO_2
Limites d'émission pour la norme Stage III B (M/N) et facteur d'émission de CO_2 pour le diesel (en g/kWh)	5	0.19	3.3	0.025	330
Rejets atmosphériques horaires après arrondis (en g/h)	7500	285	4950	37.5	495000
Rejets atmosphériques pour 1920 h/an de travaux (en kg/an)	14400	547.2	9504	72	950400

Tableau 193 : Rejets atmosphériques chimiques temporaires - Zone du Parc – Construction Vrac-MI – Etape 2

2.4.1.1.2.3. Engins nécessaires pour les besoins des fosses récentes

Aucun engin n'est nécessaire sur le secteur des fosses récentes.

2.4.1.1.2.4. Engins nécessaires pour les besoins des piscines

Aucun engin n'est nécessaire sur le secteur des piscines.

2.4.1.1.2.5. Total des rejets temporaires

Le total des rejets temporaires est estimé en sommant les rejets maximaux susceptibles d'être simultanés, à savoir les rejets liés à la construction du hangar ATC et ceux liés à la construction de l'installation de RCD Vrac-MI.

Au total, les activités temporaires conduisent au rejet annuel des quantités suivantes :

Rejets	CO	HC	NOx	PM	CO_2
Construction hangar ATC	1920	72.96	1267.2	9.6	126720
Construction hangar voie Sud	1440	54.72	950.4	7.2	95040
Déconstruction du bâtiment 285 et du hangar Vrac-FI	13200	501.6	8712	66	871200
Construction Vrac-MI	14400	547.2	9504	72	950400
Total (kg/an)	**30960**	**1176.48**	**20433.6**	**154.8**	**2043360**

Tableau 194 : Rejets atmosphériques chimiques temporaires - Zone du Parc – Synthèse

2.4.1.2. Zone des Tranchées

2.4.1.2.1. Rejets des activités permanentes

2.4.1.2.1.1. Fonctionnement intermittent du GEF

Les hypothèses suivantes sont utilisées pour définir les émissions annuelles liées au groupe électrogène de la zone des tranchées :

- le GEF fonctionne au maximum **32 heures par an** (dont 16 heures pour les essais mensuel et annuels de sûreté du GEF et 16 heures pour pallier aux coupures d'alimentation électrique),
- les rejets du GEF sont ceux d'un moteur diesel de 250 kVA, soit **200 kWh**. En l'absence d'indication de norme historique, la norme EU Nonroad diesel engines Stage I de 1999 est utilisée pour les calculs.

Les rejets atmosphériques chimiques liés au groupe électrogène fixe sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Rejets	CO	HC	NOx	PM	CO_2
Limites d'émission pour la norme Stage I (cat A) et facteur d'émission de CO_2 pour le diesel (en g/kWh)	5	1.3	9.2	0.54	330
Rejets atmosphériques horaires après arrondis (en g/h)	1000	260	1840	108	66000
Rejets atmosphériques pour 32 h/an d'utilisation (en kg/an)	32	8.32	58.88	3.456	2112

Tableau 195 : Rejets atmosphériques chimiques permanents - Zone des Tranchées – Fonctionnement du GEF

2.4.1.2.1.2. Gaz d'échappement des camions pendant leurs stationnements sur l'installation

Nombre de camions nécessaires par an

- 126 big-bag : **7** transports TFA (20 big bag par container IP2)
- 320 colis de 100 L : **16** transports FA (20 colis par camion)
- 501 colis de 200 L : **26** transports FA (20 colis par camion)
- 8 colis 7C : **4** transports FA (2 colis 7C par camion)
- 26 coque béton : **4** transports FA (8 CB par camion)
- 10 CB 500L : **2** transports FA (8 CB par camion)
- 123 colis 870L : **18** transports vers CEDRA (7 colis 870L par camion)

Cela représente 77 camions de transport par an pour le secteur des tranchées auxquels s'ajoutent environ 100 transports de conteneur ISO pieds (pour les déchets TFA du secteur du hangar TFA), soit un total de **177 transports par an**.

Impact des gaz d'échappement des camions de transport

Pour les calculs d'impact, il est considéré que les différents camions utiles au démantèlement restent stationnés pendant 1 heure, moteur allumé, à chacune de leurs rotations. Il s'agit de 177 camions prévus pour le transport des déchets solides.

Les hypothèses suivantes sont utilisées pour définir leurs rejets chimiques :

- la puissance de ces camions est estimée à 450 ch (puissance des moteurs des plus gros poids lourds couramment en circulation aujourd'hui), soit environ 330 kWh,

- il est estimé que ces camions fonctionnent à 20% de cette puissance lorsqu'ils sont à l'arrêt moteurs allumés,
- le facteur d'émission de CO_2 pour le diesel pur est de 0,330 $kgCO_{2e}$ par kWh,
- ces camions respectent à minima la norme Euro V (propre aux camions mis en service après octobre 2008). A ce sujet, le document en référence indique qu'en 2020, cette norme Euro V sera respectée par près de 90% des poids lourds (59% des poids lourds respectant également la norme Euro VI en vigueur depuis janvier 2013).

Les rejets atmosphériques chimiques liés aux rotations de camions en lien avec le démantèlement sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Rejets	CO	HC	NOx	PM	CO_2
Limites d'émission pour la norme Euro V et facteur d'émission de CO_2 pour le diesel (en g/kWh)	1.5	0.46	2	0.02	330
Rejets atmosphériques horaires après arrondis (en g/h)	99	30.36	132	1.32	21780
Rejets atmosphériques pour un total de 177 camions réalisant des rotations d'1h (en kg par an)	17.52	5.37	23.36	0.23	3855.06

Tableau 196 : Rejets atmosphériques chimiques permanents - Zone des Tranchées – Rotations des camions

2.4.1.2.1.3. Total des rejets annuels des activités permanentes

Au total, les activités permanentes conduisent au rejet annuel des quantités suivantes :

Rejets	CO	HC	NOx	PM	CO_2
Rejets annuels liés au fonctionnement intermittent du GEF des tranchées (kg par an)	32	8.32	58.88	3.456	2112
Rejets annuels liés au gaz d'échappement des camions pendant leurs stationnements sur l'installation (kg par an)	17.52	5.37	23.36	0.23	3855.06
Total arrondi (kg/an)	**49.52**	**13.69**	**82.24**	**3.69**	**5967.06**

Tableau 197 : Rejets atmosphériques chimiques permanents - Zone des Tranchées – Synthèse

2.4.1.2.2. Rejets temporaires liés aux activités de démantèlement

Les engins de chantier doivent servir au terrassement et à la construction de l'installation de RCD des tranchées comprenant les bâtiments « tranchées » (en pratique, un seul bâtiment « tranchée » peut être construit sur une année puisque la construction de ces bâtiments s'étale de 2027 à 2051).

Il est envisagé d'utiliser des engins du type tractopelle, rouleau compresseur, caractérisés par une puissance moyenne de 150 kW. On suppose l'utilisation simultanée de trois engins de terrassement soit une puissance totale de **450 kW**. Ces travaux dureront en moyenne 6 mois, (pendant 8 heures par jour et pendant 20 jours par mois), soit **960 h** de travaux.

Les rejets atmosphériques chimiques liés aux rejets temporaires des engins de terrassement sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Rejets	CO	HC	NOx	PM	CO_2
Limites d'émission pour la norme Stage III B (M/N) et facteur d'émission de CO_2 pour le diesel (en g/kWh)	5	0.19	3.3	0.025	330
Rejets atmosphériques horaires après arrondis (en g/h)	2250	85.5	1485	11.25	148500
Rejets atmosphériques pour 6 mois (960 h) de travaux arrondis (en kg par an)	2160	82.08	1425.6	10.8	142560

Tableau 198 : Rejets atmosphériques chimiques temporaires - Zone des Tranchées – Engins de terrassement

2.4.1.3. Synthèse des rejets

Le tableau suivant présente les rejets atmosphériques totaux sur l'installation en prenant en compte la contribution des activités permanentes et celle des activités de démantèlement :

Rejets		CO	HC	NOx	PM	CO_2
Rejet des activités permanentes (kg/an)	Zone du Parc	580	48	502	12	42 627
	Zone des Tranchées	50	14	82	4	5 967
Rejets des activités de démantèlement (kg/an)	Zone du Parc	30 960	1 176	20 434	155	2 043 360
	Zone des Tranchées	2 160	82	1 426	11	142 560
Rejets globaux au maximum arrondis (kg/an)	*Zone du Parc*	31 540	1 225	20 935	167	2 085 987
	Zone des Tranchées	2 210	96	1 508	14	148 527
	Total	***33 750***	***1 321***	***22 443***	***181***	***2 234 514***

Tableau 199 : Total des rejets atmosphériques chimiques

2.4.2. Evaluation des incidences sur la santé humaine

2.4.2.1. Hypothèses retenues

L'évaluation des incidences sur la santé humaine passe par le calcul des concentrations ajoutées dans l'air des différentes substances, et par la comparaison de ces concentrations avec des valeurs de référence existantes.

2.4.2.1.1. Choix des substances et des valeurs de référence

Des valeurs de référence pour la qualité de l'air sont définies à l'article R. 221-1 du code de l'environnement, à la fois pour les expositions aigues (horaires pour la plupart), et pour les expositions chroniques (moyennes annuelles). Elles ont été présentées en partie 1, au chapitre 4.1.1.

Des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) pour la voie inhalation sont disponibles pour le monoxyde de carbone (CO) et les oxydes d'azote (NOx), uniquement pour les expositions aigues. Le tableau suivant synthétise les valeurs de référence disponibles pour les substances prises en compte dans les rejets :

	Article R. 221-1 du code de l'environnement					**VTR effet à seuil de dose – Inhalation**	
	Exposition aigue			**Exposition chronique**		**Exposition aigue**	
	Valeur limite	**Seuil information et recommandation**	**Seuils d'alerte**	**Valeur limite**	**Objectif de qualité**	**VTR**	**Référence**
Substance	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	mg/m³	
Dioxyde d'azote (NO2)	200 (h)	200 (h)	400 (h)	40 (a)			
Oxydes d'azote (NOx)						0,47	OEHHA (2014)
PM10	50 (j)	50 (h)	80	40 (a)	30 (a)		
PM2.5				25 (a)	10 (a)		
CO	10000 (h)					23	OEHHA (2014)
Hydrocarbures (Benzène)				5 (a)	2 (a)		

(a) : moyenne annuelle ; (h) : moyenne horaire ; (j) : moyenne journalière

Tableau 200 : Valeurs de référence disponibles pour l'étude d'impact sanitaire des rejets atmosphériques chimiques

Les rejets ayant lieu sur de courtes durées (ici une heure, ce qui correspond à la durée de stationnement retenue), l'évaluation de l'impact sanitaire sera effectuée en retenant l'hypothèse d'exposition aigue.

Le benzène n'ayant pas de VTR aigue, il n'est pas considéré pour l'évaluation du risque. Pour le NO_2, la valeur enveloppe attribuée au NO_x est utilisée.

2.4.2.1.2. Rejet horaire maximal pris en compte

Il est supposé de manière majorante que l'ensemble des opérations se déroulent simultanément. Le tableau suivant détaille le calcul du rejet horaire maximal par zone :

Rejet horaire (g/h)		CO	HC	NOx	PM	CO_2
Parc	GEF	2640	686.4	4857.6	285.12	174240
	Exploitation Vrac-MI	1500	57	990	7.5	99000
	1 camion	99	30.36	132	1.32	21780
	Construction ATC	1500	57	990	7.5	99000
	Construction Voie Sud	3000	114	1980	15	198000
	Construction Vrac-MI	7500	285	4950	37.5	495000
	Total	***16239***	***1229.76***	***13899.6***	***353.94***	***1087020***
Tranchées	GEF	1000	260	1840	108	66000
	1 camion	99	30.36	132	1.32	21780
	3 engins de terrassement	2250	85.5	1485	11.25	148500
	Total	***3349***	***375.86***	***3457***	***120.57***	***236280***

Tableau 201 : Calcul du rejets atmosphériques chimiques horaires maximaux pris en compte pour l'exposition aigue

Conditions météorologiques

On utilise une condition météorologique supposée constante pendant toute la durée du rejet. Les rejets étant émis au niveau du sol, on retient une condition de diffusion faible, associée à un vent de 2 m/s (condition **DF2**), pénalisante pour cette hauteur de rejet et représentative des conditions observables sur le site.

2.4.2.2. Concentrations maximales ajoutées dans l'air

Les concentrations ajoutées dans l'air sont calculées dans l'axe du panache avec le module MITHRA de la plateforme CERES (*cf.* Partie 5). Le tableau suivant présente les concentrations maximales ajoutées dans l'air, au niveau des groupes de populations du Hameau et de Saint-Paul-lez-Durance, ainsi qu'à des points plus rapprochés (point de clôture la plus proche, points intermédiaires).

Les calculs montrent que le temps de passage du panache généré par les rejets sur une heure est de moins de 2 heures.

Concentration maximale ajoutée dans l'air par les rejets horaires (µg/m³)							
Zones	**Points de calcul**	**Distances (m)**	**CO**	**HC**	**NOx**	**PM**	**CO_2**
Parc	Clôture	150	9.9E+03	7.5E+02	8.5E+03	1.9E+02	6.6E+05
	Point intermédiaire	500	1.9E+03	1.4E+02	1.6E+03	3.2E+01	1.3E+05
	Point intermédiaire	1 000	6.2E+02	4.7E+01	5.3E+02	9.0E+00	4.1E+04
	Hameau	2 700	1.1E+02	8.4E+00	9.5E+01	1.3E+00	7.4E+03
	Saint-Paul-lez-Durance	3 900	5.0E+01	3.8E+00	4.3E+01	5.1E-01	3.4E+03
Tranchées	Clôture	100	3.7E+03	4.2E+02	3.8E+03	1.2E+02	2.6E+05
	Point intermédiaire	500	3.9E+02	4.4E+01	4.1E+02	1.1E+01	2.8E+04
	Point intermédiaire	1 000	1.3E+02	1.4E+01	1.3E+02	3.1E+00	9.0E+03
	Hameau	1 600	5.9E+01	6.6E+00	6.0E+01	1.3E+00	4.1E+03
	Saint-Paul-lez-Durance	2 500	2.6E+01	3.0E+00	2.7E+01	5.1E-01	1.9E+03

Tableau 202 : Concentration maximale ajoutée dans l'air par les rejets horaires (µg/m³)

2.4.2.3. Evaluation des risques sanitaires

L'évaluation des risques sanitaires s'apprécie en comparant les concentrations maximales ajoutées aux valeurs de référence pour l'exposition aigue de l'article R. 221-1 du code de l'environnement, qui sont disponibles pour le monoxyde de carbone, le dioxyde d'azote, et les particules PM10. Le tableau suivant synthétise les ratios obtenus :

Zones	Points de calcul	Distances (m)	Ratios (concentration / valeur limite)		
			CO	NOx	PM
Parc	Clôture	150	9.9E-01	**4.2E+01**	**3.7E+00**
	Point intermédiaire	500	1.9E-01	**8.2E+00**	6.3E-01
	Point intermédiaire	1 000	6.2E-02	**2.6E+00**	1.8E-01
	Hameau	2 700	1.1E-02	4.7E-01	2.5E-02
	Saint-Paul-lez-Durance	3 900	5.0E-03	2.1E-01	1.0E-02
Tranchées	Clôture	100	3.7E-01	**1.9E+01**	**2.4E+00**
	Point intermédiaire	500	3.9E-02	**2.0E+00**	2.1E-01
	Point intermédiaire	1 000	1.3E-02	6.5E-01	6.2E-02
	Hameau	1 600	5.9E-03	3.0E-01	2.6E-02
	Saint-Paul-lez-Durance	2 500	2.6E-03	1.4E-01	1.0E-02

Tableau 203 : Ratios entre concentrations maximales ajoutées dans l'air et valeurs de référence retenues

Au Hameau et à Saint-Paul-lez-Durance, les ratios sont inférieurs à 1. Pour les distances plus courtes, les ratios des NOx et des PM dépassent 1, jusqu'à un facteur 42 pour les NOx à la clôture de la zone du Parc. Ces fortes valeurs s'expliquent par plusieurs points :

- l'hypothèse que toutes les activités sont réalisées simultanément est très pénalisante, (par exemple la construction et l'exploitation de Vrac-MI, principales sources des NOx).
- la condition DF2 est très pénalisante (faible dispersion du panache). Sur Cadarache, cette condition est rencontrée essentiellement la nuit et tôt le matin, donc en dehors des heures de travail. L'utilisation d'une condition de journée (DN5, plus forte dispersion du panache) réduit considérablement les concentrations dans l'air.

Bien que le calcul de concentrations moyennes annuelles ajoutées dans l'air ne soit pas adapté aux rejets atmosphériques, celles-ci sont présentées dans le tableau ci-après. Les valeurs obtenues sont largement inférieures aux limites de qualité de l'air de l'article R.221-1 du code de l'environnement :

Points de calcul	Distances (m)	Concentrations moyennes annuelles (µg/m^3)				
		CO	HC	NO_x	PM	CO_2
Hameau	2 700	4.59	0.18	3.05	0.02	304.09
Saint-Paul-lez-Durance	3 900	2.37	0.09	1.57	0.01	157.00
Seuil Qualité (moyenne annuelle)	-	-	2	40	10	-

Tableau 204 : Concentrations moyennes annuelles et limites de qualité

Ces rejets doivent par ailleurs être mis en perspective avec ceux qui sont générés par la circulation automobile des routes et de l'autoroute proches.

L'impact sanitaire des rejets atmosphériques chimiques du démantèlement de l'INB 56 est jugé faible.

2.4.3. Evaluation des incidences sur l'environnement

2.4.3.1. Hypothèses retenues

2.4.3.1.1. Choix des substances et des valeurs de référence

Les seules valeurs de référence de qualité de l'air pour l'environnement disponibles sont les valeurs limites pour les écosystèmes, et les niveaux critiques pour la végétation définis à l'article R. 221-1 du code de l'environnement, pour le dioxyde d'azote (NO2) et les oxydes d'azote (NOx). Ils ont été présentés en partie 1.

Article R. 221-1 du code de l'environnement – Valeurs de référence pour l'environnement		
Substance	**Valeur limite - Moyenne annuelle pour les écosystèmes (µg/m³)**	**Niveau critique pour la protection de la végétation - Moyenne annuelle (µg/m³)**
Dioxyde d'azote NO_2	30	
Oxydes d'azote NO_x		30 (équivalent à du NO_2)

Tableau 205 : Valeurs de référence disponibles pour l'étude d'impact environnemental des rejets atmosphériques chimiques

Ces valeurs de référence sont exprimées en concentration moyenne annuelle. Nous retiendrons donc des hypothèses d'exposition chronique pour l'évaluation de l'impact environnemental.

2.4.3.1.2. Rejet annuel maximal pris en compte

Le calcul est effectué en supposant des conditions de rejets atmosphériques chroniques. On se place alors dans les conditions du rejet atmosphérique annuel maximal, en cumulant les rejets permanents et temporaires. Ils ont été présentés précédemment, et sont repris dans le tableau ci-après.

Zones	**CO**	**HC**	**NOx**	**PM**	**CO_2**
Parc	31 498	1 214	20 858	162	2 083 200
Tranchées	2 210	96	1 508	14	148 527

Tableau 206 : Rejets atmosphériques chimiques annuels maximaux pris en compte pour l'exposition chronique

Le rejet étant supposé se produire sur l'année, on retient les conditions atmosphériques moyennes annuelles sur le Centre de Cadarache, données par les roses des vents présentées en partie 1, au chapitre 3.4.

2.4.3.2. Concentrations moyennes ajoutées dans l'air

S'agissant d'un rejet supposé constant sur l'année, les coefficients de transfert atmosphérique (CTA) moyens de Cadarache sont retenus. Pour une distance donnée du point de rejet, les concentrations moyennes ajoutées dans l'air sont ensuite calculées en multipliant le CTA par le flux annuel de rejet.

Le tableau suivant présente les concentrations moyennes en oxydes d'azote ajoutées dans l'air pour des différentes distances :

Zones	Points de calcul	Distances (m)	CTA moyen de Cadarache (s/m3)	Concentration moyenne annuelle en NOx (µg/m3)
Parc	Clôture	150	4.2E-05	2.8E+01
	Point intermédiaire	500	5.5E-06	3.6E+00
	Point intermédiaire	1 000	2.6E-06	1.7E+00
	Hameau	2 700	4.6E-07	3.1E-01
	Saint-Paul-lez-Durance	3 900	2.6E-07	1.7E-01
Tranchées	Clôture	100	7.3E-05	3.5E+00
	Point intermédiaire	500	5.5E-06	2.6E-01
	Point intermédiaire	1 000	2.6E-06	1.2E-01
	Hameau	1 600	1.0E-06	5.0E-02
	Saint-Paul-lez-Durance	2 500	5.2E-07	2.5E-02

Tableau 207 : Concentrations moyennes annuelles en oxydes d'azote ajoutées dans l'air

2.4.3.3. Evaluation des risques environnementaux

Les concentrations moyennes annuelles en oxydes d'azote ajoutées dans l'air restent très inférieures aux valeurs de référence pour l'environnement, bien que les opérations d'exploitation et de construction de Vrac-MI sont ici considérées simultanément, les concentrations sont donc largement surestimées.

Ces rejets doivent par ailleurs être mis en perspective avec ceux qui sont générés par la circulation automobile des routes et de l'autoroute proches.

L'impact environnemental des rejets atmosphériques chimiques du démantèlement de l'INB est donc qualifié de faible.

2.4.4. Etude de compatibilité du projet avec le PRQA, le PPA, et le SRCE

L'INB 56 et le site de Cadarache se trouvent à l'écart des zones particulièrement visées par les différents plans (agglomérations urbaines, zones de fort trafic routier, zones polluées) qui ne les concernent que peu, à l'exception des orientations générales de limitation et de contrôle des rejets de substances chimiques.

Les mesures de limitation et de surveillance des rejets de l'INB 56 s'inscrivent pleinement dans les orientations des différents plans, et son démantèlement est compatible avec les différents plans et schémas.

L'étude d'impact global du Centre de Cadarache cite, au paragraphe 2.4.7. :

« L'article R. 222-13 du code de l'environnement prévoit des Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA) dans les agglomérations de plus de 250 000 habitants et pour les zones où les valeurs limites (art. R. 221-1) sont dépassées ou risquent de l'être. En région Provence Alpes Côte d'azur, et compte tenu des spécificités locales (agglomération AIX/MARSEILLE, zone de FOS/BERRE, continuité territoriale côtière), il a été décidé de faire des PPA départementaux pour les Alpes Maritimes, le Var et les Bouches-du-Rhône et un PPA d'agglomération pour l'agglomération d'Avignon. Cadarache est donc concerné par le PPA des Bouches-du-Rhône qui a été approuvé par le Préfet le 17/05/2013. Il est prévu que ce plan soit évalué tous les 5 ans et éventuellement révisé.

Dans ce plan, le site de Cadarache est concerné par l'orientation 3.1 du Plan Régional de Qualité de l'Air (PRQA) « Réduire les émissions des installations de combustion d'une puissance de plus de 20 MW ».

Les flux de rejets gazeux des chaudières de la chaufferie sont inférieurs aux valeurs limites prescrites par l'arrêté préfectoral n°113-2006 A, complétées par celles prescrites par l'arrêté ministériel du 26 Août 213 relatif aux installations de combustion d'une puissance supérieure au égale à 20 MW et par des prescriptions spécifiques de la Préfecture suite à la mise en place d'une unité de cogénération sur le centre.

De plus les valeurs limites pour la protection de la santé humaine dans l'air ambiant sont respectées.

Le centre de Cadarache respecte le PPA élaboré pour le département des Bouches du Rhône. »

2.5. Incidences des rejets liquides chimiques

2.5.1. Caractérisation des effluents liquides chimiques produits

Durant son démantèlement, l'INB 56 générera, comme actuellement, trois types d'effluents liquides (industriels, actifs et sanitaires). Ces effluents conduisent à des rejets liquides dans l'environnement (Durance), qui peuvent contenir des substances chimiques, et qu'il faut caractériser.

2.5.1.1. Effluents industriels

Les volumes d'effluents industriels produits ont été présentés dans le chapitre précédent (incidences des rejets liquides radioactifs, §2.3.2). Au maximum, un volume annuel de **235,84 m^3/an** d'effluents industriels est attendu.

En l'absence de mesures historiques sur les caractéristiques chimiques des effluents industriels, les caractéristiques chimiques sont considérées au maximum des concentrations admissibles en entrée de la station d'épuration des effluents industriels (STEP/EI) du centre de Cadarache, fixées par la décision ASN n° 2017-DC-0597. Ces concentrations maximales ont été présentées en tête de partie 4 (*cf.* §1.2.4).

De manière très conservative, on supposera pour les calculs d'impact que la STEP/EI n'a pas d'effet sur la composante chimique des effluents industriels, ce qui revient à considérer que, du point de vue chimique, le rejet est directement fait dans la Durance.

2.5.1.2. Effluents actifs

Les volumes d'effluents actifs produits ont été présentés dans le chapitre précédent (incidences des rejets liquides radioactifs, §2.3.2). Au maximum, un volume annuel de **17,7 m^3/an** d'effluents actifs est attendu.

Dans l'étude d'impact, les caractéristiques chimiques de ces effluents actifs seront considérées identiques à celles des effluents industriels.

De manière très conservative, comme pour les effluents industriels, on supposera pour les calculs d'impact que l'atelier AGATE n'a pas d'effet sur la composante chimique des effluents actifs, ce qui revient à considérer que, du point de vue chimique, le rejet est directement fait dans la Durance.

2.5.1.3. Effluents sanitaires

Les effluents sanitaires proviennent des points d'eau (lavabos, douches ordinaires et WC) situés hors zone règlementée. Ils sont non radioactifs et sont uniquement caractérisés par des paramètres chimiques. Ils sont acheminés directement, via le Réseau des Effluents Sanitaires (RES) du Centre (réseau gravitaire, séparatif et dédié), vers la station d'épuration des effluents sanitaires (STEP/ES) de Cadarache. Ils y subissent un traitement biologique classique (à l'identique de celui de stations d'épuration des collectivités locales). La STEP de Cadarache traite les effluents sanitaires de toutes les installations du Centre. Après traitement, les effluents sont acheminés vers la station de rejet en Durance, commune à toutes les installations du Centre.

2.5.2. Volumes et concentrations des effluents liquides produits

Les effluents industriels et actifs sont considérés identiques du point de vue chimique, soit un volume annuel maximal d'environ **253 m³/an**. Les concentrations de ces effluents sont fixées aux limites hautes d'acceptation de la STEP/EI.

Le volume d'effluents sanitaires est calculé sur la base de 30L d'eau par personne et par jours, pendant 220 jours par an, soit un total d'environ **550 m³/an** :

- Module 1 – Secteur commun de la zone du Parc : 59 personnes → 389 m³/an
- Module 6 – Secteur des autres tranchées : 24 personnes → 158 m³/an

Les concentrations maximales des effluents ainsi que les flux annuels des rejets en Durance sont détaillées dans le tableau ci-dessous. A titre d'information, un comparatif est proposé avec les résultats du calcul d'impact Centre tenant compte des autorisations actuellement en vigueur.

		Concentrations max. en moyenne / 24h (mg/L)		Flux annuel maximal (kg/an)			Comparaison aux rejets du centre	
		STEP/EI	STEP/ES	STEP/EI	STEP/ES	Total	Flux (kg/an)	%
				80 m³/an	550 m³/an	630 m³/an	8,21.10⁵ m³/an	0.077%
Arrêté 2020-497-PC du 27/10/2022	DBO_5	50	25	4.0E+00	1.4E+01	1.8E+01	2.6E+04	0.069%
	DCO	120	90	9.6E+00	5.0E+01	5.9E+01	8.2E+04	0.072%
	MES	70	30	5.6E+00	1.7E+01	2.2E+01	2.9E+04	0.076%
	Azote global	50	15	4.0E+00	8.3E+00	1.2E+01	2.6E+04	0.048%
	Azote Kjeldahl	–	10	–	5.5E+00	5.5E+00	–	–
	Aluminium	2.5	–	2.0E-01	–	2.0E-01	1.8E+03	0.011%
	Bore	0.5	–	4.0E-02	–	4.0E-02	3.7E+02	0.011%
	Chlorures	200	–	1.6E+01	–	1.6E+01	1.6E+05	0.010%
	Fer	2.5	–	2.0E-01	–	2.0E-01	1.8E+03	0.011%
	Fluorures	3	–	2.4E-01	–	2.4E-01	8.2E+02	0.029%
	Hydrocarbures totaux	5	–	4.0E-01	–	4.0E-01	3.7E+03	0.011%
	Phosphore total	20	1	1.6E+00	5.5E-01	2.2E+00	8.2E+03	0.026%
	Sulfates	700	–	5.6E+01	–	5.6E+01	5.8E+05	0.010%
	Zinc	2	–	1.6E-01	–	1.6E-01	1.6E+03	0.010%
Paramètres complémentaires	Arsenic	0.05	–	4.0E-03	–	4.0E-03	–	–
	Cadmium	0.2	–	1.6E-02	–	1.6E-02	–	–
	Chrome	0.2	–	1.6E-02	–	1.6E-02	–	–
	Chrome VI	0.1	–	8.0E-03	–	8.0E-03	–	–
	Composés organiques halogénés (AOX)	0.7	–	5.6E-02	–	5.6E-02	–	–
	Cuivre	0.2	–	1.6E-02	–	1.6E-02	–	–
	Cyanures	0.1	–	8.0E-03	–	8.0E-03	–	–
	Etain	0.2	–	1.6E-02	–	1.6E-02	–	–
	Manganèse	0.2	–	1.6E-02	–	1.6E-02	–	–
	Mercure	0.04	–	3.2E-03	–	3.2E-03	–	–
	Nickel	0.4	–	3.2E-02	–	3.2E-02	–	–
	Plomb	0.3	–	2.4E-02	–	2.4E-02	–	–

Tableau 208 : Concentrations max en entrée des STEP/EI et STEP/ES, flux max annuel des rejets en Durance

La comparaison avec le calcul Centre montre que les rejets liquides chimiques liés aux opérations de démantèlement de l'INB 56 sont négligeables à l'échelle du centre (< 0,1 %).

2.5.3. Evaluation des incidences résiduelles sur la santé humaine

Les rejets d'effluents s'effectuent dans la Durance, en supposant son débit au minimum garanti par EDF, soit 9 m^3/s (2,84E+08 m^3/an). L'évaluation des incidences résiduelles des rejets sur la santé humaine et sur l'environnement passe par le calcul des concentrations ajoutées dans l'eau de la Durance.

2.5.3.1. Méthodologie

Caractérisation et toxicité des substances retenues

La toxicité d'une substance se caractérise par les effets qu'une exposition répétée est susceptible de générer sur la santé humaine. Lorsque le niveau d'exposition croît, le premier effet sanitaire qui apparaît est appelé **effet critique**. Les Valeurs Toxicologiques de Référence (**VTR**) permettent de définir la relation quantitative entre un niveau d'exposition et la possibilité ou la probabilité d'apparition de l'effet critique. On parle de « relation dose/effet ».

Les VTR sont établies sur la base d'une analyse des connaissances toxicologiques et épidémiologiques actuellement disponibles. Selon les mécanismes toxiques mis en jeu, deux types d'effets sanitaires sont considérés :

- **les effets survenant à partir d'un seuil de dose**, principalement les effets non cancérogènes. Dans ce cas, une VTR représente le seuil en dessous duquel aucun effet sanitaire n'est attendu. Au-delà de ce seuil, un effet sanitaire est possible. La VTR s'exprime différemment selon la voie d'exposition considérée. Pour une exposition par inhalation, il s'agit d'une Concentration Admissible dans l'Air (CAA), qui s'exprime en masse de substance par mètre cube d'air inhalé ($mg.m^{-3}$). Pour une exposition par ingestion, il s'agit d'une Dose Journalière Admissible (**DJA**), qui s'exprime en masse de substance ingérée par jour et par kilogramme de poids corporel ($mg.kg_{pc}^{-1}.j^{-1}$) ;
- **les effets survenant sans seuil de dose**, comme les effets cancérogènes génotoxiques (les VTR traduisent alors les relations quantitatives entre une dose et une probabilité d'effet). Dans ce cas, une VTR représente la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu contracte un effet s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose de la substance. La VTR est nommée Excès de Risque Unitaire (**ERU**), par inhalation (ERUi) ou par voie orale (ERUo). Elle s'exprime différemment selon la voie d'exposition, dans une unité inverse de celle de l'exposition : en $(mg.m^{-3})^{-1}$ pour la voie inhalation et en $(mg.kg_{pc}^{-1}.j^{-1})^{-1}$ pour la voie ingestion.

En France, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) a pour mission d'élaborer des VTR. Les VTR construites à ce jour sont présentées sur le site Internet de l'ANSES[43].

Dans le cadre du recensement de VTR pour une Evaluation des Risques Sanitaires (**ERS**), lorsque l'ANSES ne fournit pas de VTR pour certaines substances étudiées, six bases de données sont recommandées par la Direction Générale de la Santé[44]. Ces bases sont exploitées par les organismes suivants :

---

[43] Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

[44] N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués

- l'Agence américaine de l'environnement (US Environmental Protection Agency) : base de données IRIS[45], (*Integrated Risk Information System*) ;
- l'Agence américaine des substances toxiques et du registre des maladies (ATSDR[46], *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*) ;
- l'Organisation mondiale de la santé (OMS)[47] ;
- le Ministère Fédéral Canadien pour la Santé - Santé Canada[48] ;
- Institut National de Santé Publique des Pays-Bas - RIVM[49] ;
- le Bureau Américain pour l'Evaluation des Dangers en Santé Environnementale (OEHHA[50], *Office of Environmental Health Hazard Assessment*).

Dans ces bases, lorsque plusieurs VTR existent pour une même substance, la même voie d'exposition et le même type d'effet, deux cas de figures sont possibles :

- l'INERIS recommande un choix de VTR. Dans ce cas, ce choix est retenu pour l'étude. Les recommandations de l'INERIS figurent dans les Fiches de Données Toxicologiques et Environnementales (FDTE) disponibles sur le Portail Substances Chimiques de l'INERIS[51] ;
- aucune recommandation de l'INERIS n'est disponible pour la substance étudiée. Dans ce cas, le choix de VTR est réalisé selon la démarche décrite par la circulaire n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 de la Direction Générale de la Santé, qui définit une hiérarchisation entre les différentes bases de données citées précédemment.

Cette circulaire de la Direction Générale de la Santé précise qu'en l'absence de VTR référencée par au moins l'une des six bases de données, une quantification des risques sanitaires n'est pas envisageable, même si des données d'exposition sont disponibles.

Substances d'intérêt retenues et VTR associées

Un choix de VTR a été effectué pour l'ensemble des substances présentées dans le bilan des flux de démantèlement de l'INB 56. Les valeurs sont présentées dans la tableau ci-après, avec leur référence.

Substances	VTR (mg/kg/j) Ingestion Effet à seuil	Référence	VTR (mg/kg/j)$^{-1}$ Ingestion Effet sans seuil	Référence

[45] http://www.epa.gov/iris/

[46] http://www.atsdr.cdc.gov/mrls/index.html

[47] Les Valeurs guides de l'OMS sont établies comme les VTR sur des critères de santé publique. Néanmoins pour certaines substances, l'OMS précise que les VG ne sont pas établies uniquement sur des critères sanitaires, mais sont limitées par des considérations techniques (limites de détection pour l'arsenic dans l'eau, par exemple).

[48] www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/hbct-jact/index-fra.php

[49] http://www.rivm.nl/

[50] www.oehha.ca.gov/air/allrels.html

[51] http://www.ineris.fr/substances/fr/page/21

Aluminium (Al)	1	ATSDR (2008)		
Arsenic (As)	4,5E-04	FoGIB (2009)	1,5	OEHHA (1998) US-EPA (2009)
Bore (B)	0,2	US-EPA (2004)		
Bromofrome (1)	2E-02	US-EPA (1991) OMS (2011)	7,9E-03	US-EPA (1991)
Cadmium (Cd)	3,6E-04	EFSA (2011)		
Chrome (Cr) (2)	1,5	US-EPA (1998)		
Chrome VI (Cr VI)	9E-04	ATSDR (2012)	0,42	OEHHA (2002)
Cuivre (Cu)	1E-02	ATSDR (2004)		
Cyanures (CN)	1,5E-02	ANSES (2010)		
Etain (Sn)	0,3	ATSDR (2005)		
Fer (Fe)	0,8	OMS/FAO (1983)		
Fluorures (F-)	6E-02	US-EPA (1989)		
Hydrocarbures (HC) (3)	2E-02	US-EPA (2010)	0,12	OEHHA (2010)
Manganèse (Mn)	0,14	US-EPA (2011)		
Mercure (Hg)	2E-03	ATSDR (2001)		
Nitrates (NO3-) (4)	1,6	US-EPA (1991)		
Nitrites (NO2-) (4)	0,1	US-EPA (1987)		
Nickel (Ni)	5E-03	OMS (2004)		
Plomb (Pb)	6,3E-04	ANSES (2013)	8,5E-03	OEHHA (2009)
Zinc (Zn)	0,3	US-EPA (2005)		

(1) : Utilisation du bromoforme pour les composés organiques halogénés (AOX) ; (2) : Chrome III ; (3) : Utilisation du naphtalène pour les hydrocarbures; (4) Pris en compte seulement pour la consommation d'eau de boisson

Tableau 209 : Synthèse des données toxicologiques retenues pour l'étude d'impact sanitaire

Inventaire des milieux d'exposition et des processus de transfert

Pour le premier groupe de référence, les personnes résidant dans la commune de **Saint-Paul-Lez-Durance** sont potentiellement exposées par :

- ingestion de sol, et d'aliments issus de jardins potagers, potentiellement contaminés par l'irrigation avec de l'eau de la Durance :
- fruits et légumes des potagers ;
- lait produit par les caprins pâturant dans la zone ;
- viandes et œufs produits de volaille et viandes d'ovins ;
- ingestion de poissons pêchés dans la Durance au droit de la commune.

La commune de **Saint-Paul-lez-Durance** est alimentée par les sources de Font-Reynaude (source de l'Abeou) et, en secours, par le Centre de Cadarache, aussi la consommation d'eau de boisson provenant de la Durance et prélevée en aval du point de rejet des effluents liquides du Centre de Cadarache n'est pas prise en compte.

Pour le second groupe de référence, les personnes résidant dans les communes fournies en eau potable par Durance Luberon, soit **Beaumont-de-Pertuis**, Pertuis et Mirabeau, sont potentiellement exposées par ingestion d'eau de boisson en provenance de la Durance.

Les consommations alimentaires sont les mêmes que celles qui ont été retenues pour l'évaluation de l'impact sanitaire des rejets radioactifs liquides. Elles sont présentées dans la partie 5. Cette partie présente également les hypothèses relatives aux processus de transferts.

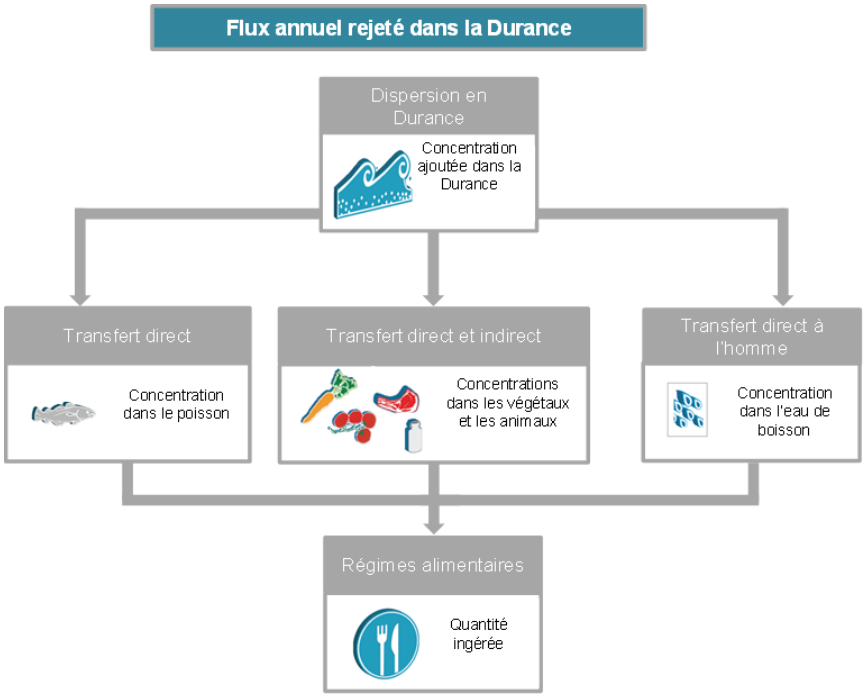


Figure 158 : Schéma conceptuel générique des expositions

Transfert par ingestion

Le transfert des éléments se fait de la même façon que les substances soient radioactives ou toxiques. Pour une substance donnée, connaissant la concentration dans les aliments et la consommation des individus exposés, il est possible d'estimer les doses journalières d'exposition (**DJE**) :

$$DJE = C_{ing} Q_j \frac{F}{M} \frac{T}{T_m}$$

Avec :

- DJE la dose journalière d'exposition, exprimée en mg/kg/j ;
- C_{ing} la concentration en polluant dans l'aliment consommé, exprimée en mg/kg ;
- Q_j la quantité d'aliment consommée quotidiennement, en kg/j ;
- F la fréquence d'exposition, prise égale à 1 de manière conservative ;
- M la masse de la personne, exprimée en kg ; pour un adulte, elle est estimée à 70 kg, elle est de 30 kg pour un enfant de 10 ans et de 10 kg pour un enfant de 1 an ;
- T la période d'exposition, en années ;
- T_m la période de temps pendant laquelle l'exposition est moyennée, en années.

Pour les substances avec effets survenant sans seuil de dose, la période T est égale à 30 ans et T_m à 70 ans.

Pour les substances avec effets survenant à partir d'un seuil de dose, le rapport T / T_m est égal à 1.

Evaluation quantitative des risques sanitaires

La caractérisation du risque sanitaire pour les substances **ayant des effets à seuil de dose** s'exprime par un quotient de danger (**QD**) ou indice de risque (**IR**), calculé pour l'ingestion (**QD_{ing}**) selon l'équation suivante :

$$QD_{ing} = \frac{DJE}{VTR}$$

Avec QD le Quotient de Danger, DJE la Dose Journalière d'Exposition ($mg.kg^{-1}.j^{-1}$) et VTR la Valeur Toxicologique de Référence ($mg.kg^{-1}.j^{-1}$), qui dans ce cas correspond à une Dose Journalière Admissible (DJA).

Le QD est calculé pour chaque substance d'intérêt. Selon un premier niveau d'approche conservateur, les QD obtenus sont sommés pour caractériser le risque total au niveau du récepteur considéré. Si nécessaire, une approche plus fine, consistant à sommer les QD dus aux différentes substances présentes dans le rejet pour des organes cibles identiques, peut être suivie. Les QD sont généralement déterminés séparément pour l'enfant et pour l'adulte.

La valeur repère pour le quotient de danger est de 1.

La caractérisation du risque sanitaire pour les substances ayant des effets sans seuil de dose, s'exprime par un **excès de risque individuel** (**ERI**), calculé, pour la voie ingestion (ERI_{ing}), selon l'équation suivante :

$$ERI_{ing} = DJE\ x\ ERU_o$$

où ERU_o ($mg.kg_{pc}^{-1}.j^{-1})^{-1}$ désigne l'excès de risque unitaire pour la voie orale (ingestion).

Selon le Ministère en charge de l'environnement[52] et l'INERIS[53], l'excès de risque individuel **ne doit pas dépasser 10^{-5}** pour être considéré comme « non préoccupant ». L'INERIS indique que la pratique est de sommer tous les ERI pour calculer un excès de risque pour tous les effets sans seuil confondus.

Evaluation qualitative des risques sanitaires

Pour les substances pour lesquelles nous ne disposons pas de valeur toxicologique de référence applicables (comme les chlorures, les phosphates et l'ammonium), l'évaluation du risque sanitaire restera qualitative, en comparant les concentrations ajoutées en Durance aux valeurs guides fixées par l'arrêté du 11 janvier 2007 (Annexe II / Annexe III) sur les limites de qualité des eaux brutes.

---

[52] Circulaire du Ministère de l'écologie, du développement durable et du l'énergie, Direction générale de la prévention des risques, et du Ministère des affaires sociales et de la santé, Direction générale de la santé, datée du 9 août 2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation.

[53] INERIS - évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires. Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées - Impact des activités humaines sur les milieux et la santé. Guide INERIS DRC-12-125929-13162B.

2.5.3.2. Mesures de limitation des rejets dans l'environnement

Les effluents industriels et sanitaires sont traités dans la station de traitement et d'épuration (STEP) de Cadarache, de conception tout à fait similaire à celle que l'on peut trouver dans les communes. Le traitement limite les rejets, qui sont contrôlés à plusieurs niveaux (*cf.* le schéma de principe présenté dans le chapitre 2.3). Les distillats des effluents actifs en sortie d'AGATE sont envoyés vers la STEP pour être ensuite rejetés dans la Durance.

2.5.3.3. Résultats de la modélisation de la dispersion dans la Durance

L'impact chimique des rejets liquides liés au démantèlement de l'INB 56 est réalisé à partir de la méthodologie développée dans le logiciel ABRICOT de la plateforme CERES (*cf.* partie 5). Ce logiciel permet, à partir d'un rejet chronique par voie liquide, de simuler et de quantifier les transferts de substances dans les compartiments de l'environnement et leur impact sanitaire.

Ne connaissant pas la forme chimique de l'azote dans les effluents, les flux d'azote sont considérés sous trois formes : ammonium d'une part et sous forme d'azote oxydé (nitrite / nitrate) d'autre part. Suivant le retour d'expérience de la station de traitement de Cadarache, l'azote global est composé de

- 25% de nitrates (N/NO3=4,42)
- 3% de Nitrites (N/NO2=3,29)
- 71% Azote Kjeldahl (azote organique + azote ammoniacal) (N/NH4 =1,28), ensuite supposé converti à 100% en NH4

Ainsi pour 1 kg d'azote global :

- 1,14 kg de NO_3^-
- 0,1 kg de NO_2^-
- 0,9 kg de NH_4^+

Le phosphore total est converti en phosphates (1 kg P équivalent à 3 kg de PO_4^{3-}).

Les composés organiques halogénés (AOX pour Adsorbable Organic Halogen) sont supposés sous forme de bromoforme.

Concentrations ajoutées dans la Durance

Les concentrations ajoutées dans l'eau de la Durance, à la 50ième année de rejets, sont présentées dans le tableau suivant.

Paramètre	Concentration ajoutée dans l'eau de la Durance après 50 années de rejets (mg/L)	Valeur Guide ou Valeur limite annexe III arrêté 11/01/2007 (mg/L)
Nitrates (NO3-)	4.78E-05	25
Nitrites (NO2-)	4.21E-06	–
Ammonium (NH4+)	4.22E-05	0,05
Aluminium (Al)	7.04E-07	–
Bore (B)	1.40E-07	1
Chlorures (Cl-)	5.62E-05	200
Fer (Fe)	7.04E-07	0,1
Fluorures (F-)	8.45E-07	0,7
Hydrocarbures (HC)	1.40E-06	0,05
Phosphates (PO4)	2.32E-05	–
Sulfates (SO42-)	1.96E-04	150

Zinc (Zn)	5.62E-07	0,5
Arsenic (As)	1.40E-08	0,01
Cadmium (Cd)	5.62E-08	1
Chrome (Cr)	5.62E-08	0,05
Chrome VI (Cr VI)	2.81E-08	–
Cuivre (Cu)	5.62E-08	0,02
Cyanures (CN)	2.81E-08	0,05
Etain (Sn)	5.62E-08	–
Manganèse (Mn)	5.62E-08	0,05
Mercure (Hg)	1.13E-08	0,0005
Nickel (Ni)	1.13E-07	–
Plomb (Pb)	8.45E-08	0,01
Br (Bromoforme)	1.96E-07	–

Tableau 210 : Concentrations ajoutées dans la Durance

Les concentrations ajoutées en Durance par le démantèlement de l'INB 56 sont très faibles, très inférieures aux valeurs guides et valeurs limites de l'arrêté du 11 janvier 2007, même en ayant retenu les hypothèses majorantes (flux de rejet maximal et rejet pendant 50 années).

La concentration la plus importante est calculée pour les sulfates ($1{,}96.10^{-4}$ mg/L).

2.5.3.4. Evaluation des risques sanitaires

Groupe de référence de Saint-Paul-lez-Durance – Ingestion de produits irrigués avec l'eau de la Durance

Les tableaux suivants présentent les doses journalières d'exposition (DJE), les valeurs toxicologiques de référence (VTR) retenues, ainsi que les quotients de danger (QD) et les excès de risque individuel (ERI) calculés pour les différentes substances, à la 50ème année de rejets, pour le groupe de référence de Saint-Paul-lez-Durance. Rappelons qu'il est supposé que ce groupe consomme des produits irrigués avec l'eau de la Durance, mais en revanche ne consomme pas d'eau de boisson puisée dans la Durance. Le calcul est effectué pour les enfants de 1 à 2 ans, les enfants de 10 ans et les adultes.

Quotients de Danger – Effets à seuil de dose – Voie ingestion – Groupe Saint-Paul-lez-Durance							
Substance	DJE (mg/kg/j)			QD (ingestion – avec seuil)			
	Enfant de 1-2 ans	Enfant de 10 ans	Adulte	VTR (mg/kg/j)	Enfant de 1-2 ans	Enfant de 10 ans	Adulte
Aluminium (Al)	3.5E-09	2.2E-08	9.7E-09	1.0E+00	3.5E-09	2.2E-08	9.7E-09
Bore (B)	5.8E-10	1.9E-08	8.1E-09	2.0E-01	2.9E-09	9.4E-08	4.1E-08
Fer (Fe)	4.4E-09	7.0E-08	3.2E-08	8.0E-01	5.5E-09	8.8E-08	4.0E-08
Fluorures (F-)	3.5E-09	1.7E-09	1.1E-09	6.0E-02	5.8E-08	2.9E-08	1.9E-08
Hydrocarbures (HC)	5.7E-09	2.9E-09	1.9E-09	2.0E-02	2.9E-07	1.4E-07	9.3E-08
Zinc (Zn)	2.1E-08	1.1E-06	4.7E-07	3.0E-01	7.0E-08	3.6E-06	1.5E-06
Arsenic (As)	1.8E-10	2.6E-09	1.1E-09	4.5E-04	4.1E-07	5.8E-06	2.5E-06
Cadmium (Cd)	5.7E-09	9.0E-09	4.4E-09	3.6E-04	1.6E-05	2.5E-05	1.2E-05
Chrome (Cr)	2.8E-10	1.4E-09	6.7E-10	1.5E+00	1.9E-10	9.6E-10	4.5E-10
Chrome VI (Cr VI)	1.4E-10	7.2E-10	3.3E-10	9.0E-04	1.6E-07	8.0E-07	3.7E-07
Cuivre (Cu)	3.1E-10	7.4E-09	3.2E-09	1.0E-02	3.1E-08	7.4E-07	3.2E-07
Cyanures (CN)	1.1E-10	5.8E-11	3.7E-11	1.5E-02	7.7E-09	3.9E-09	2.5E-09
Etain (Sn)	9.9E-10	9.3E-08	4.0E-08	3.0E-01	3.3E-09	3.1E-07	1.3E-07
Manganèse (Mn)	7.3E-09	1.2E-08	6.3E-09	1.4E-01	5.2E-08	8.6E-08	4.5E-08
Mercure (Hg)	1.2E-10	3.8E-08	1.6E-08	2.0E-03	6.0E-08	1.9E-05	8.1E-06
Nickel (Ni)	1.0E-09	2.4E-09	1.4E-09	5.0E-03	2.1E-07	4.7E-07	2.7E-07
Plomb (Pb)	7.4E-10	1.6E-09	7.7E-10	6.3E-04	1.2E-06	2.5E-06	1.2E-06
Br (Bromoforme)	8.0E-10	4.1E-10	2.6E-10	2.0E-02	4.0E-08	2.0E-08	1.3E-08

Tableau 211 : Quotients de danger – Effets à seuil de dose – Voie ingestion – Groupe Saint-Paul-lez-Durance

Excès de Risque Individuel – Effets sans seuil de dose – Voie ingestion – Groupe Saint-Paul-lez-Durance							
Substance	DJE (mg/kg/j)			QD (ingestion – avec seuil)			
	Enfant de 1-2 ans	Enfant de 10 ans	Adulte	VTR (mg/kg/j)	Enfant de 1-2 ans	Enfant de 10 ans	Adulte
Hydrocarbures (HC)	2.5E-09	1.2E-09	7.9E-10	1.2E-01	1.3E-10	6.4E-11	4.1E-11
Arsenic (As)	7.9E-11	1.1E-09	4.9E-10	1.5E+00	5.1E-11	7.2E-10	3.1E-10
Chrome VI (Cr VI)	6.1E-11	3.1E-10	1.4E-10	4.2E-01	1.1E-11	5.5E-11	2.6E-11
Plomb (Pb)	3.1E-10	6.7E-10	3.3E-10	8.5E-03	1.2E-12	2.5E-12	1.2E-12
Br (Bromoforme)	3.5E-10	1.7E-10	1.1E-10	7.9E-03	1.2E-12	5.9E-13	3.8E-13

Tableau 212 : Excès de Risque Individuel – Effets sans seuil de dose – Voie ingestion – Groupe Saint-Paul-lez-Durance

Pour les substances disposant d'une VTR, les résultats montrent qu'à la 50ème année de rejets, pour le groupe de référence de Saint-Paul-lez-Durance, les quotients de danger (ainsi que leur somme) sont inférieurs à 1, et les excès de risque individuels (ainsi que leur somme) sont inférieurs à 10^{-5}.

Groupe de référence de Beaumont de Pertuis – Ingestion d'eau de boisson issue de la Durance

Les mêmes types de résultats sont présentés pour le groupe de référence de Beaumont de Pertuis, supposé consommer de l'eau de boisson issue de la Durance.

Quotients de Danger – Effets à seuil de dose – Voie ingestion – Groupe Beaumont de Pertuis							
Substance	DJE (mg/kg/j)			QD (ingestion – avec seuil)			
	Enfant de 1-2 ans	Enfant de 10 ans	Adulte	VTR (mg/kg/j)	Enfant de 1-2 ans	Enfant de 10 ans	Adulte
Nitrates (NO3-)	3.3E-08	2.6E-08	1.1E-08	1.6E+00	2.1E-08	1.6E-08	7.0E-09
Nitrites (NO2-)	2.9E-09	2.3E-09	9.9E-10	1.0E-01	2.9E-08	2.3E-08	9.9E-09
Aluminium (Al)	4.8E-10	3.9E-10	1.7E-10	1.0E+00	4.8E-10	3.9E-10	1.7E-10
Bore (B)	9.6E-11	7.7E-11	3.3E-11	2.0E-01	4.8E-10	3.8E-10	1.6E-10
Fer (Fe)	4.8E-10	3.9E-10	1.7E-10	8.0E-01	6.0E-10	4.8E-10	2.1E-10
Fluorures (F-)	5.8E-10	4.6E-10	2.0E-10	6.0E-02	9.7E-09	7.7E-09	3.3E-09
Hydrocarbures (HC)	9.6E-10	7.7E-10	3.3E-10	2.0E-02	4.8E-08	3.8E-08	1.6E-08
Zinc (Zn)	3.9E-10	3.1E-10	1.3E-10	3.0E-01	1.3E-09	1.0E-09	4.4E-10
Arsenic (As)	9.6E-12	7.7E-12	3.3E-12	4.5E-04	2.1E-08	1.7E-08	7.3E-09
Cadmium (Cd)	3.9E-11	3.1E-11	1.3E-11	3.6E-04	1.1E-07	8.6E-08	3.7E-08
Chrome (Cr)	3.9E-11	3.1E-11	1.3E-11	1.5E+00	2.6E-11	2.0E-11	8.8E-12
Chrome VI (Cr VI)	1.9E-11	1.5E-11	6.6E-12	9.0E-04	2.1E-08	1.7E-08	7.3E-09
Cuivre (Cu)	3.9E-11	3.1E-11	1.3E-11	1.0E-02	3.9E-09	3.1E-09	1.3E-09
Cyanures (CN)	1.9E-11	1.5E-11	6.6E-12	1.5E-02	1.3E-09	1.0E-09	4.4E-10
Etain (Sn)	3.9E-11	3.1E-11	1.3E-11	3.0E-01	1.3E-10	1.0E-10	4.4E-11
Manganèse (Mn)	3.9E-11	3.1E-11	1.3E-11	1.4E-01	2.8E-10	2.2E-10	9.4E-11
Mercure (Hg)	7.7E-12	6.2E-12	2.6E-12	2.0E-03	3.9E-09	3.1E-09	1.3E-09
Nickel (Ni)	7.7E-11	6.2E-11	2.6E-11	5.0E-03	1.5E-08	1.2E-08	5.3E-09
Plomb (Pb)	5.8E-11	4.6E-11	2.0E-11	6.3E-04	9.2E-08	7.4E-08	3.1E-08
Br (Bromoforme)	1.3E-10	1.1E-10	4.6E-11	2.0E-02	6.7E-09	5.4E-09	2.3E-09

Tableau 213 : Quotients de danger – Effets à seuil de dose – Voie ingestion – Groupe Beaumont de Pertuis

Excès de Risque Individuel – Effets sans seuil de dose – Voie ingestion – Groupe Beaumont de Pertuis							
Substance	DJE (mg/kg/j)			QD (ingestion – avec seuil)			
	Enfant de 1-2 ans	Enfant de 10 ans	Adulte	VTR (mg/kg/j)	Enfant de 1-2 ans	Enfant de 10 ans	Adulte
Hydrocarbures (HC)	4.1E-10	3.3E-10	1.4E-10	1.2E-01	2.1E-11	1.7E-11	7.3E-12
Arsenic (As)	4.1E-12	3.3E-12	1.4E-12	1.5E+00	2.7E-12	2.1E-12	9.1E-13
Chrome VI (Cr VI)	8.3E-12	6.6E-12	2.8E-12	4.2E-01	1.5E-12	1.2E-12	5.1E-13
Plomb (Pb)	2.5E-11	2.0E-11	8.5E-12	8.5E-03	9.0E-14	7.2E-14	3.1E-14
Br (Bromoforme)	5.8E-11	4.6E-11	2.0E-11	7.9E-03	2.0E-13	1.6E-13	6.7E-14

Tableau 214 : Excès de Risque Individuel – Effets sans seuil de dose – Voie ingestion – Groupe Beaumont de Pertuis

Pour les substances disposant d'une VTR, les résultats montrent qu'à la 50ème année de rejets, pour le groupe de référence de Beaumont de Pertuis, les quotients de danger (ainsi que leur somme) sont inférieurs à 1, et les excès de risque individuels (ainsi que leur somme) sont inférieurs à 10^{-5}.

Conclusion : Le risque sanitaire lié aux rejets d'effluents liquides chroniques maximaux du démantèlement de l'INB 56 est jugé faible.

2.5.4. Evaluation des incidences résiduelles sur l'environnement

2.5.4.1. Méthodologie

Définition des PNEC

Le danger correspond aux effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer. En effet, les substances chimiques sont susceptibles de provoquer des effets aigus liés à une exposition courte à des doses en général assez élevées et des effets sub-chroniques ou chroniques susceptibles d'apparaître suite à une exposition prolongée à des doses plus faibles. Dans le cadre de l'évaluation du risque chimique associé aux rejets liquides du démantèlement de l'INB 56, c'est essentiellement la toxicité sub-chronique à chronique qui a été prise en compte.

L'évaluation du danger se fait principalement par l'analyse de données validées issues de tests toxicologiques et écotoxicologiques. De tels essais ont pour objet la mise en évidence des effets toxiques d'une substance vis-à-vis d'organismes représentatifs des écosystèmes et appartenant à différents niveaux de la chaîne alimentaire (ou chaîne trophique).

Dans le cas des écosystèmes aquatiques, sont généralement utilisées les données issues d'essais avec des bactéries, des algues, des invertébrés (souvent des micro-crustacés), des invertébrés benthiques, et des poissons.

Le plus souvent il s'agit d'essais permettant la mise en évidence d'effets létaux résultant de courtes durées d'exposition (résultats exprimés sous forme de CL_{50}, CE_{50} ou CI_{50}[54]). Des essais permettant la mise en évidence d'effets sub-létaux (croissance, reproduction et comportement) résultant de plus longues durées d'exposition (résultats exprimés sous forme de NOEC[55] ou d'EC10[56]) peuvent également exister. Les résultats des essais courts terme sont pertinents lors de l'évaluation des effets de pollutions épisodiques ou accidentelles.

L'information qu'ils fournissent est moins pertinente lorsqu'il s'agit d'évaluer le risque à long terme d'une substance sur l'environnement. Le jeu de données écotoxicologiques issues de tests menés sur des organismes aquatiques pertinents est principalement issu de bases de données, de rapports monographiques d'envergure européenne ou internationale, ou d'articles scientifiques sur des études menées en laboratoire ou sur le terrain. Toutes les données collectées sont analysées afin d'évaluer la validité de l'étude et donc la pertinence de la donnée. La validité des essais est jugée sur la cohérence des protocoles aux normes nationales (AFNOR) et internationales (CEN, ISO) ou à des lignes directrices (OCDE, US-EPA).

---

[54] Concentration qui provoque la mort (CL), l'inhibition (CI) ou un effet (CE) sur 50% des organismes exposés à une substance pendant une durée limitée.

[55] No Observed Effect Concentration ou concentration sans effet observé.

[56] Concentration qui provoque un effet (CE) sur 10% des organismes exposés à une substance pendant une durée limitée.

La conformité aux bonnes pratiques de laboratoire est également prise en compte. A partir de ces données, des **PNEC** (**Predicted No Effect Concentration**, concentrations prévisibles sans effet pour les organismes vivants) pour les différents compartiments de l'environnement susceptibles d'être contaminés sont déterminées. Plusieurs méthodes existent pour déterminer des PNEC, en fonction du nombre de données d'écotoxicité disponibles. Ces méthodes sont détaillées dans le guide technique européen publié par l'Agence européenne des produits chimiques, ECHA[57].

Substances d'intérêt et valeurs de référence pour les eaux douces de surface

Les concentrations prévisibles sans effet (PNEC) pour les organismes aquatiques « eaux douces » ont été recherchées pour les substances rejetées dans la Durance (cf. §2.5.1.3).

Les normes de qualité environnementale (**NQE**) existantes pour les masses d'eau de surface, issues de l'arrêté « évaluation » du 25 janvier 2010 modifié, ont également été recherchées. Les NQE ont été présentées en partie 1, au chapitre 8.3. Elles permettent de caractériser le bon état chimique d'une masse d'eau, qui garantit à la fois le respect de l'environnement et de la santé humaine. Pour l'impact des rejets chroniques, on utilisera en priorité des normes de qualité environnementale exprimées en moyenne annuelle (**NQE-MA**). Pour l'impact de rejets ponctuels, on se référera plutôt aux normes de qualité environnementale exprimées en concentration maximale admissible (**NQE-CMA**).

Enfin, la limite de qualité eaux brutes (annexe II), et, à défaut, la limite de qualité eaux douces (annexe III) de l'arrêté du 11 janvier 2007 modifié relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique, a été ajoutée à titre d'information pour les substances ne disposant ni de NQE ni de PNEC.

Elles sont rappelées dans le tableau suivant.

[57] Guidance on information requirements and chemical safety assessment, Chapter R.10: Characterisation of dose [concentration]-response for environment. ECHA, May 2008.

Substance	PNEC eau douce (µg/L)	Organisme	NQE - Eaux douces de surface - Arrêté du 25 janvier 2010 modifié		Valeur guide ou Valeur limite (Arrêté du 11 janvier 2007 modifié Annexe III) (µg/L)
			NQE-MA (1) Eaux de surface intérieures (µg/L)	NQE-CMA (2) Eaux de surface intérieures (µg/L)	
Aluminium (Al)	0,06	INERIS	-	-	-
Ammonium (NH_4^+) (3)	-	-	-	-	50
Arsenic (As)	1,37	INERIS	0,83	-	10
Bore (B)	-	-	-	-	1000
Cadmium (Cd)	0,19	INERIS	0,15	0,9	1
Chlorures	-	-	-	-	200000
Chrome (Cr) (4)	4,7	INERIS	3,4	-	50
Chrome hexavalent (CrVI)	4,1	INERIS	3,4	-	50
Cuivre (Cu)	1,6	INERIS	1	-	20
Cyanures (CN)	0,57	INERIS	-	-	50
Etain (Sn)	1,5	INERIS	-	-	-
Fer (Fe)	16	WFD-UKTAG	-	-	100
Fluorures (F-)	-	-	-	-	700
Hydrocarbure (Benzo(a)pyrène)	0,05	INERIS	0,00017	0,27	0,1 pour les HAP
Manganèse (Mn)	7	WFD-UKTAG	-	-	50
Mercure (Hg)	0,24 (inorg,) 0,01 (org,)	INERIS	0,05	0,07	0,5
Nickel (Ni)	1,7	INERIS	4 (5)	34	-
Nitrate (NO_3^-) (3)	-	-	-	-	25000
Nitrite (NO_2^-) (3)	20	INERIS	-	-	-
Phosphore total (P_2O_5) (3)	-	-	-	-	400
Plomb (Pb)	0,41	INERIS	1,2 (5)	14	10
Sulfate (SO_4^{2-})	-	-	-	-	150000
Zinc (Zn)	7,8	INERIS	7,8	-	500

(1) : Moyenne Annuelle ; (2) Concentration Maximale Admissible ; (3) : Substances eutrophisantes ; (4) Chrome III ; (5) : Concentration en élément biodisponible

Tableau 215 : Synthèse des valeurs de référence retenues pour l'étude d'impact environnemental

Les concentrations en substances eutrophisantes pourront être comparées aux limites de classes d'état pour les paramètres généraux des cours d'eau, issues de l'arrêté « évaluation » du 25 janvier 2010 modifié, présentées en partie 1, au chapitre 8.3.

2.5.4.2. Evaluation des expositions

Les rejets des effluents s'effectuant en Durance, le milieu récepteur potentiellement impacté est donc le milieu aquatique (faune et flore aquatique) de la Durance. La Durance étant une rivière caractérisée de « torrentielle », la quantité de sédiments est très faible. L'exposition de la faune et de la flore aux substances contenues dans les sédiments n'est donc pas considérée dans l'étude d'impact environnemental.

Les concentrations d'exposition des écosystèmes (**PEC**) sont égales **aux concentrations ajoutées dans l'eau de la Durance**, calculées à partir du logiciel ABRICOT de la plateforme CERES, et présentées précédemment (§2.5.3.3).

2.5.4.3. Evaluation des risques environnementaux

Evaluation qualitative des risques liés à l'eutrophisation

Il est possible d'apprécier l'impact du rejet des phosphates, les nitrates, les nitrites et l'ammonium en comparant les concentrations ajoutées dans la Durance aux concentrations en amont du rejet, et aux limites de classes d'état des cours d'eau. Ces valeurs sont présentées dans le tableau ci-après.

Paramètre chimique	Concentration ajoutée en Durance (mg/L)	Concentration moyenne dans la Durance en amont du rejet* (mg/L)	Limites des classes d'état – Arrêté du 25/01/2010 modifié (mg/L)			
			Très bon / Bon	Bon / Moyen	Moyen / Médiocre	Médiocre / Mauvais
Nitrates (NO_3^-)	4.78E-05	2.30E+00	10	50	-	-
Nitrites (NO_2^-)	4.21E-06	1.80E-02	0.1	0.3	0.5	1
Ammonium (NH_4^+)	4.22E-05	2.20E-01	0.1	0.5	2	5
Phosphate (PO_4^{3-})	2.32E-05	2.30E-02	0.1	0.5	1	2

** : Moyenne sur les années 2014 et 2015, 24 mesures exploitées (n)*

Tableau 216 : Limites de classes d'état des cours d'eau pour les nutriments

Les concentrations potentiellement ajoutées en phosphates, en nitrates, en nitrites et en ammonium sont très largement inférieures aux concentrations moyennes retrouvées en Durance en amont du rejet du CEA de Cadarache, ainsi qu'aux limites de classes d'état.

On peut considérer que les quantités de substances eutrophisantes potentiellement rejetées par le démantèlement de l'INB 56 n'ont pas d'impact sur l'environnement.

Evaluation quantitative des risques environnementaux

Dans le cas des substances à effet toxique potentiel, la méthode d'estimation des risques est déterministe, aboutissant à l'établissement d'un **ratio PEC/PNEC**, c'est-à-dire le ratio entre la concentration prédite pour un compartiment environnemental donné et la concentration prédite sans effet pour les organismes de ce même compartiment :

- si ce ratio est inférieur ou égal à 1, on considérera qu'il n'y a pas de risque pour le compartiment considéré ;
- en revanche si ce rapport est supérieur à 1, un risque ne peut pas être écarté.

Cependant, si de nombreuses hypothèses ont été utilisées entraînant une incertitude non négligeable, il pourra être envisagé de poursuivre la méthode, qui se veut itérative, en obtenant des informations complémentaires réduisant ces incertitudes et affiner le résultat de l'évaluation des risques. Ainsi, la valeur théorique de 1 doit être considérée comme un outil d'évaluation. La valeur du rapport PEC/PNEC doit être interprétée en tenant compte des incertitudes sur la méthodologie d'évaluation des risques.

Le tableau suivant synthétise les ratios PEC/PNEC pour les substances rejetées. Pour faciliter la comparaison, les concentrations ajoutées en Durance (PEC) ont été rappelées, et sont exprimées en microgrammes par litre. A titre d'information, les ratios avec les normes de qualité environnementales, et les valeurs guides ou valeurs limites de l'annexe III de l'arrêté du 25 janvier 2010 modifié sont également présentés.

Evaluation quantitative du risque environnemental par le biais des PNEC				A titre informatif			
Substance	**PEC (µg/L)**	**PNEC (µg/L)**	**Ratio PEC/ PNEC**	**NQE-MA (µg/L)**	**Ratio PEC/ NQE-MA**	**Annexe III arêté (µg/L)**	**Ratio PEC/ Annexe III**
Nitrates (NO3-)	4.8E-02	–	–	–	–	2.5E+04	1.9E-06
Nitrites (NO2-)	4.2E-03	2.0E+01	2.1E-04	–	–	–	–
Ammonium (NH4+)	4.2E-02	–	–	–	–	5.0E+01	8.4E-04
Aluminium (Al)	7.0E-04	6.0E-02	1.2E-02	–	–	–	–
Bore (B)	1.4E-04	7.6E+02	1.8E-07	–	–	1.0E+03	1.4E-07
Chlorures (Cl-)	5.6E-02	–	–	–	–	2.0E+05	2.8E-07
Fer (Fe)	7.0E-04	1.6E+01	4.4E-05	–	–	1.0E+02	7.0E-06
Fluorures (F-)	8.5E-04	3.7E+02	2.3E-06	–	–	7.0E+02	1.2E-06
Hydrocarbures (HC) (Benzo(a)pyrène)	1.4E-06	5.0E-02	2.8E-05	1.7E-04	8.2E-03	5.0E+01	1.4E-05
Phosphates (PO4)	2.3E-02	–	–	–	–	4.0E+02	5.8E-05
Sulfates (SO42-)	2.0E-01	–	–	–	–	1.5E+05	1.3E-06
Zinc (Zn)	5.6E-04	7.8E+00	7.2E-05	7.8E+00	7.2E-05	5.0E+02	1.1E-06
Arsenic (As)	1.4E-05	1.4E+00	1.0E-05	8.3E-01	1.7E-05	1.0E+01	1.4E-06
Cadmium (Cd)	5.6E-05	1.9E-01	3.0E-04	1.5E-01	3.7E-04	1.0E+00	5.6E-05
Chrome (Cr)	5.6E-05	4.7E+00	1.2E-05	3.4E+00	1.7E-05	5.0E+01	1.1E-06
Chrome VI (Cr VI)	2.8E-05	4.1E+00	6.9E-06	3.4E+00	8.3E-06	5.0E+01	5.6E-07
Cuivre (Cu)	5.6E-05	1.6E+00	3.5E-05	1.0E+00	5.6E-05	2.0E+01	2.8E-06
Cyanures (CN)	2.8E-05	5.7E-01	4.9E-05	–	–	5.0E+01	5.6E-07
Etain (Sn)	5.6E-05	1.5E+00	3.7E-05	–	–	–	–
Manganèse (Mn)	5.6E-05	7.0E+00	8.0E-06	–	–	5.0E+01	1.1E-06
Mercure (Hg)	1.1E-05	1.0E-02	1.1E-03	5.0E-02	2.3E-04	5.0E-01	2.3E-05
Nickel (Ni)	1.1E-04	1.7E+00	6.6E-05	4.0E+00	2.8E-05	–	–
Plomb (Pb)	8.5E-05	4.1E-01	2.1E-04	1.2E+00	7.0E-05	1.0E+01	8.5E-06

Tableau 217 : Comparaison des concentrations moyennes ajoutées dans la Durance avec les valeurs de référence environnementales pour les eaux douces

Les ratios PEC/PNEC sont inférieurs à 1 pour toutes les substances considérées disposant d'une PNEC.

Les ratios PEC/NQE-MA sont également inférieurs à 1.

Pour les autres substances, les concentrations ajoutées par les rejets restent très inférieures aux PNEC ainsi qu'aux NQE.

L'analyse de ces résultats permet d'écarter la probabilité d'un risque pour les organismes aquatiques lié aux rejets dans la Durance.

L'impact résiduel des rejets liquides chimiques du démantèlement de l'INB 56 sur l'environnement et sur la qualité des eaux de la Durance est donc qualifié de faible.

2.6. Utilisation de produits chimiques

Des produits chimiques peuvent être manipulés pour les opérations de décontamination (détergents, solvants, décapants, décontaminants, etc.). Ces produits font l'objet d'une commercialisation et d'un contrôle par les autorités sanitaires. Certains de ces produits peuvent être dangereux, inflammables, etc., aussi leur utilisation fait l'objet de précautions d'usage (port de gants, etc.). Ces produits sont couramment utilisés sur le centre de Cadarache, sont connus des services de sécurité du centre et n'ont jamais fait apparaître de nuisances particulières. Leurs règles d'utilisation (introduction des produits en quantités limitées, manipulation, entreposage) font l'objet de consignes.

Les procédés de décontamination et d'assainissement qui seront utilisés pour assainir le génie civil sont des procédés mécaniques à sec, ou chimiques (décontaminant, décapant, etc.) ne générant pas d'effluents liquides. A ces procédés devront être associés des procédés de traitement de surface pour la finition, et des procédés permettant des traitements locaux pour les surfaces difficilement accessibles. L'utilisation de procédés chimiques ou thermiques pour le traitement d'épaisseurs plus faibles peut également être envisagée.

Les prévisions de consommation de produits chimiques sont difficiles à établir. En effet, le choix des produits sera effectué dans le cadre des études de projet détaillées des opérations de démantèlement. Néanmoins, les quantités utilisées resteront faibles, et a fortiori pour la fraction évaporée. Une évaluation de l'impact de ces produits sera faite au cas par cas, avant leur utilisation.

2.7. Activités ajoutées à l'environnement

Le tableau ci-après présente les résultats obtenus la 28ème année de rejet, ainsi que les valeurs de seuils de décision minimaux de la décision N°2013-DC-0360 de l'ASN. La colonne « total » correspond au cas atmosphérique le plus pénalisant entre les deux émissaires, additionné du calcul liquide. La ligne « BIO » contient les valeurs maximales obtenues pour tous les aliments et le sol.

Matrice	Mesure	Unité	Seuils de décision	Atmosphérique		Liquide	Total
				E_VRA	E_TRA		
EAU	α Total	Bq/L	0,05	–	–	7.63E-06	7.63E-06
	β Total	Bq/L	0,25	–	–	1.98E-04	1.98E-04
	^{3}H	Bq/L	10	–	–	6.49E-02	6.49E-02
AIR	α Total	Bq/m^3	1.00E-04	1.32E-07	6.78E-08	–	1.32E-07
	β Total	Bq/m^3	1.00E-04	1.45E-06	7.46E-07	–	1.45E-06
	^{14}C	Bq/m^3	0,1	9.60E-05	5.39E-05	–	9.60E-05
	^{3}H	Bq/m^3	0,5	2.32E-04	1.25E-04	–	2.32E-04
BIO	^{3}H	Bq/kg	10	1.17E-01	2.12E-01	2.14E+00	2.35E+00

Tableau 218 : Activités ajoutées dans l'environnement et seuils de décision

Les résultats montrent que les activités ajoutées dans l'environnement restent inférieures aux seuils de décision minimaux, et ce malgré les hypothèses très pénalisantes.

3. Incidences des rayonnements ionisants

3.1. Rayonnements à l'intérieur de l'installation

Principe de zonage de radioprotection

Le principe de classification des locaux en zones réglementées au sens de la radioprotection a été présenté dans la pièce n° 2.

Bilan des expositions externe et interne du personnel dans l'installation

En conditions normales d'exploitation, les risques d'exposition aux rayonnements ionisants du personnel travaillant dans des INB peuvent être de deux types :

- le risque d'exposition externe ;
- le risque d'exposition interne.

De manière générale, la prévention vis-à-vis du risque de dissémination des matières radioactives repose sur l'interposition d'au moins une barrière de confinement statique entre les matières radioactives et le personnel et d'au moins deux barrières entre ces matières et le public. Ces barrières de confinement statique sont généralement associées à un ou plusieurs système(s) de confinement dynamique (ventilation des sas, ventilation des bâtiments, etc.).

Les mesures de prévention vis-à-vis du risque de dissémination (en particulier la présence de barrières de confinement statique et dynamique) sont également efficaces vis-à-vis du risque d'exposition interne.

Pour l'INB 56 en conditions normales :

- le risque d'exposition externe est lié aux opérations de démontage et de découpe à proximité d'équipements activés et/ou contaminés émettant des rayonnements ionisants, ainsi qu'aux opérations de tri et de mise en colis des déchets générés ;
- le risque d'exposition interne est lié aux risques d'inhalation ou d'ingestion de radioéléments lors de leur remise en suspension lors des opérations de reprise et de tri des déchets, d'assainissement et de dépose d'équipements, et de constitution des colis de déchets.

Les opérations réalisées en phase A de démantèlement (phase de RCD) sont de même nature que celles réalisées en exploitation. Ainsi, lors des dernières périodes d'exploitation, les mesures de dosimétrie gamma opérationnelle ont montré qu'aucun salarié n'avait été exposé à une dose intégrée de plus de 3 mSv/an. Les objectifs de dosimétrie individuelle de l'organisme entier et pour les extrémités ont également été respectés. Il n'y a pas eu d'événement ayant conduit à une exposition du personnel par contamination interne ou cutanée. La situation radiologique est satisfaisante. Elle est le fruit d'un suivi rigoureux des expositions aux postes de travail.

Bilan des mesures d'ambiance radiologique dans l'installation

En complément des mesures de débits de dose aux postes de travail, des dosimètres de zone sont disposés sur l'installation. Lors des dernières périodes d'exploitation, les résultats ont été conformes aux valeurs limites du zonage radioprotection en vigueur.

3.2. Rayonnements à l'extérieur de l'installation

Pour ce qui concerne la mesure des rayonnements à l'extérieur, le CEA a mis en place des dosimètres en clôture du Centre et sur le Centre, dans le cadre du Plan de contrôle et de surveillance radiologique du site et de l'environnement (PCSE). Les résultats ont été présentés dans la partie 1, au chapitre 4. Ils montrent que l'irradiation externe due au rayonnement de direct de l'INB 56 est perceptible à proximité de l'installation, ainsi qu'à la clôture du Centre de Cadarache, où les doses ajoutées restent inférieures à la limite d'1 mSv/an.

4. Incidences sur l'environnement naturel (écologie)

Ce paragraphe reprend les principales conclusions de l'étude écologique réalisée par la société Synergis Environnement.

4.1. Introduction

4.1.1. Principe de l'évaluation des incidences environnementales

L'une des étapes clés de l'évaluation environnementale consiste à déterminer la nature, l'intensité, l'étendue et la durée de toutes les incidences que le projet risque d'engendrer.

Cette évaluation consiste à identifier les modifications directes et indirectes, temporaires et permanentes générées par le projet sur les milieux naturels, la flore et la faune. Elle se fonde sur le croisement entre les caractéristiques des opérations (emprises, dates et organisation du chantier, mode d'exploitation, …) et les spécificités écologiques du site ainsi que des zones sous influence (présence d'habitats naturels et de d'espèces d'intérêt patrimonial, …).

En fonction des exigences écologiques des habitats naturels et des espèces, et de leur capacité de résilience (c'est-à-dire leur faculté à s'adapter aux modifications de leur environnement), il s'agit de prévoir à court et moyen termes leur réaction face aux changements générés par la mise en œuvre du projet.

Les termes « effet » et « impact » sont souvent utilisés indifféremment (notamment par les textes réglementaires français régissant l'étude d'impact) pour nommer les conséquences d'un projet sur l'environnement. Ils prennent néanmoins une connotation différente si l'on tient compte des enjeux environnementaux du territoire :

- un effet est la conséquence objective du projet sur l'environnement indépendamment du territoire qui sera affecté : par exemple, un projet peut engendrer la destruction de boisement ;
- l'impact est la transposition de cet effet sur une échelle de valeurs. Par exemple, à niveau d'effet égal, l'impact d'un projet sera plus important pour une espèce dont la patrimonialité est plus importante. À l'inverse une espèce avec une patrimonialité moins importante engendrera un niveau d'impact plus faible.

L'évaluation d'un impact est ainsi le croisement de l'enjeu (défini dans l'état initial des milieux naturels, de la flore et de la faune) et de l'effet (lié au projet).

Les enjeux écologiques sont cotés sur une échelle à six niveaux allant de « très faible » à « très fort » (cf. la première partie de l'étude d'impact, qui présente l'état initial du site).

Les effets sont classés sur une échelle à quatre niveaux allant de « négligeable » à « fort », en fonction de l'intensité attendue de l'altération :

- intensité forte : destruction ou altération importante conduisant à la disparition à court ou moyen terme de l'élément naturaliste considéré ;
- intensité moyenne : perturbation ne conduisant pas à la disparition de l'élément naturaliste considéré mais altérant sa répartition, sa densité, et son état de conservation local ;

- intensité faible : altération ne remettant pas en cause le maintien local de l'élément naturaliste considéré dans un bon état de conservation ;
- intensité négligeable : absence d'effet négatif constatable ou altération sans conséquence de l'élément naturaliste considéré.

Les impacts, issus du croisement, sont ensuite classés selon une échelle à six niveaux, allant de « négligeable » à « très fort ».

Impact = Enjeu x Effet		***Enjeu***					
		Très faible	***Faible***	***Moyen***	***Assez fort***	***Fort***	***Très fort***
Effet	***Négligeable***	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable
	Faible	Négligeable	Négligeable	Faible	Faible	Moyen	Assez fort
	Moyen	Négligeable	Faible	Faible	Moyen	Assez fort	Fort
	Fort	Négligeable	Faible	Moyen	Assez fort	Fort	Très fort

Figure 159 : Grille d'évaluation des niveaux d'impacts écologiques

Dans le cadre du diagnostic écologique, l'analyse des impacts a porté sur les domaines suivants, en reprenant la même trame que celle de l'état des lieux (dont la synthèse a été présentée en partie 1) : habitats naturels, flore et faune (amphibiens, reptiles, insectes, mammifères terrestres, oiseaux nicheurs et chauve-souris).

4.1.2. Principales caractéristiques du projet prises en compte

L'évaluation des impacts écologiques potentiels est faite sur la base des principales caractéristiques de projet présentées ci-après.

Le démantèlement est prévu en **quatre grandes phases** :

- Phase A : poursuite des opérations préparatoires au démantèlement (OPDEM), non finalisées lors de l'entrée en vigueur du décret de démantèlement, et des opérations de Reprise des Colis de Déchets (RCD).
- Phase B : dépose des équipements et procédés de RCD et assainissement des structures de RCD.
- Phase C : assainissement et retrait des structures historiques et réhabilitation des sols.
- Phase D : contrôles radiologiques finaux.

Les caractéristiques du projet prises en compte dans la présente étude d'impacts écologiques **concernent essentiellement les opérations de reprise, conditionnement et évacuation des déchets (RCD)**.

La réalisation des opérations de RCD nécessite la création de deux installations dans le périmètre de la zone du Parc de l'INB 56 :

- L'installation VRAC-MI dédiée à la reprise, au tri et au conditionnement des déchets moyennement irradiants (MI) entreposés dans les fosses anciennes afin de les expédier pour stockage dans les sites de l'ANDRA ou pour entreposage dans l'installation CEDRA, sur le site de Cadarache. Elle sera principalement constituée de deux bâtiments en structures métalliques, d'une unité de tri et de conditionnement des déchets en béton armé, d'une nouvelle fosse d'entreposage tampon des colis finis, et d'un sas camion ainsi que de locaux annexes (ventilation, électricité, etc.).
- L'atelier de traitement et de conditionnement (ATC) des déchets entreposés dans les hangars pour permettre leur évacuation vers les exutoires décrits pour ci-dessus. Les opérations concerneront la caractérisation et le reconditionnement des déchets (carottage, prise d'échantillons, casse de colis, reconditionnement, coulage de bouchons, etc.).

La stratégie de démantèlement retenue par le CEA est un démantèlement immédiat, intervenant dans la continuité des opérations de RCD.

Les durées prévisionnelles pour la phase A de RCD sont de l'ordre de :

- 15 ans pour les fosses anciennes ;
- 20 ans pour les hangars d'entreposage ;
- 25 ans pour les dernières tranchées (T1, T3, T4 et T5).

A ce stade, le CEA considère une mise en service de l'installation VRAC-MI à l'horizon 2036, une fin de reprise des déchets en vrac en 20437, puis une fin de reprise des autres déchets en 2050.

L'emprise potentielle des travaux sur la zone du Parc a été présentée Figure 123.

Sur la zone des Tranchées, les travaux resteront cantonnés dans le périmètre de l'INB.

4.1.3. Principaux effets potentiels identifiés

Les principaux effets directs identifiés en phase chantier sont les suivants :

- La destruction d'individus (écrasement) par les engins de chantier qui entrainerait une destruction permanente des individus.
- La destruction de tout ou partie de l'habitat : Lors de la phase chantier, le terrassement, le défrichement, le déboisement, le nivellement ou la création de chemins d'accès peuvent entrainer une destruction permanente de tout ou partie d'un ou plusieurs habitats naturels.

Les principaux effets indirects identifiés en phase chantier sont les suivants :

- Le dérangement lié aux vibrations et aux bruits lors du passage et du travail des engins de chantier qui peuvent perturber le cycle biologique des espèces présentes (nidification, déplacement, hibernation…)
- L'introduction accidentelle d'espèces exotiques envahissantes, liée au déplacement des engins d'un chantier à l'autre pouvant entrainer un transport de graines ou d'individus.
- Les pollutions accidentelles liées à la phase chantier et donc temporaires (poussières, fuites d'hydrocarbures…) :
- La pollution aérienne : il s'agit de l'émission de poussières provoquée par la circulation des véhicules pendant le chantier. La production de poussières peut effectivement engendrer des impacts sur les habitats naturels localisés à proximité du chantier.

- La pollution du sol et des eaux : lors de la phase de chantier, les différents travaux peuvent générer des pollutions sur les habitats. En effet, les engins de chantier contiennent de l'huile et des hydrocarbures susceptibles de sortir de leur logement et de polluer les habitats naturels et les cours d'eau. De plus, les travaux peuvent aussi entrainer une pollution des eaux par le lessivage des sols et donc le ruissellement des matières en suspension (MES) qui peuvent générer une turbidité accrue des eaux et donc une dégradation temporaire de l'habitat sur la zone d'implantation potentielle et en aval de la zone d'implantation potentielle.

4.2. Evaluation des incidences sur l'environnement

4.2.1. Impacts bruts du projet de démantèlement

4.2.1.1. Habitats naturels

Destruction du tout ou partie des habitats naturels

Si le chantier de démantèlement se déroulera principalement à l'intérieur des bâtiments et sur des espaces extérieurs déjà bitumés, certaines opérations impacteront néanmoins certaines parties d'habitats naturels et semi-naturels. Les tableaux ci-après indiquent les surfaces des habitats impactés par les travaux sur la zone du Parc et sur celle des Tranchées.

Habitats naturels	Enjeux sur site	Surfaces impactées en m²
E1.31 x E1.61 Pelouses calcaires xériques x Pelouses calcaires sèches à graminées subnitrophiles sur talus	Faible	6960,9
E1.311 Pelouses à Brachypode rameux	Fort	95,0
E1.61 Pelouses calcaires sèches à graminées subnitrophiles sur talus	Faible	2441,3
E5.12 x E1.31 Zones rudérales x Pelouses calcaires xériques	Faible	4996,8
F5.113 x E1.311 Matorral à Chêne vert x Bosquets à Chênes verts, Chênes pubescents et Pins d'Alep x Pelouse à Brachypode rameux	Moyen	1345,0
F5.113 x G3.7 Matorrals à Chêne vert et Genévrier oxycèdre x Pinèdes à Pins d'Alep	Assez fort	6993,3
F5.143 x E1.2A Matorrals arborescents à Pin d'Alep x Pelouses à Brachypode de Phénicie	Moyen	41,6
F6.6 x E1.311 Garrigues à Badasse x Pelouses à Brachypode rameux	Fort	5847,8
G1.71 Boisements de Chênes pubescents	Moyen	1213,8
J1.4 Sites industriels en activité	Très faible	5819,1
J4.2 Routes, chemins et fossés	Très faible	5295,3

Tableau 219 : Surfaces des habitats impactés par les travaux sur la zone du Parc

Habitats naturels	Enjeu sur site ou à proximité	Surfaces impactées en m²
E1.61 x G4.C Pelouses à graminées subnitrophiles x Boisements mixtes thermophiles à Pin sylvestre et Chêne pubescent	Moyen	334
E5.12 x E1.31 Zones rudérales x Pelouses calcaires xériques	Faible	3560
J1.4 Sites industriels en activité	Très faible	15815

Tableau 220 : Surfaces des habitats impactés par les travaux sur la zone des Tranchées

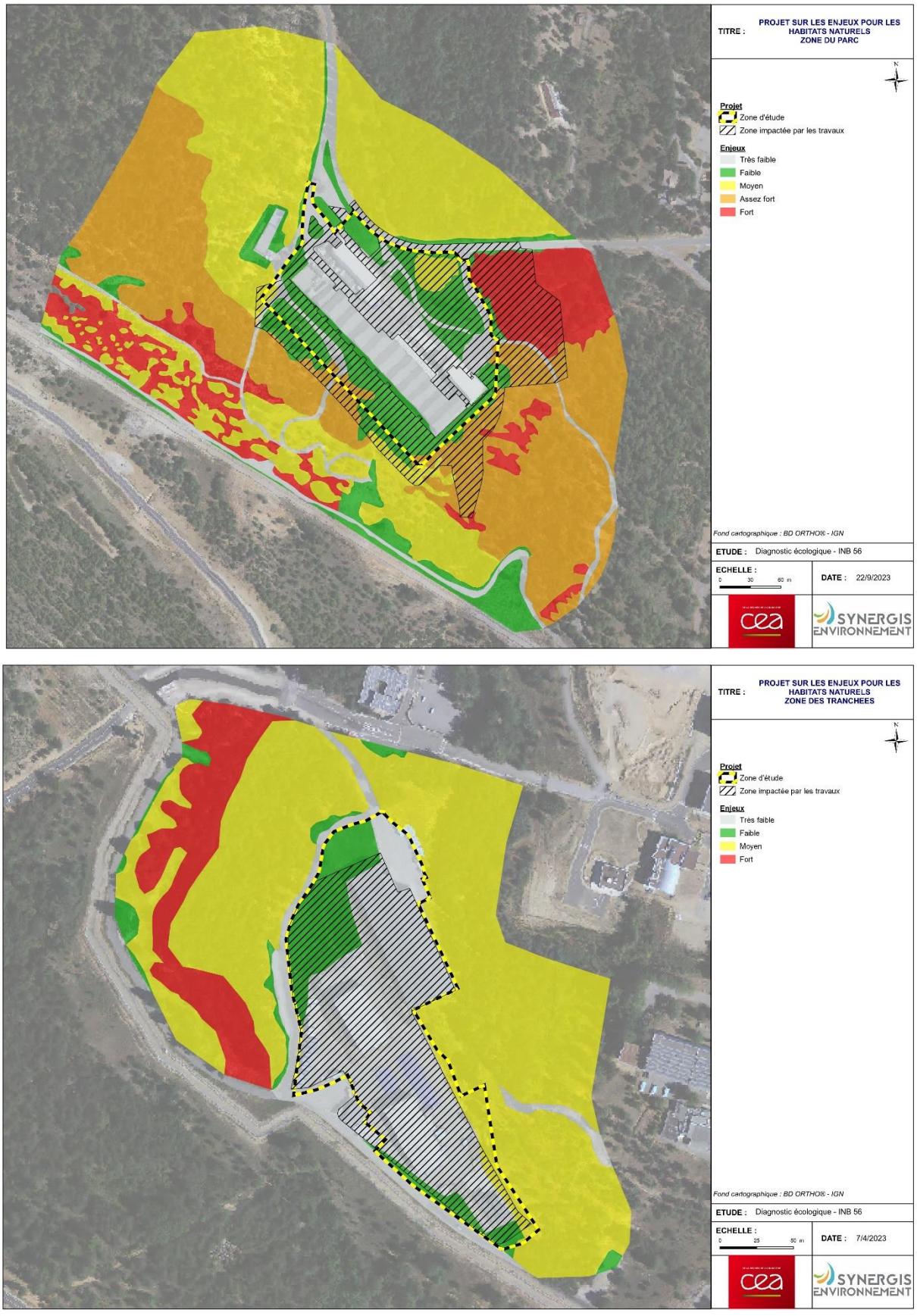


Figure 160 : Présentation du projet sur les enjeux des habitats naturels des zones du Parc et des Tranchées

Introduction accidentelle d'espèces exotiques envahissantes

Lors de la phase de travaux, le passage répété d'engins de chantier peut avoir des conséquences indirectes comme l'apport de terre végétale extérieure ou de semences d'espèces floristiques exotiques. Certaines de ces espèces peuvent coloniser les milieux naturels sur lesquels elles se naturalisent et se développent jusqu'à parfois étouffer la végétation déjà présente. Sur le site de l'INB56, aucune espèce exotique envahissante n'a été identifiée donc le risque de dissémination est faible et concernerait des espèces venant d'un autre site fréquenté par les véhicules.

L'impact brut d'introduction accidentelle d'espèces exotiques envahissantes est considéré comme faible sur l'ensemble des habitats naturels.

Pollution (poussières, hydrocarbures…)

Cet effet intervient de manière indirecte. Il s'agit principalement d'effets physiques résultant de l'utilisation des engins de chantiers. Cet effet impacte donc les habitats de la zone d'implantation, mais aussi les habitats présents autour.

L'impact brut de pollution est donc considéré comme faible sur l'ensemble des habitats naturels sur les zones d'implantation et autour.

4.2.1.2. Flore

Pour rappel sur la zone des Tranchées, aucune espèce floristique à enjeu n'a été identifiée. Néanmoins, un individu remarquable de Peuplier blanc est présent à proximité du site. Cet arbre se trouvant en dehors de la zone impactée par les travaux, aucun impact n'est à prévoir sur la flore.

Pour rappel sur la zone du Parc, trois espèces floristiques à enjeux ont été observées. Il s'agit de l'Orchis bouffon (enjeu moyen), le Chardon à épingles (enjeu assez fort) et la Nonnée brune (enjeu fort).

Destruction d'individus

Lors de la phase travaux, un débroussaillement et un terrassement sont prévus. Ces travaux vont entrainer la destruction d'espèces floristiques présentes sur une partie de la zone d'implantation du projet.

Les stations de Chardon à épingles ne sont pas impactées par les travaux et sont situées loin de la zone de chantier. La station d'Orchis bouffon est également en dehors de la zone de travaux, mais proche de l'accès ouest.

En revanche, des stations de Nonnée brune sont présentes sur la zone impactée par les travaux. La surface impactée est très faible, mais elle regroupe un grand nombre de pieds de cette espèce protégée. La station impactée est celle présente sur le rond-point au niveau de l'accès ouest. Ce rond-point est régulièrement perturbé par la circulation humaine et par les grands mammifères qui retournent la terre en recherche de nourriture. Les autres stations de cette espèce identifiées sur la zone du Parc sont situées à proximité directe de la zone de travaux.

L'impact brut de destruction d'individus est donc qualifié de négligeable pour le Chardon à épingles et l'Orchis bouffon et assez fort pour la Nonnée brune.

Destruction de tout ou partie de l'habitat

Lors de la phase travaux, un débroussaillement et un terrassement sont prévus. Ces travaux vont entrainer la destruction d'espèces floristiques présentes sur une partie de la zone d'implantation du projet.

Les stations sur lesquelles l'Orchis bouffon et le Chardon à épingles ont été identifiés ne sont pas impactées par les travaux. En revanche, des habitats de garrigues à Badasse et de pelouses à Brachypode rameux favorables à ces espèces sont présents dans la zone de chantier. La surface concernée et l'absence d'observations des espèces lors des inventaires dans ces habitats impactés permettent de définir un effet de destruction d'habitats faible à modéré.

Concernant la Nonnée brune, une grande partie des habitats où ont été observées les stations vont être impactés. Il s'agit d'habitats déjà dégradés, mais qui sont favorables à cette espèce. L'effet de destruction de tout ou partie de l'habitat est jugé modéré pour cette espèce.

L'impact brut de destruction de tout ou partie de l'habitat est donc considéré comme faible pour l'Orchis bouffon et le Chardon à épines et assez fort pour la Nonnée brune.

Introduction accidentelle d'espèces exotiques envahissantes

Lors de la phase travaux, de nombreux passages d'engin sont prévus. Ceci peut entrainer un apport de graines ou d'individus d'espèces exotiques envahissantes qui risquent petit à petit d'augmenter la compétitivité interspécifique au niveau floristique et à terme remplacer les populations végétales initialement présentes.

L'impact brut d'introduction accidentelle d'espèces exotiques envahissantes pour la flore est considéré comme faible pour l'Orchis bouffon et le Chardon à épines et moyen pour la Nonnée brune.

Pollution (poussières, hydrocarbures…)

Les passages d'engins lors de la phase chantier entrainent une mise en suspension de la poussière qui, en s'accumulant aux abords des chemins empruntés, va polluer les habitats et la flore qui les composent. De plus, les engins de chantier contiennent beaucoup d'hydrocarbures qui peuvent se déverser et polluer les habitats en cas de dysfonctionnement ou d'accidents. Cet effet est cependant assez rare dans l'ensemble.

L'impact brut de pollution pour la flore est considéré comme faible pour l'Orchis bouffon et le Chardon à épines et moyen pour la Nonnée brune.

4.2.1.3. Amphibiens

Les amphibiens ont plusieurs phases pour accomplir leur cycle biologique dans lesquelles plusieurs types de milieux sont utilisés :

- Un milieu terrestre adapté au mode de vie et d'alimentation de l'adulte en été, et adapté à l'hivernage ;
- Un site de reproduction adéquat, qui est généralement constitué de milieux aquatiques.

Il est également possible que ces animaux se déplacent entre différents milieux lors de leurs phases de dispersion, et plus particulièrement à la fin de l'été lorsqu'ils regagnent les lieux d'hivernages et au printemps lorsqu'ils rejoignent les points d'eau pour se reproduire.

Sur la zone du Parc, un individu de Pélodyte ponctué a été observé sous un caillou, mais aucune reproduction n'a été détectée.

Sur la zone des Tranchées, des individus adultes de Crapaud calamite ont été observés. Une tentative de reproduction échouée de cette même espèce a également été observée sur le site.

Destruction d'individus

Les amphibiens sont des espèces qui ont une activité principalement crépusculaire et nocturne. Durant les périodes de migrations printanières et automnales, les amphibiens se déplacent entre les zones de reproduction et les zones d'hivernage. Durant ces périodes, les risques d'écrasement sont plus importants si des véhicules circulent la nuit. La zone d'étude ne semble pas être utilisée pour la reproduction par les amphibiens puisqu'une seule observation a été réalisée, mais aucun signe de reproduction n'a été noté. La présence de points d'eau à proximité peut impliquer la présence d'amphibiens. Le risque d'écrasement d'individus est donc présent, mais minime pour les espèces d'amphibiens transitant dans le secteur et notamment en traversant les routes et voies d'accès.

Les impacts bruts directs de destruction d'individus d'amphibien sont donc considérés comme faibles sur les zones du Parc et des Tranchées.

Destruction de tout ou partie de l'habitat

L'emprise des travaux est accolée aux bâtiments déjà existants de la zone du parc. Ainsi on y trouve principalement des milieux anthropisés qui n'ont de ce fait que peu d'intérêts pour les amphibiens puisqu'aucune zone en eau n'a été identifiée. Les seuls habitats impactés qui pourraient être utilisés par les amphibiens sont des gites diurnes sous des cailloux, des bois de bois, des trous dans le sol… Étant donné la faible fréquentation de la zone par les amphibiens, ce risque est très faible.

L'impact brut de destruction de tout ou partie de l'habitat des amphibiens est donc considéré très faible sur les zones du Parc et des Tranchées.

Pollutions (poussières, hydrocarbures…)

L'émission de poussières sera globalement assez restreinte du fait de la présence de zones déjà largement anthropisées. De plus, les véhicules contiennent beaucoup d'hydrocarbures et potentiellement des déchets qui peuvent se déverser et polluer les habitats et les espèces présentes à proximité en cas de dysfonctionnement ou d'accidents. Les individus en déplacement peuvent donc être impactés.

Les impacts bruts de pollutions peuvent donc être considérés comme faibles sur les amphibiens sur les zones du Parc et des Tranchées.

4.2.1.4. Reptiles

Les reptiles ont besoin de différents types d'habitats (souches, branchages, rochers, buissons, zones ouvertes…) pour accomplir leur cycle biologique (reproduction, alimentation, déplacement, thermorégulation, protection contre les prédateurs).

Il est également possible que ces espèces se déplacent entre différents milieux pour rechercher de nouveaux territoires ou de nouvelles zones de chasse, d'hivernage ou de reproduction.

Trois espèces de reptiles ont été identifiées lors des inventaires sur la zone du Parc : le Lézard des murailles, le Lézard ocellé et le Psammodrome d'Edwards. Elles possèdent un enjeu faible à fort.

Cinq espèces de reptiles ont été identifiées lors des inventaires sur la zone des Tranchées : le Lézard à deux raies, le Lézard des murailles, le Lézard ocellé, le Psammodrome d'Edwards et la Tarente de Maurétanie. Elles possèdent un enjeu faible à fort.

Destruction d'individus

Zone du Parc

Les espèces observées fréquentent principalement les milieux ouverts, notamment les pelouses calcaires xériques, les garrigues à Badasse, les pelouses à Brachypode de Phénicie et les matorrals peu denses. Les travaux prévus vont impacter une partie de ces milieux et donc entrainer un risque de destruction d'individus. Le risque de destruction d'individus est fort pour le Psammodrome d'Edwards, car cette espèce fréquente des milieux particuliers et est moins ubiquiste que des espèces telles que le Lézard des murailles. Le risque de destruction de Lézard ocellé est modéré puisque plusieurs individus ont été observés lors des inventaires, dont un jeune individu découvert dans un milieu très dégradé, dans la zone d'emprise des travaux. Ce juvénile était probablement en déplacement, car des milieux plus intéressants sont présents en dehors de la zone d'emprise des travaux.

L'impact brut de destruction d'individus est donc qualifié de faible pour le Lézard des murailles, moyen pour le Psammodrome d'Edwards et assez fort pour le Lézard ocellé sur la zone du Parc.

Zone des Tranchées

Les espèces observées fréquentent principalement les milieux ouverts, notamment les pelouses calcaires xériques, les garrigues à Badasse, les pelouses à Brachypode de Phénicie et les matorrals peu denses. Les travaux prévus vont impacter une faible partie de ces milieux et donc entrainer un risque de destruction d'individus. Le risque de destruction d'individus est faible pour le Psammodrome d'Edwards, car cette espèce fréquente des milieux particuliers qui ne sont pas à proximité directe de la zone de travaux et est moins ubiquiste que des espèces telles que le Lézard des murailles, le Lézard à deux raies ou encore la Tarente de Maurétanie. Le risque de destruction de Lézard ocellé est moyen puisque plusieurs individus ont été observés lors des inventaires, dont deux individus découverts dans la zone d'emprise des travaux ou à proximité directe. L'individu observé dans la zone clôturée était probablement en déplacement, car des milieux plus intéressants sont présents en dehors de la zone d'emprise des travaux.

L'impact brut de destruction d'individus est donc qualifié de faible pour le lézard à deux raies, le Lézard des murailles et la Tarente de Maurétanie et le Psammodrome d'Edwards et moyen pour le Lézard ocellé sur la zone des Tranchées.

Destruction de tout ou partie de l'habitat

Zone du Parc

L'emprise des travaux va impacter des habitats favorables aux reptiles. Il s'agit principalement des pelouses calcaires xériques et des garrigues à Badasse x pelouses à Brachypode rameux. Les milieux impactés sont principalement fréquentés par le Psammodrome d'Edwards. Le Lézard ocellé observé dans la zone de travaux était probablement en déplacement, car les gites potentiels y sont peu nombreux et les autres individus ont été observés dans des milieux plus favorables (à l'ouest dans un terrier au sein de pelouses calcaires et au sud-ouest dans du matorral entouré de garrigues à Badasse et pelouses à Brachypode rameux). Le Lézard des murailles est quant à lui ubiquiste et moins exigeant sur le type de milieu. Cette espèce a par exemple été observée le long de routes et chemins, dans du matorral arborescent à Pin d'Alep et dans des boisements mixtes avec des patchs de garrigues à romarin. L'espèce fréquente tout de même des habitats qui vont être impactés par les travaux.

L'impact brut de destruction de tout ou partie de l'habitat est donc qualifié de faible pour le Lézard des murailles, moyen pour le Psammodrome d'Edwards et assez fort pour le Lézard ocellé sur la zone du Parc.

Zone des Tranchées

L'emprise des travaux va impacter sur de faibles surfaces des habitats favorables aux reptiles. Il s'agit principalement des pelouses calcaires xériques et des pelouses à graminées subnitrophiles. Les milieux impactés sont principalement fréquentés par le Lézard des murailles et le Lézard ocellé. Le Lézard ocellé utilise principalement la zone sud-est où est retrouvée une pelouse calcaire xérique mais retrouve des milieux plus favorables en dehors de la zone clôturée. Le Lézard des murailles est quant à lui ubiquiste et moins exigeant sur le type de milieu. Cette espèce a par exemple été observée au sein du site industriel sur des zones bétonnées, mais également le long des chemins d'accès ou encore dans des boisements mixtes de Pins et de Chêne. L'espèce fréquente tout de même des habitats qui vont être impactés par les travaux.

L'impact brut de destruction de tout ou partie de l'habitat est donc qualifié de faible pour le Lézard à deux raies, le Lézard des murailles, la Tarente de Maurétanie et le Psammodrome d'Edwards et le Lézard ocellé sur la zone des Tranchées.

Dérangement

Zone du Parc

La phase chantier donne lieu à une activité importante qui peut déranger les reptiles en phase de thermorégulation via notamment les déplacements des véhicules ou du personnel sur la zone d'emprise du chantier et à proximité.

Le Lézard des murailles, le Psammodrome d'Edwards et le Lézard ocellé sont susceptibles d'être dérangés lors de la phase chantier (vibrations, bruits, accumulation de poussières aux abords des chemins…). En effet, leurs places d'insolation ou leurs territoires de chasse étant en partie sur la zone de travaux sur lequel des engins et du personnel seront amenés à se déplacer.

L'impact brut de dérangement est défini comme faible pour le Lézard des murailles, moyen pour le Psammodrome d'Edwards et assez fort pour le Lézard ocellé sur la zone du Parc.

Zone des Tranchées

La phase chantier donne lieu à une activité importante qui peut déranger les reptiles en phase de thermorégulation via notamment les déplacements des véhicules ou du personnel sur la zone d'emprise du chantier et à proximité.

Le Lézard à deux raies, le Lézard des murailles, le Lézard ocellé, le Psammodrome d'Edwards et la Tarente de Maurétanie sont susceptibles d'être dérangés lors de la phase chantier (vibrations, bruits, accumulation de poussières aux abords des chemins…). En effet, leurs places d'insolation ou leurs territoires de chasse étant en partie sur la zone de travaux sur lequel des engins et du personnel seront amenés à se déplacer.

L'impact brut de dérangement est défini comme faible pour le Lézard à deux raies, le Lézard des murailles, le Psammodrome d'Edwards et la tarente de Maurétanie, et moyenne pour le Lézard ocellé sur la zone des Tranchées.

Pollutions (poussières, hydrocarbures…)

Zone du Parc

Les passages d'engins lors de la phase chantier entraine une mise en suspension de la poussière qui en s'accumulant aux abords des chemins empruntés va polluer les habitats. De plus, les engins de chantier contiennent beaucoup d'hydrocarbures qui peuvent se déverser et polluer les habitats et les espèces présentes à proximité en cas de dysfonctionnement ou d'accidents.

L'impact brut de pollution sur les reptiles est défini comme négligeable pour le Lézard des murailles, faible pour le Psammodrome d'Edwards et moyen pour le Lézard ocellé sur la zone du Parc.

Zone des Tranchées

Les passages d'engins lors de la phase chantier entraine une mise en suspension de la poussière qui en s'accumulant aux abords des chemins empruntés va polluer les habitats. De plus, les engins de chantier contiennent beaucoup d'hydrocarbures qui peuvent se déverser et polluer les habitats et les espèces présentes à proximité en cas de dysfonctionnement ou d'accidents.

L'impact brut de pollution sur les reptiles est défini comme négligeable pour le Lézard à deux raies et la tarente de Maurétanie, faible pour Lézard des murailles et le Psammodrome d'Edwards et moyen pour le Lézard ocellé sur la zone des Tranchées.

4.2.1.5. Entomofaune et autres taxons de la faune invertébrée

Sur la zone du Parc, 41 espèces d'insectes ont été identifiées, parmi lesquelles on retrouve deux espèces d'enjeu moyen : le Scorpion languedocien et le Scorpion noir à queue jaune.

Sur la zone des Tranchées, 40 espèces d'insectes ont été identifiées, parmi lesquelles on retrouve deux espèces d'enjeu moyen : le Chiffre et le Grand capricorne.

Les milieux identifiés comme les plus intéressants pour l'entomofaune sont les zones de garrigues et de pelouses calcaires.

Destruction d'individus

Zone du Parc

Sur la zone d'emprise du chantier, les travaux peuvent occasionner un risque de destruction d'individus par les déplacements des engins de chantier ainsi que par les travaux effectués sur la zone de chantier. Les individus des deux espèces de Scorpions ont été observés dans des milieux de garrigues à Badasse et pelouses à Brachypode rameux. Les individus ont été découverts sous des roches plates présentes dans ces milieux. Malgré la présence de garrigues et de pelouses dans les zones impactées par les travaux, on retrouve assez peu de roches favorables au sol sous lesquelles pourraient se trouver des scorpions. De plus, ces milieux proches des zones anthropisées sont souvent dégradés par les sangliers qui retournent la terre et les roches en recherche de nourriture. Les scorpions passant l'hiver sous les mêmes roches plates, ils sont présents toute l'année dans leur gîte.

Par conséquent, l'impact brut de destruction d'individus de scorpions en phase chantier est considéré comme faible.

Zone des Tranchées

Sur la zone d'emprise du chantier, les travaux peuvent occasionner un risque de destruction d'individus par les déplacements des engins de chantier ainsi que par les travaux effectués sur la zone de chantier.

Les individus des deux espèces ont été observés au sein d'un boisement mixte de Pins sylvestres et de Chênes pubescents. Malgré la présence de pelouses dans les zones impactées par les travaux, les plantes hôtes (Violacées) du Chiffre n'ont pas été observées sur la zone d'étude mais ce papillon peut se retrouve en déplacement en vol sur la zone de travaux. En ce qui concerne le Grand capricorne, la zone impactée par les travaux ne possède pas de boisement favorable à la présence de cette espèce.

Par conséquent, l'impact brut de destruction d'individus en phase chantier est considéré comme faible pour le Chiffre et négligeable pour le Grand capricorne.

Destruction de tout ou partie de l'habitat

Zone du Parc

Les travaux vont impacter des habitats qui pourraient être favorables aux différentes espèces de scorpions : les garrigues à Badasse et les pelouses à Brachypode rameux. Malgré la présence de ces milieux dans les zones impactées par les travaux, on retrouve assez peu de roches favorables au sol sous lesquelles pourraient se trouver des scorpions. De plus, ces milieux proches des zones anthropisées sont souvent dégradés par les sangliers qui retournent la terre et les roches en recherche de nourriture. Les scorpions passant l'hiver sous les mêmes roches plates, ils sont présents toute l'année dans leur gîte. La disponibilité en gîte pour les scorpions étant faible, l'effet de destruction d'habitats est qualifié de faible.

Aux vues de ces éléments, l'impact brut de destruction de tout ou partie de l'habitat sur l'entomofaune est considéré comme faible sur la zone du Parc.

Zone des Tranchées

Les travaux vont impacter des habitats qui pourraient être favorables au Chiffre : les pelouses calcaires xériques. La plante hôte principale de cette espèce n'ayant pas été observée, l'impact est tout de même limité. Aucun habitat favorable au Grand capricorne n'est retrouvé sur la zone impactée par les travaux.

Aux vues de ces éléments, l'impact de destruction de tout ou partie de l'habitat est considéré comme négligeable sur l'entomofaune sur la zone des Tranchées.

Dérangement

Zone du Parc

Lors de la phase chantier, le dérangement des espèces de l'entomofaune sur et à proximité de la zone de travaux est probable. Les scorpions utilisant le même gîte ou réseau de gîte durant l'année, le dérangement peut avoir lieu à n'importe quelle saison. La disponibilité en gîte pour les scorpions sur la zone de travaux étant faible, l'effet de destruction d'habitats est qualifié de faible.

De ce fait, l'impact brut de dérangement sur les deux espèces de scorpions est considéré comme faible.

Zone des Tranchées

Lors de la phase chantier, le dérangement des espèces de l'entomofaune sur et à proximité de la zone de travaux est probable. Il est possible que les individus de Chiffres et de Grands capricornes soient dérangés lors de la phase chantier en raison des vibrations, du bruits, d'accumulation de poussières aux abords des chemins ; etc… En effet, les individus de ces deux espèces ont été retrouvés à proximité immédiate de la zone impactée par les travaux.

De ce fait, l'impact brut de dérangement sur le Chiffre et le Grand capricorne est considéré comme faible.

Pollutions (poussières, hydrocarbures…)

Les passages d'engins lors de la phase chantier entraine une mise en suspension de la poussière qui en s'accumulant aux abords des chemins empruntés va polluer les habitats. De plus, les engins de chantier contiennent beaucoup d'hydrocarbures qui peuvent se déverser et polluer les habitats et les espèces présentes à proximité en cas de dysfonctionnement ou d'accidents.

Au vu de la faible occurrence de cet effet, cet impact brut a été défini comme faible pour l'entomofaune pour la zone du Parc comme pour celle des Tranchées.

4.2.1.6. Mammifères (hors chiroptères)

Lors des prospections, deux espèces de mammifères terrestres ont été identifiées à partir d'observations directes ou d'indices de présence : le Mouflon méditerranéen et le Sanglier.

Le site du CEA de Cadarache étant intégralement entouré d'une clôture infranchissable pour la grande faune, seules quelques espèces sont présentes en captivité et sont susceptibles de fréquenter la zone. On retrouve ainsi de nombreux sangliers et quelques mouflons méditerranéens.

En raison de la grande capacité de fuite des mammifères terrestres, les impacts sont considérés comme non significatifs pour ces taxons de la faune sauvage, sur la zone du Parc comme sur celle des Tranchées.

4.2.1.7. Avifaune nicheuse

Sur la zone du Parc, les inventaires de l'avifaune diurne ont permis de recenser 29 espèces d'oiseaux, parmi lesquelles cinq espèces possèdent des enjeux notables sur le site et/ou à proximité. Il s'agit de l'Alouette lulu, du Chardonneret élégant, du Serin cini, de la Tourterelle des bois et du Verdier d'Europe.

Sur la zone des Tranchées, les inventaires de l'avifaune diurne ont permis de recenser 31 espèces d'oiseaux parmi lesquelles quatre espèces possèdent des enjeux notables sur le site et/ou à proximité. Il s'agit de l'Alouette lulu, du Chardonneret élégant, du Serin cini, et de la Tourterelle des bois.

Parmi ces espèces patrimoniales, aucune ne fait partie du cortège d'espèces de milieux bâtis. Les milieux fermés abritent le plus d'espèces patrimoniales dont le Serin cini, la Tourterelle des bois, le Verdier d'Europe et dans une moindre mesure le Chardonneret élégant. Ce dernier niche en effet dans des arbres situés en lisière, mais n'occupe pas le cœur des boisements, il est ainsi plutôt considéré comme une espèce de milieux semi-ouverts. Les milieux ouverts sont par ailleurs intéressants, car on y retrouve l'Alouette lulu.

Les effets identifiés sur l'avifaune nicheuse diurne et les impacts associés sont présentés ci-dessous.

Destruction d'individus

Zone du Parc

Les espèces à enjeu identifiées fréquentent principalement les milieux fermés (Serin cini, Tourterelle des bois, Verdier d'Europe), mais aussi les milieux semi-ouverts (Chardonneret élégant) et les milieux ouverts (Alouette lulu). Les travaux sont prévus en bordure des installations existantes où peu d'oiseaux nicheurs ont été observés. En effet, cette zone est déjà soumise à un fort dérangement dû à la présence humaine et au bruit des machines. De plus, les habitats y sont en partie anthropisés et sont peu favorables à la nidification des espèces à enjeux. Néanmoins quelques arbres isolés, présents au niveau de l'emprise du chantier, peuvent convenir à la nidification d'espèces telle que le Chardonneret élégant, le Serin cini et le Verdier d'Europe. Il existe donc un risque modéré de destruction de nid ou de

jeunes individus pour ces oiseaux qui tolèrent assez bien le dérangement. Le risque de destruction d'individus est présent pour l'Alouette lulu, car la zone de garrigues à Badasses et pelouses à Brachypode rameux présente au nord-est est impactée par la phase chantier. En revanche, pour la Tourterelle des bois, le risque est beaucoup plus faible, car la surface de boisement impactée est faible par rapport aux surfaces présentes à proximité.

L'impact brut de destruction d'individus d'avifaune nicheuse diurne est donc considéré moyen pour le Chardonneret élégant, le Serin cini, le Verdier d'Europe et l'Alouette lulu. Étant donné l'enjeu très fort de la Tourterelle des bois, l'impact brut de destruction d'individus est jugé assez fort si les travaux sont réalisés durant la période de nidification.

Zone des Tranchées

Les espèces à enjeu identifiées fréquentent principalement les milieux fermés (Serin cini, Tourterelle des bois), mais aussi les milieux semi-ouverts (Chardonneret élégant) et les milieux ouverts (Alouette lulu). Les travaux sont prévus en bordure des installations existantes où peu d'oiseaux nicheurs ont été observés. En effet, cette zone est déjà soumise à un fort dérangement dû à la présence humaine et au bruit des machines. De plus, les habitats y sont en grande partie anthropisés et sont peu favorables à la nidification des espèces à enjeux. La zone d'emprise des travaux ne contient aucun arbre et donc aucune possibilité de nidification pour les espèces de milieux fermés (Serin cini et Tourterelle des bois) et de milieux semi-ouverts (Chardonneret élégant). Le risque de destruction d'individus est présent pour l'Alouette lulu, car la zone rudérale associée à des pelouses calcaires xériques située au nord-ouest de la zone d'étude, ainsi que la pelouse à graminées subnitrophiles située au sud-est de la zone d'étude sont impactées par la phase chantier.

L'impact brut de destruction d'individus d'avifaune nicheuse diurne est donc considéré négligeable pour le Chardonneret élégant, le Serin cini et la Tourterelle des bois. Pour l'Alouette lulu, l'impact brut de destruction d'individus est jugé faible si les travaux sont réalisés durant la période de nidification.

Destruction de tout ou partie de l'habitat

Zone du Parc

L'emprise des travaux est située autour des bâtiments déjà existants de la zone du parc. Ainsi on y trouve principalement des milieux anthropisés qui n'ont de ce fait que peu d'intérêts pour les espèces à enjeu, mais également des zones de garrigues et des pelouses qui sont plus intéressantes pour l'avifaune. Des espèces comme le Chardonneret élégant, le Serin cini et le Verdier d'Europe sont capables de s'installer dans les quelques arbres présents au sein de l'emprise des travaux. Toutefois ces arbres ne représentent qu'une infime part des habitats favorables à la reproduction de ces oiseaux au niveau du secteur étudié. Une petite surface de boisements favorables à la Tourterelle des bois va être impactée par les travaux. La disponibilité en boisements est toutefois très importante aux alentours et l'effet est donc très faible. En revanche, des zones de garrigues et pelouses favorables à l'Alouette lulu vont être impactées lors des travaux, notamment pour les bases de vie et la création de la route sud. Des individus nicheurs possibles et probables ont été identifiés dans ces milieux.

L'impact brut de destruction de tout ou partie de l'habitat de l'avifaune nicheuse diurne est donc considéré faible pour le Chardonneret élégant, le Serin cini, le Verdier d'Europe, l'Alouette lulu et la Tourterelle des bois.

Zone des Tranchées

L'emprise des travaux est située autour des bâtiments déjà existants sur la zone des Tranchées, mais une extension de bâtiments est également prévue. Ainsi on y trouve principalement des milieux anthropisés qui n'ont de ce fait que peu d'intérêts pour les espèces à enjeu, mais également des zones de pelouses à graminées subnitrophiles et des zones rudérales associées à des pelouses calcaires xériques plus intéressantes pour l'avifaune. Le secteur d'emprise des travaux ne contient aucun arbre et donc aucun habitat favorable pour le Serin cini, la Tourterelle des bois et le Chardonneret élégant.

En revanche, des zones de pelouses favorables à l'Alouette lulu vont être impactées lors des travaux, notamment pour l'extension d'un bâtiment. Des individus nicheurs possibles et probables ont été identifiés sur la zone d'emprise des travaux et à proximité immédiate.

L'impact brut de destruction de tout ou partie de l'habitat de l'avifaune nicheuse diurne est donc considéré négligeable pour le Chardonneret élégant, le Serin cini et la Tourterelle des bois et faible pour l'Alouette lulu.

Dérangement

Les espèces d'avifaune nicheuse identifiées ont peu de possibilités de nidification sur l'emprise du chantier, à l'exception de l'Aoulette lulu. En revanche la plupart d'entre elles sont présentes aux abords de celle-ci et trouvent des habitats favorables à leur installation. Lors de la phase de chantier, les vibrations et le bruit créés par le passage des engins peuvent entrainer un dérangement sur ces oiseaux. En période de reproduction, ce dérangement peut obliger les parents à fuir le nid ou à faire des détours induisant une dépense d'énergie plus forte et de ce fait, un moins bon nourrissage des jeunes.

Sur la zone du Parc, l'impact indirect brut de dérangement de l'avifaune nicheuse diurne est défini comme moyen, hormis pour la Tourterelle des bois pour laquelle l'impact est fort.

Sur la zone des Tranchées, l'impact indirect brut de dérangement de l'avifaune nicheuse diurne est défini comme moyen.

Pollution (poussières, hydrocarbures …)

Les véhicules contiennent beaucoup d'hydrocarbures qui peuvent se déverser et polluer les habitats et les espèces présentes à proximité en cas de dysfonctionnement ou d'accidents. L'émission de poussières sera globalement assez restreinte du fait de la présence de routes goudronnées et d'une circulation de véhicules relativement mesurée et limitée dans le temps. Cette pollution se concentrera presque uniquement au niveau des chemins d'accès. L'effet de la pollution est donc jugé faible.

Pour la zone du Parc, l'impact brut direct de pollution est qualifié de faible pour l'avifaune nicheuse diurne, hormis pour la Tourterelle des bois pour laquelle l'impact est assez fort.

Pour la zone des Tranchées, l'impact brut direct de pollution est qualifié de faible pour l'avifaune nicheuse diurne, hormis pour la Tourterelle des bois pour laquelle l'impact est moyen.

4.2.1.8. Chiroptères

Les chiroptères ont besoin de différents habitats pour accomplir leur cycle biologique (reproduction, alimentation, déplacement, hibernation …). Ces animaux évoluent au sein de différents milieux lors de leurs déplacements.

Au cours des inventaires de terrain, neuf espèces et trois groupes d'espèces ont été identifiés. Il en ressort espèces qui possèdent un enjeu modéré sur site ou à proximité.

Destruction d'individus

Lors de la phase chantier, des travaux via des engins de chantier sont prévus. Ces travaux risquent d'entrainer la destruction des espèces présentes sur une partie de la zone d'implantation potentielle. En effet, les chauves-souris ont une activité de chasse nocturne et durant ces périodes de chasse ou de transit, le risque de collision peut exister si des engins circulent la nuit sur la zone d'emprise du chantier. Les chauves-souris étant des mammifères volants, ce risque de destruction d'individus par collision est tout de même très limité.

Pour ce qui est de la destruction d'individus via la destruction de gîtes, un arbre identifié comme favorable pour les chiroptères a été identifié dans la zone de travaux. Cet arbre mort présente de nombreuses écorces décollées et va être impacté par la création de la route sud. Les espèces arboricoles présentent le plus fort risque s'il s'avère que cet arbre est fréquenté par des espèces de chauves-souris (Noctule de Leisler, murins…).

Lors de la phase chantier, les impacts bruts directs de destruction d'individus peuvent être définis comme faibles pour la plupart des chiroptères et moyen pour la Noctule de Leisler, sur la zone du Parc comme sur celle des Tranchées.

Destruction de tout ou partie de l'habitat

Les chauves-souris semblent utiliser les zones ouvertes comme zones de transit et de chasse. Les lisières de boisements sont également utilisées pour le transit. Des zones ouvertes sont impactées lors de la phase chantier. Une grande partie de ces zones sont anthropisées ou dégradées par les sangliers qui retournent la terre. Les zones qui semblent les plus intéressantes et les moins perturbées par l'action humaine ou animale sont toutefois situées au sud-ouest, en dehors de la zone de travaux.

Lors de la phase chantier, les impacts bruts directs de destruction de tout ou partie de l'habitat sont jugés faibles pour les chauves-souris, sur la zone du Parc comme sur celle des Tranchées.

Dérangement

Des travaux nocturnes peuvent présenter un dérangement dans l'activité des chauves-souris, notamment via la circulation d'engins motorisés. En effet, ces derniers par l'utilisation de phares peuvent perturber les espèces les plus lucifuges. Les chauves-souris étant des mammifères volants avec une capacité de déplacement importante, elles peuvent partir chasser plus loin si elles sont dérangées.

Cependant, certaines espèces comme les Pipistrelles (présentes sur site) ont un faible domaine vital. De plus, un dérangement lors de la période de gestion ou d'élevage des jeunes peut avoir des répercussions sur une colonie.

Si des travaux sont réalisés durant la nuit, l'impact brut de dérangement est jugé faible pour les chiroptères, sur la zone du Parc comme sur celle des Tranchées.

Pollution (poussières, hydrocarbures…)

Les passages d'engins lors de la phase chantier entrainent une mise en suspension de la poussière qui en s'accumulant aux abords des chemins empruntés va polluer les habitats. De plus, les engins de chantier contiennent beaucoup d'hydrocarbures qui peuvent se déverser et polluer les habitats et les espèces présentes à proximité en cas de dysfonctionnement ou d'accidents.

Étant donné la faible occurrence de cet effet, cet impact brut a été défini comme faible pour les chiroptères, sur la zone du Parc comme sur celle des Tranchées.

4.2.2. Propositions de mesures d'évitement et de réduction

En fonction des effets générés par le projet sur les milieux naturels, la flore et la faune, des mesures d'insertion sont proposées afin de limiter les perturbations et de faciliter l'intégration écologique des opérations. Ces recommandations suivent la **doctrine ERC** : Eviter – Réduire – Compenser, avec, dans l'ordre de priorité :

- Des **mesures d'évitement** des éléments écologiques les plus importants : elles sont inscrites dans le scénario d'implantation du projet. Celles-ci permettent de s'assurer de la non-dégradation du milieu par le projet (changement des zones d'entreposages des déchets, changement de chemins d'accès…).
- Des **mesures de réduction** des impacts lorsque ceux-ci ne peuvent pas être évités : l'objectif de ces mesures est d'arriver à des **incidences résiduelles** non significatives.
- Des **mesures de compensation** : elles sont mises en place lorsque des impacts résiduels significatifs sont encore présents malgré la mise en place de mesures d'évitement et de réduction.

Des **mesures d'accompagnement** du projet peuvent également être proposées.

En raison de niveaux d'impacts bruts « faibles » à « assez forts », des mesures d'évitement et de réduction sont proposées afin de :

- Limiter les risques de destruction d'espèces protégées et/ou remarquables et de leurs habitats ;
- Réduire le plus possible les impacts négatifs du projet sur le patrimoine naturel local.
- Favoriser l'intégration écologique des opérations.

Zone du Parc

Neuf mesures de réduction sont proposées dans le cadre des opérations de RCD, d'assainissement et de démantèlement sur la zone du Parc. Elles sont présentées dans le tableau ci-après.

Numéro	Intitulé de la mesure
MR1.1c	Balisage préventif des stations de Nonnée brune à proximité de la zone de travaux
MR2.1a	Limitation de la vitesse des engins
MR2.1d	Limitation de la pollution en phase chantier
MR2.1n	Récupération et transfert des habitats favorables à la faune
MR2.1f	Evitement d'introduction d'espèce exotiques envahissantes
MR2.1i	Mise en place d'une procédure d'abattage des arbres favorables à la faune
MR2.1o	Récupération et transfert des individus dans une zone délimitée
MR3.1a	Adaptation des travaux de la phase chantier en fonction du cycle biologique des espèces
MR3.1b	Absence d'activité nocturne

Tableau 221 : Mesures d'évitement et de réduction prises pour le projet sur la zone du Parc

Zone des Tranchées

Six mesures de réduction sont proposées dans le cadre des opérations d'assainissement et de démantèlement sur la zone des Tranchées. Elles sont présentées dans le tableau ci-après.

Numéro	Intitulé de la mesure
MR2.1a	Limitation de la vitesse des engins
MR2.1d	Limitation de la pollution en phase chantier
MR2.1n	Récupération et transfert des habitats favorables à la faune
MR2.1f	Evitement d'introduction d'espèce exotiques envahissantes
MR3.1a	Adaptation des travaux de la phase chantier en fonction du cycle biologique des espèces
MR3.1b	Absence d'activité nocturne

Tableau 222 : Mesures d'évitement et de réduction prises pour le projet sur la zone des Tranchées

4.2.3. Evaluation des impacts résiduels après mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction

4.2.3.1. Habitats naturels

Trois mesures de réduction sont appliquées pour les habitats naturels :

- MR2.1a : Limitation de la vitesse des engins
- MR2.1d : Limitation de la pollution en phase chantier
- MR2.1f : Évitement d'introduction d'espèces exotiques envahissantes

Les trois mesures listées ci-dessus permettent d'abaisser certains impacts bruts sur les habitats naturels, notamment ceux d'introduction d'espèces exotiques envahissantes et de pollutions.

En effet la mesure MR2.1a consiste à limiter la vitesse des engins à 20 km/h sur la zone d'emprise du chantier. Ceci permet de réduire l'émission de nuages de poussière qui peuvent être néfastes pour les habitats naturels. De plus, la mesure MR2.1d consiste à mettre en place plusieurs dispositifs sur et à proximité de la zone d'emprise du chantier pour réduire les risques de pollutions sur les habitats naturels. L'impact brut de pollutions, qui est faible, est abaissé grâce à ces deux mesures à un impact résiduel « **négligeable »** pour cet effet sur la zone du Parc comme sur celle des Tranchées.

La mesure MR2.1f consiste à mettre en place, à l'entrée de la zone d'emprise du chantier, plusieurs dispositifs qui permettent de veiller à ne pas introduire (ou le moins possible) de graines ou d'individus d'espèces exotiques envahissantes. L'impact brut d'introduction de ces espèces, qui est faible, est abaissé grâce à cette mesure à un impact résiduel « **négligeable »** sur la zone du Parc comme sur celle des Tranchées.

Concernant la destruction de tout ou partie de l'habitat :

- Sur la zone du Parc, un impact résiduel **« moyen »** persiste sur l'habitat « Mattorals à Chêne vert et Genévrier oxycèdre x Pinèdes à Pins d'Alep », et un impact résiduel **« assez fort »** persiste sur l'habitat « Garrigues à Badasse x Pelouses à Brachypode rameux ». L'impact résiduel sur les autres habitats est coté de **« négligeable »** à **« faible »**.
- Sur la zone des Tranchées, l'impact résiduel sur les autres habitats est coté de **« négligeable »** à **« faible »**.

4.2.3.2. Flore

Quatre mesures de réduction sont appliquées pour la flore sur la zone du Parc :

- MR1.1c : Balisage préventif des stations de Nonnée brune à proximité de la zone de travaux
- MR2.1a : Limitation de la vitesse des engins
- MR2.1d : Limitation de la pollution en phase chantier
- MR2.1f : Évitement d'introduction d'espèces exotiques envahissantes

Les quatre mesures listées ci-dessus permettent d'abaisser certains impacts bruts sur la flore, notamment ceux d'introduction d'espèces exotiques envahissantes et de pollutions.

En effet la mesure MR2.1a consiste à limiter la vitesse des engins à 20 km/h sur la zone d'emprise du chantier. Ceci permet de réduire l'émission de nuages de poussière qui peuvent être néfastes pour la flore. De plus, la mesure MR2.1d consiste à mettre en place plusieurs dispositifs sur et à proximité de la zone d'emprise du chantier pour réduire les risques de pollutions sur la flore. L'impact brut de pollutions, qui est faible, est abaissé grâce à ces deux mesures à un impact résiduel **négligeable** pour cet effet.

La mesure MR1.1c va permettre de baliser les stations de Nonnée brune proches de la zone de travaux et ainsi les protéger d'une éventuelle destruction lors de la circulation des engins.

La mesure MR2.1f consiste à mettre en place, à l'entrée de la zone d'emprise du chantier, plusieurs dispositifs qui permettent de veiller à ne pas introduire (ou le moins possible) de graines ou d'individus d'espèces exotiques envahissantes. L'impact brut d'introduction de ces espèces, qui est faible, est abaissé grâce à cette mesure à un impact résiduel **négligeable**.

Concernant la destruction d'individus et de tout ou partie de l'habitat :

- Un impact résiduel **« assez fort »** persiste pour la Nonnée brune.
- L'impact résiduel pour l'Orchis bouffon et le Chardon à épingles est coté de « négligeable » à « faible ».

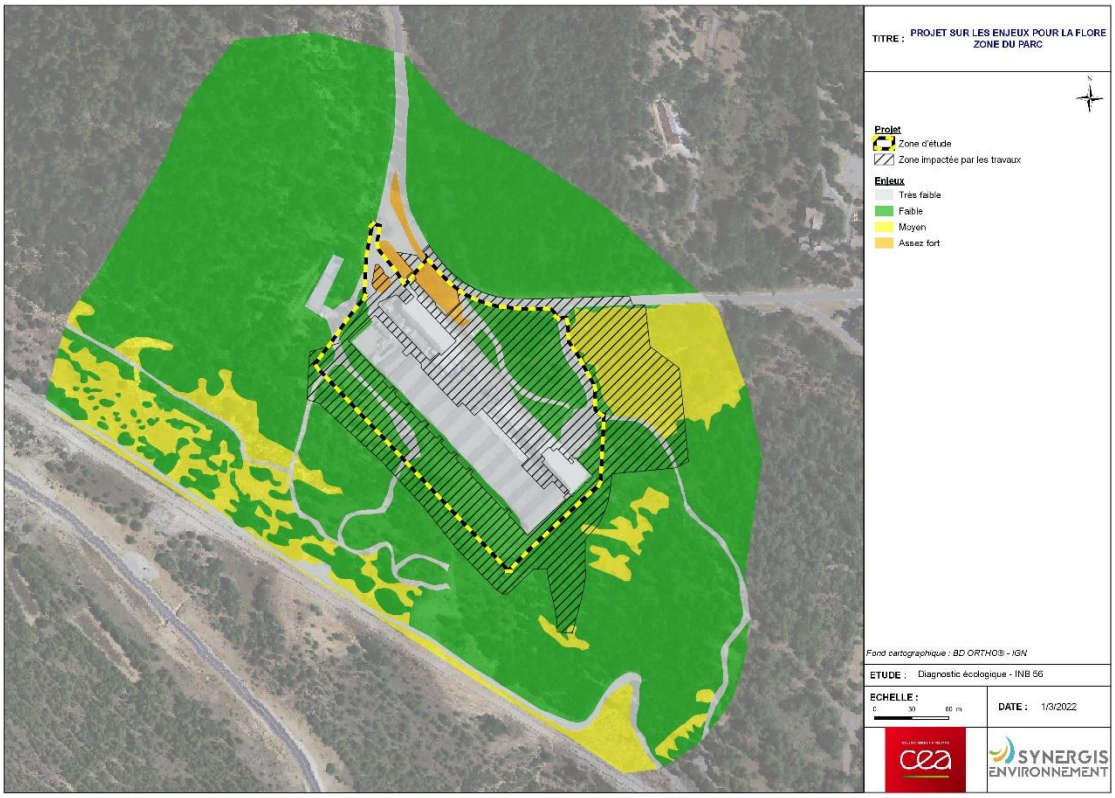


Figure 161 : Présentation du projet sur les enjeux de la flore de la zone du Parc

4.2.3.3. Amphibiens

Trois mesures de réduction sont appliquées pour les amphibiens :

- MR2.1a : Limitation de la vitesse des véhicules
- MR2.1d : Limitation du risque de pollution (poussières, fuites d'hydrocarbures…)
- MR3.1b : Absence d'activité nocturne

Les mesures ci-dessus vont permettre d'abaisser les impacts bruts faibles de destruction d'individus, de dérangement et de pollutions à des impacts résiduels très faibles.

Comme décrit précédemment, les amphibiens sont des animaux majoritairement nocturnes, faisant alors de l'écrasement le risque de destruction principal. En préconisant une absence de travaux nocturnes, mesure MR3.1b, l'impact brut se voit abaissé.

Pour finir, les mesures MR2.1a « Limiter la vitesse des véhicules » et MR2.1d « Limiter la pollution » vont permettre de diminuer les impacts de dérangement et de pollutions. En effet, limiter la vitesse des véhicules va limiter les vibrations qui pourraient déranger les amphibiens et va aussi limiter la poussière mise en suspension par les passages des véhicules.

Après application de ces mesures de réduction, l'ensemble des impacts résiduels est coté « négligeable » :

- Pour le Pélodyte ponctué sur la zone du Parc.
- Pour le Crapaud calamite sur la zone des Tranchées.

4.2.3.4. Reptiles

Quatre mesures de réduction sont appliquées pour les reptiles :

- MR2.1a : Limitation de la vitesse des véhicules
- MR2.1d : Limitation du risque de pollution (poussières, fuites d'hydrocarbures…)
- MR2.1n : Récupération et transfert des habitats favorables à la faune
- MR3.1a : Adaptation des travaux de la phase chantier en fonction du cycle biologique des espèces

Les impacts bruts sur les reptiles sont globalement négligeables à assez forts.

Les mesures prises pour l'environnement permettent d'abaisser certains impacts. Ainsi, les mesures MR2.1a : « limitation de la vitesse des engins » et MR3.1a « Adaptation des travaux de la phase chantier en fonction du cycle biologique des espèces » permettent de réduire le risque d'écrasement en augmentant le temps de fuite des reptiles et en réalisant les travaux en dehors des périodes sensibles pour les espèces.

La mesure MR2.1d consiste à limiter la pollution en phase chantier qui, même si d'occurrence faible, peut arriver par accident. Plusieurs dispositifs peuvent être mis en place et l'impact résiduel de pollutions sur les reptiles est ainsi définie comme négligeable.

La mesure MR2.1n va permettre de limiter la destruction des habitats favorables aux reptiles en récupérant les roches sur la zone de chantier pour constituer des pierriers qui seront favorables aux reptiles comme gîte ou place de thermorégulation. Cette mesure permet de diminuer l'impact de destruction d'habitats favorables au Lézard ocellé, car le fait de récupérer les roches issues du chantier va permettre de créer de nouveaux habitats beaucoup plus favorables en dehors de la zone de chantier.

Zone du Parc

Le tableau ci-après présente la synthèse des impacts résiduels sur les reptiles.

Nom commun	Nom scientifique	Enjeu patrimonial	Enjeu sur site ou à proximité	Nature de l'effet	Impact brut	Mesures	Impact résiduel
Lézard des murailles	*Podarcis muralis*	Faible	Faible	Destruction d'individus	Faible	MR2.1a	Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Faible
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Négligeable		Négligeable
Lézard ocellé	*Timon lepidus*	Fort	Fort	Destruction d'individus	Assez fort	MR2.1d	Faible
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Assez fort		Moyen
				Dérangement	Assez fort		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Moyen	MR2.1n	Négligeable
Psammodrome d'Edwards	*Psammodromus edwasianus*	Moyen	Moyen	Destruction d'individus	Moyen		Faible
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Moyen	MR3.1a	Moyen
				Dérangement	Moyen		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable

Tableau 223 : Synthèse des impacts sur les reptiles sur la zone du Parc

Concernant la destruction d'individus, l'impact résiduel est **« faible »** pour le Lézard ocellé et le Psammodrome d'Edwards.

Concernant la destruction de tout ou partie de l'habitat, l'impact résiduel est **« moyen »** pour le Lézard ocellé et le Psammodrome d'Edwards.

Zone des Tranchées

Le tableau ci-après présente la synthèse des impacts résiduels sur les reptiles.

Nom commun	Nom scientifique	Enjeu patrimonial	Enjeu sur site ou à proximité	Nature de l'effet	Impact brut	Mesures	Impact résiduel
Lézard à deux raies	*Lacerta bilineata*	Faible	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Négligeable		Négligeable
Lézard des murailles	*Podarcis muralis*	Faible	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible	MR2.1a	Faible
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Lézard ocellé	*Timon lepidus*	Fort	Fort	Destruction d'individus	Moyen	MR2.1d	Faible
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Faible
				Dérangement	Moyen	MR2.1n	Faible
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Moyen		Négligeable
Psammodrome d'Edwards	*Psammodromus edwasianus*	Moyen	Moyen	Destruction d'individus	Faible		Faible
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible	MR3.1a	Faible
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Tarente de Maurétanie	*Tarentola mauritanica*	Faible	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Faible
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Négligeable		Négligeable

Tableau 224 : Synthèse des impacts sur les reptiles sur la zone des Tranchées

Concernant la destruction d'individus et la destruction de tout ou partie de l'habitat, l'impact résiduel est **« faible »** pour le Lézard ocellé et le Psammodrome d'Edwards.

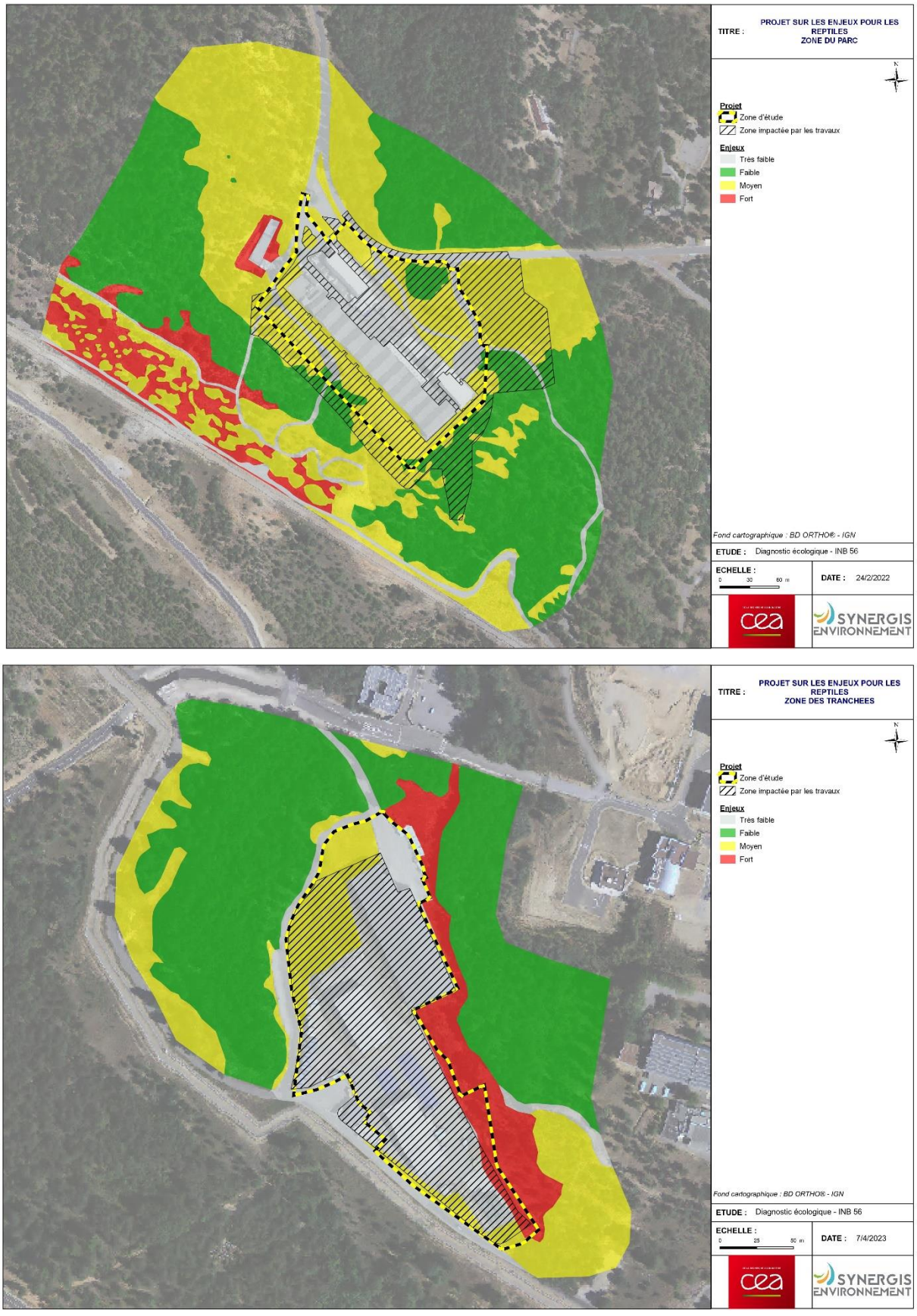


Figure 162 : Présentation du projet sur les enjeux des reptiles sur les zones du Parc et des Tranchées

4.2.3.5. Entomofaune et autres taxons de la faune invertébrée

Zone du Parc

Quatre mesures de réduction sont appliquées pour la faune invertébrée :

- MR2.1a : Limitation de la vitesse des véhicules
- MR2.1d : Limitation du risque de pollution (poussières, fuites d'hydrocarbures…)
- MR2.1n : Récupération et transfert des habitats favorables à la faune
- MR2.1o : Récupération et transfert des individus dans une zone délimitée

Les impacts bruts sur la faune invertébrée sont globalement faibles.

Les mesures prises pour l'environnement permettent d'abaisser certains impacts. La mesure MR2.1o va être mise en place afin de prélever et déplacer les individus de Scorpion languedocien et Scorpion noir à queue jaune qui pourraient se retrouver sur la zone chantier et les mettre en sécurité dans une zone éloignée dans laquelle se trouvent des roches plates favorables à ces espèces.

La mesure MR2.1d consiste à éviter et/ou limiter la pollution en phase chantier qui, même si d'occurrence faible, peut arriver par accident. Plusieurs dispositifs peuvent être mis en place et l'impact résiduel de pollutions sur l'entomofaune est ainsi défini comme négligeable.

La mesure MR2.1n va permettre de limiter la destruction des habitats favorables aux scorpions en récupérant les roches plates sur la zone de chantier pour les disposer dans une zone en dehors de la zone de travaux. Cette mesure permet de diminuer l'impact de destruction d'habitats favorables aux scorpions, car le fait de récupérer les roches favorables issues du chantier va permettre de créer de nouveaux habitats beaucoup plus favorables et moins dérangés par les sangliers en dehors de la zone de chantier.

Le tableau ci-après présente la synthèse des impacts résiduels sur l'entomofaune.

Nom commun	Nom scientifique	Enjeu patrimonial	Enjeu sur site ou à proximité	Nature de l'effet	Impact brut	Mesures	Impact résiduel
Scorpion languedocien	*Buthus occitanus*	Moyen	Moyen	Destruction d'individus	Faible	MR2.1a	Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Faible
				Dérangement	Faible	MR2.1d	Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Scorpion noir à queue jaune	*Euscorpius flavicaudis*	Moyen	Moyen	Destruction d'individus	Faible	MR2.1n	Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Faible
				Dérangement	Faible	MR2.1o	Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable

Tableau 225 : Synthèse des impacts sur l'entomofaune et autres taxons de la faune invertébrée sur la zone du Parc

Zone des Tranchées

Deux mesures de réduction sont appliquées pour la faune invertébrée :

- MR2.1a : Limitation de la vitesse des véhicules
- MR2.1d : Limitation du risque de pollution (poussières, fuites d'hydrocarbures…)

Les impacts bruts sur la faune invertébrée sont globalement faibles.

Les mesures MR2.1a « Limiter la vitesse des véhicules » et MR2.1d « Limiter la pollution » vont permettre de diminuer les impacts de dérangement et de pollutions. En effet, limiter la vitesse des véhicules va limiter les vibrations qui pourraient déranger l'entomofaune et va aussi limiter la poussière mise en suspension par les passages des véhicules.

Le tableau ci-après présente la synthèse des impacts résiduels sur l'entomofaune.

Nom commun	Nom scientifique	Enjeu patrimonial	Enjeu sur site ou à proximité	Nature de l'effet	Impact brut	Mesures	Impact résiduel
Chiffre	*Fabriciana niobe*	Moyen	Moyen	Destruction d'individus	Faible	MR2.1a MR2.1d	Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Négligeable		Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Grand capricorne	*Cerambyx cerdo*	Moyen	Moyen	Destruction d'individus	Négligeable		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Négligeable		Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable

Tableau 226 : Synthèse des impacts sur l'entomofaune et autres taxons de la faune invertébrée sur la zone des Tranchées

4.2.3.6. Mammifères (hors chiroptères)

Lors des prospections, deux espèces de mammifères terrestres ont été identifiées à partir d'observations directes ou d'indices de présence : le Mouflon méditerranéen et le Sanglier.

Le site du CEA de Cadarache étant intégralement entouré d'une clôture infranchissable pour la grande faune, seules quelques espèces sont présentes en captivité et sont susceptibles de fréquenter la zone. On retrouve ainsi de nombreux sangliers et quelques mouflons méditerranéens.

En raison de la grande capacité de fuite des mammifères terrestres, les impacts sont considérés comme non significatifs pour ce taxon de la faune sauvage, sur la zone du Parc comme sur celle des Tranchées.

Le tableau ci-après présente la synthèse des impacts résiduels sur les mammifères terrestres.

Taxon	Enjeu patrimonial	Enjeu sur site ou à proximité	Nature de l'effet	Impact brut	Mesures	Impact résiduel
Mammifères (hors chiroptères)	Faible	Très faible	Destruction d'individus	Négligeable	MR2.1a MR2.1d	Négligeable
			Destruction de tout ou partie de l'habitat	Négligeable		Négligeable
			Dérangement	Négligeable		Négligeable
			Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Négligeable		Négligeable

Tableau 227 : Synthèse des impacts sur les mammifères terrestres sur les zones du Parc et des Tranchées

4.2.3.7. Avifaune

Trois mesures de réduction sont appliquées pour l'avifaune :

- MR2.1a : Limitation de la vitesse des véhicules
- MR2.1d : Limitation du risque de pollution (poussières, fuites d'hydrocarbures…)
- MR3.1a : Adapter les travaux selon la phénologie des espèces protégées

Les mesures ci-dessus vont permettre d'abaisser les impacts bruts faibles de destruction d'individus, de dérangement et de pollutions à des impacts résiduels plus faibles.

La mesure MR3.1a : « Adapter les travaux selon la phénologie des espèces protégées » est la plus efficace pour réduire les impacts du projet. En évitant la période de reproduction : le risque de destruction de nid ou de jeunes individus est nul et le dérangement est limité à des périodes de faible sensibilité pour l'avifaune. L'efficacité de cette mesure est encore plus grande pour une espèce migratrice telle que la Tourterelle des bois puisque les travaux pourront avoir lieu lorsque l'espèce ne sera plus en France.

Les mesures MR2.1a : « Limiter la vitesse des véhicules » et MR2.1d : « Limiter la pollution » vont quant à elles permettre de diminuer les impacts de dérangement et de pollutions. En effet, limiter la vitesse des véhicules va limiter les vibrations qui pourraient déranger les oiseaux, notamment au moment de la recherche d'un partenaire et va aussi limiter la poussière mise en suspension par les passages des véhicules.

Le tableau ci-après présente la synthèse des impacts résiduels sur l'avifaune nicheuse de la zone du Parc.

Nom commun	Nom scientifique	Enjeu patrimonial	Enjeu sur site ou à proximité	Nature de l'effet	Impact brut	Mesures	Impact résiduel
Alouette lulu	*Lullula arborea*	Moyen	Moyen	Destruction d'individus	Moyen	MR2.1a MR2.1d MR3.1a	Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Faible
				Dérangement	Moyen		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Chardonneret élégant	*Carduelis carduelis*	Moyen	Moyen	Destruction d'individus	Moyen		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Faible
				Dérangement	Moyen		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Serin cini	*Serinus serinus*	Moyen	Moyen	Destruction d'individus	Moyen		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Faible
				Dérangement	Moyen		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Tourterelle des bois	*Streptopelia turtur*	Très fort	Très fort	Destruction d'individus	Assez fort		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Faible
				Dérangement	Fort		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Assez fort		Négligeable
Verdier d'Europe	*Carduelis chloris*	Fort	Assez Fort	Destruction d'individus	Moyen		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Faible
				Dérangement	Moyen		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable

Tableau 228 : Synthèse des impacts sur l'avifaune nicheuse de la zone du Parc

Le tableau ci-après présente la synthèse des impacts résiduels sur l'avifaune nicheuse de la zone des Tranchées.

Nom commun	Nom scientifique	Enjeu patrimonial	Enjeu sur site ou à proximité	Nature de l'effet	Impact brut	Mesures	Impact résiduel
Alouette lulu	*Lullula arborea*	Moyen	Moyen	Destruction d'individus	Faible	MR2.1a MR2.1d MR3.1a	Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Faible
				Dérangement	Moyen		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Chardonneret élégant	*Carduelis carduelis*	Moyen	Moyen	Destruction d'individus	Négligeable		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Négligeable		Négligeable
				Dérangement	Moyen		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Serin cini	*Serinus serinus*	Moyen	Moyen	Destruction d'individus	Négligeable		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Négligeable		Négligeable
				Dérangement	Moyen		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Tourterelle des bois	*Streptopelia turtur*	Très fort	Très fort	Destruction d'individus	Négligeable		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Négligeable		Négligeable
				Dérangement	Moyen		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Moyen		Négligeable

Tableau 229 : Synthèse des impacts sur l'avifaune nicheuse de la zone des Tranchées

Après application des mesures de réduction, les impacts résiduels sont négligeables en ce qui concerne la destruction d'individus, et négligeables à faibles pour la destruction de tout ou partie de l'habitat.

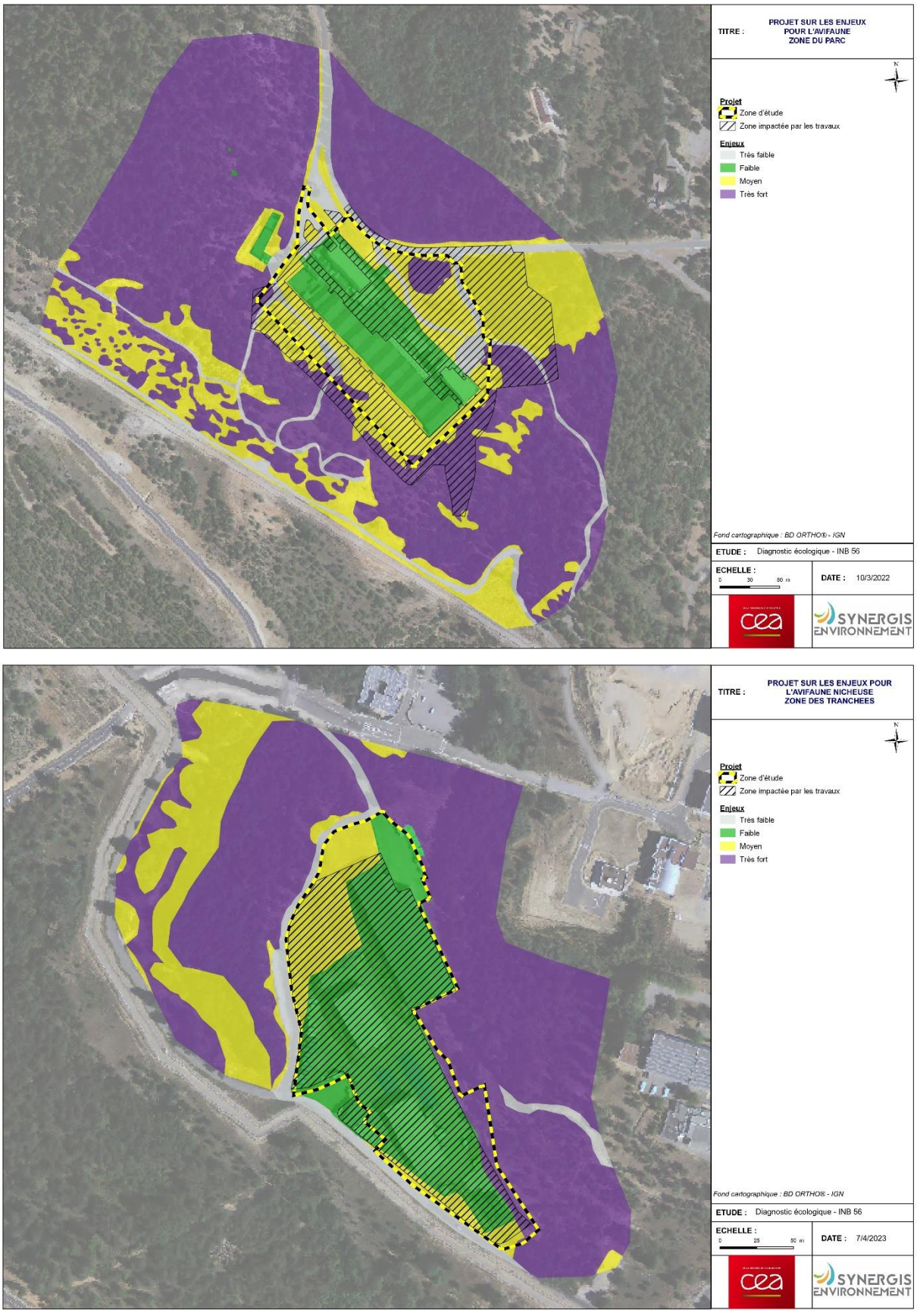


Figure 163 : Présentation du projet sur les enjeux de l'avifaune nicheuse sur les zones du Parc et des Tranchées

4.2.3.8. Chiroptères

Zone du Parc

Quatre mesures de réduction sont appliquées pour les chiroptères :

- MR2.1a : Limitation de la vitesse des engins
- MR2.1d : Limitation de la pollution en phase chantier
- MR2.1i : Mise en place d'une procédure d'abattage des arbres favorables à la faune
- MR3.1b : Absence de travaux nocturnes

Des impacts bruts négligeables à moyens ont été définis en phase chantier pour les chiroptères. C'est principalement l'effet de destruction d'individus qui possède un impact brut le plus élevé et qui est qualifié de moyen pour la Noctule de Leisler.

Des mesures sont mises en place en phase chantier qui permettent de réduire fortement ces effets de destruction d'individus et de dérangement sur les chiroptères. Il s'agit principalement de la mesure MR2.1i « Mise en place d'une procédure d'abattage des arbres favorables à la faune » qui va permettre de s'assurer qu'aucune chauve-souris ne sera présente dans l'arbre au moment de l'abattage.

La mesure « MR3.1b : Absence de travaux nocturnes » va permettre d'éviter les périodes d'activité de chasse ou de transit des chiroptères. Il en est de même pour l'effet dérangement qui est grandement limité par cette mesure étant donné que les travaux n'auront pas lieu durant la nuit.

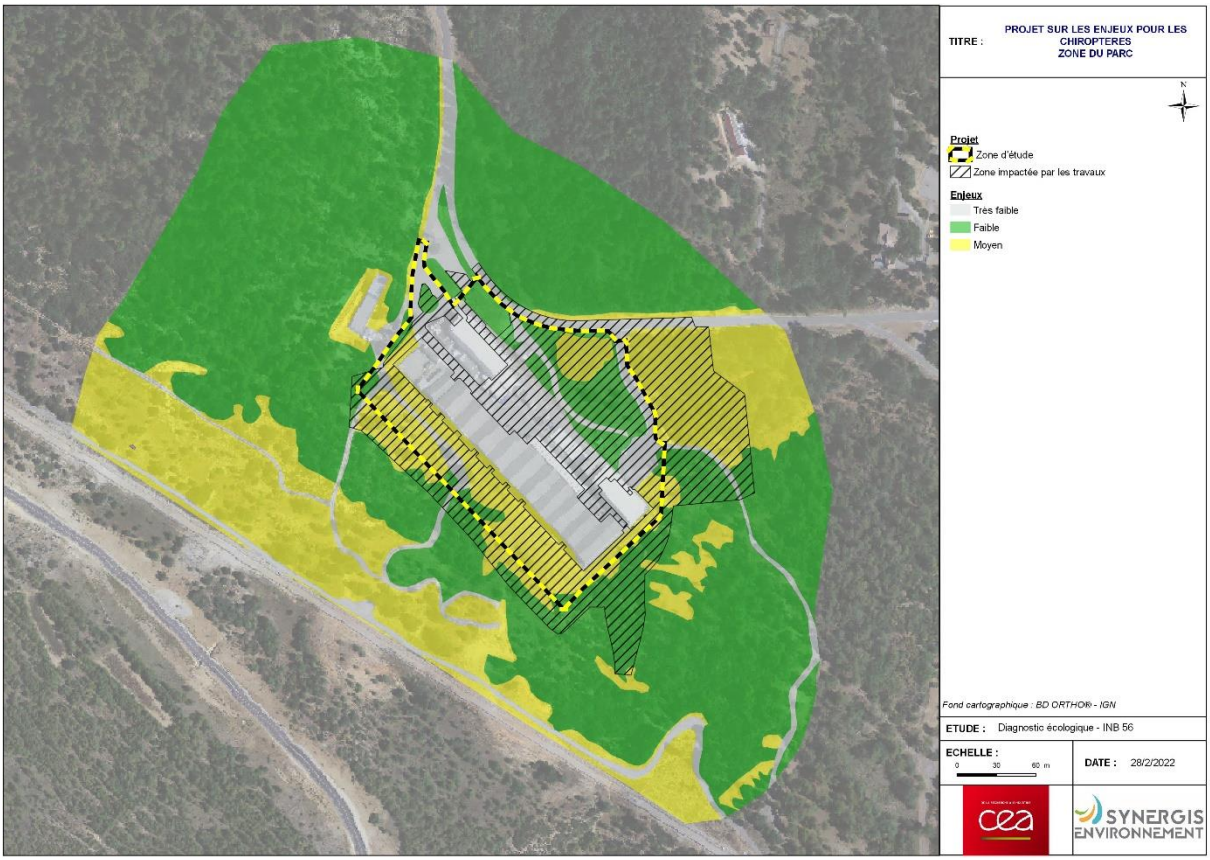


Figure 164 : Présentation du projet sur les enjeux des chiroptères sur la zone du Parc

Nom commun	Nom scientifique	Enjeu patrimonial	Enjeu sur site ou à proximité	Nature de l'effet	Impact brut	Mesures	Impact résiduel
Molosse de Cestoni	*Tadarida teniotis*	Moyen	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Négligeable		Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Murin sp.	*Myotis sp*	Moyen	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Négligeable		Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Noctule de Leisler	*Nyctalus leisleri*	Moyen	Moyen	Destruction d'individus	Moyen		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Faible
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Oreillard gris	*Plecotus austriacus*	Faible	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Négligeable		Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Oreillard roux	*Plecotus auritus*	Faible	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Négligeable	MR2.1a	Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*	Moyen	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Négligeable	MR2.1d	Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Pipistrelle de Kuhl	*Pipistrellus kuhlii*	Faible	Moyen	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Faible
				Dérangement	Faible	MR2.1i	Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Pipistrelle pygmée	*Pipistrellus pygmaeus*	Faible	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Faible
				Dérangement	Faible	MR3.1b	Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	*Pipistrellus kuhlii/ Pipistrellus nathusii*	Faible	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Négligeable		Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Sérotine commune	*Eptesicus serotinus*	Moyen	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Négligeable		Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Sérotule*	*Eptesicus/ Nyctalus/ Vespertilio*	Moyen	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Négligeable		Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Vespère de Savi	*Hypsugo savii*	Moyen	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Négligeable		Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable

Tableau 230 : Synthèse des impacts sur les chiroptères en phase chantier sur la zone du Parc

Zone des Tranchées

Trois mesures de réduction sont appliquées pour les chiroptères :

- MR2.1a : Limitation de la vitesse des engins
- MR2.1d : Limitation de la pollution en phase chantier
- MR3.1b : Absence de travaux nocturnes

Des impacts bruts faibles ont été définis en phase chantier pour les chiroptères.

Les mesures MR2.1a : « Limiter la vitesse des véhicules » et MR2.1d : « Limiter la pollution » vont quant à elle permettre de diminuer les impacts de dérangement et de pollutions. En effet, limiter la vitesse des véhicules va limiter les vibrations qui pourraient déranger les chiroptères présents dans des gîtes à proximité. Cela va aussi limiter la poussière mise en suspension par les passages des véhicules.

La mesure « MR3.1b : Absence de travaux nocturnes » va permettre d'éviter les périodes d'activité de chasse ou de transit des chiroptères. Il en est de même pour l'effet dérangement qui est grandement limité par cette mesure étant donné que les travaux n'auront pas lieu durant la nuit.

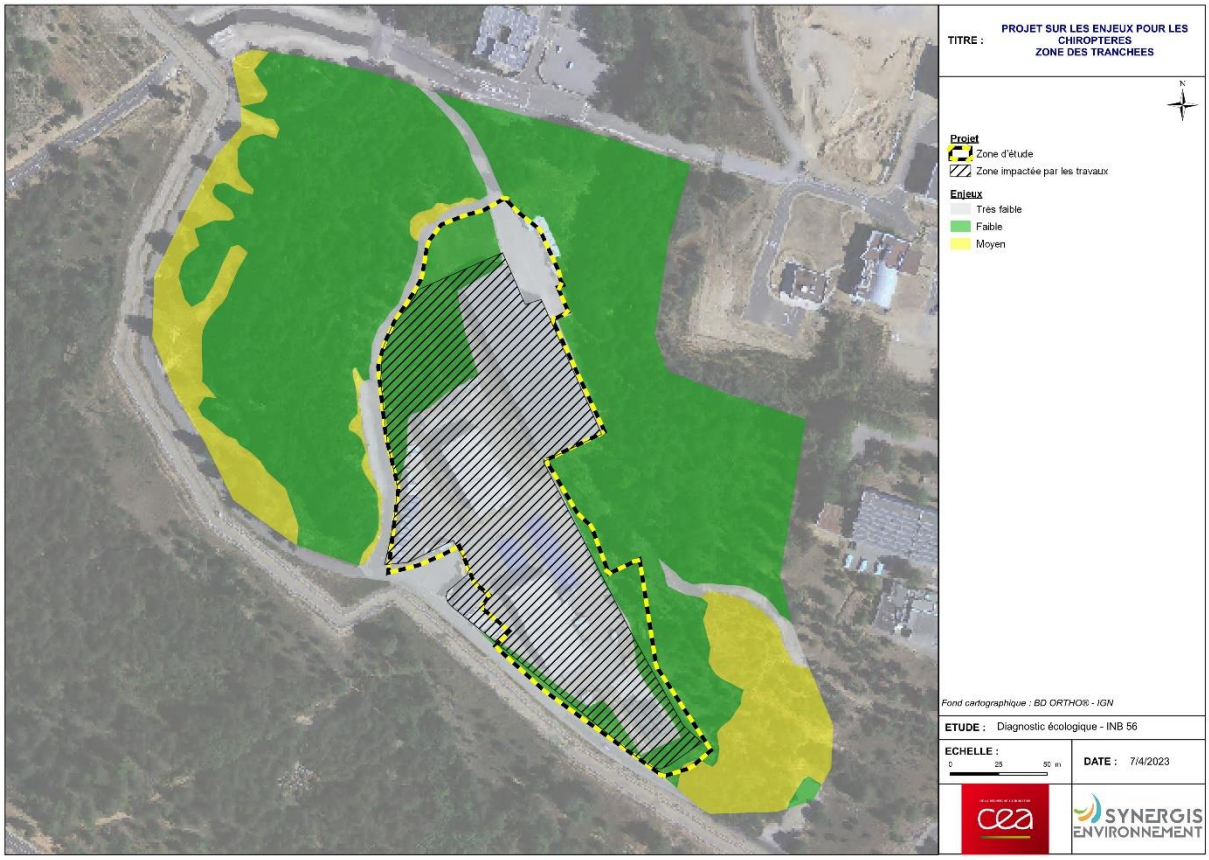


Figure 165 : Présentation du projet sur les enjeux des chiroptères sur la zone des Tranchées

Nom commun	Nom scientifique	Enjeu patrimonial	Enjeu sur site ou à proximité	Nature de l'effet	Impact brut	Mesures	Impact résiduel
Molosse de Cestoni	*Tadarida teniotis*	Moyen	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Murin sp.	*Myotis sp*	Moyen	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Noctule de Leisler	*Nyctalus leisleri*	Moyen	Moyen	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Oreillard gris	*Plecotus austriacus*	Faible	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Oreillard roux	*Plecotus auritus*	Faible	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Négligeable
				Dérangement	Faible	MR2.1a	Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*	Moyen	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Pipistrelle de Kuhl	*Pipistrellus kuhlii*	Faible	Moyen	Destruction d'individus	Faible	MR2.1	Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Pipistrelle pygmée	*Pipistrellus pygmaeus*	Faible	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Négligeable
				Dérangement	Faible	MR3.1b	Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	*Pipistrellus kuhlii/ Pipistrellus nathusii*	Faible	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Sérotine commune	*Eptesicus serotinus*	Moyen	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Sérotule*	*Eptesicus/Nyctalus/ Vespertilio*	Moyen	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable
Vespère de Savi	*Hypsugo savii*	Moyen	Faible	Destruction d'individus	Faible		Négligeable
				Destruction de tout ou partie de l'habitat	Faible		Négligeable
				Dérangement	Faible		Négligeable
				Pollutions (poussières, hydrocarbures…)	Faible		Négligeable

Tableau 231 : Synthèse des impacts sur les chiroptères en phase chantier sur la zone des Tranchées

4.2.4. Proposition de mesures de compensation

Après mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction, des impacts résiduels significatifs persistent sur la zone du Parc pour une espèce de flore et deux espèces de reptiles :

- pour la Nonnée brune : impacts résiduels « assez forts » pour la destruction d'individus et la destruction de tout ou partie de l'habitat ;
- pour le Lézard ocellé et le Psammodrome d'Edwards : impacts résiduels « moyens » pour la destruction de tout ou partie de l'habitat.

Une demande de dérogation à la protection de ces espèces protégées sera constituée. Elle s'accompagne d'une mesure de compensation.

Définition des espèces cibles et secondaires

Deux types d'espèces protégées ont été définies afin de les prendre en compte dans le cadre d'une demande de dérogation : les espèces cibles et les espèces secondaires.

- Espèces cibles : il s'agit des espèces qui présentent les impacts les plus importants dans le cadre du projet. Ces impacts peuvent être de nature à avoir un impact sur les populations locales via la destruction, altération, dégradation de sites de reproduction ou d'aires de repos d'animaux d'espèces animales protégées, la destruction ou perturbation intentionnelle de spécimens d'espèces animales protégées ou la coupe, arrachage, cueillette, enlèvement de spécimens d'espèces végétales protégées.
- Espèces secondaires : Il s'agit d'espèces plus communes et abondantes pour lesquelles les impacts sont moins importants, mais qui présentent tout de même des risques. Les risques d'atteinte aux populations locales sont très faibles. Les espèces secondaires regroupent les espèces protégées identifiées afin d'anticiper une destruction, altération, dégradation de sites de reproduction ou d'aires de repos d'animaux d'espèces animales protégées et la destruction ou perturbation intentionnelle de spécimens d'espèces animales protégées ou la coupe, arrachage, cueillette, enlèvement de spécimens d'espèces végétales protégées.

La demande de dérogation ne concerne pas toutes les espèces inventoriées lors des inventaires. En effet, à l'exception des espèces citées ci-dessous, les incidences résiduelles sur les autres espèces protégées identifiées ne sont pas significatives grâce à la mise en place des mesures d'évitement et de réduction. Le tableau suivant présente les espèces définies comme « espèces cibles » et « espèces secondaires » dans le cadre du projet de démantèlement de l'INB56.

Taxon	Nom commun	Nom scientifique	Destruction / altération / dégradation de sites de reproduction ou d'aires de repos	Destruction d'espèces	Perturbation intentionnelle d'espèces	Statut
Reptiles	Lézard ocellé	*Timon lepidus*	Oui	Oui	Oui	Espèce cible
	Psammodrome d'Edwards	*Psammodromus edwardsianus*	Oui	Oui	Oui	Espèce secondaire
Flore	Nonnée brune	*Nonea erecta*	Oui	Oui	Oui	Espèce cible

Tableau 232 : Espèces faisant l'objet de la demande de dérogation à la protection des espèces

Mesure compensatoire

Un impact concernant la destruction d'habitats favorables au Lézard ocellé a été identifiée en lien avec les travaux réalisés sur la zone du Parc. La disponibilité en gîtes favorables étant déjà importante dans cette zone (des gîtes sont connus et des juvéniles sont observés), la mesure de compensation proposée prendra place dans un secteur plus éloigné des activités humaines.

Le but de cette mesure de compensation est de créer un réseau de gîtes au Sud-Est du CEA afin de permettre au Lézard ocellé de coloniser de nouveaux territoires à l'intérieur et à l'extérieur du site.

La population de Lézard ocellé sur le CEA est assez bien connue et étudiée. Des cartes de présence de l'espèce permettent de voir les secteurs où on retrouve le plus d'individus. Un réseau de gites très important est présent au sein du CEA Cadarache et correspond à différents types de milieux tels que des anfractuosités dans des rochers, des dalles, des murets, des souches, des tas de pierres, des terriers, des tuyaux… La carte des gîtes avérés et potentiels du Lézard ocellé fait apparaître que la partie sud et sud-est du site de Cadarache est assez pauvre en gites pour le Lézard ocellé et encore plus en observation d'individus. Le choix du site d'étude s'est ainsi porté sur ce secteur en partie pour ces raisons et pour la présence d'habitats favorables au Lézard ocellé. La mise en place de nouveaux gîtes dans ce secteur devrait permettre à l'espèce d'étendre son aire de présence à cette échelle.

Concernant l'utilisation de gîtes, il est connu dans la bibliographie que le domaine vital du Lézard ocellé comprend généralement un gîte principal et des gîtes secondaires.

Le positionnement de nouveaux gîtes pour le Lézard ocellé est ciblé sur les jeunes individus car il s'agit de ceux qui auront les distances de dispersion les plus élevées et qui seront susceptibles de coloniser de nouveaux territoires. Des gîtes secondaires, plus simples dans leur réalisation, seront positionnés dans le but de constituer des corridors de déplacements jusqu'à des gîtes principaux plus élaborés et qui permettront à l'espèce de s'implanter dans de nouvelles zones.

Ainsi, 3 gîtes principaux seront mis en place ainsi qu'un réseau de 10 gîtes secondaires. La localisation des gites proposée dans le cadre de cette mesure de compensation pourra être modifiée en fonction de l'évolution des connaissances et l'évolution des habitats sur site.

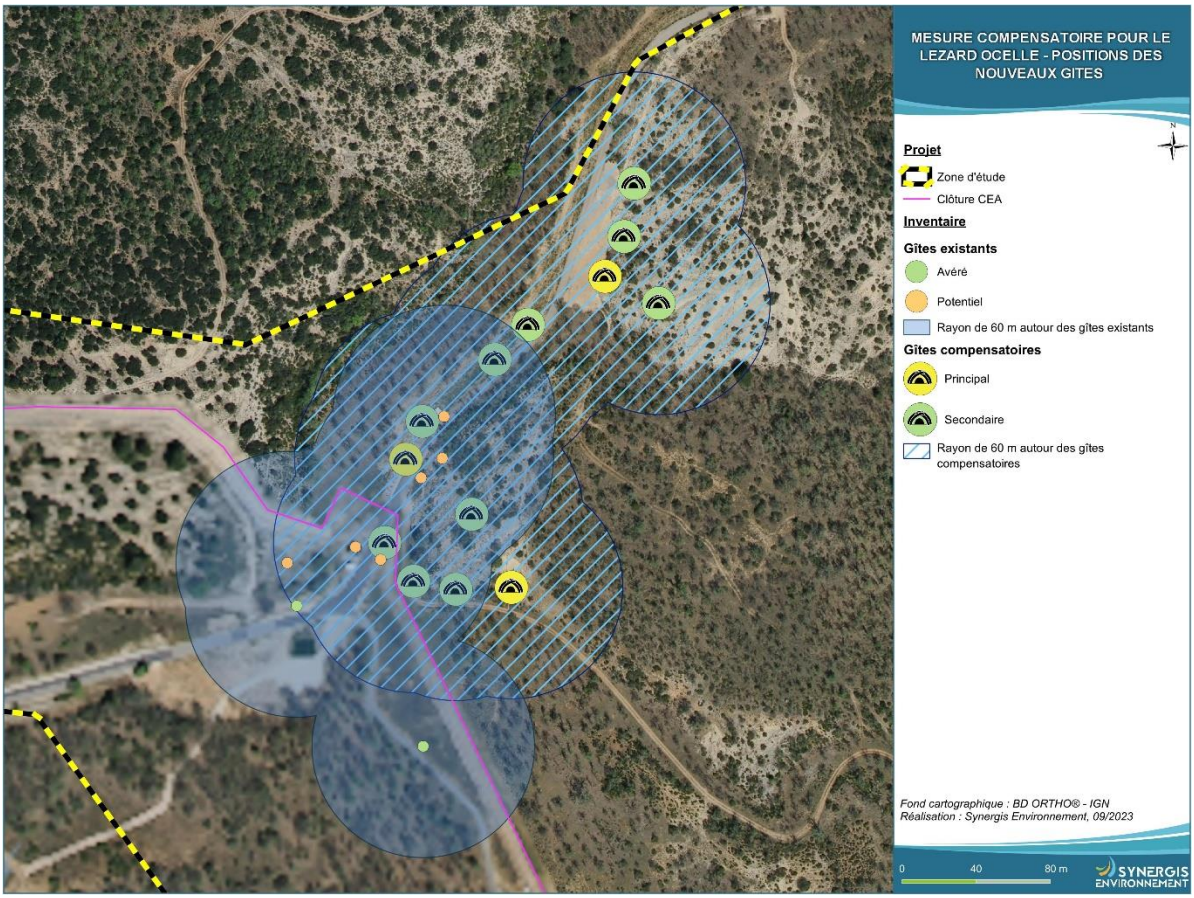


Figure 166 : Mesure compensatoire pour le Lézard ocellé - Positions proposées pour les nouveaux gîtes

4.2.5. Propositions de mesure d'accompagnement

La mesure d'accompagnement concerne la Nonnée brune. Il s'agit de prélever les pieds de Nonnée brune situés dans les zones impactées pour les transplanter dans des zones non concernées par les travaux. La meilleure saison pour réaliser la transplantation est en octobre, après la saison de floraison et avant les gelées.

4.2.6. Propositions de mesures de suivi

Zone du Parc

Trois mesures de suivi sont proposées :

- MSC1 : Suivi de chantier par un coordinateur environnement
- MSC2 : Suivi d'habitats et d'espèces par un écologue
- MSC3 : Suivi de la mesure compensatoire pour le Lézard ocellé

La mesure **MSC1** consiste à définir les actions à mettre en œuvre pour empêcher toute pollution ou atteinte significative aux milieux naturels et espèces, et à assurer un suivi de chantier pour vérifier la bonne prise en compte des mesures. Afin de veiller au bon déroulement des travaux, un coordinateur environnement sera missionné au sein des équipes de chantier ; il assurera les missions suivantes :

- Veiller à respecter les engagements ;
- Mise en défends des zones à préserver (mise en place d'une signalisation) ;
- Participer à certaines réunions de chantier ;
- Sensibilisation des intervenants sur le respect des règles ;
- Respecter les plannings « écologiques » ;
- Rédiger des comptes rendus faisant remonter les éventuelles non-conformités.

La mesure **MSC2** a pour objectif de mettre en place des suivis effectués par un écologue sur les taxons à enjeux notables. Les enjeux majeurs sur la zone d'étude du Parc concernent surtout les habitats, la flore, l'avifaune diurne et les reptiles. Des mesures ont été mises en place afin de réduire les impacts liés à la phase chantier sur ces taxons. Des suivis de population de ces taxons seront effectués aux années N+1 et N+2 après les travaux. Ils seront réalisés aux bonnes périodes du calendrier écologique, et selon les protocoles d'inventaires standardisés afin de faciliter la traçabilité.

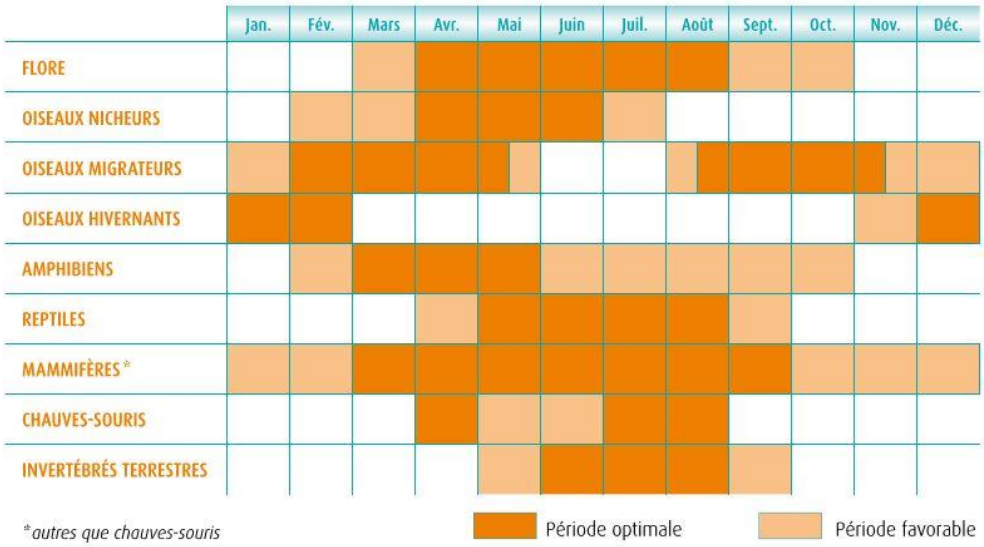


Tableau 233 : Calendrier des périodes favorables pour l'observation de la faune et de la flore

La mesure **MSC3** a pour objectif de mettre en place un suivi afin d'étudier l'efficacité des nouveaux gîtes créés dans le cadre de la compensation pour le Lézard ocellé. Pour cela, les observations devront être réalisées à l'aide de jumelles afin de chercher à observer la fréquentation des nouveaux gîtes (principaux et secondaires) par le Lézard ocellé. Des recherches d'indices de présence (fèces, mues…) sont également prévues afin de coupler les observations directes et la découverte d'indices qui prouveraient que les gîtes sont bien fréquentés par l'espèce.

Ce suivi sera effectué durant 3 ans, aux années N+1, N+2 et N+3 après les travaux de création des gîtes.

3 passages sont prévus par année ainsi qu'un rapport de suivi chaque année et un rapport final synthétisant toutes les observations effectuées durant les suivis. Les inventaires seront réalisés durant les périodes les plus favorables pour l'espèce.

Zone des Tranchées

Deux mesures de suivi sont proposées :

- MSC1 : Suivi de chantier par un coordinateur environnement
- MSC2 : Suivi d'habitats et d'espèces par un écologue

Ces deux mesures sont du même type que celles proposées sur la zone du Parc. Concernant la mesure MSC2, les enjeux majeurs sur la zone d'étude des tranchées concernent surtout l'avifaune diurne et les reptiles.

4.2.7. Evaluation du cumul des incidences avec d'autres projets existants ou approuvés

L'article R. 122-5 du code de l'environnement précise que l'étude d'impact doit comporter une analyse du cumul des incidences avec d'autres projets existants ou approuvés.

Les projets existants sont ceux qui, lors du dépôt du dossier de demande comprenant l'étude d'impact, ont été réalisés.

Les projets approuvés sont ceux qui, lors du dépôt du dossier de demande comprenant l'étude d'impact, ont fait l'objet d'une décision leur permettant d'être réalisés.

Sont compris, en outre, les projets qui, lors du dépôt du dossier de demande comprenant l'étude d'impact :

- ont fait l'objet d'une étude d'impact environnementale au titre de l'article R. 181-14 et d'une consultation du public ;
- ont fait l'objet d'une évaluation environnementale au titre du présent code et pour lesquels un avis de l'autorité environnementale a été rendu public.

Les projets suivants, situés dans un rayon de 5 km, sont pris en compte.

Commune concernée	Nature du projet	Date de l'avis de l'Ae
Rians	Projet de centrale photovoltaïque au lieu-dit « Cuer Vielh »	2016
Saint-Paul-lez-Durance	Centrale photovoltaïque au lieu-dit « Sainte-Cartier » - **URBASOLAR**	2016
Saint-Paul-lez-Durance	Centrale photovoltaïque au lieu-dit « Mal Hivert » - **URBASOLAR**	2016
Saint-Paul-lez-Durance	Poursuite du démantèlement de l'INB 52 ATUE (Atelier de traitement de l'uranium enrichi) en vue de sa mise à l'arrêt définitif – **CEA de Cadarache**	2016
Saint-Paul-lez-Durance	Démantèlement de l'INB 25 RAPSODIE – **CEA de Cadarache**	2017
Saint-Paul-lez-Durance	Démantèlement de l'INB n° 92 PHEBUS – **CEA de Cadarache**	2021
Saint-Paul-lez-Durance	Démantèlement des INB n° 42 EOLE et n° 95 MINERVE – **CEA de Cadarache**	2021
Saint-Paul-lez-Durance	Démantèlement de l'INB n° 53 MCMF (Magasin Central des matières fissiles) – **CEA de Cadarache**	2021
Saint-Paul-lez-Durance	Amélioration de la bretelle de sortie A51 de l'échangeur n°17 de Cadarache	2021

Tableau 234 : Liste des projets retenus pour l'analyse du cumul des incidences

Le projet le plus proche est le démantèlement de l'INB 52 ATUE, situé dans l'enceinte de Cadarache. Le démantèlement de ce dernier ne présente que des impacts jugés très faibles. De ce fait un cumul d'impacts avec les projets de Cadarache est très peu probable.

La séquence ERCA du projet routier permet localement de préserver l'état de conservation des espèces de reptiles communs aux deux sites, à savoir le Lézard ocellé et le Psammodrome d'Edwards. Aussi, aucune incidence complémentaire due au cumul des deux projets n'est à attendre.

Les projets de centrales photovoltaïques de Cuer Vielh, Sainte-Cartier et Mal Hivert ont montré la présence d'espèces notamment faunistiques qui possèdent un enjeu comme le Lézard ocellé (commun aux trois projets), le Psammodrome d'Edwards, le Circaète Jean-le-Blanc, la Proserpine… Un cumul des impacts pourrait avoir lieu pour les espèces communes s'il y avait une destruction des habitats. Dans le cadre des travaux prévus sur l'INB 56, les impacts résiduels sont négligeables à moyens. Des impacts résiduels moyens persistent sur la destruction d'habitat de Lézard ocellé et de Psammodrome d'Edwards. Des mesures de récupération de branches et pierres pour les positionner dans les zones favorables sont prévues afin de limiter cette destruction. Les projets photovoltaïques n'étant pas localisés dans l'enceinte du CEA, les impacts sur les populations de l'INB 56 sont donc très limités.

4.3. Evaluation des incidences sur les sites Natura 2000

La zone de démantèlement de l'INB 56 n'est située dans aucun site Natura 2000, mais on retrouve deux ZSC (FR9301605 – Montagne Sainte Victoire et FR9301589 – La Durance) et deux ZPS (FR9312003 - La Durance et FR9310075 – Massif du Petit Lubéron) dans un rayon de 5 km autour de la zone d'étude. Ces sites ont été présentés dans la partie 1, au chapitre 4.1.1.

L'évaluation des incidences pour les espèces faunistiques sera définie en fonction des distances séparant la zone d'étude des différents sites Natura 2000 et les distances de déplacements des espèces.

Concernant les habitats naturels et la flore, les sites Natura 2000 pris en compte pour les incidences sont ceux situés sur la zone d'implantation ou à proximité directe. Dans le cas présent, aucun site Natura 2000 n'est situé à proximité directe de la zone d'étude.

4.3.1. Objectifs de conservation des sites Natura 2000

Le tableau suivant présente les objectifs de conservation définis dans les documents d'objectifs des sites Natura 2000 présents dans un rayon de 5 km autour de la zone d'étude.

Type	Code	Nom	Objectifs de conservation	
ZSC	FR9301589	La Durance	Habitats et espèces	Conservation, restauration voire extension du "tressage" de la Durance. Cet objectif concernr globalement tous les habitats naturels liés au cours d'eau.
				Préservation d'un réseau cohérent de boisements et de zones humides qui garantissent la fonctionnalité écologique de la vallée alluviale.
				Maintenir les fonctions de "réservoirs biologiques" de la Durance autant pour les milieux aquatiques que les milieux terrestres.
ZPS	FR9312003	La Durance		Conserver les habitats et espèces patrimoniales de manière plus locales comme les roselières.
			Scientifique	Améliorer la connaissance du site et des enjeux écologiques.
			Valorisation	Sensibiliser le public et les usagers du site aux enjeux environnementaux.
ZSC	FR9301605	Montagne Sainte-Victoire	Conservation des habitats	Conserver les pelouses sèches des massifs et des crêtes (habitats herbeux).
				Augmenter la superficie des chênaies agées.
				Protéger et restaurer les habitats d'éboulis.
				Restaurer les ripisylves à Peuplier blanc.
				Favoriser la gestion conservatoire d'habitats ponctuels : sources pétrifiantes, zones humides et Jouques et de la Cause aval.
			Conservation des espèces	Maintenir des zones de nidification et d'alimentation pour les rapaces et les oiseaux rupestres.
				Vérifier la richesse du site en insectes et maintenir leurs habitats.
				Aumgenter la capacité d'accueuil du site pour d'autres espèces caractéristiques du massif.
			Objectifs d'accompagnement favorables à l'ensemble des habitats et espèces	Promouvoir les pratiques sylvicoles et agricoles favorables à la conservation des habitats et des espèces.
				Favoriser la revalorisation biologique des milieux abandonnés par l'agriculture.
				Assurer la compatibilité des activités récréatives avec la conservation des habitats et des espèces.
				Assurer la compatibilité des grands aménagements et des activités d'exploitation des ressources naturelles avec la conservation des habitats et des espèces.
ZPS	FR9310075	Massif du Petit Luberon	Habitats et espèces	Maintenir ou restaurer les populations d'oiseaux rupestres et leurs habitats.
				Maintenir ou restaurer les populations d'oiseaux de milieux ouverts et semi-ouverts et leurs habitats.
				Maintenir ou restaurer les populations d'oiseaux des milieux forestiers et leurs habitats.

Tableau 235 : Principaux objectifs de conservation des sites Natura 2000 présents dans un rayon de 5 km de l'INB 56

4.3.2. Evaluation des incidences

4.3.2.1. Habitats naturels

Vu la grande distance entre les sites Natura 2000 et la zone d'étude, on peut considérer comme nulle la possibilité d'avoir des incidences sur les habitats naturels des sites Natura 2000.

Les incidences sur les habitats naturels présents sur les sites Natura 2000 sont donc considérées comme **nulles**.

4.3.2.2. Flore

Parmi les quatre sites situés dans un rayon de 5 km autour de l'INB56, un seul présente une espèce de flore ayant justifié la désignation du site Natura 2000 « Montagne Sainte-Victoire ». Cette espèce de flore, la Sabline de Provence, n'a pas été identifiée lors des inventaires sur l'INB 56.

Les incidences sur la flore présentent sur les sites Natura 2000 sont donc considérées comme **nulles**.

4.3.2.3. Faune

Amphibiens

Parmi les quatre sites Natura 2000 situés dans un rayon de 5 km autour de l'INB56, aucune espèce visée à l'Annexe II de la Directive 92/43/CEE ayant justifié la désignation des sites Natura 2000 n'est recensée sur la zone d'étude. De plus, les habitats impactés sur l'installation INB56 ne sont pas favorables à une reproduction viable des amphibiens.

Les incidences sur les amphibiens présents sur les sites Natura 2000 à proximité sont donc considérées comme **nulles**.

Reptiles

Parmi les quatre sites Natura 2000 situés dans un rayon de 5 km autour de l'INB56, une seule espèce de reptile visée à l'annexe II de la Directive 92/43/CEE est recensée sur le site « FR9301589 – La Durance ». Il s'agit de la Cistude d'Europe.

Aucun individu de Cistude d'Europe n'a été observé lors de la session d'inventaire. De plus, les milieux présents sur la zone d'étude ne sont pas du tout favorables à cette espèce. En effet, la Cistude d'Europe fréquente les zones humides telles que les étangs, les marais, les ruisseaux…

Les incidences sur les reptiles présents sur les sites Natura 2000 à proximité sont donc considérées comme **nulles**.

Entomofaune et autres taxons de la faune invertébrée

Parmi les quatre sites Natura 2000 situés dans un rayon de 5 km autour de l'INB56, 16 espèces d'invertébrés visées à l'annexe II de la Directive 92/43/CEE sont recensées.

Toutes les espèces ne présentent pas les mêmes besoins en termes d'habitats. Ainsi, la disponibilité en habitat de reproduction pour les odonates (Agrion de Mercure, Cordulie à corps fin) est nulle, car on ne retrouve pas de végétation des zones humides.

On retrouve 2 espèces de mollusques sur le site « FR9301589 – La Durance », le Vertigo étroit et le Vertigo Des Moulins. Les habitats présents sur la zone d'étude ne sont pas favorables à ces espèces, car elles fréquentent préférentiellement les milieux dunaires ou les prairies humides.

Les sites Natura 2000 « FR9301605 – Montagne Sainte-Victoire » et « FR9301589 – La Durance » sont situés à plus de 1,2 km de la zone d'étude. Les espèces d'entomofaune se déplaçant rarement sur des distances aussi grandes, les incidences sur les populations de ce site sont donc considérées comme nulles. De plus, elles n'ont pas été identifiées lors des inventaires.

Les incidences sur l'entomofaune présente sur les sites Natura 2000 à proximité sont donc considérées comme **nulles**.

Faune piscicole

Seuls les sites «FR9301605 – Montagne Saint-Victoire » et « FR9301589 – La Durance » sont concernés par cette possibilité d'incidence. Il s'agit en effet des seuls sites dans un rayon de 5 km pour lesquels des espèces de poissons sont citées comme ayant justifié la désignation du site en Natura 2000.

On ne trouve cependant pas de cours d'eau sur la zone d'étude de l'INB 56 et donc aucun habitat favorable aux poissons.

Les incidences sur la faune piscicole présente sur les sites Natura 2000 à proximité sont donc considérées comme **nulles**.

Mammifères terrestres

Parmi les quatre sites Natura 2000 situés dans un rayon de 5 km autour de l'INB56, trois espèces de mammifères visées à l'annexe II de la Directive 92/43/CEE sont recensées : le Castor d'Europe, le Loup gris et la Loutre d'Europe.

Les habitats présents sur la zone d'étude ne sont pas favorables au Castor d'Europe ni à la Loutre d'Europe, car ces espèces ont besoin d'habitats aquatiques. Le Loup gris va préférer des milieux plus boisés. De plus, le CEA étant totalement clôturé, l'accès à ces espèces est impossible.

Les incidences sur les mammifères (hors chiroptères) présents sur les sites Natura 2000 à proximité sont donc considérées comme **nulles**.

Avifaune

Parmi les quatre sites Natura 2000 situés dans un rayon de 5 km autour de l'INB56, de nombreuses espèces d'oiseaux visées à l'annexe II de la Directive 92/43/CEE sont recensées.

Les espèces citées pour le site « FR9312003 – La Durance » sont majoritairement des espèces liées aux zones humides. Les incidences pour les populations de ces espèces peuvent être considérées comme nulles, car on ne retrouve pas de milieux favorables à celles-ci sur la zone d'étude. On retrouve cependant d'autres espèces qui pourraient utiliser la zone d'étude, comme par exemple la Pie-grièche écorcheur, la Fauvette pitchou ou l'Engoulevent d'Europe. On retrouve cependant l'Alouette lulu sur ce site et également sur l'INB56. Les incidences résiduelles du projet de démantèlement de l'INB 56 sont considérées comme négligeables à faibles concernant l'Alouette lulu. L'incidence faible concerne la destruction d'habitat, car des milieux ouverts favorables à cette espèce vont être impactés, mais la disponibilité en milieux plus favorables et non soumis au dérangement est présente à proximité. Le projet sur la zone du parc de l'INB56 n'aura donc pas d'incidences significatives sur les populations d'Alouette lulu du site Natura 2000 « FR9312003 – La Durance » située à 1,2 km.

Les espèces citées pour le site « FR9310075 – Massif du Petit Luberon » sont des espèces liées aux milieux rupestres (Vautours, Aigles, Faucon pèlerin, Grand-duc d'Europe), mais également des espèces de milieux boisés (Milans, Circaète Jean-le-Blanc, Bondrée apivore…), semi-ouverts (Fauvette pitchou…) et ouverts (Bruant ortolan, Alouette lulu). Comme pour le site « FR9312003 – La Durance », la salle espèce identifiée lors des inventaires sur l'INB 56 est l'Alouette lulu. Les incidences résiduelles du projet de démantèlement de l'INB 56 sont considérées comme négligeables à faibles concernant l'Alouette lulu. L'incidence faible concerne la destruction d'habitat, car des milieux ouverts favorables à cette espèce vont être impactés, mais la disponibilité en milieux plus favorables et non soumis au dérangement est présente à proximité. Le projet de démantèlement de l'INB 56 n'aura donc pas d'incidences significatives sur les populations d'Alouette lulu du site Natura 2000 « FR9310075 – Massif du Petit Luberon » situé à 2,1 km.

Les incidences sur l'avifaune présente sur les sites Natura 2000 à proximité sont donc considérées comme **non significatives**.

Chiroptères

Parmi les quatre sites Natura 2000 situés dans un rayon de 5 km autour de l'INB 56, 9 espèces de chiroptères visées à l'annexe II de la Directive 92/43/CEE sont recensées.

Concernant la perte d'habitats, l'incidence des travaux sur l'INB56 est faible à négligeable en fonction des espèces. Les espèces pour lesquelles la perte d'habitats est la plus importante sont les espèces qui fréquentent la zone le plus souvent, c'est-à-dire la Pipistrelle de Kuhl et la Noctule de Leisler. La disponibilité en zones de chasse est très importante autour de la zone et on retrouve des habitats bien plus intéressants entre l'INB 56 et les sites Natura 2000 (rivières, plans d'eau, falaises, boisements, zones de garrigues…). De plus, la pipistrelle de Kuhl et la Noctule de Leisler ne font pas partie des espèces de chiroptères ayant justifié la désignation des sites Natura 2000.

Les incidences sur les chiroptères présents sur les sites Natura 2000 à proximité sont donc considérées comme **non significatives**.

4.3.3. Synthèse des incidences

Les incidences sur les sites Natura 2000 situés dans un rayon de 5 km sont qualifiées de non significatives pour l'ensemble des taxons.

En effet, les incidences résiduelles des travaux réalisés sur l'INB 56 sont faibles à négligeables sur les espèces ayant justifié la désignation des sites Natura 2000 dans un rayon de 5 km.

5. Incidences sur l'environnement physique

5.1. Incidences sur le climat

5.1.1. Climat et changement climatique

Les incidences du projet de démantèlement de l'INB 56 sur le climat sont évaluées au travers des **émissions de gaz à effet de serre (GES)**, qui jouent un rôle prépondérant dans l'équilibre thermique de l'atmosphère terrestre. En effet, le rayonnement électromagnétique du soleil, principalement dans les longueurs d'ondes visibles, fournit à la Terre de la chaleur. De leur côté, la Terre et l'atmosphère la restituent en réémettant vers l'espace un rayonnement infrarouge. Ce dernier est partiellement capté, diffusé ou absorbé par des gaz présents dans l'atmosphère, comme la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone, le méthane… Ce phénomène qui limite la perte de chaleur à l'échelle globale est bénéfique puisqu'en l'absence totale de gaz à effet de serre, la température moyenne de l'air sur Terre serait proche de -18°C, au lieu des 15°C actuels…

Néanmoins, les émissions croissantes de gaz à effet de serre d'origines anthropiques, augmentent artificiellement et massivement leur concentration dans l'atmosphère, et rompent ainsi l'équilibre thermique sur Terre, même si d'autres facteurs, d'origine naturelle, peuvent aussi intervenir. Ces émissions sont responsables du **changement climatique global**, qui a des incidences à l'échelle régionale et locale.

5.1.2. Estimation des émissions de gaz à effet de serre du projet

Les activités de l'installation ne correspondent pas aux activités visées à l'annexe I de la Directive n° 2003/87/CE du 13 octobre 2003 modifiée établissant un système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre dans la Communauté et modifiant la directive 96/61/CE du Conseil.

Ainsi, l'INB 56 n'est pas soumise au PNAQ (Plan National d'Allocation des Quotas d'émission de gaz à effet de serre) et à l'attribution de quotas d'émission de CO_2.

Les émissions de gaz à effet de serre ont des origines diverses : transport du personnel, gestion des déchets conventionnels et radioactifs (camions de transport, etc.), tests périodiques des groupes électrogènes fixes de secours alimentés en fioul domestique, etc. Elles sont détaillées ci-après à la fois pour les activités permanentes de l'installation, et pour le démantèlement.

5.1.2.1. Rejets de CO_2 au sein de l'installation

Les émissions de CO_2 à l'intérieur du périmètre de l'installation ont été évaluées précédemment, au chapitre 2.4, qui présente l'impact toxique des rejets atmosphériques chimiques. Pour rappel, ces émissions sont liées :

- aux activités permanentes de l'installation : (essais et entretien des GEF, exploitation de l'installation Vrac-MI, gaz d'échappement des camions de transport des colis finaux),
- aux activité temporaires (construction des installations de RCD).

Les émissions de CO_2 sont rappelées, avec leurs hypothèses de calcul, dans le tableau ci-après. Elles sont évaluées à environ 3 820 tonnes d'équivalent CO_2 par an.

Rejets annuels maximum de CO_2		Durée de fonctionnement (h/an)	Hypothèses de calcul			Flux horaire ($kg(CO_2)/h$)	Rejets max ($kg(CO_2)/an$)
			Utilisation du moteur (%)	Puissance en utilisation (kW)	Facteur d'émission du CO_2 pour le diesel (g/kWh)		
Activités permanentes	GEF du parc	32 x 2	100%	264	330	87.12	5 576
	Exploit. Vrac-MI	312	100%	300	330	99	30 888
	Camions de transport (Parc)	472	20%	330	330	21.78	6 164
	GEF des tranchées	32	100%	200	330	66	2 112
	Camions de transport (Tranchées)	177	20%	330	330	21.78	3 855
Activités de démantèlement	Construction du hangar ATC	1280	100%	300	330	99	126 720
	Construction de la voie Sud	480	100%	600	330	198	95 040
	Déconstruction du bâtiment 285 et du hangar Vrac-FI	1760	100%	1500	330	495	871 200
	Construction de Vrac-MI	5120	100%	1500	330	495	2 534 400
	Engins de terrassement	960	100%	450	330	148.5	142 560
TOTAL							***3 818 514***

Tableau 236 : Hypothèses de rejets de CO_2 au sein de l'INB 56

5.1.2.2. Rejets de CO_2 lors du trajet des camions de transport

Dans le cadre de l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre, il faut ajouter aux rejets au sein de l'installation, le dégagement de CO_2 durant les trajets des camions de transport entre l'installation et leur lieu de destination.

Les hypothèses suivantes sont utilisées pour tenir compte des dégagements de CO_2 durant les trajets en camions :

Les hypothèses suivantes sont utilisées pour tenir compte des dégagements de CO_2 durant les trajets en camions :

- consommation des camions arrondie à **40 L/100 km** (sur la base d'une consommation moyenne communément admise autour de 30 à 35L/100km pour un camion),
- facteur d'émission de CO_2 : **3,17 $kg(CO_{2e})/L$** de carburant (p41 de la base carbone de l'ADEME),
- pour les camions de livraison empruntant le trajet Entrée du centre – INB56, on retient une distance de 6 km soit 12 km aller-retour,
- nombre de camions d'aménagement et d'approvisionnement : 12 par an,
- nombre de camions pour le transfert d'effluents actifs à AGATE : 4 par an (6 km aller-retour),
- nombre de camions pour le transfert d'effluents actifs à la STEMA de Marcoule : 1 par an (300 km aller-retour).

Pour l'évacuation de l'ensemble des déchets solides, il est considéré, de manière enveloppe :

- que tous des déchets TFA sont transportés jusqu'au CIRES de l'ANDRA (dans l'Aube). Le CIRES est situé à 700 km de Cadarache (soit 1 400 km aller-retour),
- que tous les déchets FMA sont transportés jusqu'au CSA de l'ANDRA (dans l'Aube), le CSA est également situé à 700 km de Cadarache (soit 1 400 km aller-retour),
- que tous les déchets MA-VL sont transportés jusqu'à l'INB 164 CEDRA du centre de Cadarache, située à une distance de 1,6 km de la zone du Parc.

Pour le calcul du tonnage annuel maximal de CO_2 produit, **le nombre total de trajets est comptabilisé** même si, dans la réalité, tous ces trajets n'ont pas lieu la même année.

Le tableau suivant présente la synthèse des rejets annuels maximaux en tonnes d'équivalents CO_2 liés aux trajets des camions pendant le démantèlement de l'INB 56. Ils sont évalués au maximum à 380 tonnes d'équivalent CO_2 par an.

Rejets annuels maximum de CO_2 lié aux trajets des camions	Camions par an	Distance (km)	Rejets max (kg(CO_2)/an)
Déchets TFA transportés jusqu'au CIRES	128	1400	227 226
Déchets FMA sont transportés jusqu'au CSA	70	1400	124 264
Déchets MA-VL transportés jusqu'à l'INB 164 CEDRA	256	3,2	1 039
Camions d'aménagement et d'approvisionnement	12	12	183
Camions pour le transfert d'effluents actifs à AGATE	5	6	38
Camions pour le transfert d'effluents actifs à la STEMA de Marcoule	1	300	380
TOTAL			***353 129***

Tableau 237 : Hypothèses de rejets de CO_2 lors des trajets des camions de transport

5.1.2.3. Rejets de CO_2 lors du transport du personnel

Les émissions de CO_2 liées au transport du personnel peuvent être évaluées en utilisant les résultats du bilan global des émissions de gaz à effet de serre du CEA de Cadarache (la référence la plus récente étant 2014). Les émissions engendrées par le démantèlement de l'INB 56 sont calculées au prorata du nombre de personnes mobilisées par le projet par rapport au nombre total de personnes retenu pour établir le bilan du centre de Cadarache.

Deux postes sont retenus :

- Les déplacements domicile/travail : ils tiennent compte des modes de transport suivants : voiture, 2 roues motorisées, transport en commun public (bus), et cars CEA. Pour 2014, les émissions liées aux déplacements domicile/travail du centre de Cadarache ont été évaluées à 4 922,4 tonnes équivalent CO_2 (sur la base de 2273 salariés). En proportion, les déplacements des 83 personnes mobilisées par le démantèlement de l'INB 56 sont à l'origine de l'émission de **180 tonnes** équivalent CO_2 ;
- Les déplacements professionnels (missions) : ils tiennent compte des modes de transport suivants : voiture, train et avion. Pour l'année 2014, les émissions liées aux missions du centre de Cadarache ont été évaluées à 4 085,7 tonnes équivalent CO_2 (sur la base de 2273 salariés). En proportion, les émissions liées aux déplacements professionnels pour les 83 personnes mobilisées par le démantèlement de l'INB 56 sont de **149,2 tonnes** équivalent CO_2.

Au total, les émissions de CO_2 liées au transport du personnel dans le cadre du démantèlement de l'INB 56 sont au maximum de **329,2 tonnes** équivalent CO_2 par an.

5.1.2.4. Bilan des rejets annuels maximum de CO_2

Le total des émissions annuelles maximales de CO_2 attribuables au démantèlement de l'INB 56 est de l'ordre de **4 530 tonnes équivalent CO_2 par an**.

Les résultats montrent que la contribution des activités sur l'installation (3 677 t) est prépondérante devant la contribution du transport de déchets solides vers les sites de l'ANDRA (380 t) et devant la contribution du transport du personnel (329,2 t).

5.1.3. Mesures de limitation des émissions de gaz à effet de serre

Le CEA fait des efforts pour réduire ses émissions de gaz à effet de serre. Entre autres mesures, il met à disposition des personnes présentes sur le Centre de Cadarache, un service de transports en commun pour les déplacements sur le Centre, mais également pour les trajets domicile/travail. De plus, il développe un parc de véhicules de service électriques, et met en place des bornes de rechargement.

Le chargement des camions de déchets sera optimisé pour réduire le nombre de rotations. On veillera à leur bon entretien ainsi qu'à celui du groupe électrogène afin qu'ils fonctionnent de manière optimale.

5.1.4. Evaluation des incidences résiduelles sur le climat

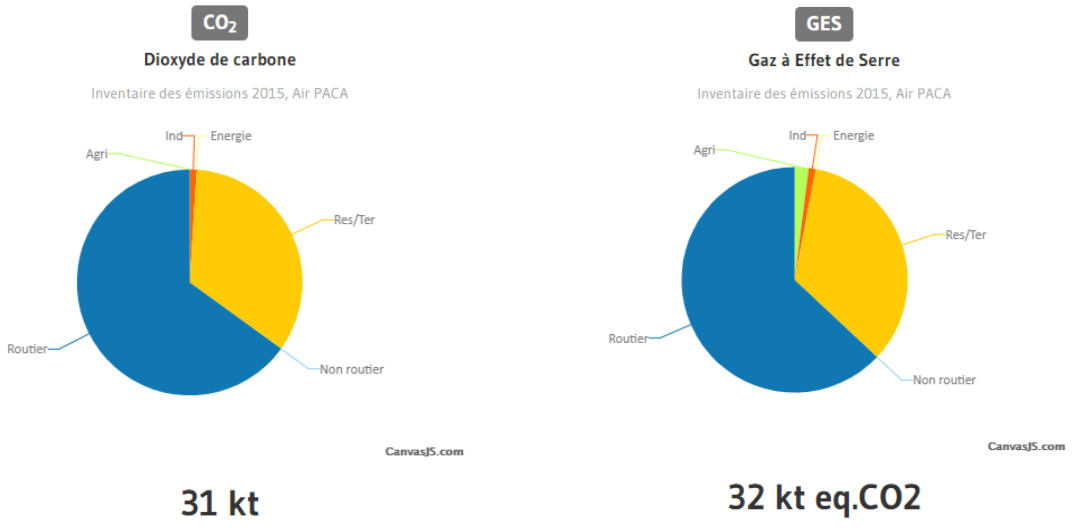
Avec un maximum d'émission de gaz à effet de serre évalué à 4 530 tonnes équivalent CO_2 par an, le démantèlement de l'INB 56 représente environ 15% du total des émissions du Centre de Cadarache (30 522 tonnes équivalent CO_2 en 2014) qui sont principalement liées aux sources de combustion (33%), à la production d'électricité (30%), et aux déplacements du personnel (30%).

Les émissions du démantèlement de l'INB 56 peuvent être mises en regard :

- avec le seuil de déclaration au titre de l'arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets (pour les rejets de CO_2 dans l'air, le seuil de déclaration est fixé à 10 000 tonnes par an) ;
- avec les émissions de la commune de Saint-Paul-lez-Durance (32 000 tonnes équivalent CO_2 selon l'inventaire Air-PACA 2015), principalement induites par les transports et le secteur résidentiel tertiaire ;
- avec celles du département des Bouches-du-Rhône (31 876 000 tonnes équivalent CO_2 en 2015), principalement induites par les secteurs industrie et traitement des déchets, la production et la distribution d'énergie, puis le transport routier ;
- et plus largement avec celles de la région PACA, qui a émis 47 147 000 tonnes d'équivalent CO_2 en 2015 (le département des Bouches-du-Rhône est le plus gros contributeur et représente 68% des émissions totales de la région).

Les émissions de gaz à effet de serre générées par le démantèlement de l'INB 56 resteront assez limitées. L'enjeu sur le climat étant jugé moyen, l'impact est jugé faible.

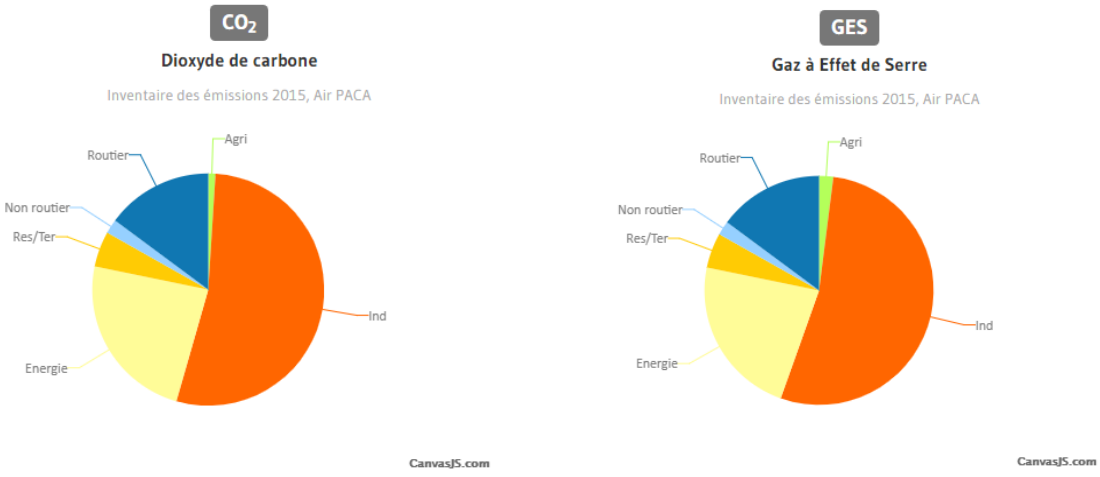
A titre indicatif, les figures suivantes montrent la contribution des différents secteurs d'activité à la production de gaz à effet de serre, dont le dioxyde de carbone CO_2, pour la commune de Saint-Paul-lez-Durance, le département des Bouches-du-Rhône, et la région PACA en 2015.



31 kt

32 kt eq.CO2

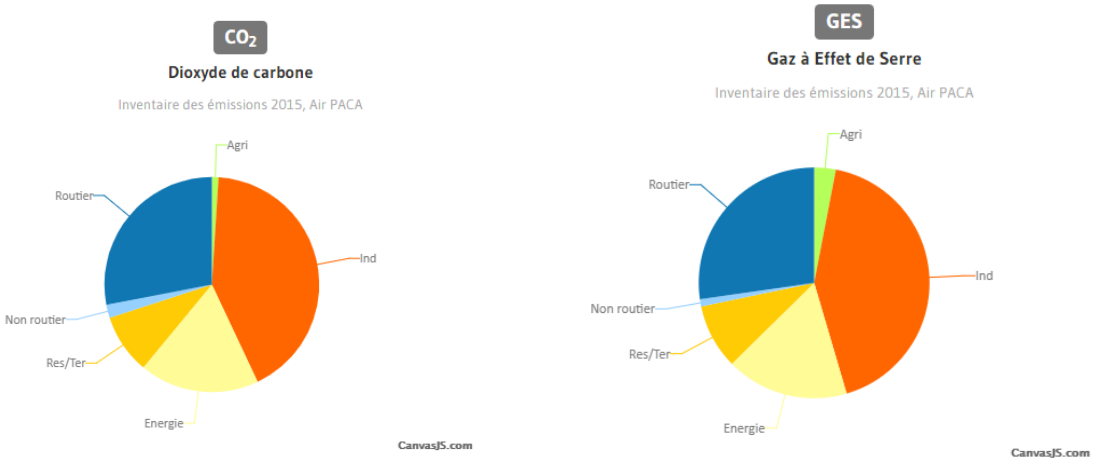
Saint-Paul-lez-Durance



30 689 kt

31 876 kt eq.CO2

Département des Bouches-du-Rhône



44 816 kt

47 147 kt eq.CO2

Région PACA

Figure 167 : Contribution des principaux secteurs d'activité aux émissions de CO_2 et de gaz à effet de serre (Source : Inventaire Air PACA 2015 http://emiprox.airpaca.org/)

5.1.5. Vulnérabilité du projet au changement climatique

5.1.5.1. Eléments de changement climatique régional

Les principales conséquences du changement climatique régional susceptibles d'affecter le projet de démantèlement de l'INB 56 sont issues du site de Météo-France (http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd), ainsi que de cahiers thématiques[58] du GREC-PACA (Groupe régional d'experts sur le climat en Provence-Alpes-Côte d'Azur), édités par l'Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR). Rédigés par des chercheurs et des spécialistes du climat, ces cahiers sont destinés aux décideurs et gestionnaires de territoires, avec l'objectif de décrypter les résultats scientifiques et les enjeux du changement climatique pour informer et sensibiliser le public visé à l'échelle locale et régionale (http://www.grec-paca.fr/cahier-thematique/).

Les changements climatiques désignent une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité pendant de longues périodes (généralement, pendant des décennies ou plus). La Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), dans son Article 1, définit « changements climatiques » comme étant des « *changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables* ».

Changement climatique global et climat méditerranéen

Si le changement climatique est devenu une question scientifique au cours des années 1970, ses bases théoriques (qui reposent entre autres sur le rôle des gaz à effet de serre dans l'équilibre thermique de la Terre) sont connues depuis longtemps. L'augmentation massive et artificielle de la concentration en gaz à effet de serre due aux activités humaines entraîne une rupture de l'équilibre thermique qui se traduit par un **réchauffement global**. Le climat étant un système complexe dans lequel les interactions sont multiples, sa perturbation provoque des réactions en chaîne qui peuvent avoir des incidences à l'échelle régionale et locale.

La hausse des températures de l'air qui en résulte n'est pas répartie de manière égale sur Terre, du fait de la répartition dissymétrique des continents et des océans, du contraste de températures entre les pôles et l'équateur et des échanges de chaleur associés, de la fonte des calottes glaciaires et de la banquise… Si les impacts du changement climatique seront particulièrement forts dans les régions polaires et subpolaires, les régions chaudes (régions semi-arides, par exemple) seront également touchées, même si l'augmentation des températures y sera moins importante.

Dans ce contexte, les régions nord-méditerranéennes telles que la région PACA sont particulièrement exposées. Situées au sud de la zone tempérée, elles risquent de glisser vers un régime sud-méditerranéen, plus chaud et plus sec, surtout l'été, avec une augmentation des températures conjuguée à une augmentation de la durée des périodes de sécheresse.

Les **principaux impacts** seraient :

[58] En particulier : « Climat et changement climatique en région Provence-Alpes-Côte d'Azur », mai 2016, et « Provence-Alpes-Côte d'Azur, une région face au changement climatique », juin 2015.

- En hiver, une diminution du nombre de jours de gel. Sur le littoral, les gelées pourraient même disparaître. Dans le même temps, l'épaisseur du manteau neigeux moyen en-dessous de 1500, voire 1800 mètres d'altitude, diminuerait de manière significative, tout comme la durée moyenne de l'enneigement au sol.
- L'été, les épisodes de canicule seraient plus longs. Ce phénomène renforcé par la baisse des pluies estivales rendrait le climat de la région PACA moins confortable pour l'homme et ferait subir à la faune et à la flore des contraintes fortes qui remettraient en cause la répartition spatiale des espèces vivantes.
- A plus long terme, une élévation de la température de la mer Méditerranée aurait pour principale conséquence une augmentation de l'évaporation potentielle, l'une des conditions atmosphériques favorables à la genèse d'événements pluvieux extrêmes qui représentent un risque majeur dans la région (la fréquence de ces événements durant les cinquante dernières années n'a toutefois pas augmenté de manière sensible, contrairement à la vulnérabilité des territoires).

Le signal du changement climatique est-il déjà observé en région PACA ?

Le climat méditerranéen est réputé pour sa douceur, mais aussi ponctué d'événements météorologiques extrêmes très intenses (pluies torrentielles, sécheresses), qui présentent une grande variabilité d'une année sur l'autre. Climat complexe donc, mais que les climatologues caractérisent de mieux en mieux grâce aux mesures locales (avec un nombre de stations météorologiques qui augmente et des séries de données de plus en plus longues), et aux techniques de spatialisation et de modélisation 2D ou 3D, avec les incertitudes inhérentes.

Le signal du changement climatique doit être appréhendé en tenant compte de cette complexité, à la fois spatiale et temporelle. Pour témoigner de l'évolution récente du climat présent en Provence-Alpes-Côte d'Azur, des indicateurs relatifs à la température de l'air, aux précipitations et au vent sont utilisés par les climatologues.

En ce qui concerne les **températures** : la température moyenne annuelle est globalement en augmentation, même si une forte variabilité d'une année à l'autre est constatée, avec une tendance observée des températures moyennes hivernales de l'ordre de +0,2°C par décennie, et une tendance plus forte pour les températures moyennes estivales d'environ +0,5°C par décennie. Concernant les extrêmes, la température minimale en PACA augmente plus vite que la température maximale, à l'instar du niveau national.

Cette hausse globale a des répercussions :

- le nombre annuel de jours de gel est globalement en diminution, même s'il varie fortement d'une année à l'autre, et d'un point de mesure à l'autre ;
- le nombre annuel de journées chaudes (températures maximales supérieures à +25°C) marque une tendance à l'augmentation, tout en étant également très variable d'une année sur l'autre et en fonction de la localisation (journées chaudes plus fréquentes lorsque l'on s'éloigne du relief et de la mer).

Les **précipitations** annuelles présentent une grande variabilité interannuelle. Sur la période 1959-2009, les tendances sont très peu marquées sur l'ouest et le nord de la région. Le Var et les Alpes-Maritimes montrent une faible diminution des cumuls annuels, mais le signal n'est pas toujours statistiquement significatif. Comme pour les températures de l'air, de forts écarts sont constatés selon les saisons. La baisse est plus importante et significative en hiver et en été, et le signal est beaucoup plus faible au printemps et surtout à l'automne, comme le montre la figure ci-dessous représentant l'évolution relative des cumuls de précipitations en hiver et en automne.

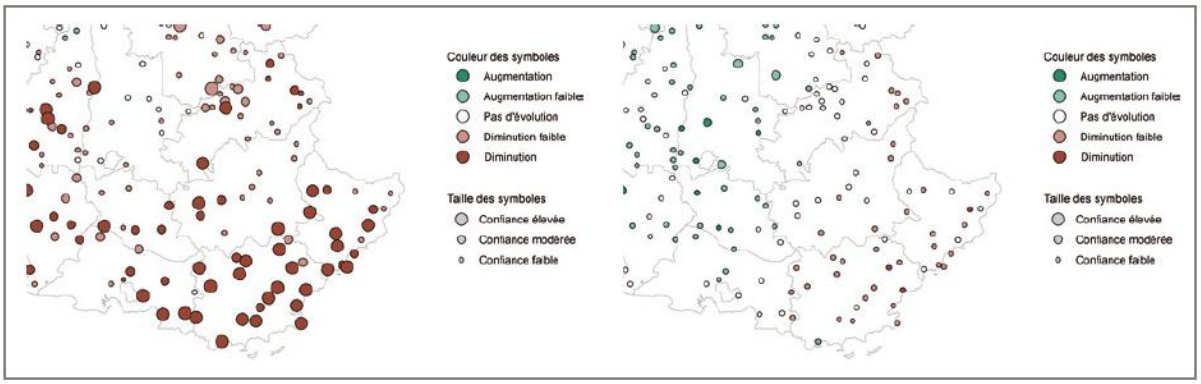


Figure 168 : Evolution relative des cumuls de précipitations en hiver (à gauche) et en automne (à droite) par point de mesure en PACA et départements limitrophes (Source : http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd)

En région PACA, l'analyse de la **fréquence des événements pluvieux intenses méditerranéens** (seuils journaliers de 150 ou 190 mm) depuis 1958 ne met pas en évidence de tendance d'évolution du nombre d'épisodes (cf. figure suivante). La principale caractéristique des événements extrêmes reste la forte variabilité interannuelle. Ainsi l'année 2014 détient le record maximal du nombre de jours de pluie intense devant 1976, tandis que 2012 fait partie des années les moins affectées. Ce diagnostic ne renseigne pas sur l'évolution éventuelle de l'intensité moyenne de ces événements, objet de nombreux travaux de recherche.

Les tendances sur le **vent** sont plus difficiles à apprécier, d'une part, parce que ce paramètre n'a pas été homogénéisé et ensuite du fait d'un changement global de la méthode de mesure du vent par Météo France dans les années 1990. Une analyse de la fréquence des vents forts est néanmoins possible. L'analyse du nombre moyen annuel de jours de Mistral (vent de secteur nord-ouest supérieur à 10 mètres/seconde) mesuré par quatre stations de la région ne montre pas d'évolution significative sur la période 1974-2014 (90 jours de vent fort en moyenne par an, plus ou moins 15%, depuis le déploiement des nouveaux capteurs).

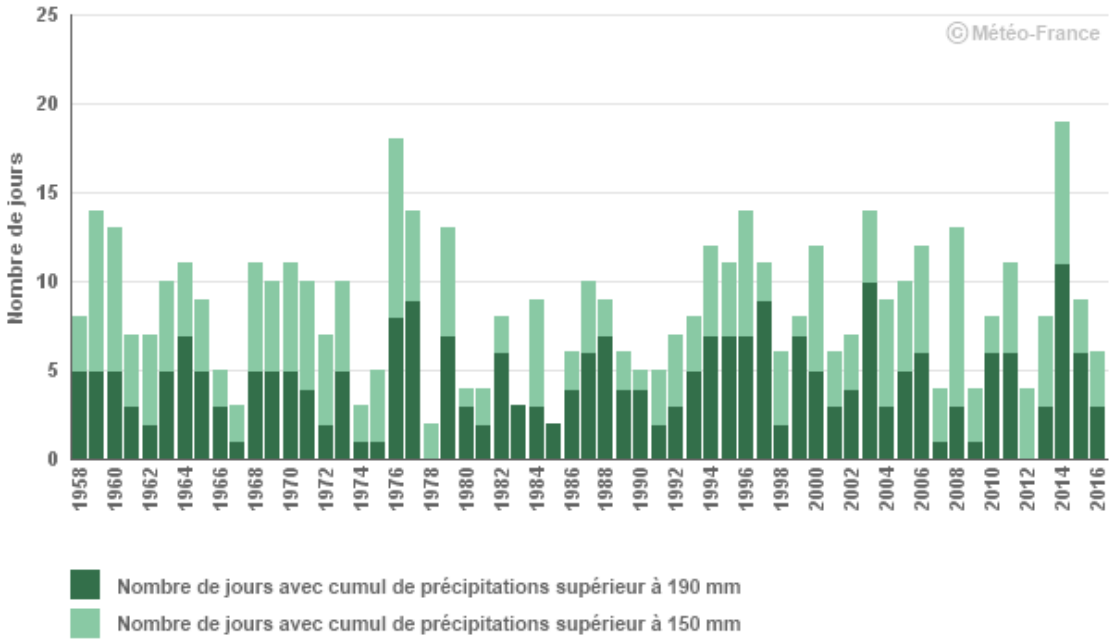
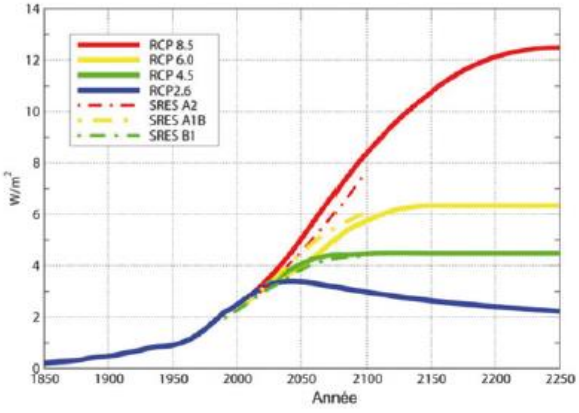


Figure 169 : Nombre d'événements pluvieux intenses méditerranéens depuis 1958 (Source : http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd)

Projections climatiques pour la région PACA

Les projections climatiques sont réalisées à l'aide de modèles climatiques régionaux, dans lesquels sont injectés différents scénarios de développement socio-économique (RCP, pour Representative Concentration Pathway) qui prennent en compte notamment les émissions de gaz à effet de serre. En théorie, plus les quantités de GES seront importantes, plus le changement climatique sera prononcé, avec un impact fort sur les températures, tandis que pour les précipitations, les projections sont plus incertaines même si des tendances se dessinent.

Quatre scénarios d'évolution du forçage radiatif[59] relatifs à la concentration des GES dans l'atmosphère existent actuellement : le premier implique une réduction d'émissions de GES par la communauté internationale (scénario optimiste, RCP2.6), le dernier correspond à l'évolution des émissions actuelles jusqu'à la fin du siècle si rien n'est fait pour les réduire (scénario pessimiste, RCP8.5), les deux autres sont des scénarios intermédiaires (RCP4.5 et RCP6.0). Les trajectoires divergent assez fortement à partir de 2050.



Evolution du forçage radiatif (en Watt/m²)

[59] Le forçage radiatif, qu'il ne faut pas confondre avec le bilan énergétique, mesure le déséquilibre radiatif moyen au sommet de l'atmosphère ou à la tropopause induit par un facteur (augmentation d'un gaz à effet de serre, par exemple) avant que le système climatique n'ait le temps de s'y ajuster.

A l'incertitude liée aux scénarios d'émissions de GES s'ajoute celle liée aux modèles climatiques. Pour la prendre en compte, la technique « multi-modèles » est utilisée : elle consiste à comparer les résultats de différents modèles pour mettre en évidence la dispersion des résultats, ce qui conduit à donner des fourchettes de valeurs considérées comme les plus probables. En région PACA, 9 modèles climatiques sont disponibles, avec une résolution spatiale horizontale d'environ 10 km. Les simulations permettent de dessiner des tendances climatiques, résumées ci-après.

Concernant les **températures de l'air**, les simulations climatiques mettent en évidence un **réchauffement marqué**. L'écart entre la température moyenne annuelle et la température moyenne annuelle de référence serait de l'ordre de +1,9°C à +5,5°C à la fin du siècle, selon les zones géographiques et les scénarios socioéconomiques (RCP). Les températures seront plus douces en hiver, ce qui entrainera une diminution du nombre de jours de gel et du manteau neigeux, surtout aux altitudes moyennes. Les étés, quant à eux, déjà très chauds dans notre région, seront encore plus torrides avec une élévation pouvant aller jusqu'à +7°C pour le scénario le plus pessimiste. Cette tendance sera plus marquée sur les températures maximales. La canicule de 2003 deviendrait un événement quasi normal, voire frais, dans la seconde moitié du 21e siècle.

Le signal concernant **l'évolution des précipitations** est moins net. Quel que soit le scénario considéré, les projections climatiques montrent peu d'évolution des précipitations annuelles d'ici la fin du 21e siècle, mais cette absence de changement en moyenne annuelle masque cependant des contrastes saisonniers. En effet, on constate une tendance à la baisse des pluies estivales plus marquée que sur les autres saisons pour le scénario pessimiste (RCP8.5), doublée d'un allongement du nombre de jours consécutifs sans précipitation. Conjugué à la hausse importante des températures de l'air, ce phénomène accentuera la sécheresse des sols en été et aura des conséquences notables à long terme sur la gestion de la ressource en eau et la sensibilité des forêts aux incendies, dans une région déjà très vulnérable sur ces aspects.

Impacts potentiels sur les ressources hydriques

L'intensité des impacts sur les ressources hydriques reste difficile à appréhender compte-tenu de l'incertitude importante des projections climatiques relatives aux précipitations.

Des résultats d'exercices prospectifs suggèrent, en ce qui concerne la Durance :

- une diminution des stocks de neige et une fonte avancée dans l'année qui induisent une réduction des débits au printemps ;
- une diminution de la ressource en eau en période estivale.

La réponse des aquifères au changement climatique reste encore largement méconnue, avec des dynamiques pouvant être contrastées selon les milieux (présentant plus ou moins d'inertie et de capacité de résilience après plusieurs années sèches) et les mécanismes de recharge (par exemple, si une augmentation des températures conduit à une augmentation de l'évapotranspiration et donc à une diminution des flux d'eau vers l'aquifère, la variabilité temporelle accrue des précipitations peut avoir un impact positif ou négatif sur la recharge en fonction de la capacité de l'aquifère à stocker cette eau).

5.1.5.2. Analyse de la vulnérabilité du projet au changement climatique

Au vu des projections climatiques pour la région PACA présentées précédemment, la vulnérabilité du projet de démantèlement de l'INB 56 au changement climatique peut s'évaluer au regard des impacts liés à l'évolution des températures et à celle des précipitations (même si pour ce point, et en particulier pour les événements pluvieux extrêmes, les tendances sont plus difficiles à définir).

Risques incendies : L'augmentation de la température estivale accentuera la sécheresse des sols, et par là les risques d'incendies de forêts. Le Centre de Cadarache est situé en zone forestière, mais dispose de moyens de lutte contre les incendies, et d'une politique de prévention du risque pour ses installations (entretien du couvert forestier, débroussaillage). L'INB 56, comme les autres installations du Centre, ne présente pas de vulnérabilité particulière.

Ressources en eau : les sécheresses estivales plus marquées pourraient faire diminuer les ressources hydriques, et contraindre les autorités administratives à des arbitrages pour l'utilisation de l'eau : alimentation en eau potable, irrigation, production d'énergie. Néanmoins, la consommation en eau pour le projet de démantèlement de l'INB 56 reste limitée.

Besoins en climatisation : l'augmentation des températures estivales pourrait rendre plus difficile le travail dans les installations (augmentation des besoins en climatisation, fonctionnement des machines, etc.). Ces besoins de l'INB 56 resteront cependant limités.

Evénements pluvieux extrêmes : même si cet aspect des effets du changement climatique est plus difficilement démontré, il est envisagé notamment du fait l'augmentation de l'évaporation de la mer Méditerranée. L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements pluvieux extrêmes, pourrait accentuer les risques d'inondation par les eaux de surface et par remontée de nappe phréatique. L'étude de maitrise des risques, qui constitue la pièce n°9 du dossier de démantèlement, a notamment envisagé ces scénarios, avec des temps de retour importants (100 ans dans le cas du risque inondation par remontée de nappe). L'installation présente une bonne robustesse par rapport à ces événements.

En conclusion, la vulnérabilité du projet au changement climatique est jugée faible.

5.2. Incidences sur la ressource en eau

Les impacts du projet de démantèlement de l'INB 56 sur la ressource en eau (à la fois eaux superficielles et souterraines) sont à considérer des points de vue quantitatif (consommations en eau), et qualitatif (impact des rejets).

5.2.1. Incidences sur l'aspect quantitatif de la ressource en eau

Les consommations en eau de l'INB 56 (tous secteurs confondus) sont relativement stables. Le tableau suivant montre leur évolution depuis 2013 :

2013	2014	2015	2016
322 m3	425 m3	556 m3	480 m3

Tableau 238 : Consommation annuelle en eau

A noter que les opérations de pompage des eaux de la nappe miocène par le SD42 ont été arrêtées (*cf.* lettre d'accord ASN de maintien à l'arrêt des activités de pompage CODEP-MRS-2014-050623 du 07/11/2014).

L'eau est majoritairement consommée pour les sanitaires puisqu'aucun procédé ne requiert d'eau en quantité significative lors du fonctionnement normal, sur la période considérée. A noter toutefois que la consommation d'eau devrait augmenter sensiblement lors de la phase de démantèlement, en raison d'une part de l'augmentation de l'effectif nécessaire et d'autre part de la mise en œuvre de procédés de cimentation pour le blocage des colis finaux (notamment Vrac-MI et tranchées).

L'estimation des consommations en eau par secteur et par an est la suivante :

Secteur	Consommation (m^3)
Secteur commun de la zone du parc	550
Hangars	4
Fosses anciennes	10
Fosses récentes	inclus dans le secteur commun
Piscines	inclus dans le secteur commun
Tranchées	0
Hangar TFA	0
TOTAL	**564**

Tableau 239 : Estimation de la consommation annuelle en eau par secteur

La consommation prévisionnelle en eau pour le démantèlement de l'INB 56, de l'ordre de 564 m^3/an, est à comparer à la consommation moyenne annuelle d'un foyer français de 2,5 personnes, évaluée selon l'INSEE à 120 m^3/an.

Cette consommation de 564 m^3/an représente 0,3% de la limite annuelle de prélèvements autorisée pour le fonctionnement des installations nucléaires de base civiles du Centre de Cadarache[60] (fixée à 170 000 m^3/an, conformément à la décision ASN n°2017-DC-0597), et environ 3% de la quantité d'eau réellement consommée par les INB (à titre indicatif : 19 678 m^3 pour l'année 2015, cette consommation réelle correspondant à seulement 11,6% de la limite annuelle de prélèvement autorisée pour le Centre de Cadarache).

[60] A l'exclusion des eaux de refroidissement du Réacteur Jules Horowitz (RJH).

La consommation en eau pour le démantèlement de l'INB 56 restera donc marginale par rapport aux limites de prélèvements autorisés du Centre de Cadarache. De plus, l'enjeu sur la ressource en eau est jugé faible en raison des particularités locales : la ressource est en effet abondante, que ce soit dans les nappes alluviales de la Durance et du Verdon, ou dans les canaux de la Société du Canal de Provence et d'EDF. De plus, la ressource en eau souterraine n'est pas un enjeu véritable ici : il n'y a en effet ni forages destinés à l'alimentation en eau potable (AEP), ni périmètres de protection de captages, ni captage d'eau industrielle à proximité du projet.

L'impact du démantèlement de l'INB 56 sur l'aspect quantitatif de la ressource en eau est qualifié de faible.

5.2.2. Incidences sur l'aspect qualitatif de la ressource en eau

5.2.2.1. Incidences sur les eaux souterraines

Les risques de pollution des eaux souterraines sont associés à d'éventuelles infiltrations de substances polluantes dans le sous-sol relâchées par les différents engins lors des opérations (terrassement, approvisionnement, transport, …).

L'entretien des engins de terrassement se fera sur une plateforme hors chantier de démantèlement. Il sera demandé à l'entreprise retenue de présenter un plan de gestion de ses déchets et un plan d'entretien de ses engins. De plus, l'ensemble des mesures pendant le chantier peut faire l'objet d'un PAE (Plan d'Assurance Environnement) à laquelle l'entreprise sera soumise.

De plus, les entreprises de transport de déchets sont expérimentées et suivent des protocoles permettant de limiter les risques de pollution accidentelle.

Par conséquent, le risque de transfert de pollution, tant physico-chimique que radiologique, vers les eaux souterraines est considéré comme faible.

5.2.2.2. Incidences sur les eaux de surface

Les risques de pollution sont associés à d'éventuels ruissellements de substances, qui seraient récupérés par le réseau des eaux pluviales de l'installation. Ce risque est néanmoins très limité, les travaux envisagés ne nécessitant pas l'utilisation de substances polluantes, ni de grandes quantités d'eau susceptibles de les entrainer jusqu'au Ravin de la Bête, réceptacle des eaux pluviales.

De plus, il n'y a pas de risque de pollution en provenance des aires d'entreposage de déchets dans la mesure où il n'y a pas de création de zone d'entreposage de déchets en extérieur.

Enfin, les calculs d'impact des rejets d'effluents liquides (après traitement) en Durance présentés précédemment ont montré que les concentrations en éléments chimiques et que les activités ajoutées resteront indécelables.

Par conséquent, l'impact, tant physico-chimique que radiologique, sur les eaux de surface, est considéré comme faible.

5.2.3. Etude de compatibilité du projet avec le SDAGE Rhône-Méditerranée

Le SDAGE Rhône-Méditerranée en vigueur concerne la période 2022 à 2027. Les grandes lignes du SDAGE ont été présentées en partie 1, chapitres 7 et 8.

5.2.3.1. Compatibilité avec les orientations fondamentales pour une gestion équilibrée de la ressource en eau

Le tableau suivant étudie la compatibilité du projet de démantèlement de l'INB 56 avec les orientations fondamentales du SDAGE pour une gestion équilibrée de la ressource en eau qui sont susceptibles de le concerner.

Orientations fondamentales du SDAGE	Réponse du projet de démantèlement de l'INB 56
OF0 : adaptation aux effets du changement climatique	× Consommation en eau limitée (de l'ordre de 564 m^3/an pour le démantèlement)
OF1 : prévention : privilégier la prévention et les interventions à la source pour plus d'efficacité	× Personnel formé aux moyens de protection et de prévention (par exemple : exercices de crise réguliers impliquant des impacts environnementaux, utilisation de kits anti-pollution) × Traitement des effluents liquides avant rejet × Rejet des effluents liquides de Cadarache, après traitement, à partir de bassins 3 000 m^3 dans lesquels des contrôles sont effectués × Dispositif de surveillance
OF2 : non dégradation : concrétiser la mise en œuvre du principe de non dégradation des milieux aquatiques	× Calcul d'impact effectué avec des hypothèses de rejet d'effluents liquides conservatrices qui conclut à l'aspect non significatif de l'impact × Programme de surveillance qui inclut celle des milieux aquatiques de la Durance
OF3 : vision sociale et économique : intégrer les dimensions sociale et économique dans la mise en œuvre des objectifs environnementaux	× Sans objet dans le cadre du projet
OF4 : gestion locale et aménagement du territoire : organiser la synergie des acteurs pour la mise en œuvre de véritables projets territoriaux de développement durable	× Sans objet dans le cadre du projet
OF5 : pollutions : lutter contre les pollutions, en mettant la priorité sur les pollutions toxiques et la protection de la santé	× Contrôle des rejets, surveillance de l'environnement × L'INB 56 n'a pas de connexion directe avec la Durance (traitement des effluents liquides centralisé au niveau de la STEP) × Programme de surveillance des eaux souterraines et superficielles permettant de détecter d'éventuelles pollutions
OF6 : milieux fonctionnels : préserver et développer les fonctionnalités naturelles des bassins et des milieux aquatiques	× L'INB 56 est implanté hors zone humide × Calculs d'impact montrant que les rejets liquides maximaux générés par le démantèlement de l'INB 56 n'ont pas d'impact significatif sur le milieu × Programme de surveillance du milieu aquatique
OF7 : partage de la ressource : atteindre et pérenniser l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource en eau et en anticipant l'avenir	× Consommation en eau limitée (de l'ordre de 564 m^3/an pour le démantèlement)
OF8 : gestion des inondations : gérer les risques d'inondation en tenant compte du fonctionnement naturel des cours d'eau	× L'INB 56 est en dehors des zones inondables

Tableau 240 : Etude de compatibilité du projet de démantèlement avec les orientations fondamentales du SDAGE

Le projet de démantèlement de l'INB 56 est compatible avec les orientations fondamentales du SDAGE Rhône Méditerranée en vigueur.

5.2.3.2. Compatibilité avec les objectifs d'état des masses d'eau du SDAGE

Eaux souterraines

Le secteur de l'INB 56 est situé au niveau de la masse d'eau souterraine FRDG179 « Unités calcaires Nord-Ouest varois (Mont Major, Cadarache, Vautubière) », dont l'échéance pour l'atteinte des objectifs de bon état quantitatif et de bon état chimique a été fixée à 2015. Le projet de démantèlement de l'INB 56 ne portera pas atteinte à l'état de la masse d'eau souterraine FRDG179.

Eaux de surface

Le site de Cadarache est aux confins de trois sous-bassins et trois masses d'eau de surface différentes. Le tableau ci-après présente les objectifs d'état et les échéances associées pour chacune de ces masses d'eau.

Objectifs d'état des masses d'eau du SDAGE Rhône-Méditerranée 2022-2027				
Code sous-bassin		DU13-13	DU13-04	DU13-15
Nom sous-bassin		Moyenne Durance Aval	Basse Durance	Verdon
Code masse d'eau		FRDR267	FRDR2032	FRDR250a
Nom masse d'eau		La Durance de l'Asse au Verdon	La Durance du canal EDF au vallon de la Campane	Le Verdon du retour du tronçon court-circuité à la confluence avec la Durance
Catégorie de masse d'eau		Cours d'eau	Cours d'eau	Cours d'eau
Objectif d'état écologique	Objectif d'état	Moyen – OMS (FT)	Moyen - OMS (FT, CD)	Moyen - OMS (FT, CD)
	Statut	MEFM	MEFM	MEFM
	Echéance	2027	2027	2027
Objectif d'état chimique	Objectif d'état	Bon état	Bon état	Bon état
	Echéance sans ubiquiste	2015	2015	2015
	Echéance avec ubiquiste	2033	2015	2015

MEFM : masse d'eau fortement modifiée – OMS : Objectif Moins Strict (Arguments : CD : Coûts Disproportionnés - FT : Faisabilité Technique)

Figure 170 : Objectifs d'état des masses d'eau du SDAGE (Source : SDAGE Rhône-Méditerranée 2022-2027)

Les calculs d'impact des rejets d'effluents liquides chimiques présentés précédemment ont montré que les concentrations ajoutées dans l'eau de la Durance seraient très faibles. Les rejets d'effluents liquides qui seront réalisés dans le cadre du projet de démantèlement de l'INB 56 ne sont donc pas de nature à influencer l'état chimique de la masse d'eau FRDR2032 (La Durance en aval de Cadarache). De même, les rejets d'effluents liquides chimiques n'entraineront pas de modification de l'état écologique de la Durance, ni de dépassement de l'objectif de qualité écologique qui lui est fixé.

5.2.3.3. Conclusion

Le projet de démantèlement de l'INB 56 est compatible avec les objectifs du SDAGE du bassin Rhône-Méditerranée en vigueur.

6. Incidences sur l'environnement humain

6.1. Incidences sur l'occupation des sols et l'urbanisme

L'INB 56 est implantée au sud-ouest (zone du Parc) et à l'ouest (zone des Tranchées) du Centre de Cadarache, depuis le début des années 60. Le périmètre de l'INB couvre une surface d'environ 13,5 hectares, dont une grande partie est bâtie. Lors du démantèlement, les travaux auront lieu pour la plupart dans le périmètre actuel de l'installation (zone du Parc et des Tranchées). L'extension des périmètres restera limitée en termes de surface, la stratégie du démantèlement étant de réutiliser au maximum l'emplacement des bâtiments déconstruits.

L'enjeu sur l'occupation des sols et l'urbanisme a été coté faible, l'impact peut être considéré comme faible.

Aucune mesure de limitation de l'impact n'est prévue.

6.2. Incidences sur l'agriculture

L'impact sur l'agriculture est formé de deux composantes : l'impact sur la qualité des productions agricoles et l'impact sur la quantité.

L'impact sur la qualité des productions est faible, il est traité dans le paragraphe de l'impact des rejets. Les rejets de l'INB 56 ont une influence indétectable sur l'environnement en général, et sur les productions agricoles en particulier.

Pour ce qui concerne l'impact sur la quantité, il peut être considéré comme négligeable (pas d'aliénation de terres ou sur tout autre phénomène susceptible d'altérer la production agricole, poussières par exemple).

Aucune mesure de limitation de l'impact n'est prévue.

6.3. Incidences sur l'activité industrielle

Des sociétés locales peuvent être engagées pour certaines opérations de fonctionnement et de démantèlement de l'INB 56. S'il y a un impact sur l'activité industrielle, il peut être jugé comme positif.

6.4. Incidences sur les paysages, le tourisme, les loisirs, les biens, le patrimoine culturel et l'archéologie

L'INB 56 se trouve à l'intérieur du site de Cadarache, et n'est que très peu visible depuis la clôture. Aucune perturbation visuelle ne sera donc ressentie à l'extérieur du site. De plus, l'installation est éloignée de plusieurs kilomètres des habitations et des éléments de patrimoine.

On peut donc qualifier de négligeables les effets occasionnés par le projet de démantèlement sur les paysages, les biens et le patrimoine culturel. L'impact résultant est jugé négligeable.

Le démantèlement engendrera une augmentation du trafic routier (personnel supplémentaire, camions d'approvisionnement et de transport de déchets), mais celle-ci restera marginale et ne modifiera pas significativement la situation actuelle.

On peut donc qualifier de faibles les effets occasionnés par le projet de démantèlement sur le tourisme et les loisirs. Comme l'enjeu est moyen, l'impact résultant est donc faible.

Enfin, pour ce qui concerne l'archéologie, une attention particulière serait portée aux déblais générés lors des opérations de terrassement, afin de détecter, le cas échéant, d'éventuels vestiges. Dans ce cas, les travaux seraient immédiatement stoppés et la DRAC PACA contactée.

L'effet est donc considéré comme négligeable et l'impact résiduel également.

Aucune mesure de limitation de l'impact n'est envisagée.

6.5. Incidences sur la commodité du voisinage

6.5.1. Bruit

L'utilisation d'engins lors des travaux extérieurs sera source d'émission sonore. Les véhicules et engins utilisés seront conformes aux dispositions en vigueur les concernant en matière de limitation de leurs émissions sonores et ne devront pas générer du bruit de puissance supérieure à 70 dB.

Cependant, afin de tenir compte des travaux réalisés par ces engins et du nombre de ces derniers, il pourra être considéré que la puissance sonore maximum ponctuelle au niveau du chantier pourra être de 80 dB (A) (pour rappel, le bruit résultant de deux engins à 70 dB est de 73 dB). Les zones de l'INB 56 sont éloignées de plus de 30 mètres de la clôture, distance pour laquelle l'atténuation pour une source ponctuelle de bruit est de 10 dB.

Ces éléments permettront d'être conforme à l'arrêté du 23 janvier 1997 modifié relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement qui fixe les dispositions relatives aux émissions sonores des ICPE soumises à autorisation, cela donne une indication des limites en terme d'impact sonore à respecter). Cet arrêté prévoit les niveaux de bruits à ne pas dépasser en limite de propriété (ne pouvant excéder 70 dBA pour une période diurne et 60 dBA pour une période nocturne) et les niveaux d'émergence à ne pas dépasser chez les riverains.

Niveau de bruit ambiant existant dans les zones à émergence réglementée incluant le bruit de l'établissement	Emergence admissible pour la période allant de 7 heures à 22 heures sauf dimanches et jours fériés	Emergence admissible pour la période allant de 22 heures à 7 heures ainsi que les dimanches et jours fériés
Supérieur à 35 dB (A) et inférieur ou égal à 45 dB (A)	6 dB (A)	4 dB (A)
Supérieur à 45 dB (A)	5 dB (A)	3 dB (A)

Tableau 241 : Niveau d'émergence admissible

La perturbation principale sera occasionnée par les camions de transport, et restera limitée (quelques rotations par an). A cela s'ajouteront, pendant une courte durée, les engins de chantier pour les opérations de terrassement. Ensuite les sources importantes de bruit seront ponctuelles (principalement les essais du groupe électrogène de secours), comme actuellement.

La perturbation sonore est jugée faible. L'enjeu a été coté faible, en raison de l'absence d'habitation à proximité. L'impact résiduel est donc coté faible.

Aucune mesure de limitation de l'impact n'est envisagée.

6.5.2. Emissions lumineuses

Les éclairages extérieurs sont adaptés aux opérations, pour les stricts besoins de sécurité de l'installation.

Par ailleurs, la perturbation sera faible, difficilement dissociable de celle du Centre de Cadarache, elle-même assez limitée. L'enjeu a été coté faible, que ce soit pour la gêne des riverains, ou pour le dérangement des animaux nocturnes. L'impact résiduel est donc jugé faible.

Aucune mesure de limitation de l'impact n'est envisagée.

6.5.3. Odeurs

Le chantier peut entraîner des odeurs dues aux gaz d'échappement des moteurs thermiques. Ces odeurs sont peu intenses et très localisées ; elles n'affecteront pas les riverains. De faibles quantités de produits chimiques pourront être utilisés pour l'assainissement, mais à l'intérieur des bâtiments.

L'effet est jugé faible, associé à un enjeu faible, on obtient un impact faible.

6.5.4. Vibrations

Le chantier de démantèlement de l'INB 56 n'entrainera pas d'opérations susceptibles de produire des vibrations à même d'être ressenties à l'extérieur du Centre de Cadarache. Des vibrations faibles seront provoquées lors des opérations d'écroutage ou de démolition partielle, ces vibrations ne sont ressenties que jusqu'à quelques mètres de leur source.

L'effet est donc considéré comme faible, l'enjeu ayant été coté faible du fait de l'éloignement des premières habitations, l'impact est jugé faible.

Aucune mesure de limitation de l'impact n'est envisagée.

6.5.5. Poussières

Des émissions de poussières dans l'environnement sont susceptibles de se produire uniquement pendant les rotations des camions, et lors des travaux de terrassement. Ces émissions de poussières resteront modérées, et ponctuelles.

L'effet est jugé faible. L'enjeu a été coté faible, que ce soit pour la gêne des riverains, les habitats naturels et le dérangement des animaux. L'impact est donc jugé faible.

6.6. Incidences des déchets

6.6.1. Introduction

Est un déchet tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon (Article L. 541-1 du code de l'environnement).

Dans la suite, nous ne traiterons que des déchets solides, les effluents liquides (qui peuvent soit donner lieu à un transfert/rejet, soit devenir un déchet liquide) ayant été traités aux chapitres 2.3 et 2.4.

6.6.2. Caractérisation et gestion des déchets radioactifs produits

6.6.2.1. Principe du zonage déchets

Le zonage déchets consiste à découper les installations d'un site nucléaire (bâtiments ou locaux de l'installation nucléaire, mais aussi aires extérieures et voiries) en deux types de zones :

- Zone à déchets conventionnels (ZDC) :
    - Zone Sans Radioactivité Ajoutée (ZSRA) : c'est une zone à l'intérieur de laquelle les déchets produits ne sont ni contaminés, ni activés dans les conditions normales d'exploitation, soit parce qu'il n'y a jamais eu de production, traitement, manipulation, emploi, détention, entreposage, manutention de substances radioactives ou d'utilisation d'appareils émetteurs de particules pouvant générer une activation, soit parce que l'assainissement du volume intérieur de la zone et l'assainissement de ses parois a éliminé toute contamination ou l'essentiel de l'activation qui pouvait y avoir été contenue.
    - Zone Non Contaminante (ZNC) : c'est une zone à l'intérieur de laquelle les déchets produits ne sont ni contaminés, ni activés dans les conditions normales d'exploitation car les substances radioactives contenues ne sont pas susceptibles de contaminer des déchets qui en sont issus et où il n'existe pas d'émission de particules pouvant générer une activation des déchets qui en sont issus : ceci, même si, dans cette zone, existent ou ont existé production, traitement, manipulation, emploi, détention, entreposage, manutention de substances radioactives.
- Zone à production possible de déchets nucléaires (ZppDN) :
    - Zone Contaminante (ZC) : c'est une zone à l'intérieur de laquelle il existe des substances radioactives susceptibles de contaminer des déchets sortants ou dans laquelle il y a, et il y a eu, émission de particules pouvant générer une activation des déchets sortants.

Une zone peut être tout local, partie de local ou partie d'installation pour lequel des frontières ou barrières physiques existent et peuvent être considérées comme empêchant tout transfert de contamination entre l'extérieur et l'intérieur de la zone ainsi définie. Les interruptions éventuelles de ces barrières physiques doivent être pourvues de moyens adaptés permettant de prévenir la dissémination de contamination depuis les zones à déchets radioactifs vers les zones à déchets conventionnels.

6.6.2.2. Classification des déchets radioactifs

Les déchets radioactifs proviennent des ZC (zones contaminantes, au titre du zonage déchets).

Les différents types de déchets radioactifs qui concernent le démantèlement de l'INB 56 sont :

- les déchets TFA : déchets de Très Faible Activité ;
- les déchets FMA (ou FMA-VC) : déchets de Faible et Moyenne Activité à Vie Courte ;
- les déchets MA-VL : déchets de Moyenne Activité à Vie Longue, caractérisés par une période radioactive supérieure à 31 ans ;
- les déchets FA-VL : déchets de Faible Activité à Vie Longue, caractérisés par une période radioactive supérieure à 31 ans ;

- les déchets particuliers.

6.6.2.3. Conditionnement et filières d'évacuation

Les déchets **TFA** sont évacués vers le Centre Industriel de Regroupement, d'Entreposage et de Stockage (CIRES) de l'ANDRA.

Les déchets TFA sont triés au préalable et leurs caractéristiques sont conformes aux spécifications de l'ANDRA en vigueur. Ils sont classés selon les catégories suivantes :

- déchets inertes ;
- déchets métalliques ;
- déchets non métalliques.

Les déchets sont conditionnés :

- en sacs « big bags » de 1 m³ pour les terres, gravats, bétons et objets métalliques de petites dimensions ;
- en palettes pour les briques de plomb ;
- en conteneurs ISO 20 pieds demi hauteur de type « open tops » pour les bétons et métaux de grand volume ;
- exceptionnellement en fûts (de 100 ou 200 litres) pour les autres déchets qui seront produits en faibles quantités

Les déchets **FMA-VC** sont évacués vers le Centre de Stockage de l'Aube (CSA) de l'ANDRA.

Les filières de traitement et d'élimination des déchets solides radioactifs du Centre de Cadarache figurent sur le schéma suivant :

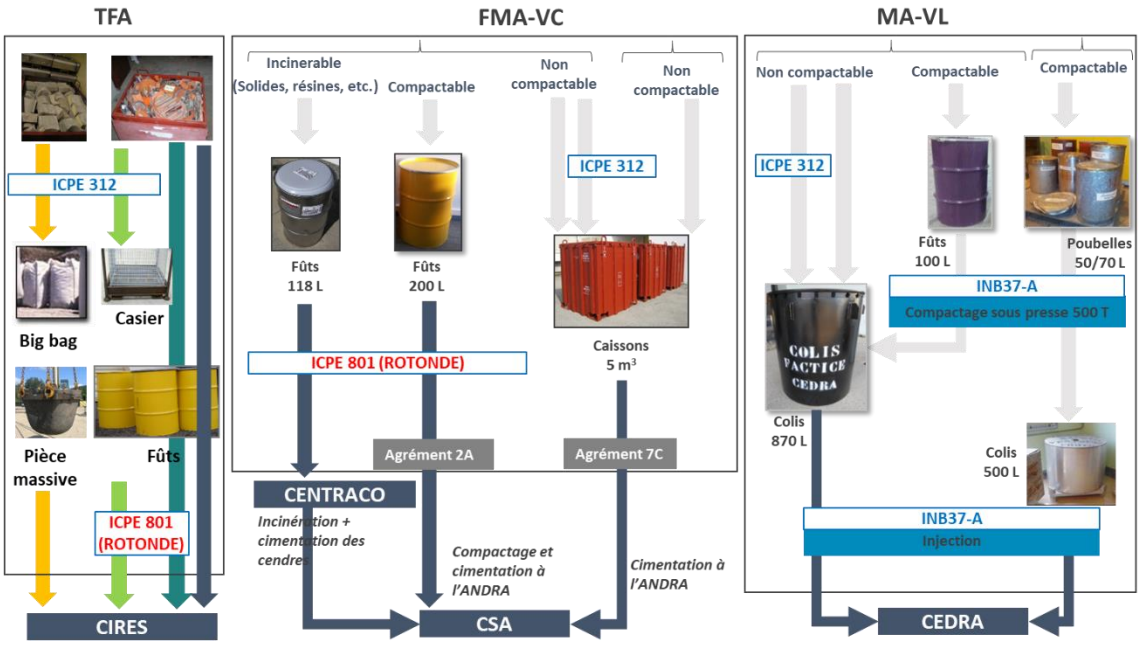


Figure 171 : Filières de traitement des déchets solides radioactifs à Cadarache

À noter que, en attente de l'ouverture par l'ANDRA de centres de stockage adaptés (Cigéo pour les MA-VL), les déchets relevant de la filières MA-VL seront entreposés dans l'installation CEDRA, située sur le centre de Cadarache.

A noter enfin que la nature des déchets générés dépend des différentes phases de démantèlement :

- phase de RCD : déchets MA-VL, FA-VL, FMA-VC et TFA,
- phase d'assainissement et démantèlement : déchets FMA-VC et TFA.

Les colis évacués de l'INB 56 seront envoyés vers le CIRES, le CSA ou CEDRA suivant leurs caractéristiques.

CEDRA : L'installation CEDRA, Conditionnement et Entreposage de Déchets Radioactifs, est une installation d'entreposage des déchets radioactifs de faible et moyenne activité à vie longue (FMA-VL) située dans le centre de Cadarache.

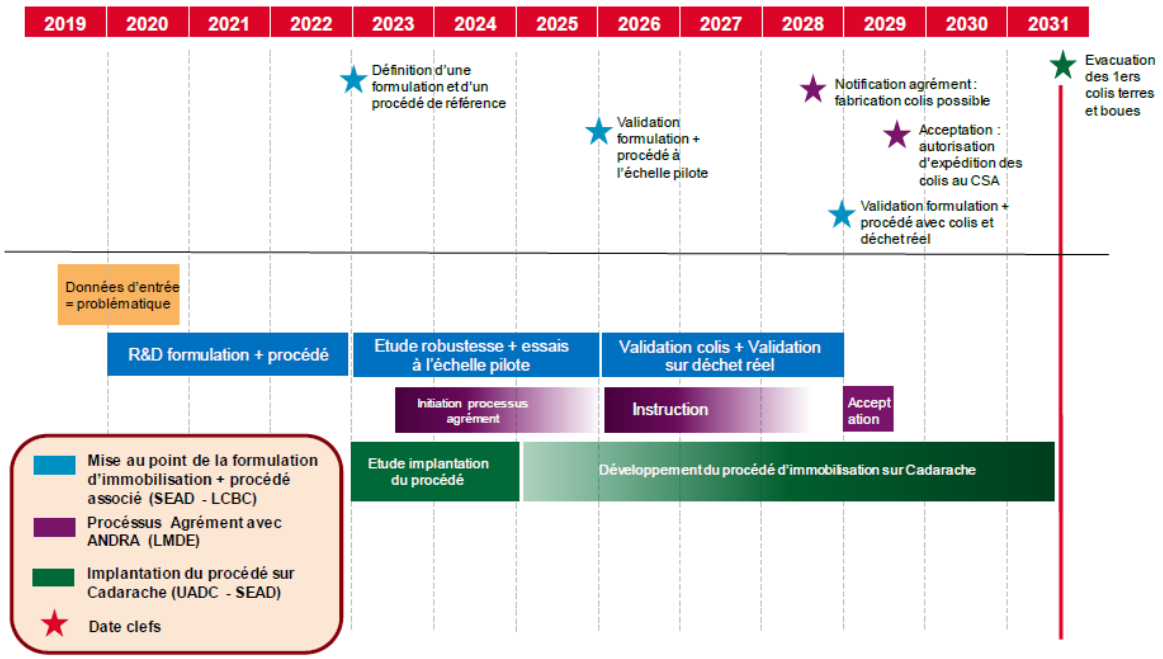
Concernant les fosses récentes, les déchets entreposés y sont conditionnés en colis 500 litres MI en inox (fosse 6) et acier noir (fosses 5 et 6). Ces colis sont en cours de reprise dans le cadre de l'opération RFR. Ces colis sont repris, mis en sur-conteneurs, puis évacués vers l'installation CEDRA suivant des modes de conditionnement faisant l'objet d'autorisations existantes.

Concernant les fosses anciennes, les déchets vracs seront repris en priorité puis les déchets conditionnés afin de traiter en premier les déchets conduisant à une réduction importante du terme source mobilisable. L'ensemble de ces déchets sera traité dans l'unité de traitement (UTR) faisant partie intégrante du projet Vrac MI. Ces déchets seront caractérisés, triés et conditionnés dans cette unité de traitement. A la sortie, en fonction de leur activité, il est prévu que ces déchets soient conditionnés :

- Pour les déchets relevant de la classification MA-VL : en colis 500 litres MI vrac, ou en colis 870 litres FI vrac en fonction de leur débit de dose. Ces deux types de colis feront l'objet d'une demande d'accord de conditionnement auprès de l'ASN, puis évacués vers l'installation CEDRA.
- Pour les déchets relevant de la classification FMA-VC : en colis 5 m3, qui seront évacués via l'agrément 7C en vigueur sur le site du CEA Cadarache.

Concernant les Terres Bayard, la solution de référence actuelle est l'évacuation des conteneurs de terres Bayard (actuellement entreposés sous H2 et H3), qui permettra à court terme le désentreposage des colis de H1 vers les hangars H2 et H3 : colis de sulfate de Plomb radifère, blocs sources et coques béton spécifiques. Le CEA étudie la possibilité d'entreposer ces colis dans des installations nucléaires existantes du centre de Cadarache (en l'occurrence l'installation MMB pour les déchets radifères).

Concernant les terres contaminées relevant de la catégorie des déchets FMA-VC, la RCD de l'INB 56, puis le démantèlement des tranchées, vont générer plusieurs centaines de m^3 de ces terres (cf. Tableau 243). Le CEA a donc enclenché des études afin de développer un procédé de cimentation de ces terres.



Le planning de développement est compatible avec le démarrage prévu en 2028 de la RCD des tranchées T1, T3, T4, T5, pour lequel la disponibilité de ce procédé est une condition incontournable. A ce stade, des études de formulation et de définition du procédé sont en cours, avec comme objectif de réaliser une étude d'implantation au niveau définition à fin 2022.

6.6.2.4. Autres déchets

Déchets particuliers

Les déchets « particuliers » sont des déchets nucléaires générés lors du démantèlement de l'installation et qui présentent une spécificité dans leur gestion. Il s'agit constituant des déchets FA-VL :

- des déchets contaminés en tritium ;
- le plomb ;
- des résines échangeuses d'ions.

Les déchets contaminés en tritium et déchets plombés seront évacués au CIRES sous réserve que leurs propriétés radiologiques répondent aux exigences d'acceptation du site.

Les résines échangeuses d'ions seront évacuées vers CENTRACO, via l'ICPE 312 du CEA Cadarache, sous réserve que leurs propriétés radiologiques répondent aux exigences d'acceptation du site.

Déchets Sans Filière Immédiate (DSFI)

Les déchets sans filière immédiate produits lors du démantèlement correspondent aux :

- certains déchets historiques entreposés ;
- Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques (DEEE) ;
- détecteurs incendie ;
- néons non protégés.

Le Centre de Cadarache ne disposant pas à ce jour de filière d'évacuation de ces déchets, ils seront conditionnés (conteneurs, fûts 200 L…) et dans un premier temps entreposés sur l'INB, puis si besoin évacués vers une autre installation, jusqu'à l'ouverture d'une filière ad'hoc.

Concernant les déchets identifiés DSFI, il n'existe pas à ce jour d'inventaire exhaustif. Notamment, les déchets historiques entreposés en fosses anciennes et qui pourraient relever de la catégorie DSFI ne seront identifiés qu'au moment de leur reprise.

6.6.2.5. Gestion des déchets radioactifs solides

La gestion des déchets sur l'INB 56 est organisée autour de plusieurs personnes, responsables et garantes de l'évacuation des déchets dans le respect des dispositions techniques de l'INB et de la réglementation en matière de gestion des déchets (chef d'installation, correspondant déchets, chargé de travaux).

Contrôles radiologiques

Les déchets solides conventionnels et radioactifs issus de l'INB 56 et destinés à être évacués de l'installation subissent aux moins deux contrôles radiologiques successifs effectués au niveau de l'installation :

- le contrôle de premier niveau, est effectué le plus en amont possible dans l'installation par les opérateurs de chantier. Ces contrôles concernent le tri, l'identification et le marquage selon les différentes catégories de déchets (conventionnels, TFA, FMA, MA) ;
- le contrôle de deuxième niveau est réalisé sous la responsabilité de l'exploitant pour vérifier, avant sortie de l'INB, que les opérations de regroupement de déchets par nature et par catégorie a été effectuée convenablement.

Traçabilité, évacuation et bilans périodiques

Les déchets radioactifs sont suivis à l'aide d'un outil informatique dédié. La traçabilité des déchets est assurée du lieu de production jusqu'à leur élimination, au travers d'un dossier qui précise leur nature, leur origine, leur masse, leur mode de conditionnement ainsi que leurs dates de mouvements.

L'évacuation des déchets est réalisée conformément aux règles en vigueur au CEA de Cadarache, dans le respect de la réglementation relative au transport de matières dangereuses.

De plus, les expéditions de déchets s'effectuent dans des conditionnements répondant à la réglementation applicable aux transports de matières dangereuses par route.

Des bilans périodiques pour les déchets conventionnels et radioactifs sont établis par le correspondant déchets et ces informations sont synthétisées dans les bilans annuels de sûreté de l'INB.

6.6.3. Caractérisation et gestion des déchets solides conventionnels produits

Les déchets solides conventionnels sont des déchets issus des zones à déchets conventionnels (ZDC) constituées des ZSRA (zones sans radioactivité ajoutée) et des ZNC (zones non contaminantes).

La gestion des déchets conventionnels suit les principes définis dans le Code de l'environnement. Le principe de base de gestion des déchets conventionnels est le traitement et la revalorisation ou l'élimination dans les filières conventionnelles existantes. On peut citer notamment la réutilisation, comme remblais, des bétons et gravats issus de la déconstruction des bâtiments conventionnels ou déclassés, après concassage approprié, afin de combler les cavités et les corps creux des ouvrages restant dans le sous-sol conformément à l'état final visé.

Ainsi, les déchets conventionnels produits sont éliminés par les filières agréées adaptées à leur nature physico-chimique :

- les déchets dangereux sont éliminés dans les centres de stockage de classe 1 ;
- les déchets non dangereux sont valorisés ou éliminés dans des centres de stockage de classe 2 ;
- les déchets inertes sont valorisés ou éliminés dans les centres de stockage de classe 3. Les gravats provenant de la déconstruction des bâtiments conventionnels peuvent être valorisés en remblais.

6.6.4. Estimation des quantités de déchets solides issus du démantèlement

Un inventaire des déchets, réalisé dans le cadre des études de scénario de démantèlement (Pièce n° 3 du dossier de démantèlement), a permis de définir le volume et la masse approximative des déchets qui seront générés lors du démantèlement pour chaque catégorie de déchets et d'identifier la filière associée.

Ces estimations tiennent compte :

- des caractéristiques des déchets solides produits ;
- des filières de gestion des déchets ;
- des colis de collecte et des emballages de transport retenus ;
- des colis de conditionnement et de l'agrément du colis final ;
- des déchets produits lors des OPDEM, dans la mesure où elles sont intégrées au scénario de DEM.

6.6.4.1. Déchets conventionnels

Les déchets conventionnels sont des déchets issus des zones ZSRA et ZNC des différents bâtiments. Ils sont estimés à environ 7 600 tonnes, le détail par secteur est donné dans le tableau ci-dessous :

Opération	Masse/Volumes de déchet par secteur (tonnes / m^3)						
	Commun	Hangars	Fosses anciennes	Fosses récentes	Piscines	Tranchées	Hangar TFA
OPDEM et RCD	0	0	1 750 / 1500	0	0	0	30 / 30
Assainissement et démantèlement	190 / 250	550 / 480	4 500 / 5 700		130 / 150	6 / 55	460 / 400
TOTAUX	190 / 250	550 / 480	6 250 / 7 200		130 / 150	6 / 55	490 / 430
	7 600 / 8 570						

Tableau 242 : estimation des masses et volumes de déchet conventionnels solides par secteur

6.6.4.2. Déchets radioactifs

Les déchets nucléaires sont des déchets issus des zones à déchets ZC des différents bâtiments et aires de l'installation. Les quantités de déchets produits figurant dans ce paragraphe ne sont que des ordres de grandeur. Comme pour les déchets solides conventionnels, à ce stade du démantèlement, les valeurs mentionnées ci-après n'incluent pas les déchets liés au démantèlement des nouvelles installations conçues pour les opérations de RCD, exceptés ceux de l'installation Vrac-MI.

Le tableau ci-dessous présente les quantités de déchets par secteur et opérations, et par nature de déchets :

Opération	Volumes de déchets TFA par secteur (m^3) : Terres / Gravats / Autres (dont colis déchets historiques)																				
	Commun			Hangars			Fosses anciennes			Fosses récentes			Piscines			Tranchées			Hangar TFA		
OPDEM	0	0	0	0	0	0	2 000	400	20	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0
RCD	0	0	0	0	0	0	7 000	0	720	0	0	0	0	0	0	3 000	0	0	0	0	0
Assainissement et démantèlement	10	10	40	1 600	250	250	1 060	2 730	1 290	500	1 200	0	800	550	150	4 600	0	300	0	0	0
TOTAUX par zone	60			2 100			15 220			1 700			1 550			7 900			0		
TOTAUX TFA	28 530																				

Opération	Volumes de déchets FMA-VC par secteur (m^3) : Terres / Gravats / Autres (dont colis déchets historiques)																				
	Commun			Hangars			Fosses anciennes			Fosses récentes			Piscines			Tranchées			Hangar TFA		
OPDEM	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	275	0	0	0	0	0	0
RCD	0	0	0	0	0	70	0	0	780	0	0	200	0	20	0	750	0	4 990	0	0	0
Assainissement et démantèlement	0	0	10	0	0	0	250	600	250	150	300	65	0	150	20	510	0	20	0	0	0
TOTAUX par zone	10			70			1 890			715			465			6 270			0		
TOTAUX FMA-VC	9 420																				

Opération	Volumes de déchets MA-VL par secteur (m^3) : Terres / Gravats / Autres (dont colis déchets historiques)																				
	Commun			Hangars			Fosses anciennes			Fosses récentes			Piscines			Tranchées			Hangar TFA		
OPDEM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RCD	0	0	0	0	0	13 100	0	0	770	0	0	190	0	0	0	0	0	2 730	0	0	0
Assainissement et démantèlement	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAUX par zone	0			13 100			770			190			0			2 730			0		
TOTAUX MA-VL	16 790																				

Tableau 243 : Estimation des volumes de déchets nucléaires solides produits par secteur, opérations et nature de déchets

Filière déchets	Opérations associées	Volume totaux de déchets (m^3)		Exutoires
TFA	OPDEM	2 500	28 600	CIRES
	RCD	10 700		
	Assainissement et démantèlement	15 400		
FMA-VC	OPDEM	300	9 400	CSA
	RCD	6 800		
	Assainissement et démantèlement	2 300		
MA-VL	OPDEM	0	16 800	CIGEO[61]
	RCD	16 800		
	Assainissement et démantèlement	0		

Tableau 244 : Volumes totaux des déchets et exutoires

[61] Les déchets MA-VL sont entreposés sur l'installation CEDRA avant l'ouverture de CIGEO

Les capacités d'accueil des exutoires Andra sont prévues dans le cadre du PNGMDR. Ce plan triennal vise à dresser un bilan régulier de la politique de gestion des substances radioactives sur le territoire national, à évaluer les besoins nouveaux et à déterminer les objectifs à atteindre à l'avenir, notamment en termes d'études et de recherches.

Ce plan est élaboré sur la base des travaux et échanges réalisés au sein d'un groupe de travail pluraliste comprenant notamment des associations de protection de l'environnement et des autorités d'évaluation et de contrôle, aux côtés des producteurs et des gestionnaires de déchets radioactifs, dont le CEA fait partie.

Par ailleurs, la cohérence entre les volumes de déchets produits et la capacité d'accueil future des différents exutoires est assurée via les prévisions faites dans l'outil CEA dénommé INFLUVAL.

6.6.4.3. Déchets dangereux

Concernant les déchets dangereux, ceux identifiés à ce jour (au niveau des hangars d'entreposage) sont les suivants :

- Déchets conventionnels : amiante des toitures des hangars, environ 60 m3 ;
- Déchets TFA : mobiliers amianté, environ 6 m3.

Cette liste de déchets amiantés pourra évoluer lors des opérations d'assainissement et de démantèlement des installations historiques, suite à un Repérage Avant Travaux (RAT) relatif à la présence d'amiante et de plomb réalisé par une entreprise agréée.

6.6.5. Etude de compatibilité avec les plans de gestion des déchets

6.6.5.1. Déchets radioactifs : compatibilité avec le Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs (PNGMDR)

Objectifs du PNGMDR

Les matières et les déchets radioactifs doivent être gérés de façon durable, dans le respect de la protection de la santé des personnes, de la sécurité et de l'environnement.

Le cadre de gestion des matières et des déchets radioactifs est défini par la loi de programme n° 2006-739 du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs.

Cette loi stipule que la gestion de ces matières et déchets radioactifs doit respecter quatre principes fondamentaux :

- protection de la santé des personnes, de la sécurité et de l'environnement ;
- réduction de la quantité et de la nocivité des déchets radioactifs ;
- prévention ou limitation des charges qui seront supportées par les générations futures ;
- principe producteur-payeur similaire au principe pollueur-payeur qui prévaut en droit de l'environnement.

Le Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs (PNGMDR) est un des outils pour mettre en œuvre ces principes. L'article L. 542-1-2 du code de l'environnement en définit les objectifs : dresser un bilan régulier de la politique de gestion des substances radioactives, évaluer les besoins nouveaux et déterminer les objectifs à atteindre à l'avenir, notamment en termes d'études et de recherches.

Le PNGMDR organise la mise en œuvre des recherches et études sur la gestion des matières et des déchets radioactifs selon les trois orientations suivantes définies par loi :

- la réduction de la quantité et de la nocivité des déchets, notamment par le traitement des combustibles usés et le traitement et le conditionnement des déchets radioactifs ;
- l'entreposage comme étape préalable, notamment dans la perspective d'opérations de traitement des combustibles et des déchets, ou de stockage des déchets ;
- après entreposage, le stockage en couche géologique profonde comme solution pérenne pour les déchets ultimes ne pouvant être stockés en surface ou en faible profondeur pour des raisons de sûreté nucléaire ou de radioprotection.

L'édition 2016-2018 du plan constitue la quatrième édition du PNGMDR, adoptée par l'Autorité de Sûreté Nucléaire et la Direction Générale de l'Energie et du Climat (DGEC) du Ministère de l'environnement. Elle poursuit et étend les actions engagées dans les plans précédents. En particulier, elle renforce les prescriptions sur les scénarios prospectifs de volumes de déchets et de matières radioactives en les rendant cohérents avec les objectifs fixés par la loi relative à la transition énergétique, sur le traitement des enjeux liés aux matières radioactives et à leur valorisation, ainsi que sur la nécessité de disposer d'une approche cohérente et optimisée, notamment sur le plan environnemental, par filière de déchets.

Classification et filières de gestion des déchets radioactifs

La figure ci-après récapitule les différentes filières de gestion des déchets radioactifs en fonction de leur classification. Rappelons que le fonctionnement et le démantèlement de l'INB 56 ne produisent pas de déchets HA.

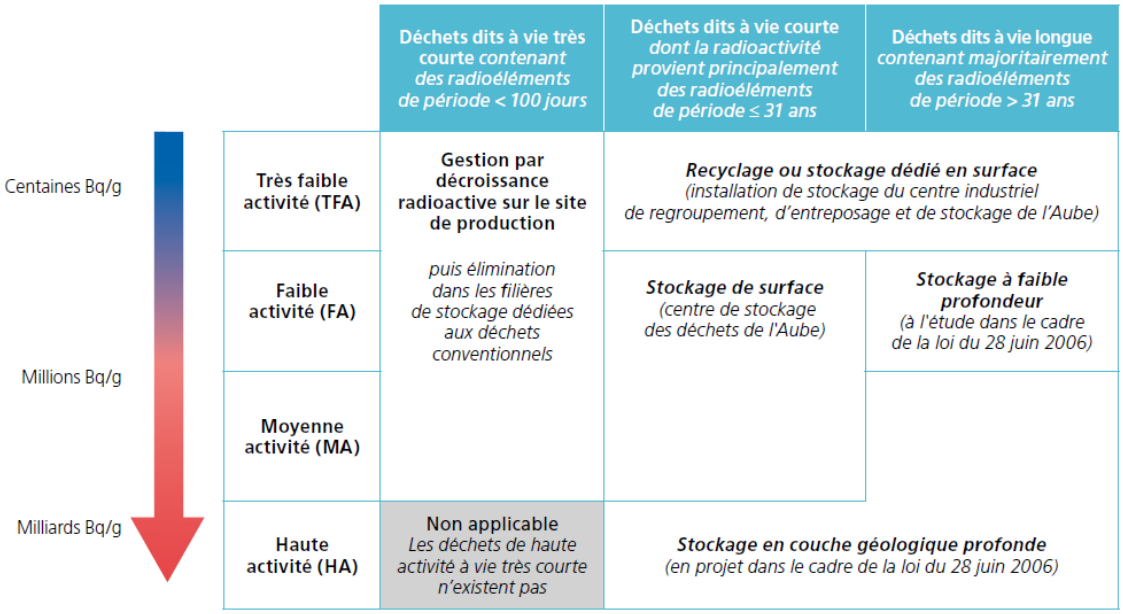


Figure 172 : Principes de classification et filières de gestion des déchets radioactifs (Source : PNGMDR 2016-2018)

A ce jour, deux centres de stockage sont opérationnels :

- le Centre de stockage FMA (CSA) en surface de l'Aube pour les déchets FMA-VC ;
- le Centre de stockage TFA (CIRES) en surface de l'Aube pour les déchets TFA.

Il existe également l'usine CENTRACO qui traite certains déchets de très faible, faible et moyenne activités (TFA, FMA) qui peuvent être :

- des objets métalliques, issus de la maintenance en zone contrôlée et du démantèlement nucléaire ;
- des déchets combustibles, principalement des gants et combinaisons de travail ;
- des effluents liquides tels que les solutions de lavage, les huiles, les solvants ; ainsi que des résines et des boues.

CENTRACO est composée de deux unités principales qui traitent les déchets selon leur nature :

- l'unité de fusion pour les métaux ;
- l'unité d'incinération pour les combustibles et les effluents.

Les résidus issus de chaque unité sont mêlés à une matrice puis conditionnés. Le volume final des déchets est ainsi réduit d'un facteur de 10 à 17.

Les déchets produits sur le Centre de Cadarache sont expédiés dans les centres de stockage ou à CENTRACO après conditionnement et contrôle, accompagnés des informations de traçabilité pour chaque colis.

Le CEA a mis en place un mode de gestion spécifique pour chaque catégorie de déchets (TFA, FA, MA et HA) conformément aux filières de gestion des déchets rappelées dans le schéma précédent.

Ainsi, le type de traitement, le conditionnement et le mode de stockage (après un éventuel entreposage temporaire) sont adaptés à la dangerosité des déchets et à leur évolution dans le temps en accord avec le PNGMDR.

Par ailleurs, le CEA participe à l'effort d'amélioration de la gestion des déchets TFA demandés dans le cadre du PNGMDR, visant en particulier à augmenter la densité des colis livrés au Centre de stockage des déchets TFA. Un exemple d'optimisation de la gestion des déchets TFA et FA est l'installation LA ROTONDE (ICPE 801) à Cadarache.

Ainsi, la gestion des déchets mise en place sur le Centre de Cadarache est en conformité avec ce plan. La gestion des déchets radioactifs issus de l'INB 56 l'est aussi.

6.6.5.2. Déchets conventionnels

Evolution de la réglementation

Le Grenelle de l'environnement a encouragé la territorialisation de la gestion des déchets conventionnels. Cela se traduit notamment par la réalisation des différents plans portant aussi bien sur les DND (Déchets Non Dangereux, ex-déchets ménagers et assimilés), les DD (Déchets Dangereux et, notamment, industriels) et les déchets inertes et du BTP.

Les plans de gestion des déchets ont pour objet (tels que redéfinis par le décret du 11 juillet 2011) de coordonner les actions à entreprendre afin :

- d'établir le bilan des quantités produites et des moyens de traitement associés ;

- de prévenir et réduire les quantités produites et leur nocivité afin de minimiser leur impact sur la santé et l'environnement ;
- de procéder à leur élimination et à leur valorisation en respectant une bonne adéquation entre les besoins d'une part et les unités de traitement d'autre part ;
- d'assurer une bonne information du public, notamment grâce au SPPPI et aux CLI.

La compétence de l'élaboration de ces plans, élaborés antérieurement sous l'égide du préfet et des services de l'État, a été transférée :

- pour les déchets dangereux (ex-déchets industriels), au Conseil Régional : nouvelle dénomination PPGRDD (Plan de Prévention et de Gestion Régional des Déchets Dangereux) ;
- pour les déchets non dangereux (ex-déchets ménagers et assimilés), aux Conseils Généraux : nouvelle dénomination PPGDDND (Plan de Prévention et de Gestion Départemental des Déchets Non Dangereux) ;
- pour les déchets inertes et du BTP, aux Conseils Généraux.

La loi portant nouvelle organisation territoriale de la république (dite Loi NOTRE) du 7 août 2015 attribue maintenant la compétence de planification de la prévention et de la gestion des déchets aux Conseils régionaux pour tous les types de déchets.

Plans applicables au site de Cadarache

Dans l'attente de l'approbation du plan régional de prévention et de gestion des déchets (PRPGD) pour la région PACA, les derniers plans approuvés restent en vigueur :

- Pour les déchets dangereux : Plan de prévention et de gestion des déchets dangereux de la région PACA (2014).
- Pour les déchets non dangereux : Plan de prévention et de gestion des déchets non dangereux du département 13 (2014).
- Pour les déchets du BTP : Plan de prévention et de gestion des déchets du BTP du département 13 (2016).

Les modes de gestion des déchets conventionnels sur le Centre de Cadarache sont compatibles avec les différents plans. En effet, les déchets sont triés à la source et orientés vers des filières d'élimination appropriées. De plus, un bilan annuel précisant l'ensemble des déchets produits, leurs compositions, les enlèvements, les quantités, leurs modalités de transport et d'élimination finale, est réalisé à l'échelle du Centre, donc *a fortiori* pour l'INB 56.

L'ensemble des entreprises de collecte et d'élimination possède les agréments ou les autorisations d'exploitation nécessaires.

En attente de collecte et d'élimination, les déchets sont entreposés dans des conditions telles qu'ils ne génèrent pas de nuisances (stockage sous abri, sur rétention pour les produits liquides).

Les traitements privilégiés sont le recyclage et la valorisation, matière ou énergétique ainsi que la démarche de réduction des déchets à la source.

Des sites de collecte adaptés aux risques spécifiques de chaque type de déchets sont définis et permettent ainsi une réduction des risques ainsi qu'une optimisation de la collecte des déchets dangereux. Par ailleurs, les déchets industriels sont enlevés et traités par des entreprises spécialisées les plus proches possibles du Centre de Cadarache.

6.6.6. Mesures de limitation de la production de déchets

Les principes de gestion des déchets radioactifs et conventionnels du démantèlement de l'INB 56 s'inscrivent dans la politique du Centre de Cadarache et du CEA en général. Depuis plusieurs années, le CEA a mis en place des processus d'optimisation de la production et de la gestion de ses déchets radioactifs et conventionnels. Ces principes continueront de s'appliquer au démantèlement de l'INB 56 en toute rigueur.

6.6.7. Conclusion

La production de déchets de démantèlement et d'assainissement de l'INB 56 est très importante (plus de 15 000 m^3 en conventionnel, 52 000 m^3 en radioactif). Cependant la quasi-totalité des déchets radioactifs de l'INB 56 dispose d'ores et déjà d'une solution de stockage définitif et la totalité des déchets conventionnels dispose d'une filière de traitement/valorisation/recyclage.

On peut donc conclure que l'impact des déchets produits par le démantèlement et l'assainissement de l'INB 56 sera faible étant donné la gestion des déchets mise en place par le projet.

6.7. Incidences sur les transports, les voies de communication

L'accès à l'INB 56 se fait depuis l'entrée principale du site de Cadarache qui se trouve juste en face de la sortie de l'autoroute A51. Le trafic routier généré par le démantèlement de l'installation sera lié à la présence d'environ 80 personnes (contre une trentaine aujourd'hui), à la livraison des matériels et à l'évacuation des déchets.

L'effet est faible au regard du nombre de personnes travaillant sur le site de Cadarache (environ 5 000 personnes). L'enjeu ayant été coté comme faible, l'impact est qualifié de faible.

6.8. Incidences sur l'utilisation de l'énergie et des ressources naturelles (matériaux)

L'utilisation rationnelle de l'énergie est un enjeu important, à l'échelle de la nation, porté par le Grenelle de l'environnement et à présent par la loi de transition énergétique.

Les sources d'énergie utilisées pour le fonctionnement de l'installation sont :

- l'électricité pour l'éclairage, le conditionnement des locaux et le fonctionnement des différents appareils ;
- le fioul domestique pour l'alimentation des groupes électrogènes de secours en cas de perte du réseau électrique ou lors des essais périodiques de vérification de bon fonctionnement.

Les consommations en énergie ont été présentées dans la partie 1, au chapitre 10.11. Elles devraient rester à peu près constantes pendant les opérations de démantèlement, les travaux ne consommant que relativement peu d'énergie.

Notons qu'à la fin des opérations, les besoins énergétiques de l'installation seront très fortement diminués. En ce sens, l'impact du démantèlement peut être considéré comme bénéfique.

L'utilisation de matériaux de construction prélevés sur le centre est faible (voire inexistante). L'effet est qualifié de faible, l'enjeu ayant été coté moyen, l'impact est donc jugé faible.

6.9. Incidences socio-économiques

Cadarache représente un pôle d'emploi très important pour la région. En 2013, il a été évalué que plus de 8 000 emplois sont créés et/ou maintenus par la présence du Centre, dont environ 6 500 en PACA.

Même à cette échelle, les opérations de démantèlement et d'assainissement seront significatives, avec un coût total de l'ordre de 779 millions d'euros sur la durée totale du projet (30 ans).

A l'instar de Cadarache, une part importante de ces sommes sera injectée dans l'économie régionale. Il est aujourd'hui difficile de prévoir quel en sera le montant. En effet les contrats de travaux ne sont pas encore lancés. Conformément à la réglementation, ils feront l'objet d'appels d'offres, jusqu'au niveau européen pour certains. Cependant, il est très probable que la plupart des contrats sera assurée par des entreprises locales et régionales, que ce soit directement ou en sous-traitance.

L'intérêt des entreprises est de faire appel à la main d'œuvre locale quand celle-ci est disponible. La région proche possède de nombreuses compétences dans le domaine de la déconstruction, grâce aux chantiers de Cadarache.

Au plus fort des opérations, les effectifs nécessaires sont estimés à 83 personnes. Présentes sur site, elles contribueront également à l'économie locale par leurs dépenses.

L'enjeu est fort, car malgré la présence de Cadarache, le taux de chômage dans le bassin d'emploi est assez important (*cf.* partie 1, chapitre 10.13). On peut donc considérer que l'impact socio-économique aura un effet positif.

7. Cumul des incidences du projet avec le site de Cadarache et les autres projets existants ou approuvés

7.1. Projets pris en compte

L'INB 56 fait partie intégrante du site de Cadarache, et son impact ne peut être dissocié de celui du site et des projets qui y sont entrepris.

L'impact du site de Cadarache, incluant ITER dans sa phase de construction, a fait l'objet d'une étude spécifique à l'initiative du CEA, publiée initialement en 2012, et mise à jour en 2015. Elle a déjà été citée à plusieurs reprises dans ce document.

Conformément à l'article R.122-5 du code de l'environnement, l'analyse des cumuls des incidences porte sur les projets existants ou approuvés.

Les projets existants sont ceux qui, lors du dépôt du dossier de demande comprenant l'étude d'impact, ont été réalisés.

Les projets approuvés sont ceux qui, lors du dépôt du dossier de demande comprenant l'étude d'impact, ont fait l'objet d'une décision leur permettant d'être réalisés.

- Sont compris, en outre, les projets qui, lors du dépôt du dossier de demande comprenant l'étude d'impact :ont fait l'objet d'une étude d'incidence environnementale au titre de l'article R.181-14 du code de l'environnement et d'une consultation du public ;
- ont fait l'objet d'une évaluation environnementale au titre du Code de l'environnement et pour lesquels un avis de l'Autorité environnementale a été rendu public.

Les projets suivants, pour lesquels un avis de l'Autorité environnementale a été rendu public depuis 2016, et localisés dans un rayon de 5 km autour de l'INB 56, ont été identifiés dans le cadre de l'étude des incidences écologiques (*cf.* le chapitre 4 de cette partie) :

- projet de centrale photovoltaïque au lieu-dit « Cuer Vielh », Rians ;
- projet de centrale photovoltaïque au lieu-dit « Sainte-Cartier » - URBASOLAR, Saint-Paul-lez-Durance ;
- projet de centrale photovoltaïque au lieu-dit « Mal Hivert » - URBASOLAR, Saint-Paul-lez-Durance ;
- projet de poursuite du démantèlement de l'INB 52 ATUE (Atelier de traitement de l'uranium enrichi) en vue de sa mise à l'arrêt définitif – CEA de Cadarache ;
- projet de démantèlement de l'INB 25 RAPSODIE – CEA de Cadarache ;
- projet de démantèlement de l'INB n° 92 PHEBUS – CEA de Cadarache ;
- projet de démantèlement des INB n° 42 EOLE et n° 95 MINERVE – CEA de Cadarache
- projet de démantèlement de l'INB n° 53 MCMF (Magasin Central des matières fissiles) – CEA de Cadarache

- amélioration de la bretelle de sortie A51 de l'échangeur n°17 de Cadarache, Saint-Paul-lez-Durance.

Les incidences identifiées des projets identifiés dans un rayon de 5 km autour de la zone d'étude concernent principalement la destruction et la dégradation d'habitats d'espèces à enjeu telles que Lézard ocellé, Pie-grièche méridionale, Criquet hérisson, …

Synergis Environnement conclut le cumul des incidences des différents projets existants ou approuvés avec le démantèlement de l'INB 56 est non significatif.

7.2. Incidences des rejets cumulés du projet avec le site de Cadarache et ITER

L'ensemble des installations du site de Cadarache produisent des rejets d'effluents atmosphériques et liquides, dont l'impact est évalué dans l'étude d'impact du site. Cette étude d'impact inclut les rejets du futur réacteur Jules Horowitz (RJH).

Le futur réacteur ITER est un projet connu au sens de la réglementation. Il a fait l'objet d'une étude d'impact lors du dépôt du dossier d'autorisation de création (DAC). Quand ITER sera en fonctionnement (la date du premier plasma est actuellement fixée à décembre 2025, et l'opération en deutérium-tritium à 2035[62]), il générera des rejets d'effluents qui sont pris en compte dans le cadre du cumul des incidences.

7.2.1. Incidences des rejets radiologiques (atmosphériques et liquides)

Les calculs d'impact des rejets radiologiques effectués pour le démantèlement de l'INB 56 ont montré que la dose annuelle maximale ajoutée (rejets non diffus) resterait largement inférieure à 0,001 mSv/an.

Les calculs d'impacts présentés dans l'étude d'impact du Centre de Cadarache tiennent compte des autorisations de rejets pour le site de Cadarache pour les Installations Nucléaires de Base (INB), l'INB-Secrète, et les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE). Ils intègrent également les rejets RJH. L'impact dosimétrique total, dû aux rejets liquides et atmosphériques de toutes les installations du Centre de Cadarache, est inférieur à 10 µSv/an pour Saint-Paul-lez-Durance, commune soumise à la fois aux rejets atmosphériques et liquides, ou le Hameau, soumis uniquement aux rejets atmosphériques. Afin d'être exhaustif et enveloppe dans l'estimation de l'impact global des rejets de matière radioactive, l'impact des rejets diffus de radon (y compris ceux de l'INB 56) a été ajouté. Ainsi, l'impact dosimétrique total maximal a été évalué à 0,0021 mSv/an pour la commune de Saint-Paul-lez-Durance. L'impact dosimétrique global reste inférieur à 10 µSv/an quelle que soit la classe d'âge concernée.

[62] Source : https://www.iter.org/fr/proj/inafewlines#6

En ce qui concerne ITER, quand celui-ci sera en phase de fonctionnement, l'impact, présenté dans l'étude d'impact accompagnant la demande d'autorisation de création, a été calculé pour la phase d'exploitation la plus enveloppe pour les rejets radioactifs, incluant des activités de maintenance lourde. Ces calculs sont pénalisants car ils correspondent aux doses annuelles reçues après 50 années de fonctionnement avec chacune des activités de maintenance lourde, alors que la durée de fonctionnement d'ITER sera bien inférieure à 50 ans et que les années avec maintenance lourde seront limitées à 2 ou 3 pendant l'exploitation. Les calculs ont montré que le groupe de référence le plus exposé est Saint-Paul-lez-Durance, et que les personnes du public les plus exposées sont les adultes. La dose totale maximale susceptible d'être reçue par un habitant de Saint-Paul-lez-Durance a été évaluée à 2,4 µSv/an (0,0024 mSv/an).

En cumulant l'impact des rejets du Centre de Cadarache (incluant le RJH), celui d'ITER en fonctionnement, et celui du démantèlement de l'INB 56, l'impact dosimétrique total, dû à la fois aux rejets atmosphériques et liquides, reste inférieur à 10 µSv/an pour un adulte à Saint-Paul-lez-Durance, commune soumise à la fois aux rejets atmosphériques et liquides, ou au Hameau, soumis uniquement aux rejets atmosphériques.

L'impact des rejets radiologiques cumulés sur la santé humaine est non préoccupant.

7.2.2. Incidences des rejets d'effluents liquides chimiques

Des calculs d'impact spécifiques sont effectués en cumulant :

- les rejets d'effluents liquides maximum du démantèlement de l'INB 56 ;
- les rejets d'effluents liquides présentés dans l'étude d'impact du Centre de Cadarache, tenant compte des autorisations de rejets pour le site de Cadarache actuellement en vigueur pour les INB, l'INB-S, et les ICPE, ainsi que les rejets du futur RJH.
- les rejets d'effluents liquides d'ITER en fonctionnement, tirés de l'étude d'impact du dossier de Demande d'Autorisation de Création (DAC) d'ITER. Ils sont de trois natures :
    - Effluents liquides industriels émis pendant l'exploitation d'ITER (phases d'exploitation non nucléaire et nucléaire) à partir des circuits de procédés mis en œuvre (volume annuel de 2940 m3). Ils seront envoyés à la station de traitement des effluents industriels (STEP/EI) du CEA de Cadarache.
    - Effluents sanitaires, émis pendant toutes les phases d'exploitation d'ITER, et traités par la station de traitement des effluents sanitaires d'ITER (volume annuel de 40 000 m3). Les eaux traitées sont renvoyées aux bassins de rejet du CEA de Cadarache, pour contrôle avant rejet dans la Durance.
    - Effluents liquides du système d'évacuation de la chaleur (tours de refroidissement), émis pendant la phase nucléaire uniquement (volume annuel de 1 020 000 m3). Le point de rejet en Durance sera situé en aval des bassins de rejet du CEA de Cadarache.

Afin d'être pénalisants, on considère les rejets d'effluents liquides d'ITER pendant la phase d'exploitation nucléaire. Le flux annuel d'ITER est présenté dans le tableau suivant.

ITER en fonctionnement, phase nucléaire - Récapitulatif des rejets d'effluents liquides en Durance (Source : Partie 2, §1.6.1. Etude impact DAC)				
Types d'effluents	**Effluents industriels**	**Effluents sanitaires**	**Eaux de refroidissement**	**Total ITER**
Volume rejeté (m^3/an)	2 940	40 000	1 020 000	1,06E+06
Paramètres chimiques	**(kg/an)**	**(kg/an)**	**(kg/an)**	**(kg/an)**
Matières en suspension (MES)	132,3	1200		1332,3
Demande chimique en oxygène (DCO)	352,8	3600		3952,8
Demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO5)	117,6	1000		1117,6
Azote global	88,2			88,2
Azote Kjeldahl		400		400
Phosphore total	29,4	40		69,4
Phosphates			246 (*)	246
Cyanures	0,147			0,147
Plomb et composés (en Pb)	0,882			0,882
Cuivre et composés (en Cu)	0,588			0,588
Chrome et composés (en Cr)	0,588			0,588
Chrome hexavalent et composés (en Cr)	0,147			0,147
Nickel et composés (en Ni)	1,176			1,176
Zinc et composés (en Zn)	5,88		254 (*)	260
Manganèse et composés (en Mn)	0,588			0,588
Étain et composés (en Sn)	0,588			0,588
Fer et composés (en Fe)	7,35		1640	1647
Aluminium et composés (en Al)	7,35			7,35
Composés organiques halogénés (AOX)	2,058			2,058
Hydrocarbures totaux (Hct)	14,7			14,7
Fluorures	2,94			2,94
Sulfates	2058			2058
Chlorures	588			588
Bore	1,47			1,47

(*) Chiffres issus de la conversion des 500 kg/an de phosphate de zinc $Zn_3(PO_4)_2$ rejetés avec les eaux de refroidissement

Tableau 245 : Récapitulatif des rejets d'effluents liquides en Durance pour ITER en fonctionnement, phase nucléaire

Le tableau suivant présente la synthèse des flux de rejets d'effluents retenus pour le calcul d'impact cumulé.

Les calculs d'impact avec les rejets cumulés sont effectués avec les mêmes hypothèses que pour les rejets du démantèlement de l'INB 56. Le débit de la Durance est au minimum garanti par EDF en aval du barrage de Cadarache, soit 9 m^3/s.

La méthodologie d'évaluation du risque sanitaire et du risque environnemental a été décrite dans cette même partie, au chapitre 2.4.

	Cadarache (Source : Etude impact Centre				
Rejets du :	**Centre**	**Station de potabilisation**	**ITER en fonctionnement, phase nucléaire**	**INB 56 (maximum)**	**Total**
Débit rejet (m^3/an)	8.21E+05	8.32E+04	1.06E+06	6.30E+02	1.96E+06
Paramètre	**kg/an**	**kg/an**	**kg/an**	**kg/an**	**kg/an**
Eléments figurant dans l'Arrêté Préfectoral n° 2020-497-PC du 27/10/2022					
DBO_5	2.56E+04		1.12E+03	1.80E+01	2.67E+04
DCO	8.21E+04		3.95E+03	5.90E+01	8.61E+04
MES	2.92E+04	5.30E+04	1.33E+03	2.20E+01	8.36E+04
Azote global	2.56E+04		8.82E+01	1.20E+01	2.57E+04
Azote Kjeldahl			4.00E+02	5.50E+00	4.06E+02
Aluminium	1.83E+03		7.35E+00	2.00E-01	1.84E+03
Bore	3.65E+02		1.47E+00	4.00E-02	3.67E+02
Chlorures	1.64E+05		5.88E+02	1.60E+01	1.65E+05
Fer	1.83E+03	4.00E+03	1.64E+03	2.00E-01	7.47E+03
Fluorures	8.21E+02		2.94E+00	2.40E-01	8.24E+02
Hydrocarbures totaux	3.65E+03		1.47E+01	4.00E-01	3.67E+03
Phosphore total	8.21E+03		6.94E+01	2.20E+00	8.28E+03
Phosphates			2.46E+02		2.46E+02
Sulfates	5.75E+05		2.06E+03	5.60E+01	5.77E+05
Zinc	1.64E+03		2.60E+02	1.60E-01	1.90E+03
Eléments complémentaires					
Arsenic	3.15E-02		0.00E+00	4.00E-03	3.55E-02
Cadmium	8.60E-03		0.00E+00	1.60E-02	2.46E-02
Chrome	1.06E-01		5.88E-01	1.60E-02	7.10E-01
Chrome VI			1.47E-01	8.00E-03	1.55E-01
Composés organiques halogénés (AOX)			2.06E+00	5.60E-02	2.12E+00
Cuivre	9.24E-01		5.88E-01	1.60E-02	1.53E+00
Cyanures			1.47E-01	8.00E-03	1.55E-01
Etain	3.12E-01		5.88E-01	1.60E-02	9.16E-01
Manganèse	1.30E-01		5.88E-01	1.60E-02	7.34E-01
Mercure	4.20E-03		0.00E+00	3.20E-03	7.40E-03
Nickel	1.22E-01		1.18E+00	3.20E-02	1.33E+00
Plomb	9.12E-01		8.82E-01	2.40E-02	1.82E+00

Tableau 246 : Synthèse des flux de rejets d'effluents retenus pour le calcul d'impact cumulé

7.2.2.1. Incidences résiduelles sur la santé humaine

Les incidences résiduelles sur la santé humaine sont calculées pour les groupes de références de Saint-Paul-lez-Durance et Pertuis pour la 50ième année de rejets.

Groupe de référence de Saint-Paul-lez-Durance – Ingestion de produits irrigués avec l'eau de la Durance

Quotients de Danger – Effets à seuil de dose – Voie ingestion – Groupe Saint-Paul-lez-Durance							
Substance	**DJE (mg/kg/j)**			**QD (ingestion – avec seuil)**			
	Enfant de 1 à 2 ans	Enfant de 10 ans	Adulte	**VTR (mg/kg/j)**	Enfant de 1 à 2 ans	Enfant de 10 ans	Adulte
Aluminium (Al)	3.21E-05	1.98E-04	8.86E-05	1	3.21E-05	1.98E-04	8.86E-05
Bore (B)	5.32E-06	1.71E-04	7.39E-05	0.2	2.66E-05	8.56E-04	3.70E-04
Fer (Fe)	1.65E-04	2.61E-03	1.18E-03	0.8	2.06E-04	3.26E-03	1.47E-03
Fluorures (F-)	1.18E-05	5.94E-06	3.82E-06	6.00E-02	1.97E-04	9.91E-05	6.36E-05
Hydrocarbures (HC)	5.24E-05	2.64E-05	1.70E-05	2.00E-02	2.62E-03	1.32E-03	8.48E-04
Zinc (Zn)	2.49E-04	1.27E-02	5.51E-03	0.3	8.30E-04	4.22E-02	1.84E-02
Arsenic (As)	2.07E-09	2.97E-08	1.29E-08	4.50E-04	4.61E-06	6.59E-05	2.86E-05
Cadmium (Cd)	1.64E-08	2.59E-08	1.27E-08	3.60E-04	4.57E-05	7.19E-05	3.54E-05
Chrome (Cr)	1.33E-08	6.75E-08	3.15E-08	1.5	8.87E-09	4.51E-08	2.10E-08
Chrome VI (Cr VI)	3.10E-09	1.58E-08	7.35E-09	9.00E-04	3.45E-06	1.75E-05	8.17E-06
Cuivre (Cu)	3.06E-08	7.21E-07	3.17E-07	1.00E-02	3.06E-06	7.21E-05	3.17E-05
Cyanures (CN)	2.52E-09	1.27E-09	8.15E-10	1.50E-02	1.68E-07	8.46E-08	5.43E-08
Etain (Sn)	5.95E-08	5.56E-06	2.39E-06	0.3	1.99E-07	1.85E-05	7.97E-06
Manganèse (Mn)	3.55E-07	5.83E-07	3.07E-07	0.14	2.53E-06	4.17E-06	2.19E-06
Mercure (Hg)	4.73E-10	1.49E-07	6.39E-08	2.00E-03	2.37E-07	7.46E-05	3.19E-05
Nickel (Ni)	4.53E-08	1.05E-07	6.04E-08	5.00E-03	9.05E-06	2.10E-05	1.21E-05
Plomb (Pb)	5.75E-08	1.23E-07	6.01E-08	6.30E-04	9.12E-05	1.95E-04	9.54E-05
Br (Bromoforme)	1.04E-07	5.09E-08	2.99E-08	2.00E-02	5.20E-06	2.54E-06	1.50E-06

Tableau 247 : Quotients de danger – Effets à seuil de dose – Voie ingestion – Groupe Saint-Paul-lez-Durance

Excès de Risque Individuel – Effets sans seuil de dose – Voie ingestion – Groupe Saint-Paul-lez-Durance							
Substance	**DJE (mg/kg/j)**			**ERI (ingestion - sans seuil)**			
	Enfant de 1 à 2 ans	Enfant de 10 ans	Adulte	**VTR (mg/kg/j)$^{-1}$**	Enfant de 1 à 2 ans	Enfant de 10 ans	Adulte
Hydrocarbures (HC)	2.25E-05	1.13E-05	7.26E-06	0.12	1.16E-06	5.83E-07	3.74E-07
Arsenic (As)	8.88E-10	1.27E-08	5.52E-09	1.5	6.90E-10	9.85E-09	4.28E-09
Chrome VI (Cr VI)	1.33E-09	6.75E-09	3.15E-09	0.42	2.62E-10	1.33E-09	6.22E-10
Plomb (Pb)	2.46E-08	5.26E-08	2.57E-08	8.50E-03	9.18E-11	1.96E-10	9.60E-11
Br (Bromoforme)	4.46E-08	2.18E-08	1.28E-08	7.90E-03	1.59E-10	7.74E-11	4.55E-11

Tableau 248 : Excès de Risque Individuel – Effets sans seuil de dose – Voie ingestion – Groupe Saint-Paul-lez-Durance

Pour les substances disposant d'une VTR, les résultats montrent qu'à la 50ème année de rejets cumulés, pour le groupe de référence de Saint-Paul-lez-Durance :

- les quotients de danger (ainsi que leur somme) sont inférieurs à 1 ;
- les excès de risque individuels (ainsi que leur somme) sont inférieurs à 10^{-5}.

Groupe de référence de Beaumont-de-Pertuis – Ingestion d'eau de boisson issue de la Durance

Les mêmes types de résultats sont présentés pour le groupe de référence de Pertuis, supposé consommer de l'eau de boisson issue de la Durance.

Quotients de Danger – Effets à seuil de dose – Voie ingestion – Groupe Beaumont-de-Pertuis							
Substance	**DJE (mg/kg/j)**			**QD (ingestion - avec seuil)**			
	Enfant de 1 à 2 ans	Enfant de 10 ans	Adulte	**VTR (mg/kg/j)**	Enfant de 1 à 2 ans	Enfant de 10 ans	Adulte
Nitrates (NO3-)	7.01E-05	5.61E-05	2.40E-05	1.6	4.38E-05	3.51E-05	1.50E-05
Nitrites (NO2-)	6.15E-06	4.92E-06	2.11E-06	0.1	6.15E-05	4.92E-05	2.11E-05
Aluminium (Al)	4.41E-06	3.53E-06	1.52E-06	1	4.41E-06	3.53E-06	1.52E-06
Bore (B)	8.78E-07	7.02E-07	3.01E-07	0.2	4.38E-06	3.52E-06	1.51E-06
Fer (Fe)	1.79E-05	1.43E-05	6.13E-06	0.8	2.24E-05	1.79E-05	7.67E-06
Fluorures (F-)	1.98E-06	1.58E-06	6.77E-07	6.00E-02	3.30E-05	2.64E-05	1.13E-05
Hydrocarbures (HC)	8.78E-06	7.02E-06	3.01E-06	2.00E-02	4.38E-04	3.52E-04	1.51E-04
Zinc (Zn)	4.56E-06	3.65E-06	1.56E-06	0.3	1.52E-05	1.22E-05	5.21E-06
Arsenic (As)	1.09E-10	8.71E-11	3.72E-11	4.50E-04	2.41E-07	1.92E-07	8.26E-08
Cadmium (Cd)	1.11E-10	8.84E-11	3.80E-11	3.60E-04	3.07E-07	2.46E-07	1.05E-07
Chrome (Cr)	1.81E-09	1.45E-09	6.21E-10	1.5	1.21E-09	9.70E-10	4.14E-10
Chrome VI (Cr VI)	4.22E-10	3.37E-10	1.45E-10	9.00E-04	4.69E-07	3.75E-07	1.60E-07
Cuivre (Cu)	3.76E-09	3.02E-09	1.29E-09	1.00E-02	3.76E-07	3.02E-07	1.29E-07
Cyanures (CN)	4.22E-10	3.37E-10	1.45E-10	1.50E-02	2.82E-08	2.25E-08	9.66E-09
Etain (Sn)	2.31E-09	1.84E-09	7.90E-10	0.3	7.69E-09	6.15E-09	2.64E-09
Manganèse (Mn)	1.87E-09	1.49E-09	6.40E-10	0.14	1.34E-08	1.07E-08	4.57E-09
Mercure (Hg)	3.04E-11	2.43E-11	1.04E-11	2.00E-03	1.52E-08	1.22E-08	5.21E-09
Nickel (Ni)	3.41E-09	2.73E-09	1.17E-09	5.00E-03	6.82E-07	5.46E-07	2.34E-07
Plomb (Pb)	4.53E-09	3.62E-09	1.55E-09	6.30E-04	7.18E-06	5.75E-06	2.46E-06
Br (Bromoforme)	5.44E-09	4.35E-09	1.87E-09	2.00E-02	2.72E-07	2.17E-07	9.32E-08

Tableau 249 : Quotients de danger – Effets à seuil de dose – Voie ingestion – Groupe Beaumont-de-Pertuis

Excès de Risque Individuel – Effets sans seuil de dose – Voie ingestion – Groupe Beaumont-de-Pertuis							
Substance	**DJE (mg/kg/j)**			**ERI (ingestion - sans seuil)**			
	Enfant de 1 à 2 ans	Enfant de 10 ans	Adulte	**VTR (mg/kg/j)**	Enfant de 1 à 2 ans	Enfant de 10 ans	Adulte
Hydrocarbures (HC)	3.76E-06	3.01E-06	1.29E-06	0.12	1.94E-07	1.55E-07	6.64E-08
Arsenic (As)	4.64E-11	3.72E-11	1.59E-11	1.5	3.60E-11	2.88E-11	1.24E-11
Chrome VI (Cr VI)	1.81E-10	1.45E-10	6.20E-11	0.42	3.57E-11	2.86E-11	1.22E-11
Plomb (Pb)	1.94E-09	1.55E-09	6.65E-10	8.50E-03	9.18E-11	1.96E-10	9.60E-11
Br (Bromoforme)	2.34E-09	1.87E-09	7.99E-10	7.90E-03	1.59E-10	7.74E-11	4.55E-11

Tableau 250 : Excès de Risque Individuel – Effets sans seuil de dose – Voie ingestion – Groupe Beaumont-de-Pertuis

Pour les substances disposant d'une VTR, les résultats montrent qu'à la 50ème année de rejets, pour le groupe de référence de Beaumont-de-Pertuis :

- les quotients de danger (ainsi que leur somme) sont inférieurs à 1 ;
- les excès de risque individuels sont inférieurs à 10^{-5}.

Conclusion

Le risque sanitaire lié aux rejets cumulés d'effluents liquides du démantèlement de l'INB 56, du Centre de Cadarache, et d'ITER en fonctionnement (phase nucléaire) est jugé non préoccupant.

7.2.2.2. Incidences résiduelles sur l'environnement

Le tableau suivant synthétise les ratios PEC (concentrations ajoutées en Durance)/PNEC pour les substances rejetées. A titre d'information, les ratios avec les normes de qualité environnementales sont également présentés.

Evaluation quantitative du risque environnemental par le biais des PNEC				A titre informatif	
Substance	**Concentration ajoutée en Durance - PEC (µg/L)**	**PNEC (µg/L)**	**Ratio PEC/PNEC**	**Ratio PEC/NQE-MA**	**Ratio PEC/Annexe III arrêté 25/01/2007**
Nitrates (NO3-)	1,02E+02	-	-	-	4,09E-03
Nitrites (NO2-)	8,98E+00	2,00E+01	4,49E-01	-	-
Ammonium (NH4+)	8,29E+01	-	-	-	1,66E+00
Aluminium (Al)	6,42E+00	1.09E+01	5.89E-01	-	-
Bore (B)	1,28E+00	7,60E+02	1,69E-03	-	1,28E-03
Chlorures (Cl-)	5,77E+02	-	-	-	2,89E-03
Fer (Fe)	2,61E+01	1,60E+01	1,63E+00	-	2,61E-01
Fluorures (F-)	2,89E+00	3,70E+02	7,80E-03	-	4,13E-03
Hydrocarbures (HC) (Naphtalène)	1,28E-02	2,00E+00	6,40E-03	6,40E-03	1,28E-03
Phosphates (PO4)	8,79E+01	-	-	-	1,26E-01
Sulfates (SO42-)	2,02E+03	-	-	-	8,08E-03
Zinc (Zn)	6,66E+00	7,80E+00	8,54E-01	2,77E-01	1,33E-03
Arsenic (As)	1,91E-04	1,37E+00	1,39E-04	2,30E-04	-
Cadmium (Cd)	3,53E-04	1,90E-01	1,86E-03	2,35E-03	7,06E-05
Chrome (Cr)	2.75E-03	4.70E+00	5.85E-04	8.09E-04	5.50E-05
Chrome VI (Cr VI)	6.76E-04	4.10E+00	1.65E-04	1.99E-04	1.35E-05
Cuivre (Cu)	5.61E-03	1.60E+00	3.51E-03	5.61E-03	2.81E-04
Cyanures (CN)	6.76E-04	5.70E-01	1.19E-03	-	1.35E-05
Etain (Sn)	3.47E-03	1.50E+00	2.31E-03	-	-
Manganèse (Mn)	2.83E-03	7.00E+00	4.05E-04	-	5.67E-05
Mercure (Hg)	7.92E-05	1.00E-02	7.92E-03	1.58E-03	1.58E-04
Nickel (Ni)	5.19E-03	1.70E+00	3.05E-03	1.30E-03	-
Plomb (Pb)	6.76E-03	0.41	1.65E-02	5.63E-03	6.76E-04

Tableau 251 : Comparaison des concentrations moyennes ajoutées dans la Durance avec les valeurs de référence environnementales pour les eaux douces

Les ratios PEC/PNEC sont inférieurs à 1, hormis pour le fer avec 1,6. Afin d'affiner le calcul pour ce dernier, on retient les rejets de Cadarache non plus à la limite autorisée mais à la moyenne des rejets mesurés en 2015 et 2016, soit 51,2 kg/an (au lieu de $1{,}83.10^3$ kg/an), ce qui donne un ratio PEC/PNEC inférieur à 0,05.

8. Aperçu des incidences négatives notables du projet résultant de sa vulnérabilité à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs

8.1. Introduction

La vulnérabilité à des risques d'accidents ou des catastrophes majeurs est traitée dans l'étude de maîtrise des risques (pièce n° 9 du dossier de démantèlement, § G), dans laquelle la maîtrise des risques est garantie par l'adoption d'une démarche de sûreté rigoureuse, commune à toutes les INB. Cette démarche repose sur un inventaire exhaustif des risques d'origines interne et externe liés à l'installation, et l'adoption vis-à-vis de chacun d'eux d'une défense en profondeur à 4 niveaux :

- La prévention : regroupe l'ensemble des dispositions permettant de réduire la probabilité d'occurrence d'un événement indésirable, notamment grâce à une conception solide basée sur l'interposition systématique de barrières de confinement quelle que soit la configuration de l'installation, ou par des dispositions visant à la protéger contre des agressions externes ;
- La surveillance et détection : comprend l'ensemble des dispositions prises pour détecter au plus tôt un événement anormal, et y parer rapidement afin de rester dans le domaine de fonctionnement normal ;
- La limitation des conséquences : consiste à prévoir des dispositions pour limiter les conséquences d'une situation accidentelle qui se produirait malgré les dispositions prises aux deux niveaux inférieurs ;
- L'étude des situations de limitation de risque : comprend la mise en place de dispositions complémentaires pour réduire les conséquences radiologiques pour les populations, notamment celles du Plan d'Urgence Interne (PUI) ou du Plan Particulier d'Intervention (PPI) dédiés à la gestion de la crise.

Le scénario accidentel dit « scénario de référence », c'est-à-dire considéré comme le plus pénalisant en termes de conséquences radiologiques, correspond au scénario d'un séisme global hors dimensionnement (de niveau SMS avec effet de site) pendant les opérations de RCD des fosses ancienne, et entraînant le cumul de quatre phénomènes (explosion sodium/eau, feu pyrophorique, endommagement d'un conteneur de déchets et dissémination radioactive consécutive à la perte de la ventilation du procédé).

Les conséquences potentielles de ce scénario sont présentées dans le § 8.2.

8.2. Conséquences potentielles du scénario de référence

Les calculs de conséquences radiologiques effectués prennent en compte un jeu d'hypothèses pénalisantes et les différentes voies d'atteintes (expositions interne et externe liées au passage du panache, exposition due aux dépôts et à l'ingestion de produits provenant d'animaux nourris par des végétaux contaminés, etc.).

Il est considéré que les quatre phénomènes présentés précédemment peuvent avoir lieu en même temps. Aussi, un séisme global conduit, au total, à des doses maximales de 0,497 mSv sur 2 jours pour un adulte du groupe de référence (Saint-Paul-Lez-Durance) tout en considérant une hauteur de rejet de 0 m. Le relâchement de matières radioactives en cas de séisme est principalement dû au feu pyrophorique de déchets dans un puits.

Cette valeur de 0,497 mSv respecte l'Objectif Général de Sûreté visé pour l'INB 56 en cas d'accident qui est lui-même « inférieur ou égal à 10 mSv », cette dose efficace de rayonnements ionisants correspondant au premier niveau d'intervention mentionné dans l'arrêté du 20 novembre 2009 portant homologation de la décision n°2009-DC-153 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 18 août 2009, relative aux niveaux d'intervention en situation d'urgence radiologique en cas d'accident nucléaire.

Par ailleurs, l'activité ajoutée évaluée dans les productions agricoles d'origine locale reste toujours inférieure aux niveaux maximaux de contamination présentés dans le Journal Officiel des Communautés Européennes. Il n'y a donc pas lieu de prévoir la mise en œuvre de mesures de protection des populations ou de restriction de consommation des produits agricoles d'origine locale.

Ces conséquences potentielles du scénario de référence sont supérieures à celles de tous les accidents susceptibles de se produire lors des opérations de fonctionnement et de démantèlement de l'INB 56, y compris en cas de situations de cumul plausible d'agressions internes et/ou externes.

On peut donc conclure que les conséquences potentielles radiologiques maximales évaluées pour le groupe de population le plus exposé restent limitées et qu'elles sont compatibles avec le dimensionnement et la mise en œuvre du Plan d'Urgence Interne du Centre de Cadarache et le Plan Particulier d'Intervention.

8.3. Moyens de secours et d'alerte de la population

Bien que les conséquences potentielles d'un accident sur l'INB 56 seraient dans tous les cas acceptables, des moyens de secours et d'alerte des populations existent, et pourraient être activées si besoin au niveau du centre de Cadarache.

Dès la connaissance d'une anomalie dont les conséquences peuvent concerner le Centre, le Directeur peut déclencher le Plan d'Urgence Interne (PUI) qui prévoit la mise en œuvre des moyens d'intervention propres à l'installation ou au Centre.

Dans le cas où les conséquences envisagées viendraient à dépasser les limites géographiques du Centre de Cadarache, malgré les actions réalisées au niveau de l'installation et du Centre, le Préfet des Bouches-du-Rhône est en mesure de déclencher le Plan Particulier d'Intervention (PPI), destiné à la protection des populations environnantes. Le Préfet, garant de la protection de ces populations, serait alors en charge de la conduite des actions et de la coordination des moyens de secours et d'intervention prévus par le PPI (pompiers, sécurité civile, police, gendarmerie, aide médicale).

En cas de nécessité, le PPI prévoit également la mobilisation des cellules de crises de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) et de son appui technique, l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), ainsi que des moyens spécialisés du CEA.

Dans ce cadre, le PPI prévoit également l'information immédiate des populations, notamment par des communiqués transmis via les stations de radiophonie locales. Les éventuelles consignes de sécurité applicables à la situation peuvent être ordonnées par le Préfet et diffusées sur ce type de médias. Ces consignes de protection sont notamment rappelées dans la fiche « Les bons réflexes en cas d'alerte » figurant ci-dessous et distribuées de manière préventive dans les mairies concernées.

Figure 173 : Fiche « Les bons réflexes en cas d'alerte »

9. Conclusion

9.1. Synthèse des impacts résiduels

Le tableau suivant présente, pour chaque compartiment de l'environnement retenu et décrit en partie 1 « Etat initial du site », la synthèse :

- de la cotation des enjeux (*cf.* le détail en partie 1, chapitre 10.15) ;
- des mesures d'évitement et de réduction prévues dans la définition du projet de démantèlement (*cf.* partie 3) ;
- des effets résiduels du projet (*cf.* partie 4) ;
- des impacts résiduels du projet, dont la cotation est issue de la matrice de croisement des enjeux et des effets présentée en introduction, chapitre 2.1.2).

	Thème	Enjeu	Mesures ERC et effets	Effets résiduels	Impact résiduel
Environnement physique	Climat	Moyen	Essais GEF réduits au minimum nécessaire (fonction de sûreté), optimisation des transports, véhicules électriques	Faible	Faible
	Air	Moyen	Barrières de confinement, filtration des rejets atmosphériques, surveillance des rejets et de l'environnement	Faible	Faible
	Sols, végétaux et produits de consommation	Moyen	Barrières de confinement, filtration des rejets atmosphériques, traitement des effluents liquides, surveillance de l'environnement	Faible	Faible
	Sous-sol et eaux souterraines	Moyen	Mesures d'évitement de pollution, surveillance des eaux souterraines et des exutoires (Ravin de la Bête)	Faible	Faible
	Ressource en eau	Faible	Consommation en eau réduite	Faible	Négligeable
	Eaux superficielles (rejets liquides)	Moyen	Réduction des volumes d'effluents, traitement des effluents liquides, surveillance des milieux aquatiques de la Durance	Faible	Faible
Environnement naturel (écologie)	Habitats naturels	Très faible à fort	Evitement des habitats favorables aux espèces à enjeu, limitation de pollution, adaptation du calendrier des travaux, récupération et transfert des habitats favorables à la faune,…	Moyen	Négligeable à assez fort
	Flore terrestre	Moyen à fort		Moyen	Négligeable à assez fort
	Faune terrestre	Faible à très fort		Faible	Négligeable à moyen
	Sites Natura 2000	Moyen	Pas d'incidence du projet sur les habitats naturels et les espèces d'intérêt communautaire présents dans les sites Natura 2000 situés dans un rayon de 5 km	Négligeable	Négligeable
Environnement humain	Occupation du sol, urbanisme	Faible	Emprise au sol réduite, réutilisation de zones bâties existantes	Faible	Négligeable
	Agriculture (emprise)	Fort	Pas d'emprise du projet sur des terres agricoles	Négligeable	Négligeable
	Agriculture (pollution)	Moyen	Limitation des rejets, filtration des rejets atmosphériques, traitement des effluents liquides, surveillance de l'environnement	Faible	Faible
	Activités	Faible	Activité générée par les travaux de	Faible	Positif

	Thème	Enjeu	Mesures ERC et effets	Effets résiduels	Impact résiduel
	industrielles		démantèlement		
	Tourisme et loisirs	Moyen	Augmentation limitée du trafic routier à proximité	Faible	Faible
	Patrimoine culturel et historique	Faible	Installation à l'intérieur du Centre de Cadarache, pas de perturbation visuelle à l'extérieur du site	Négligeable	Négligeable
	Archéologie	Faible	Travaux en extérieur sur une faible épaisseur de terres	Négligeable	Négligeable
	Paysages	Moyen	Installation à l'intérieur du Centre de Cadarache, pas de perturbation visuelle à l'extérieur du site	Négligeable	Négligeable
	Environnement sonore	Faible	Travaux se déroulant à l'intérieur des bâtiments	Faible	Négligeable
	Environnement lumineux	Faible	Pas d'éclairage extérieur supplémentaire à celui existant (limité au strict nécessaire pour la sécurité de l'installation)	Faible	Négligeable
	Odeurs	Faible	Peu d'utilisation de produits chimiques	Faible	Négligeable
	Vibrations	Faible	Travaux à l'intérieur de bâtiments isolés	Faible	Négligeable
	Poussières	Faible	Circulation des camions de transport sur voies goudronnées	Faible	Négligeable
	Déchets	Moyen	Mesures de limitation de la production de déchets. Exutoires ad'hoc.	Moyen	Faible
	Transport / Voies de communication	Faible	Mesures de limitation des volumes de déchets et donc des transports associés	Faible	Négligeable
	Zones de servitude	Faible	-	Négligeable	Négligeable
	Utilisation de l'énergie et des ressources naturelles	Moyen	Utilisation limitée en cours de démantèlement, économies d'énergie une fois l'installation démantelée	Faible	Faible
	Socio-économie	Fort	Activité générée par les travaux de démantèlement	Faible	Positif
	Santé humaine	Fort	Mesures de réduction des rejets et des rayonnements ionisants	Négligeable	Négligeable

Tableau 252 : Synthèse des enjeux et des effets et impacts résiduels du projet de démantèlement

La grande majorité des impacts résiduels du projet de démantèlement de l'INB 56 est cotée négligeable à faible, hormis pour l'environnement naturel, où l'impact résiduel est coté :

- de négligeable à assez fort pour les habitats naturels et la flore ;
- de négligeable à moyen pour la faune terrestre.

Le cumul des incidences avec le site de Cadarache et les autres projets existants ou approuvés ne fait pas apparaître d'impact supplémentaire préoccupant.

9.2. Mesure de compensation

Conformément à l'article R. 122-5 du code de l'environnement, le maître d'ouvrage doit décrire, dans l'étude d'impact de son projet, les mesures prévues pour compenser, lorsque cela est possible, les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits.

Dans notre méthodologie, l'évaluation des impacts résiduels du projet de démantèlement est réalisée à l'aide de l'échelle de cotation présentée en introduction de l'étude d'impact, et rappelée ci-dessous.

Figure 174 : Echelle de cotation des niveaux d'impacts

Ainsi, des mesures de compensation sont mises en place lorsque des impacts résiduels significatifs (c'est-à-dire des impacts moyens à très forts) sont encore présents malgré la mise en place de mesures d'évitement et de réduction.

Dans le cadre du démantèlement de l'INB 56, l'analyse des impacts résiduels du scénario de démantèlement retenu (présentée dans la partie 4), avec la mise en œuvre des mesures de réduction décrites ci-avant, montre que des impacts résiduels significatifs persistent sur la zone du Parc :

- pour la Nonnée brune : impacts résiduels « assez forts » pour la destruction d'individus et la destruction de tout ou partie de l'habitat ;
- pour le Lézard ocellé et le Psammodrome d'Edwards : impacts résiduels « moyens » pour la destruction de tout ou partie de l'habitat.

Une demande de dérogation à la protection de ces espèces protégées sera constituée. Elle s'accompagne d'une mesure de compensation, qui a été décrite au paragraphe 4.2.4, partie 4.

Partie 5 : Intervenants et méthodologies des études d'évaluation des incidences

1. Introduction

Cette partie a pour objet de répondre aux 10° et 11° de l'article R. 122-5 du code de l'environnement détaillant le contenu de l'étude d'impact.

Elle présente les différents intervenants qui ont préparé l'étude d'impact, et les études ayant contribué à sa réalisation. Elle décrit également les méthodologies utilisées pour ces études, en particulier celles permettant de caractériser l'état actuel de l'environnement, et d'identifier et d'évaluer les incidences des rejets sur l'environnement et la santé humaine.

2. Les intervenants

Coordonnées de l'organisme de rattachement	Nom	Qualité / Qualification	Contribution
Synergis Environnement 1 Chemin du Fescau 34980 Montferrier-sur-Lez ✆ : 04 30 96 60 40	Julien BRIAND	Directeur	
	Yann RONCHARD	Chef d'équipe, Expert naturaliste	Herpétofaune, mammifères dont chiroptères
	Benjamin LUNEAU	Expert naturaliste	Avifaune, herpétofaune, entomofaune, mammifères terrestres
	Nicolas GUIGNARD	Expert naturaliste	Avifaune, herpétofaune, entomofaune, mammifères terrestres
	Hugues LECHENNE	Expert naturaliste	Habitats naturels, flore, herpétofaune, entomofaune
	Thomas VULVIN	Expert naturaliste	Avifaune, herpétofaune, entomofaune, mammifères terrestres
CEA/Cadarache 13108 Saint-Paul-lez-Durance ✆ : 04 42 25 70 00	Christophe BROUILLARD	Ingénieur sûreté	Validation des valeurs de transferts et de rejets d'effluents
	Nathalie COURTOIS	Expert Hydrogéologie / Environnement	Co-rédaction de l'étude d'impact Suivi de l'étude écologique Calculs d'impacts chimiques
	Céline ROBILLARD	Chargé de Mission Environnement	Vérification de l'étude d'impact
	Julien TRINCAL	Spécialiste calculs d'impact	Co-rédaction de l'étude d'impact Réalisation des calculs d'impacts
	Grégoire LOUVET	Chef de projet RCD de l'INB 56	Validation de la séquence ERC Vérification de l'étude d'impact

3. Etude écologique

Les méthodologies utilisées par la société Synergis Environnement pour réaliser l'état des lieux de l'environnement naturel à partir d'inventaires, ainsi que l'évaluation des enjeux écologiques et des incidences sont présentées dans l'étude écologique qui est donnée *in extenso* en annexe.

L'étude écologique commence par une recherche bibliographique, qui permet de préciser les habitats et espèces d'intérêt patrimonial que l'on pourrait trouver sur la zone d'étude.

Les inventaires de terrain ont ensuite pour objet de caractériser les habitats et rechercher les espèces en vue de déterminer les enjeux.

Des protocoles d'inventaire ont ainsi été mis au point pour chacun des groupes d'espèces ci-dessous :

- les habitats naturels et la flore ;
- amphibiens et reptiles ;
- avifaune ;
- chiroptères ;
- mammifères (autres que chiroptères) ;
- entomofaune et autres taxons de la faune invertébrée.

Le protocole consiste à déterminer (grâce à la connaissance des habitats) les zones à prospecter, et définir une méthode de recherche pour chacune de ces zones.

Chaque sortie sur le terrain a pour objectif d'inventorier soit la flore et les habitats, soit un groupe faunistique particulier : on parle dans ce cas de prospection spécifique, réalisée respectivement par un expert dans le domaine ciblé.

Cependant, au cours de ces sorties spécifiques, et en fonction des périodes de l'année, des espèces intéressantes appartenant à d'autres taxons peuvent être rencontrées. Chaque naturaliste est capable d'identifier de nombreuses espèces hors de son champ de compétence le plus pointu, et au cours de ses sorties, il est amené à noter ces contacts non spécifiquement recherchés. Ces données sont également prises en compte : on parle dans ce cas de prospection continue.

Aucune difficulté particulière n'a été rencontrée. Les passages de terrain consacrés à chaque taxon sont de nature à apporter un diagnostic complet et détaillé concernant les espèces protégées et les principales autres espèces à enjeu parmi les groupes prioritairement visés. Cependant, les inventaires ne peuvent être jugés comme exhaustifs, mais Synergis Environnement précise que l'objectif d'exhaustivité est de toute façon quasi-inatteignable quelle que soit l'étude.

4. Evaluation de l'impact des rejets sur l'environnement et la santé humaine

4.1. Méthodologie de calcul des impacts des rejets

L'évaluation des impacts résultant des rejets d'effluents chimiques et radioactifs dans l'environnement comprend les étapes suivantes :

- l'identification du danger, qui comprend l'inventaire des substances par type de rejet, la connaissance de leur flux à l'émission ainsi que de leur toxicité ;
- l'évaluation de la toxicité des substances mise en jeu sur l'homme et l'environnement ;
- l'évaluation des concentrations résultant des rejets dans les différents compartiments de l'environnement (eau, air, sol, denrée alimentaires) ;
- l'évaluation des expositions réalisée à l'aide de scénarii pénalisants (exposition par irradiation, ingestion et/ou inhalation) ;
- l'estimation du niveau de risque ajouté sur l'environnement ou les populations locales.

L'évaluation de l'impact des rejets d'effluents s'appuie sur l'utilisation de codes informatiques qui permettent de modéliser les transferts dans l'environnement des substances contenues dans les effluents. Ces codes permettent également d'estimer l'impact sur la santé des populations locales et l'environnement proches. La plateforme de calcul CERES (Code d'Évaluations Rapides Environnementales et Sanitaires), développée par le CEA, a été retenue pour réaliser ces calculs. C'est l'outil de référence pour le CEA, qui est utilisé pour l'ensemble des évaluations des conséquences des rejets d'effluents de ses installations. Tous les paramètres utilisés par l'outil sont accessibles et les modèles physiques mis en œuvre ont déjà été analysés par l'Autorité de sûreté nucléaire.

La plateforme de calcul CERES permet de réaliser l'ensemble les calculs d'impact des rejets atmosphériques et liquides, que ce soit pour des rejets continus en conditions normales (module GASCON pour les rejets atmosphériques, module ABRICOT pour les rejets liquides), et pour des conditions séquentielles de rejets (rejets ponctuels par exemple) et/ou météorologiques (vents variables par exemple) avec le module MITHRA.

La plateforme CERES est utilisée pour l'évaluation de l'impact des rejets à la fois chimiques et radioactifs. Les méthodes utilisées pour la modélisation de la dispersion des rejets de substances sont les mêmes. Pour une quantité donnée de matière radioactive ou chimique (dite « terme source ») rejetée en un point donné, par voie atmosphérique ou liquide, le code fournit les **concentrations ajoutées des radionucléides et des substances chimiques dans les différents compartiments de l'environnement** (atmosphère, sol, eau).

Ces concentrations ajoutées permettent ensuite d'estimer l'exposition induite, en tenant compte des différents modes de transfert de l'environnement à l'homme au travers des pratiques agricoles ainsi que des habitudes de vie et de consommation, et d'effectuer une comparaison avec les niveaux de toxicité chimiques et radioactifs (en termes de doses) des substances pour l'environnement et les populations.

4.1.1. Impact des rejets d'effluents radioactifs

4.1.1.1. Evaluation de l'impact sanitaire

La méthodologie retenue pour l'évaluation de l'impact sanitaire des rejets de substances présentant un risque radiologique a été définie par le pôle de compétence du CEA sur la base de méthodologies internationales dont les principes ont été retenus par de nombreux organismes dont l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire. L'objectif des études d'impact de l'émission de substances radioactives en fonctionnement normal est de situer l'impact estimé vis-à-vis de la limite pour le public (1 mSv par an) et des objectifs de sûreté pour les travailleurs. Cet impact ajouté pour le public est comparé à la dose moyenne annuelle en France (2,9 mSv par an). Les doses efficaces sont évaluées après 1 an et 50 ans (ou 70 ans pour les enfants) de fonctionnement des installations, ou encore pour la durée de vie prévue des installations si elle est bien définie *a priori*.

Pour les populations des groupes de référence, les voies d'exposition à considérer sont l'irradiation externe par le panache et les dépôts (rejets radioactifs uniquement), la dose par inhalation et la dose par ingestion, en prenant en compte une ration alimentaire représentative du site et du groupe étudié. Dans le cas du tritium, une dose liée à l'incorporation transcutanée est également prise en compte.

L'impact sanitaire est alors estimé en évaluant, à l'aide de coefficients de dose définis par la réglementation française ou à défaut issus des travaux d'experts, des doses efficaces (organisme entier) en distinguant les adultes des adolescents et des enfants.

Ce chapitre ne traite que de l'impact des rejets. Pour déterminer la dose efficace totale, il faut également tenir compte du rayonnement produit par les installations elles-mêmes. Ce point est traité par ailleurs. De manière générale, celui-ci est extrêmement faible, et la dose correspondante pour le public est négligeable devant celle due aux rejets.

4.1.1.2. Evaluation de l'impact environnemental

Pour les substances présentant un risque radiologique, il n'existe pas encore de méthodologie validée pour la détermination de l'impact environnemental (cf. le paragraphe ci-après). L'évaluation est basée sur la comparaison des concentrations ajoutées dans l'environnement à celles préexistantes dans le milieu ou rencontrées à proximité ou dans des lieux non exposés aux rejets des installations.

Néanmoins, comme le site de Cadarache existe depuis plusieurs dizaines d'années et que ses rejets annuels sont assez constants, on peut avoir une estimation de son impact environnemental réel grâce aux mesures réalisées périodiquement dans l'environnement.

4.1.2. Impact des rejets d'effluents chimiques

4.1.2.1. Evaluation de l'impact sanitaire

La méthodologie retenue pour l'évaluation de l'impact sanitaire des rejets de substances présentant un risque chimique reprend les recommandations de l'Institut National de Veille Sanitaire (InVS) et de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS).

Après la définition et la caractérisation des substances chimiques émises à l'environnement par voie atmosphérique ou liquide, on détermine les concentrations ajoutées dans le milieu récepteur, c'est-à-dire l'atmosphère, le sol ou l'eau, puis on estime les niveaux d'exposition par inhalation et/ou ingestion, en prenant en compte une ration alimentaire représentative du site et du groupe étudié.

Pour les substances présentant un risque chimique, l'impact sanitaire est estimé, en évaluant, à l'aide des valeurs toxicologiques de référence relatives aux substances étudiées, soit des quotients de danger (QD) dans le cas des substances ayant des effets avec seuil de dose (substances non cancérogènes), soit des excès de risque individuel (ERI) dans le cas des substances ayant des effets sans seuil de dose (substances cancérogènes). On additionne les quotients de danger à un même organe, dus aux différentes substances présentes dans le rejet. De même, par prudence, l'INERIS conseille d'additionner les ERI liés aux différentes substances.

D'après l'INERIS[63], si les quotients de danger sont inférieurs à la valeur repère de 1, la survenue d'un effet toxique apparaît peu probable. Si les quotients de danger sont supérieurs à 1, l'apparition d'un effet toxique ne peut être exclue.

D'après la littérature internationale (OMS, US-EPA), l'excès de risque individuel repère à ne pas dépasser se situe entre 1E-05 (1 sur 100 000) et 1E-06 (1 sur 1 million). Dans la fourchette de ces valeurs, la probabilité théorique qu'une personne développe un cancer d'un type donné lié à une exposition pendant sa vie entière (70 ans) à la substance considérée, est comprise entre 1 sur 100 000 et 1 sur 1 million.

4.1.2.2. Evaluation de l'impact environnemental

Pour les substances présentant un risque chimique, l'évaluation de l'impact environnemental est basée, pour la voie atmosphérique, sur la comparaison des concentrations ajoutées dans l'environnement à des valeurs limites pour la protection des végétaux et des écosystèmes (articles R. 221-1 et suivants du code de l'environnement pour les rejets chroniques). Pour la voie liquide, cet impact est évalué en priorité par comparaison des concentrations dans les milieux à des concentrations prévisibles sans effet sur l'environnement **PNEC** (Predicted No Effect Concentration). Si ces valeurs ne sont pas disponibles pour les substances étudiées, les normes de qualité environnementales (**NQE**), qui garantissent à la fois la protection de l'environnement et de la santé humaine, peuvent être utilisées. Enfin, à titre indicatif, les limites de classes d'état des cours d'eau (arrêté du 25 janvier 2010 modifié relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface), et les limites de qualité des eaux utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine (annexe II et annexe III de l'arrêté du 11 janvier 2007 modifié relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine) pourront être utilisées.

4.1.3. Utilisation du code CERES pour l'impact en fonctionnement normal

Une fois les données d'entrée du code CERES acquises, le code évalue l'activité (en Bq/m^2, Bq/m^3 ou Bq/kg) pour les substances radioactives, et la concentration (en g/m^3 ou g/kg) pour les substances chimiques, transmise aux différents compartiments de l'environnement (air, eau, sol, végétation, animaux, etc.).

Pour les rejets radioactifs, les effets sur la santé des rejets sont évalués en calculant une « dose efficace » délivrée à l'individu et exprimée en Sievert (Sv). Cette valeur permet d'estimer la dose reçue pour l'ensemble de l'organisme. Pour les rejets chimiques, les effets sur la santé sont évalués à partir de l'estimation de Quotients de Danger (QD) ou d'Excès de Risque Individuel (ERI).

---

[63] Evaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des ICPE - substances chimiques, INERIS, 2003.

CERES simule tout d'abord la dispersion des rejets dans l'environnement. Pour des rejets atmosphériques, la dispersion est basée sur des modèles à bouffées gaussiennes dont les formulations des écarts-types sont issues des travaux de Doury. Le code prend en compte l'effet d'appauvrissement du panache dû aux dépôts secs et humides.

La modélisation CERES prend également en compte, le cas échéant, la décroissance radioactive des radioéléments et leur filiation (un élément radioactif se transforme en un autre élément radioactif appelé son fils).

Ensuite, le code calcule les transferts des substances dans les divers compartiments de l'environnement (sol, plantes, animaux), en utilisant les facteurs de transfert spécifiques à chaque substance.

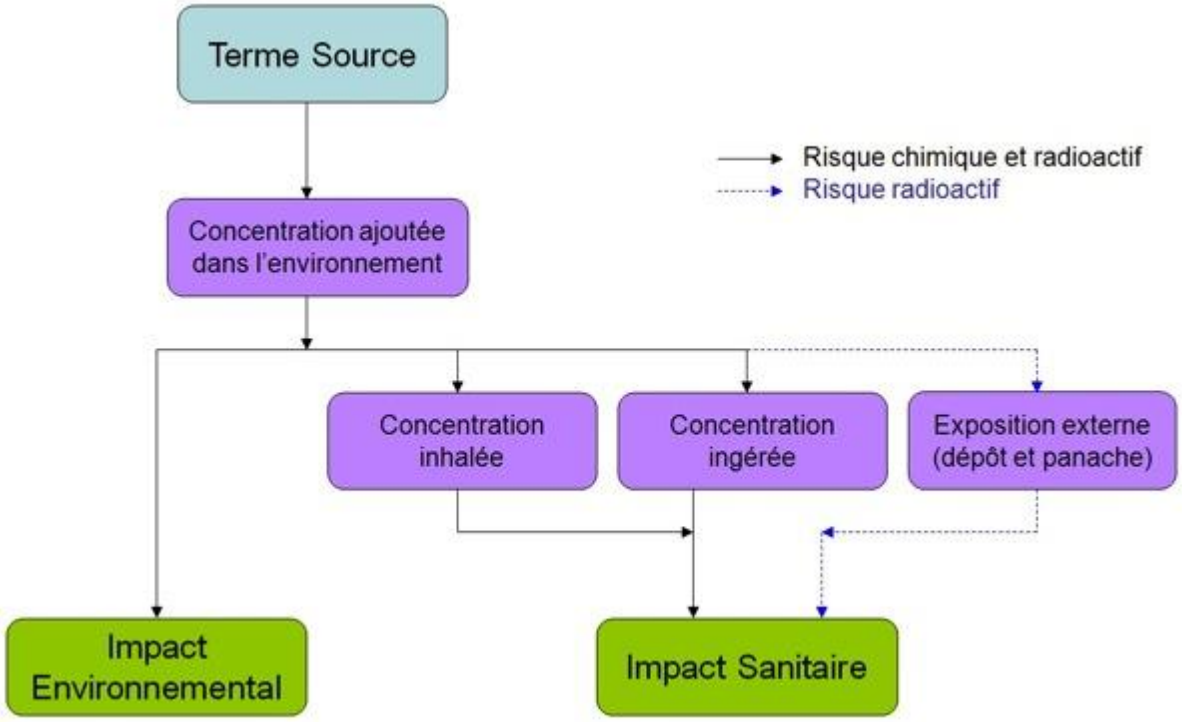


Figure 175 : Modes de transfert pris en compte pour le calcul d'impact

Le code prend ensuite en compte les habitudes alimentaires habituelles des populations locales pour calculer l'ingestion de substances.

Pour les **radionucléides**, le code calcule la dose efficace annuelle reçue par les populations par les diverses voies d'exposition :

- rayonnements provenant du panache, du dépôt au sol et des sédiments ;
- inhalation et transfert par la peau ;
- ingestion d'eau potable, de poissons et de nourriture contaminés par des rejets atmosphériques ou liquides.

Pour les **substances chimiques**, une évaluation est faite à partir des indices de risques reçus par les populations selon les diverses voies d'exposition :

- inhalation ;
- ingestion d'eau potable, de poissons et de nourriture contaminés par des rejets atmosphériques ou liquides.

La partie suivante synthétise les méthodes de calcul utilisées pour estimer l'impact environnemental et sanitaire en conditions normales.

Le principe de détermination des impacts des rejets atmosphériques est illustré dans le schéma ci-après, qui est valable à la fois pour les rejets chimiques et radioactifs.

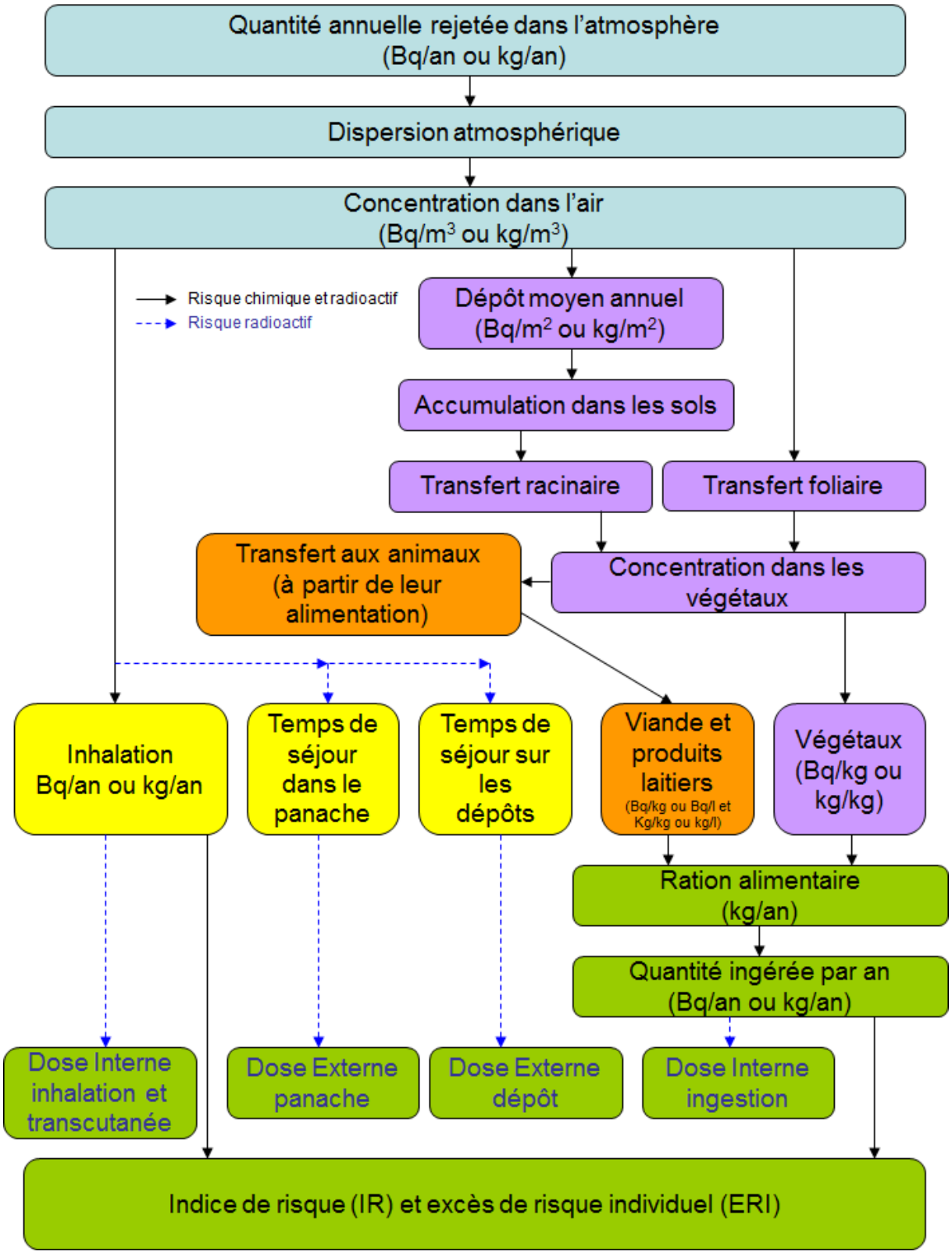


Figure 176 : Schéma de principe de la détermination des impacts des rejets d'effluents atmosphériques

Le principe de détermination des impacts pour les rejets d'effluents liquides (radioactifs et chimiques) est illustré dans le schéma ci-après, valable également à la fois pour les rejets chimiques et radioactifs.

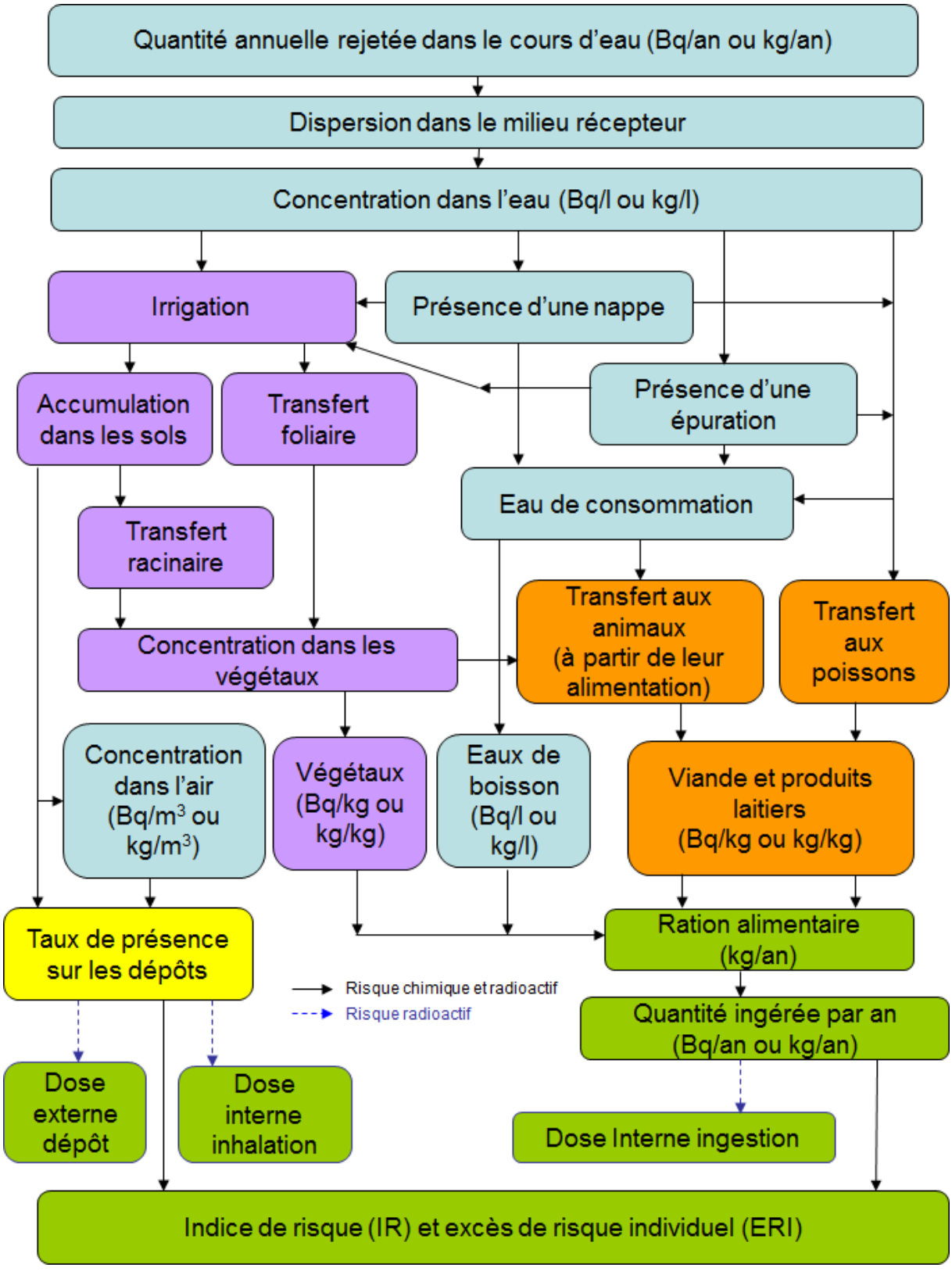


Figure 177 : Schéma de principe de la détermination des impacts des rejets d'effluents liquides

4.1.4. Conséquences potentielles des rejets d'effluents radioactifs sur l'environnement et la santé humaine

4.1.4.1. Méthodes employées

Les conséquences sur l'environnement résultent des sources d'exposition constituées par les rejets radioactifs liquides et atmosphériques et les rejets chimiques liquides et atmosphériques associés aux activités de l'installation.

Libérées dans l'environnement, les différentes matières se dispersent au sein du milieu dans lequel elles ont été rejetées et peuvent, sous l'influence de divers mécanismes, atteindre d'autres milieux.

Ainsi, les effluents rejetés dans l'atmosphère peuvent atteindre l'homme par le biais de l'air dans lequel il se trouve et qu'il respire, du dépôt au sol de particules et/ou du transfert à d'autres milieux comme la chaîne alimentaire.

La dispersion atmosphérique est étroitement liée à la vitesse et à la direction du vent ainsi qu'à la turbulence de l'atmosphère. Elle dépend aussi des conditions d'émission (hauteur de rejet) et des phénomènes climatiques tels que la pluie dans le cas d'émission d'aérosols ou de vapeurs.

Ainsi, au terme d'un cheminement variable, les éléments rejetés peuvent atteindre l'homme, provoquant alors une exposition à des rayonnements ionisants et/ou une toxicité chimique.

Un cas particulier : le tritium

Le tritium peut être rejeté sous forme d'aérosols d'eau tritiée (HTO) et d'hydrogène tritié (HT). Bien qu'une partie du rejet puisse être effectuée sous forme d'aérosols ou d'hydrogène tritié, tous les calculs d'impact sont considérés avec une forme de vapeur d'eau tritiée (HTO), une forme chimique du tritium plus de 10 000 fois plus radiotoxique que l'hydrogène tritié, mais bien moins radiotoxique que les autres types de matières radioactives.

Les transferts du tritium dans l'environnement sont les suivants :

- atmosphère ; la vapeur d'eau tritiée (HTO) est assez facilement captée par les gouttes d'eau et se dépose même sans pluie ;
- sols ; une partie de l'eau tritiée déposée au sol est ré-émise dans l'atmosphère par évaporation à la vitesse d'environ 1% par heure. Une autre partie s'enfonce dans le sol et se mélange à l'eau du sol. Le tritium peut aussi être apporté à la surface du sol par infiltration directe d'eau tritiée liquide ;
- végétation ; le tritium sous forme de vapeur d'eau est relativement bien absorbé par les plantes :
    - suite à un transfert par voie foliaire, la majeure partie (99%) du tritium des feuilles est emportée par l'eau de transpiration et disparaît à raison de 50% toutes les 30 minutes. Le reste du tritium, fixé dans les cellules, disparaît beaucoup plus lentement ;
    - suite à un transfert par voie racinaire, le temps de résidence dans les plantes est plus long (quelques jours) et est fonction de celui du tritium dans le sol ;
    - une partie de l'eau tritiée est transformée en tritium organiquement lié dans la plante.

4.1.4.2. Exposition externe (spécifique rejets radioactifs)

Il y a exposition par voie externe lorsque le corps humain est soumis aux rayonnements émis par une source radioactive qui lui est externe. C'est l'irradiation externe. Dans ce cas, l'action directe des rayonnements prend fin dès que l'individu s'éloigne suffisamment de la source des rayonnements. Il peut exister également une exposition externe superficielle due aux dépôts de substances radioactives sur les vêtements ou la peau. Il s'agit de la contamination externe.

4.1.4.3. Exposition interne

Il y a exposition par voie interne lorsqu'il y a incorporation dans l'organisme humain, soit par inhalation, soit par ingestion de substances, soit encore par voie transcutanée (absorption directe par la peau ou blessure, considérée seulement pour les rejets radioactifs).

L'origine d'une exposition interne est toujours révélatrice d'une contamination du milieu caractérisée par la présence de particules dispersées dans l'environnement dans lequel sont présents les intervenants.

Toute contamination (de l'atmosphère, des surfaces, des vêtements ou des fluides, hors plantes et animaux) engendrant une exposition interne est également une source d'exposition externe pour les substances radioactives. En effet, chaque élément de volume ou de surface contaminé constitue une source radioactive qui irradie à distance.

Un cas particulier : le tritium

L'absorption par l'organisme et le transfert vers le sang diffèrent selon les composés. L'hydrogène tritié (HT) est peu soluble dans l'eau ou les fluides corporels. Son assimilation est environ 10 000 fois plus faible que sous forme d'eau tritiée (HTO). L'absorption d'eau tritiée peut se faire également par ingestion d'eau de boisson ou par ingestion de l'eau des aliments. Le tritium peut aussi être absorbé sous forme de nourriture contenant du tritium dit organique (lié à des molécules organiques).

Le rayonnement β émis par le tritium ayant une faible énergie et un faible parcours, le tritium ne présente un risque radiologique que s'il pénètre dans l'organisme (exposition interne) :

- L'absorption par ingestion du tritium (HT), de l'eau tritiée (HTO) ou de fractions réduites de tritium organiquement liée qui pourrait être généré dans les installations est quasi complète. En fonction de sa forme chimique, le tritium peut être absorbé directement ou après dégradation de la molécule porteuse. Suite aux recommandations de la Commission internationale pour la protection radiologique (CIPR), on considère que 3 % du tritium sous forme d'HTO sera converti en composé organique (TOL) dans le corps humain, avec une **période effective biologique** de 10 jours. La moitié du TOL provenant de la nourriture est convertie en HTO en une **période biologique** de 40 jours. En 30 minutes, la distribution est homogène dans l'organisme.
- Le tritium et l'eau tritiée peuvent être inhalés sous forme gazeuse. Moins de 0,01% de l'activité inhalée d'hydrogène tritié (HT) passe dans le sang où une partie pourra être transformée en eau tritiée. 99% de l'eau tritiée inhalée est transférée dans le sang sans modification de la forme chimique.

Le tritium est un des radionucléides les plus étudiés par la recherche, même si tout n'est pas encore connu à son sujet. Le tritium est un des radionucléides les moins radiotoxiques pour l'homme.

Période radioactive et période biologique : Une molécule non radioactive absorbée par l'organisme disparaitra progressivement par les voies naturelles selon une loi du même type que celle de la décroissance naturelle de la radioactivité. Au bout d'un temps t, il ne restera plus que la moitié de la substance considérée, au bout de 2*t, il restera le quart, au bout de 3*t, le 8ème, etc. Le paramètre t est appelé période biologique. Un produit radioactif ingéré décroit donc à la fois par sa période radioactive et par sa période biologique.

4.1.4.4. De la quantité absorbée à la dose (spécifique aux rejets radioactifs)

La dose absorbée représente la quantité d'énergie absorbée, par unité de matière. Elle se mesure en Gray (Gy), 1 Gray représentant 1 Joule déposé dans 1 kg de matière.

Les différents types de rayonnement (α, β et γ) n'exercent pas le même effet sur les tissus. Afin de tenir compte de ces différences, la dose équivalente a été définie comme le produit de la dose absorbée par le tissu ou l'organe par un facteur de pondération propre à chaque type de rayonnement. La dose équivalente s'exprime en Sievert (Sv) ; un Sievert représente une dose très élevée et on utilise généralement le milli-Sievert (1 mSv = 0,001 Sv = 1E-03 Sv).

Le rayonnement a une incidence différente sur chaque tissu et chaque organe. Afin de tenir compte de ces différences, la dose efficace a été définie comme la somme des doses équivalentes délivrées aux différents tissus ou organes du corps, par exposition interne et externe et pondérées par un facteur de sensibilité du tissu ou de l'organe. Elle s'exprime également en Sievert.

La dose efficace annuelle calculée par CERES est la somme des doses efficaces annuelles délivrées par expositions interne et externe aux différents tissus et organes du corps. Elle est liée aux différentes voies d'atteinte de l'homme.

Les doses efficaces annuelles sont estimées après la première année et après la 50ème année d'exploitation. Le calcul est en effet effectué pour des rejets continus de la première année jusqu'à la cinquantième année d'exploitation (70 ans dans le cas des enfants).

La dose efficace par exposition externe aux dépôts tient compte de l'activité accumulée dans l'environnement depuis la mise en service de l'installation, ainsi que de la décroissance des radionucléides.

4.1.5. Hypothèses et méthodes utilisées pour les calculs d'impact des rejets atmosphériques

4.1.5.1. Hypothèses de filtration avant rejet

De manière conservative pour l'estimation des rejets atmosphériques à retenir pour les calculs d'impact, on considère, pour les aérosols :

- que le rendement pour un seul filtre THE est de 99,9%, soit un coefficient d'épuration (calculé comme le rapport entre l'activité des aérosols en entrée et celle en sortie) de 1 000 ;
- que lorsque deux filtres THE sont en série, le coefficient d'épuration du second filtre THE en série est égal à 10 (cette valeur est pénalisante : en effet, après leur passage à travers le premier niveau de filtre THE, les particules peuvent se ré-agglomérer dans l'ambiance de l'installation, permettant ainsi au mécanisme de captation par interception de fonctionner au deuxième niveau de filtre THE). Le coefficient d'épuration global retenu pour deux filtres THE en série est donc de 10 000 (soit un rendement global de 99,99%).

Les filtres THE n'ont pas d'efficacité sur les gaz.

4.1.5.2. Conditions de rejet

Les rejets canalisés de l'installation à composante radioactive sont effectués par une cheminée (émissaire). Les rejets diffus sont quant à eux considérés au niveau du sol.

Les rejets atmosphériques à composante chimique (groupe électrogène, camions) sont considérés effectués à la hauteur du sol.

4.1.5.3. Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques sont établies à partir de mesures enregistrées par les stations météorologiques du Centre de Cadarache. Les données météorologiques sont réparties dans une rose des vents de 18 secteurs présentée dans la partie 1, §3.

4.1.5.4. Populations exposées

Les populations retenues pour l'étude des effets des rejets atmosphériques sur l'environnement sont, compte tenu des conditions météorologiques locales, celles qui se trouvent être les plus proches du site : le Hameau, Saint-Paul-lez-Durance et Ginasservis.

Groupes	Particularité
Le Hameau	Résidence étudiante, occupée toute l'année, située à proximité du Centre de Cadarache.
Saint-Paul-lez-Durance	Village situé à l'ouest, au bord de la Durance.
Ginasservis	Village situé à l'est

Tableau 253 : Principaux groupes de populations retenus pour les calculs d'impacts des rejets atmosphériques

Les calculs d'impact des rejets atmosphériques sont également effectués pour d'autres groupes de population, moins exposés, dans un souci d'information la plus complète possible.

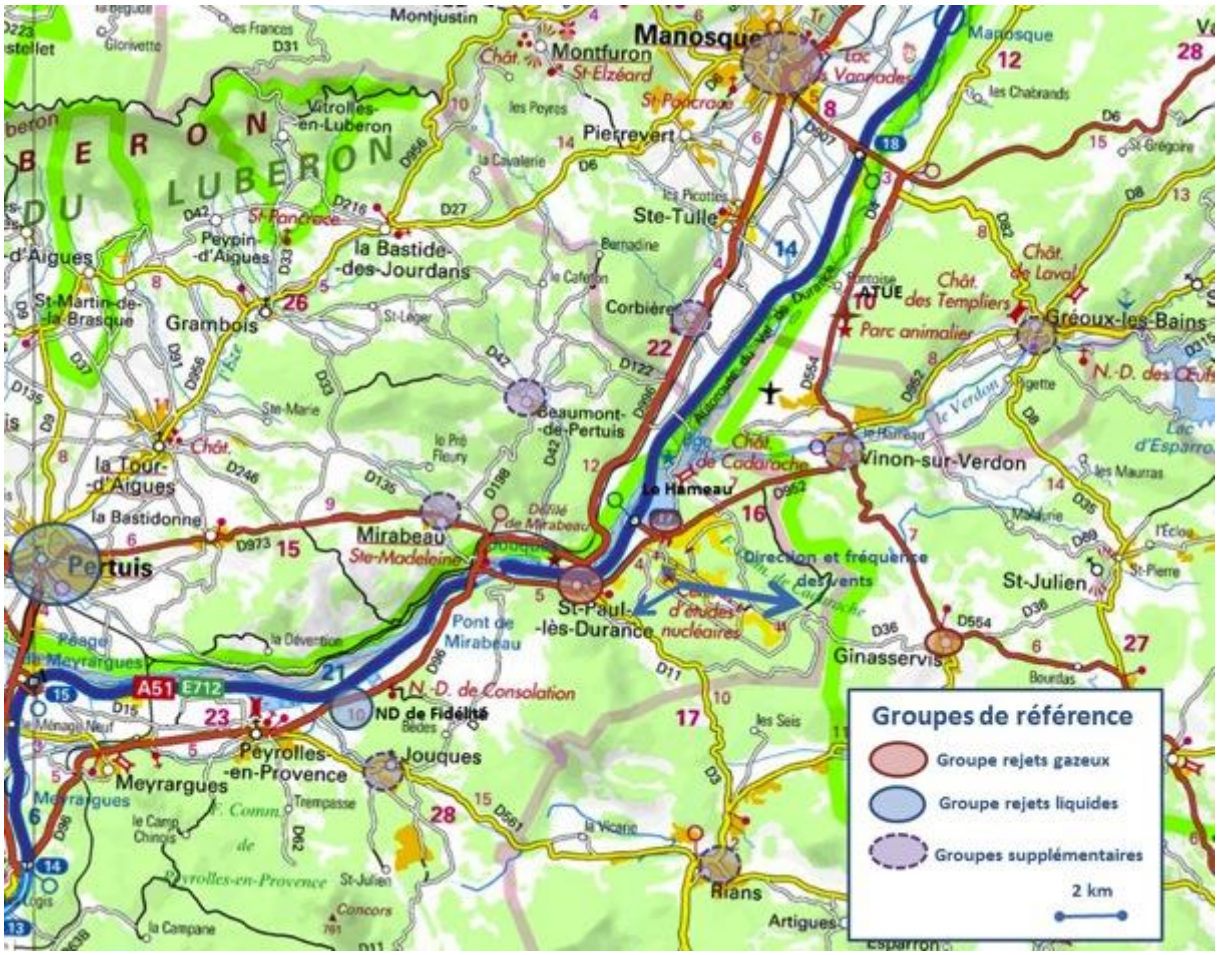


Figure 178 : Groupes de population

L'impact radiologique est calculé pour l'adulte (17 ans et plus), l'enfant de 10 ans (représentatif de la tranche 7 à 12 ans) et l'enfant de 1 à 2 ans, en supposant une présence permanente à l'extérieur sans protection. Le Hameau est géré par la mairie de Saint-Paul-lez-Durance, on considère de façon très conservative que des enfants peuvent y être présents, même s'il s'agit d'une résidence étudiante. L'impact chimique est évalué pour un adulte. Enfin, pour tous les villages excepté le Hameau, on suppose l'existence d'un jardin familial et d'animaux d'élevage.

4.1.5.5. Habitudes alimentaires

De façon très pénalisante, on considère des taux de présence égaux à 100% quel que soit le lieu étudié, et une autarcie alimentaire dans les villages pour les denrées produites localement.

Le régime alimentaire considéré pour le calcul des doses par ingestion est défini à partir des statistiques sur l'autarcie alimentaire dans la région méditerranéenne trouvées dans la base de données Ciblex, issues d'enquêtes sur le terrain et adaptées aux environs du Centre de Cadarache où on ne trouve aucun élevage bovin. Il est présenté dans le tableau suivant.

On ne trouve dans ce tableau que les denrées alimentaires susceptibles d'être produites localement. Le complément de la ration, non produit localement, n'est pas impacté par les rejets du Centre de Cadarache et n'est donc pas pris en compte dans les calculs d'impact.

Aliment en kg/an	Adulte	Enfant de 10 ans	Enfant de 1 à 2 ans
salades	15	10	6,5
carottes	25	20	13
tomates	10	7	6,5
pommes	40	25	13
viande (mouton)	3	1,5	-
viande (poulet)	11	5,5	3
lait (chèvre)	42	21	-
œufs	6	3	1,5

Tableau 254 : Ration alimentaire des humains en kg/an

La ration alimentaire des animaux est quant à elle présentée dans le tableau ci-après :

Aliment en kg/an	Mouton	Poule	Chèvre
Herbe	420	-	420
Maïs fourrage	-	6	-
Foin	360	-	360

Tableau 255 : Ration alimentaire des animaux d'élevage en kg/an

Les voies d'exposition des groupes de populations sont résumées dans le tableau ci-après.

Voies d'exposition	Hameau	Ginasservis et autres zones d'habitations *	Saint-Paul-Lez-Durance	Beaumont-de-Pertuis et autres zones d'habitations **
Exposition au panache	**x**	**x**	**x**	**x**
Inhalation	x	x	x	x
Irradiation panache	x	x	x	x
Expositions aux dépôts	**x**	**x**	**x**	**x**
Exposition par ingestion de produits contaminés lors du passage du panache		**x**	**x**	**x**
Salades		x	x	x
Carottes		x	x	x
Tomates		x	x	x
Pommes		x	x	x
Lait (Chèvre)		x	x	x
Viande (Mouton)		x	x	x
Œuf (Poule)		x	x	x
Viande (Poule)		x	x	x
Exposition par ingestion de produits contaminés par l'eau de la Durance			**x**	**x**
Salades			x	
Carottes			x	
Tomates			x	
Pommes			x	
Lait (Chèvre)			x	
Viande (Mouton)			x	
Œuf (Poule)			x	
Viande (Poule)			x	
Poisson			x	
Eau de boisson				x

** : Corbières, Ginasservis, Gréoux-les-Bains, Jouques, Manosque, Vinon-sur-Verdon ; ** : Mirabeau, Pertuis*

Tableau 256 : Voies d'exposition des groupes de populations

4.1.5.6. Hypothèses associées au transfert de rejets atmosphériques vers le corps humain

Rejets radioactifs

Les coefficients de dose efficace relatifs à l'incorporation de radionucléides par la voie interne (inhalation / ingestion) sont ceux préconisés par l'arrêté du 1er septembre 2003 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants. Ces facteurs spécifiques à chaque radioélément fournissent la dose engagée pour chaque becquerel incorporé et dépendent de l'âge de la personne.

Pour le calcul de l'exposition externe, les facteurs de conversion en dose efficace ne dépendant pas du métabolisme des personnes et ne varient donc pas en fonction de l'âge. En revanche, ces facteurs sont fonction de la nature de la source : exposition au panache, à un dépôt de sol pour le domaine terrestre. Les coefficients de dose efficace qui permettent de quantifier l'exposition externe à partir des activités de l'air et de la surface du sol sont donnés par le rapport Federal Guidance n°12.

Rejets chimiques

Les valeurs repères retenues pour l'évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des rejets proviennent du décret 98-360 du 6 mai 1998 relatif à la qualité de l'air, modifié par les décrets 2002-213 du 15 février 2002 et 2003-1085 du 12 novembre 2003, de l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS) également pour la qualité de l'air, de l'Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) proposant des valeurs de type « Minimal Risk Level » (MRL) pour différentes substances, de la base de données IRIS de l'US-EPA (United States - Environmental Protection Agency) synthétisant les informations épidémiologiques concernant plus de 500 polluants cancérogènes ou classés tels, des fiches de l'INERIS décrivant les caractéristiques de différentes substances, présentant des synthèses bibliographiques des études de toxicité réalisées sur ces substances, du rapport sur l'étude épidémiologique des installations du Nord Cotentin et de la base de données « the risk assessment information system » (RISK) fournissant des valeurs de toxicité pour des substances, à effets de seuil ou non, pour les voies inhalation et ingestion.

4.1.5.7. Évaluation de l'impact des rejets atmosphériques

Les effluents rejetés par voie atmosphérique se dispersent dans l'atmosphère selon les caractéristiques météorologiques du site.

Une certaine partie des particules contenues dans ces rejets se dépose, soit par gravité, soit par impact sur le sol ou la végétation rencontrée, soit par lessivage par les précipitations. Elle migre ensuite dans la terre, dans les végétaux, dans les fourrages et les animaux. L'individu, en relation avec ces rejets par inhalation d'air, contact avec le sol et ingestion de produits alimentaires issus de la culture ou de l'élevage, est donc susceptible de subir un détriment par des rayonnements et/ou des toxiques chimiques, soit de façon directe (ingestion d'aliments ayant subi des dépôts d'aérosols et la pluie), soit de façon indirecte (ingestion d'aliments influencés par les transferts racinaires à partir du sol).

4.1.5.8. Transfert par le milieu atmosphérique

Le transfert par le milieu atmosphérique est évalué au moyen d'un calcul de dispersion atmosphérique qui permet, à partir de la quantité de rejets émis dans l'environnement (exprimée en Bq/an pour les rejets radioactifs ou kg/an pour les rejets chimiques) et des conditions météorologiques, d'évaluer les activités/concentrations ajoutées dans l'air des substances rejetées en moyenne annuelle (Bq/m^3 ou kg/m^3).

Ainsi, la détermination de l'impact passe par le calcul du coefficient de transfert atmosphérique, défini d'une façon générale entre une source et un point M (x,y,z) comme le rapport entre la concentration intégrée sur le temps au point M et la quantité totale Q de substances émise par la source.

Le transfert atmosphérique est calculé en trois points représentatifs des différentes voies d'atteinte à l'homme, englobant le lieu d'habitation, le lieu de production du fourrage destiné aux animaux, et le lieu de production des végétaux consommés. Dans le cas de Cadarache, ces 3 points sont confondus.

En chacun de ces points, un coefficient de transfert moyen spécifique à chaque substance est calculé en tenant compte des conditions météorologiques, de la décroissance radioactive (le cas échéant) et de l'appauvrissement par dépôts sec et humide (par lessivage par temps de pluie) des aérosols au sol.

Les calculs de concentration intégrée dans l'air sont effectués en considérant ce transfert atmosphérique à la distance du point d'émission.

Rejets radioactifs

Cette concentration permet de calculer :

- la dose efficace due à l'irradiation par le panache ;
- la dose efficace due à l'inhalation de radionucléides lors du passage du panache qui est fonction du débit respiratoire moyen issu de la CIPR 66 (0,96 m^3/h pour l'adulte, 0,64 m^3/h pour l'enfant de 10 ans et 0,22 m^3/h pour l'enfant de 1 à 2 ans) ;
- la dose efficace due à l'irradiation par le dépôt ;
- dans le cas du tritium, la dose incorporée par transfert transcutané.

Le code calcule des flux de dépôts moyens annuels, en déduit des débits de dose dus au dépôt ainsi que les transferts aux végétaux.

Rejets chimiques

Dans le cas d'un rejet d'une substance chimique, cette concentration permet de calculer l'indice de risque ou l'excès de risque individuel par inhalation qui est fonction du débit respiratoire moyen.

Le code calcule des flux de dépôts moyens annuels et en déduit les transferts aux végétaux.

4.1.5.9. Transfert par le milieu terrestre

Pour tenir compte de l'évolution des concentrations des substances rejetées en fonction de l'année, il faut additionner la concentration due aux dépôts des rejets de l'année et la concentration résiduelle due aux dépôts des années précédentes.

Les calculs sont effectués pour une exposition annuelle d'un an après le début de l'exploitation de l'installation considérée, et pour des expositions pendant 50 ans après le début de l'exploitation, en tenant compte pour les substances radioactives des produits de filiation des radioéléments rejetés et de leur décroissance radioactive.

Les concentrations en substances des végétaux dues au transfert par le sol est estimée à partir de l'évaluation des dépôts au sol.

4.1.5.10. Transfert par la chaîne alimentaire

Les concentrations ajoutées dans les végétaux permettent de calculer :

- la dose efficace due à l'ingestion de végétaux et à l'ingestion de productions animales, pour les substances radioactives ;
- l'indice de risque ou l'excès de risque individuel dus à l'ingestion de végétaux et de productions animales, pour les substances chimiques.

Un calcul de la concentration en substances dans les produits d'origine végétale est effectué en prenant en compte le dépôt direct sur la masse foliaire et indirect via l'absorption racinaire. Pour les produits d'origine animale, on considère que leur alimentation est assurée uniquement par des produits d'origine locale.

4.1.6. Hypothèses et méthodes utilisées pour le calcul d'impact des rejets liquides

4.1.6.1. Conditions de rejet

Pour les calculs de dispersion, on suppose que les rejets dans la Durance sont continus, avec le débit minimal de 9 m^3/s (garanti par le barrage EDF sur la Durance en amont du Centre de Cadarache).

4.1.6.2. Populations exposées

Les populations exposées aux rejets liquides sont les populations voisines utilisant l'eau de la Durance, à des fins d'irrigation, pour l'abreuvage des animaux d'élevage, ou pour l'eau potable. Saint-Paul-lez-Durance est la commune la plus proche en aval du point de rejet. On prend en compte l'irrigation de ses cultures, cependant l'eau potable de la commune ne provient pas de la Durance, mais de sources.

Toutefois, certaines communes en aval de Cadarache peuvent prélever dans la Durance une partie des eaux destinées à la consommation humaine.

L'impact dosimétrique est calculé pour des adultes, des enfants de 10 ans et des enfants de 1 à 2 ans.

4.1.6.3. Habitudes alimentaires

Les hypothèses adoptées sont identiques à celles présentées précédemment pour l'évaluation de l'impact des rejets atmosphériques.

Les rations alimentaires sont celles présentées dans le tableau précédent. Toutefois, dans le cas des rejets par voie liquide, on prend en plus la consommation d'eau de boisson et de de poissons d'eau douce.

Aliment en kg/an	Unité	Adulte	Enfant de 10 ans	Enfant de 1 à 2 ans
Eau de boisson	L/an	600	600	250
Poisson	kg/an	6	6	-

Tableau 257 : Consommation d'eau de boisson et de de poissons d'eau douce prise en compte dans le cas des rejets liquides

4.1.6.4. Évaluation de l'impact des rejets liquides

Les substances rejetées dans la Durance y sont diluées en fonction du débit de rejet et du débit du cours d'eau. Une partie d'entre elles est emportée par le courant et transmise à l'homme via la chaîne alimentaire ou par inhalation suite à une remise en suspension d'aérosols provenant de l'eau d'irrigation après évaporation.

Les concentrations ajoutées pour chaque substance rejetée sont calculées à partir des quantités annuelles rejetées et du débit retenu pour la Durance.

4.1.6.5. Transfert par le milieu aquatique

Les substances rejetées dans la Durance se répartissent en fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques entre une phase aqueuse et une phase solide (matières en suspension) dans l'eau brute.

On utilise dans les calculs la notion de facteur de partage, rapport entre la part fixée sur les matières en suspension et celle de l'eau filtrée. La concentration moyenne annuelle est calculée en faisant le rapport des quantités de substances émises annuellement sur le débit annuel.

Le code de calcul permet de distinguer deux cas :

- l'utilisation directe de l'eau de la rivière pour l'irrigation ou l'abreuvage du bétail (eau brute) ou l'ingestion sous forme d'eau de boisson,
- le pompage indirect via la nappe alluviale. Dans ce cas le modèle tient compte d'une atténuation des concentrations due à une possible dilution par d'autres sources et due également à la filtration par les terrains traversés qui dépend du facteur de distribution entre l'eau et les matières solides.

Pour les substances radioactives, l'utilisation d'un facteur de conversion en dose efficace permet d'évaluer l'influence par ingestion d'eau de boisson.

Il est considéré de façon maximaliste que la totalité du poisson d'eau douce consommé provient de la Durance.

4.1.6.6. Transfert par la chaîne alimentaire

Transfert aux végétaux irrigués

La concentration des substances dans les végétaux irrigués est calculée en tenant compte d'une part de la contamination directe par transfert eau-feuille et d'autre part du transfert racinaire. Ce dernier dépend des caractéristiques du sol et du métabolisme des plantes vis-à-vis des différentes substances considérées.

Le calcul du transfert racinaire est effectué pour des périodes d'accumulation dans le sol jusqu'à 70 ans. On tient compte pour ce calcul des apports annuels dans le sol et des pertes par lixiviation[64] et décroissance radioactive, le cas échéant. On utilise la concentration en substances de l'eau brute (eau de surface).

Transfert aux produits d'origine animale

Toutes les substances présentes dans l'environnement suite aux rejets liquides se retrouvent dans les produits d'origine animale par :

- ingestion d'aliments solides ; on suppose ici que tous les aliments consommés par les animaux d'élevage sont produits localement ;
- abreuvage.

Pour chaque voie de transfert, la concentration en radionucléides dans les parties consommées de l'animal est le produit d'un facteur de transfert spécifique à cette voie, par la quantité journalière incorporée correspondante. Les concentrations résultant de chaque voie de transfert sont sommées.

---

[64] Lixiviation : Traitement d'une substance par un liquide pour en extraire les constituants solubles. Par extension, perte des constituants solubles d'une substance exposée à l'eau.

Transfert aux poissons

L'activité des poissons est déduite directement de l'activité dissoute dans l'eau de la rivière par utilisation de facteurs de transfert à l'équilibre.

Transfert à l'eau de boisson

On considère que les habitants les plus exposés consomment de l'eau pompée directement dans la Durance.

4.1.6.7. Transfert par le milieu atmosphérique

Une partie des aérosols du sol sur lequel se fixent les substances présentes dans l'eau d'irrigation est remise en suspension par évaporation. CERES évalue alors, selon la nature de la substance, la dose intégrée ou l'indice de risque et l'excès de risque individuel par inhalation correspondante.

4.2. Limites méthodologiques et incertitudes

4.2.1. Evaluation des rejets dans l'environnement

Les rejets peuvent varier d'une année sur l'autre, en fonction des opérations de fonctionnement et/ou de démantèlement qui sont menées dans l'installation, ou du nombre de personnes qui sont présentes. Pour rester enveloppe, des valeurs maximales de rejets sont déterminées, après avoir comparé différents scénarios de démantèlement, en appliquant la séquence ERC (éviter, réduire, compenser). Ces valeurs de rejets sont utilisées pour l'évaluation de leur incidence sur la santé humaine et l'environnement. Une des difficultés est que ces valeurs devront à la fois :

- être les plus faibles que raisonnablement possible, à l'issue de la séquence ERC, pour limiter les impacts ;
- intégrer les incertitudes associées à la détermination (évaluation de l'activité encore présente dans l'installation, méthodologies utilisées pour les opérations de démantèlement, durée du démantèlement, etc.) ;
- être enveloppes, pour être sûr que l'impact réel sera quoiqu'il en soit inférieur à l'impact calculé.

4.2.2. Calculs d'impacts sur la santé humaine

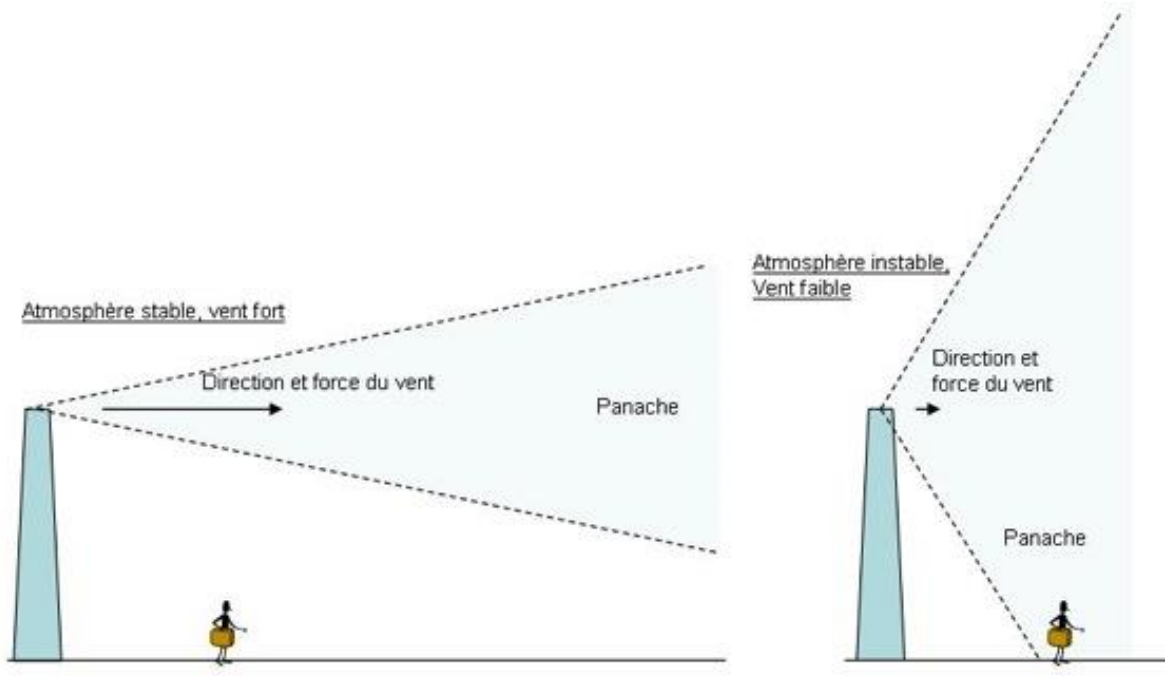
Les méthodes utilisées qui ont été présentées dans les paragraphes précédents sont le résultat de plusieurs dizaines d'années de recherches et de mises au point. Ces méthodes sont à présent totalement acceptées par la communauté internationale et ne présentent plus de difficultés de mise en œuvre.

Les difficultés de détermination de certains paramètres méritent cependant quelques développements.

Tout d'abord, les calculs ne sont pas représentatifs du mode de vie de chaque individu, un exemple suffit à le mettre en évidence : tous les habitants de Saint-Paul-lez-Durance n'ont pas de jardin, et tous ceux qui ont un jardin ne l'arrosent pas avec l'eau de la Durance. Leur exposition aux rejets liquides du site de Cadarache sera donc différente.

Pour contourner cette difficulté, la méthode utilisée définit des groupes théoriques d'individus, dits « groupes de référence » qui, selon leur position géographique (sous les vents dominants ou non, près de la Durance ou éloignés, etc.) et leur mode de vie (âge, type d'alimentation et de boisson), pourront être plus ou moins exposés aux conséquences des rejets atmosphériques et liquides du projet.

Il est évident qu'un groupe qui ne consomme que des produits locaux, influencés par les rejets du projet, sera plus exposé qu'un groupe qui n'en consomme pas. Par contre, il est beaucoup moins évident qu'un groupe qui se trouve à proximité immédiate du site soit plus exposé aux rejets atmosphériques qu'un groupe plus éloigné : il faut en effet tenir compte de la direction des vents et de l'état de l'atmosphère au moment du rejet (stable ou instable). Ceci est illustré dans le schéma ci-dessous.



Il n'est donc pas facile de déterminer, *a priori*, quel sera le groupe théorique le plus exposé. C'est pour cette raison que l'on fait plusieurs calculs sur plusieurs groupes afin de déterminer les conséquences des rejets pour chacun d'eux.

Le but ultime de tous ces calculs est de vérifier que les conséquences des rejets sont acceptables pour tous les individus susceptibles d'y être exposés. Comme tous les paramètres ne peuvent pas être déterminés avec précision, on résout la difficulté en utilisant une démarche pénalisante qui consiste à systématiquement retenir les hypothèses ou paramètres qui conduiront à une détermination de l'impact par excès.

Comme cette surestimation est systématique dès qu'un paramètre peut être entaché d'une incertitude, les calculs d'impact donnent ainsi des résultats très supérieurs à la réalité.

Concernant les estimations des impacts des rejets chimiques, le CEA est régulièrement confronté, pour les besoins de ses installations, à des interrogations quant au choix des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) dans les évaluations des risques sanitaires telles qu'usuellement pratiquées pour les études d'impact des installations classées et la gestion des sites et sols pollués.

L'INERIS a développé un portail spécifique concernant les substances chimiques (http://www.ineris.fr/substances/fr/). Le portail substances chimiques de l'INERIS fournit des grandeurs caractéristiques sur les substances chimiques dans les domaines suivants : écotoxicologie, toxicologie, données technico-économiques ; il n'est malheureusement pas exhaustif à ce jour.

Il reste donc de nombreuses substances pour lesquelles les VTR sont absentes, que ce soit sur le portail INERIS ou dans la littérature (US-EPA, ATSDR, OMS etc.).

4.2.3. Calculs d'impacts des rejets radioactifs sur l'environnement

Rapide état des lieux

Les méthodes de calcul d'impact ont été en priorité développées pour estimer l'impact sanitaire des rejets d'effluents radioactifs. Pour ce qui concerne l'impact sur l'environnement, les méthodes et paramètres sont en cours de définition. De nombreux groupes de travail Autorité de sûreté / organismes de recherche / exploitants d'installation étudient le sujet.

Aujourd'hui, nous avons une bonne connaissance des méthodes de détermination des impacts des rejets radioactifs sur la santé humaine, les incertitudes sur les effets de la radioactivité à faible dose sont prises en compte dans les modèles. Ces connaissances ne peuvent que très partiellement être transposées directement aux autres êtres vivants. Nous savons par exemple que les bactéries résistent beaucoup mieux que l'homme à l'exposition aux rayonnements.

D'autre part, l'acquisition de la connaissance fine des effets de la radioactivité sur tous les organismes vivants non humains est une tâche compliquée qui n'a pas encore abouti à la mise en place de méthodologie et *a fortiori* d'outils exhaustifs pour l'évaluation de l'impact associé.

Dans l'état actuel des choses, les codes de calcul donnent les activités ajoutées dans les différents compartiments de l'environnement mais ne permettent pas d'estimer les niveaux d'exposition car il n'existe pas aujourd'hui de valeurs réglementaires pour la faune et la flore du même type que celles utilisées pour caractériser l'exposition du public (dose unitaire issue de l'arrêté du 1er septembre 2003 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants). Il n'existe également pas de valeur de référence qui permettent de caractériser le risque.

Pour les substances chimiques, l'évaluation de l'impact environnemental se base sur la méthodologie de l'évaluation des risques décrite dans le Document Guide Technique européen (TGD) mais ne présentant des concentrations sans effet prévisible sur l'environnement (PNEC) que pour un nombre restreint de substances.

Dans le cadre du programme de surveillance du site de Cadarache, nous disposons du suivi de l'environnement depuis la création du Centre, soit une cinquantaine d'années. Les rejets d'effluents chimiques et radioactifs ont varié au cours des différentes années, et en moyenne ont été plus importants par le passé, notamment quand certaines installations étaient en fonctionnement ATUE, RAPSODIE, etc.).

La surveillance de l'environnement n'a jamais montré de marquage significatif de l'environnement attribuable aux rejets de Cadarache. Ce sont ces résultats et leur extrapolation qui permettent de porter un jugement sur l'impact environnemental des activités du site de Cadarache et sur son évolution dans le temps.

Etude d'impact écologique

L'impact des substances chimiques ou radiologiques sur les milieux naturels, la flore et la faune reste encore très mal connu et difficile à évaluer *a priori*. Plusieurs raisons peuvent être mises en avant :

- le manque d'études des effets des substances polluantes sur les écosystèmes et les espèces. Les pollutions aiguës sont assez bien documentées mais les pollutions diffuses, plus difficiles à étudier, font l'objet de moins de publications. De plus, les réactions sont différentes selon les écosystèmes et les espèces concernées, et les recherches actuelles ne se concentrent que sur certains d'entre eux ;

- la difficulté d'appréhender le devenir des polluants dans les écosystèmes, qui dépend de nombreux facteurs biotiques (types d'écosystèmes en présence…) et abiotiques (débit et vitesse du courant d'un cours d'eau, orientation des vents dominants, nature du substrat…). Ainsi la diffusion des substances (dilution/concentration) diffère selon les conditions locales. De plus, les substances peuvent se transformer sous l'effet d'actions extérieures en des éléments plus ou moins dangereux que ceux initialement rejetés ;
- le mode de contamination : une même substance peut avoir des effets divers sur un organisme en fonction de sa voie de contamination (contact avec la peau, inhalation, ingestion…) ;
- l'effet « cocktail », soit l'interaction des substances entre elles qui peut augmenter ou réduire leurs effets, comparativement aux éléments pris séparément. Ces impacts conjugués sont pour le moment encore très mal connus.

Crédits photographiques :

CEA, If Ecologie Conseil, Synergis Environnement, IGN

Glossaire des sigles et des définitions

1. Sigles

A

AASQA	Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air
Ae	Autorité environnementale
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AFB	Agence Française pour la Biodiversité
AGATE	Atelier de Gestion Avancée et de Traitement des Effluents (CEA Cadarache)
AIEA	Agence Internationale pour l'Energie Atomique (*IAEA* en anglais)
AIP	Activités Importantes pour la Protection
ALARA	*As Low As Reasonably Achievable* (aussi faible que raisonnablement possible)
ALLEnvi	Alliance nationale de recherche pour l'environnement
ALLISTENE	Alliance des sciences et technologies du numérique
ANCRE	Alliance Nationale de Coordination de la Recherche pour l'Energie
ANDRA	Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
AOC	Appellation d'Origine Contrôlée
APD	Avant-Projet Détaillé
APPB	Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope (nature)
APS	Avant-Projet Sommaire
ARS	Agence Régionale de Santé
ASN	Autorité de Sûreté Nucléaire
ASND	Autorité de Sûreté Nucléaire Défense
ASPITET	Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Eléments Traces (programme de l'INRA)
ATHENA	Alliance thématique nationale des sciences humaines et sociales
ATSDR	*Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (États-Unis)
AVIESAN	Alliance Nationale pour les sciences de la vie et de la santé

B

B(a)P	Benzo(a)Pyrène
BAGT	Boîte à Gants de Transfert
BEP	Boucle à Eau Pressurisée
BREF	*Best available techniques REFerence documents*
BT	Basse tension

C

CAD	Cadarache
CDH	Comité Départemental d'Hygiène
CEA	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
CEDRA	Conditionnement et Entreposage des Déchets RadioActifs (CEA Cadarache)
CEN	Conservatoire d'Espaces Naturels
CEP	Contrôles et Essais Périodiques
CEREMA	Centre d'études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement
CERES	Code d'Évaluations Rapides Environnementales et Sanitaires (CEA)
CGDD	Commissariat Général au Développement Durable

CIGEO	Centre Industriel de stockage GEOlogique (ANDRA)
CIPR	Commission Internationale de la Protection Radiologique
CIRES	Centre Industriel de Regroupement, d'Entreposage et de Stockage (ANDRA), [*nouveau nom du CSTFA*]
CLI	Commission Locale d'Information
CNPN	Conseil National de la Protection de la Nature
CNV	
CODEP	Comité Départemental
CODERST	Conseil départemental de l'environnement, des risques sanitaires et technologiques
CORINE	COordination et Recherche de l'INformation en Environnement. (CORINE Land Cover est une base de données européenne d'occupation biophysique des sols)
COT	Carbone Organique Total (paramètre de qualité de l'eau)
COV	Composé Organique Volatil
COVNM	Composé Organique Volatil Non Méthanique
CQSE	Cellule Qualité, Sécurité, Environnement (CEA)
CSA	Centre de Stockage de l'Aube (ANDRA)
CSMN	Cellule de Sûreté et Matières Nucléaires (CEA)

D

DAC	Décret d'Autorisation de Création (procédure INB)
DBO5	Demande Biochimique en Oxygène à 5 jours (paramètre de qualité de l'eau)
DCO	Demande Chimique en Oxygène (paramètre de qualité de l'eau)
DDTM	Direction Départementale des Territoires et de la Mer
DEEE	Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques
DEM	DEMantèlement
DES	Direction des Énergies (CEA)
DF	Diffusion Faible (atmosphère)
DIB	Déchet Industriel Banal
DID	Déchet Industriel Dangereux
DJA	Dose Journalière Admissible
DJE	Dose Journalière d'Exposition
DN	Diffusion Normale (atmosphère)
DNF	Dernier Niveau de Filtration
DRAC	Direction Régionale des Affaires Culturelles
DPRC	Dispositif de Prélèvement des Rejets Cheminées (pour mesure radioactivité)
DSSN	Direction de la Sécurité et de la Sûreté Nucléaire (CEA)
DRAAF	Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DSFI	Déchets Sans Filière Immédiate (déchets radioactifs)
DTN	Département de Technologie Nucléaire (CEA)

E

EA	Effluent Actif (CEA)
EAI	Evaluation Appropriée des Incidences
ECHA	Agence européenne des produits chimiques
ECS	Evaluations Complémentaires de Sûreté
EDF	Electricité De France

EFSA	*Eureopean Food Safety Authority* (Autorité européenne de sécurité des aliments)
EI	Effluents Industriels (CEA)
EIP	Elément Important pour la Protection
EIS	Elément Important pour la Sûreté
ENS	Espace Naturel Sensible
EP	Eau Pressurisée
EPCI	Etablissement Public de Coopération Intercommunal
EPIC	Établissement public à caractère industriel et commercial
ERC	Eviter, Réduire, Compenser
ERI	Excès de Risque Individuel
ERP	Etablissement Recevant du Public
ERU	Excès de Risque Unitaire
ES	Effluents Sanitaires (CEA)
EUNIS	EUropean Nature Information System

F

FA	Faible Activité
FLS	Formation Locale de Sécurité (CEA)
FMA	Faible et Moyenne Activités
FoBIG	*Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe GmbH* (Institut de recherche sur les substances dangereuses, Allemagne)
FOH	Facteurs Organisationnels et Humains

G

GEF	Groupe Electrogène Fixe
GES	Gaz à Effet de Serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

H

HAP	Hydrocarbure Aromatique Polycyclique
HE	Haute Efficacité
HT	Haute Tension ou Tritium gazeux
HTO	Molécule d'eau tritiée

I

IBD	Indice Biologique Diatomées (qualité des milieux aquatiques)
IBGN	Indice Biologique Global Normalisé (qualité des milieux aquatiques)
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IGP	Indication Géographique Protégée
INB	Installation Nucléaire de Base
INBS	Installation Nucléaire de Base Secrète
INERIS	Institut National de l'EnviRonnement Industriel et des risqueS
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
INSEE	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
INSTN	Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires
INVS	Institut National de Veille Sanitaire
IPCS	*International Program on Chemical Safety* (Programme de l'OMS)
IPR	Indice Poissons Rivière (qualité des milieux aquatiques)
IR	Indice de Risque (ancien nom de Quotient de Danger)

IRSN	Institut de Radioprotection de de Sûreté Nucléaire
IRSTEA	Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture (ex. Cemagref)
ISO	*International Standards Organisation* (Organisation internationale de normalisation)
ITER	*International Thermonuclear Experimental Reactor*

L

LANSE	Laboratoire d'Analyses Nucléaires et de Surveillance de l'Environnement (CEA)
LD	Limite de Détection
LMTE	Laboratoire de Modélisation des Transferts dans l'Environnement (CEA)
LQ	Limite de Quantification

M

MA-VC(VL)	Moyenne Activité à Vie Courte (Vie Longue)
MEFM	Masse d'Eau Fortement Modifiée
MES	Matières En Suspension (paramètre de qualité de l'eau)
MNHN	Muséum national d'Histoire naturelle
MRAe	Missions Régionales d'Autorité environnementale
MSNR	Mission de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection (du Ministère de l'Environnement)
MTD	Meilleure Technique Disponible

N

NGF	Nivellement Général de la France
NQE	Norme de Qualité Environnementale
NQE-CMA	Norme de Qualité Environnementale exprimée en Concentration Maximale Admissible
NQE-MA	Norme de Qualité Environnementale exprimée en Moyenne Annuelle

O

OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OEHHA	*Office of Environmental Health Hazard Assessment* (Antenne californienne de l'US-EPA)
OGS	Objectifs Généraux de Sûreté
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONCFS	Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage
ONEMA	Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (rattaché à l'Agence Française pour la Biodiversité depuis le 1er janvier 2017)
ONF	Office National des Forêts
ONU	Organisation des Nations Unies
OPDEM	Opérations Préparatoires au Démantèlement

P

PACA	Provence Alpes Côte d'Azur
PAPI	Programme d'Action Préventive sur les Inondations
PCET	Plan Climat Energie Territorial
PCSE	Plan de contrôle et de surveillance radiologique du site et de l'environnement (CEA)
PDU	Plan de Déplacement Urbain
PDP	Plan de Prévention
PEC	*Predicted Environmental Concentration* (Concentration prédite dans l'environnement)

PF	Produits de Fission
PGSE	Présentation Générale de la Sûreté de l'Etablissement (CEA)
pH	Potentiel Hydrogène (unité de mesure de l'acidité de l'eau)
PLU	Plan Local d'Urbanisme
PNEC	*Predicted No Effect Concentration* (Concentration sans effet prédit sur l'environnement)
PNGMDR	Plan National de Gestion des Matières et des Déchets Radioactifs
PNN	Parc Naturel National
PNR	Parc Naturel Régional
POS	Plan d'Occupation des Sols
PPA	Plan de Protection de l'Atmosphère
PPGDDND	Plan de Prévention et de Gestion Départemental des Déchets Non Dangereux
PPGRDD	Plan de Prévention et de Gestion Régional des Déchets Dangereux
PPI	Plan Particulier d'Intervention
PPRi	Plan de Prévention du Risque inondation
PPRN	Plan de Prévention des Risques Naturels
PRG	Potentiel de Réchauffement Global
PRQA	Plan Régional pour la Qualité de l'Air
PRSQA	Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air
PUI	Plan d'Urgence Interne

Q

QD	Quotient de Danger (nouveau nom de l'indice de risque IR)

R

RCA	Repère en Concentration Atmosphérique
REACH	*Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of CHemicals*
REI	Réseau des Effluents Industriels (CEA)
RES	Réseau des Effluents Sanitaires (CEA)
REX	Retour d'Expérience
RFS	Règle Fondamentale de Sûreté
RIVM	*Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu*. Institut national de la santé publique et de l'environnement (Pays-bas)

S

SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SCOT	Schéma de Cohérence Territoriale
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SD	Seuil de Décision
SENEX	Surveillance, ENtretien, EXploitation
SIC	Site d'Importance Communautaire (Natura 2000)
SILENE	Système d'Information et de Localisation des Espèces (portail public des données naturalistes)
SLR	Situation de Limitation des Risques
SMAVD	Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance
SMHV	Séisme Maximum Historique Vraisemblable
SMQSE	Système de Management de la Qualité, de la Santé, de la Sécurité et de l'Environnement
SMS	Séisme Majoré de Sécurité

SMTA	Service Mesures et modélisation des Transferts et des Accidents graves (CEA)
SPPPI	Secrétariat Permanent pour la Prévention des Pollutions Industrielles
SPR	Service de Protection contre les Rayonnements (CEA)
SRADDET	Schéma régional d'aménagement et de développement durable du territoire
SRCAE	Schéma Régional Climat Air Energie
SRCE	Schéma Régional de Cohérence Ecologique
STEMA	Station de Traitements des Effluents liquides du Centre de Marcoule (CEA)
STEP	Station de Traitement et d'Epuration
STL	Service Technique et Logistique (CEA Cadarache)
STRATER	Stratégie territoriale de l'enseignement supérieur et de la recherche

T

THE	Très Haute Efficacité
TFA	Très Faible Activité
TSN	Transparence et Sécurité Nucléaire (loi de 2006 retranscrite dans le Code de l'environnement)
TVB	Trame Verte et Bleue

U

UICN	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
UICPA	Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée
UNSCEAR	*United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*
US-EPA	*United States – Environmental Protection Agency* (Agence pour la Protection de l'Environnement, Etats-Unis)

V

VGE	Valeur Guide Environnementale
VISA	Véhicule d'Intervention et de Surveillance Atmosphérique (CEA)
VNEI	Volet Naturel de l'Etude d'Impact (nature)
VRD	Voiries et Réseaux Divers
VTR	Valeur Toxicologique de Référence

W

WENRA	*Western European Nuclear Regulators Association* - Association de responsables d'Autorités de sûreté nucléaire des pays d'Europe de l'Ouest

Z

ZAPA	Zone d'Action Prioritaire pour l'Air
ZC	Zone Contaminante (radioprotection)
ZDC	Zone à Déchets Conventionnels (radioprotection)
ZER	Zones à Emergence Réglementée (bruit)
ZICO	Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux (Natura 2000)
ZNC	Zone Non Contaminante (radioprotection)
ZNIEFF	Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique (nature)
ZNR	Zone Non Réglementée (radioprotection)
ZppDN	Zones à production possible de déchets nucléaires (radioprotection)
ZPS	Zone de Protection Spéciale (Natura 2000)
ZR	Zone Réglementée (radioprotection)
ZSC	Zone Spéciale de Conservation (Natura 2000)

ZSRA	Zone Sans Radioactivité Ajoutée (radioprotection)

2. Définitions

A

Actinides : Famille d'éléments chimiques de numéro atomique égal ou supérieur à l'actinium (numéro atomique 89). Quatre actinides existent à l'état naturel : l'actinium (89), le thorium (90), le protactinium (91) et l'uranium (92). Il existe également des actinides artificiels, ce sont les transuraniens (plutonium, américium, neptunium et curium). On qualifie de « mineurs » ceux que l'on ne sait pas recycler pour produire de l'électricité et de « majeurs » ceux que l'on sait recycler (uranium et plutonium).

Activation : Opération rendant radioactif un élément stable en l'exposant à des rayonnements ionisants.

Activité (radiologique) ou radioactivité : Phénomène physique propre à certains produits naturels ou artificiels, qui émettent des électrons (radioactivité - bêta) et/ou des photons (radioactivité - gamma), des neutrons, des noyaux d'hélium (radioactivité - alpha). L'unité d'activité est le becquerel (Bq).

Adiabatique : voire transformation adiabatique.

Alcalin : Un métal alcalin est un élément chimique de la première colonne du tableau périodique des éléments (l'hydrogène excepté). Il réagit très facilement avec l'eau pour former des hydroxydes fortement basiques (le terme alcalin est dérivé de l'arabe *al-qily* signifiant la soude).

Alluvions : Sédiment des cours d'eau et des lacs composés, selon les régions traversées et la force du courant, de galets, de graviers et de sables en dépôts souvent lenticulaires.

Année glissante : Durée d'un an qui peut être à cheval sur deux années calendaires.

Aérosols : Ils désignent des particules en suspension dans l'air qui présentent une vitesse de chute négligeable. Elles peuvent être solides (poussières) ou liquides (embruns), de nature organique (suie) ou minérale (roche érodée) et plus ou moins grosses (de quelques dixièmes de nanomètre à une centaine de micromètre).

Aquifère : Du latin *aqua*, eau, et *ferre*, porter. Terrain perméable, contenant une nappe d'eau souterraine.

Argile : Terme désignant soit des minéraux argileux (de la famille des phyllosilicates), soit des roches à grain très fin (éléments de diamètre inférieur à 1/16ème de millimètre) contenant au moins 50% de minéraux argileux.

B

Best available techniques REFerence documents (BREF) : documents de référence associés aux meilleures techniques disponibles (MTD, voir encart).

Biodisponibilité : Fraction de produit chimique présent dans le milieu environnemental qui est disponible pour être accumulée par les organismes.

Bio-indicateur : Organisme végétal ou animal qui fait l'objet de mesure permettant d'indiquer la présence ou les effets des polluants (thym, lichens, truite, abeille, etc.). Les bio-indicateurs sont des outils d'évaluation de la qualité de l'environnement, qui peuvent compléter des mesures analytiques.

Bouchardage : Opération qui permet de vérifier l'efficacité de l'écroutage ; consiste en un prélèvement et l'établissement d'un profil de contamination.

Brèches et poudingues : Ce sont des roches détritiques, c'est-à-dire issues de la dégradation mécanique d'autres roches, généralement sédimentaires, parfois volcaniques, constituées de fragments unis par un ciment naturel. Tandis que les poudingues agglomèrent des éléments arrondis (galets) qui traduisent un transport long avant sédimentation, les brèches contiennent des éléments anguleux (temps de transport court).

Bruit de Fond (BdF) : voir l'encart sur les limites de détection de méthodes d'analyses.

C

Calcaires : Roche sédimentaire carbonatée contenant au moins 50% de calcite $CaCO_3$.

Carte piézométrique : Carte représentant la pression de l'eau (niveau piézométrique) dans un aquifère, et dont on peut déduire les directions d'écoulement.

Césium 137 :

Les quelques généralités sur le césium 137 qui sont résumées dans cet encart sont extraites du « Bilan de l'état radiologique de l'environnement français en 2012 » publié par l'IRSN.

Le césium est le plus rare des métaux alcalins présents dans l'écorce terrestre. Dans la biosphère, le césium se trouve essentiellement sous forme de cation Cs^+ et est l'analogue chimique du potassium. Sa forte affinité pour les argiles (illites) explique que le sol et les sédiments en sont les principaux compartiments accumulateurs.

La présence des isotopes radioactifs du césium dans l'environnement (césium 134 et césium 137) est liée aux activités humaines. Elle résulte notamment des essais nucléaires atmosphériques (1945-1980) et des rejets accidentels, en particulier lors de l'accident de Tchernobyl en mai 1986. Cet accident avait conduit à des dépôts hétérogènes sur le territoire, et actuellement, les concentrations en césium 137 peuvent varier de près de deux ordres de grandeur en fonction des dépôts radioactifs initiaux (dépôts homogènes et inférieurs à 5 000 Bq/m^2 dans les deux tiers ouest du territoire, dépôts très hétérogènes et pouvant encore atteindre plusieurs milliers de Bq/m^2 dans la partie est du pays).

Le césium 137 est également présent dans les rejets de certaines installations nucléaires en fonctionnement normal (centrales nucléaires, installations de traitement du combustible, et centres de recherche).

Le césium 137, qui a une période de 30,2 ans, est l'isotope pour lequel les études, expérimentations et mesures *in situ* sont les plus abondantes. C'est aussi l'isotope qui reste le plus souvent mesuré dans l'environnement, en dépit de sa diminution depuis 1986 (due à la fois à la décroissance radioactive des dépôts, à la dilution dans les différents compartiments de l'environnement, et à la baisse des rejets des installations nucléaires). Le césium 137 est facilement mesuré par spectrométrie gamma à partir de la raie d'émission de son fils, le baryum 137m, émetteur gamma.

Le césium 134, dont la période radioactive est de 2,2 ans, contribuerait également à l'exposition des populations en cas d'accident mais à un degré moindre que le césium 137. Après quelques années, il disparaît complètement par décroissance radioactive. La détermination de l'activité du césium 134 est réalisée par spectrométrie gamma, comme pour le césium 137.

Dans les écosystèmes terrestres, le césium est en général très peu mobile dans les sols. Le transfert racinaire aux végétaux est assez faible et très dépendant du pH et de la teneur en matière organique. Le césium est très mobile dans les végétaux, rapidement absorbé par voie foliaire et facilement déplacé par translocation dans la plante.

Dans la pratique, il n'est presque jamais possible de déceler les conséquences des rejets des installations nucléaires en fonctionnement normal dans l'environnement terrestre car elles sont très largement masquées par la rémanence des retombées anciennes (essais atmosphériques, accident de Tchernobyl).

Chambres d'ionisation différentielles à circulation de gaz : Le principe d'un détecteur gazeux est de faire circuler dans une chambre d'ionisation l'air à analyser. Les ions formés par chaque désintégration radioactive à l'intérieur de la chambre d'ionisation sont collectés sur l'anode, ce qui génère un courant électrique directement fonction du nombre de particules incidentes. Pour compenser l'influence du rayonnement gamma ambiant, une seconde chambre, identique mais fermée, est montée en opposition électrique, d'où l'appellation de chambres différentielles. On obtient par soustraction la contribution des gaz, indépendamment des rayonnements extérieurs. Un bilan est effectué à partir des valeurs mesurées en continu. Le résultat brut de la mesure est un courant électrique. Il est ensuite converti en activité volumique totale (Bq/m^3) en faisant une hypothèse de présence d'un type de gaz particulier. Dans le cas particulier des mesures de gaz rares dans l'environnement, c'est le Radon 222, gaz radioactif naturel, qui est majoritaire. On exprime donc le résultat final en Bq/m^3 **équivalent-radon**.

Colluvions : Dépôt de bas de pente, relativement fin, et dont les éléments ont subi un faible transport, à la différence des alluvions.

Conductivité hydraulique (perméabilité) : Paramètre caractérisant la capacité d'un terrain aquifère à laisser circuler l'eau souterraine.

Confinement : Dispositif de protection qui consiste à contenir les produits radioactifs à l'intérieur d'un périmètre déterminé fermé.

Barrières de confinement : Dans un réacteur nucléaire, ensemble des dispositifs étanches interposés entre les sources de rayonnement (produits de fission présents dans le réacteur) et le milieu extérieur afin d'isoler les radionucléides du combustible de l'environnement.

Enceinte de confinement : Enceinte étanche en béton, contenant la cuve du réacteur, le circuit primaire, les générateurs de vapeur, ainsi que les principaux éléments importants pour la sûreté d'un réacteur à eau sous pression.

D

Débits classés : Statistique sur des débits caractéristiques. On peut exprimer la valeur du débit classé non dépassé en moyenne n jours par an (DCNn) ou la valeur du débit classé dépassé n jours par an (DCXn).

Déchets :

Déchet Inerte (DI) : Déchet qui ne subit aucune modification physique, chimique ou biologique importante. Les déchets inertes ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune autre réaction physique ou chimique. Ils ne sont pas biodégradables et ne détériorent pas d'autres matières avec lesquelles ils entrent en contact, d'une manière susceptible d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine.

Déchet Dangereux (DD) : Ce sont des déchets qui peuvent générer des nuisances pour l'homme ou pour l'environnement. Ils sont définis à l'article R. 541-8 du code de l'environnement. Ce sont tous les déchets qui présentent une ou plusieurs des propriétés de danger énumérées ci-après, ce qui implique certaines précautions particulières. Ces déchets font l'objet d'un contrôle administratif renforcé (production, stockage, transport, élimination.) Ils ont un étiquetage approprié.

Les propriétés de dangers prises en compte sont : explosif, inflammable, irritant, nocif, corrosif, infectieux, toxique pour la reproduction, cancérogène, mutagène, dégage un gaz toxique au contact de l'eau, de l'air ou d'un acide, susceptible après élimination de donner naissance par quelque moyen que ce soit à une autre substance qui présente les mêmes propriétés que précédemment.

Déchet Non Dangereux (DND) : Déchet non inerte et non dangereux généré par les entreprises, industriels, commerçants, artisans et prestataires de services ; ferrailles, métaux non ferreux, papiers-cartons, verre, textiles, bois, plastiques, etc. Ils ne présentent aucune des propriétés qui rendent un déchet dangereux.

Déchets radioactifs : définis à l'article L. 542-1-1 du code de l'environnement, ce sont les substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée ou qui ont été requalifiées comme tels par l'autorité administrative en application de l'article L. 542-13-2.

Les déchets radioactifs sont classés selon deux caractéristiques : le niveau d'activité et la durée de demi-vie. Le niveau d'activité donne une indication sur le niveau de l'intensité du rayonnement radioactif à un moment donné et donc sur leur dangerosité potentielle. Quatre niveaux sont définis : très faible activité, faible activité, moyenne activité et haute activité. La durée de demi-vie permet de déduire la durée de dangerosité potentielle du déchet. En effet, la radioactivité diminue régulièrement dans le temps. Cette décroissance se fait rapidement pour les déchets à vie courte ou de façon beaucoup plus lente pour les déchets de longue durée de vie. Trois niveaux sont utilisés : vie très courte pour les déchets dont la radioactivité est divisée par deux en cent jours ou moins, vie courte pour ceux dont la radioactivité est divisée par deux en moins de trente ans et vie longue pour ceux dont la radioactivité est divisée par deux en trente ans et plus.

Déchets radioactifs : Matières radioactives inutilisables provenant de l'industrie nucléaire, de centres médicaux ou de laboratoires. Les déchets radioactifs sont classés selon deux caractéristiques : le niveau d'activité et la durée de demi-vie. Le niveau d'activité donne une indication sur le niveau de l'intensité du rayonnement radioactif à un moment donné et donc sur leur dangerosité potentielle. Quatre niveaux sont définis : très faible activité, faible activité, moyenne activité et haute activité. La durée de demi-vie permet de déduire la durée de dangerosité potentielle du déchet. En effet, la radioactivité diminue régulièrement dans le temps. Cette décroissance se fait rapidement pour les déchets à vie courte ou de façon beaucoup plus lente pour les déchets de longue durée de vie. Trois niveaux sont utilisés : vie très courte pour les déchets dont la radioactivité est divisée par deux en cent jours ou moins, vie courte pour ceux dont la radioactivité est divisée par deux en moins de trente ans et vie longue pour ceux dont la radioactivité est divisée par deux en trente ans et plus.

Dolomie : Roche sédimentaire carbonatée contenant de la **dolomite**, qui est un carbonate de calcium et de magnésium $(Ca, Mg)(CO_3)_2$.

Dureté : La dureté de l'eau, est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Elle est surtout due aux ions calcium et magnésium. L'unité de mesure de la dureté est le « degré français » (°F) : 1°F équivaut à 4 mg de calcium (ou 10 mg de calcaire $CaCO_3$) et à 2,4 mg de magnésium par litre.

E

Effluents, transferts et rejets :

- Un **effluent** est un liquide, ou un gaz, ou des aérosols, générés par une opération (qui peut être de fonctionnement, de démantèlement, etc.). Dans l'industrie nucléaire, et en particulier dans une INB, certains effluents peuvent être radioactifs.
- Le **transfert** recouvre le transport des effluents liquides depuis l'installation productrice, jusqu'au dispositif de traitement approprié (station de traitement et d'épuration, STEP, par exemple, pour les effluents liquides).
- Le **rejet** est la partie de l'effluent finalement rejetée dans l'environnement, après mise en œuvre des dispositifs (filtration, traitement, etc.) permettant que ce rejet soit le plus faible possible.

Epikarst : Partie supérieure d'un karst, caractérisée par la présence de nombreuses fissures ouvertes par dissolution.

Equivalent CO_2 (CO_{2e}) : Les différents gaz à effet de serre (GES) anthropiques ont un impact plus ou moins important sur le climat. Afin d'être comparées les unes avec les autres, les émissions des différents gaz à effet de serre peuvent être exprimés en équivalent CO_{2e} (équivalent CO_2). La conversion s'effectue au travers du Potentiel de Réchauffement Global (PRG) relatif à 100 ans, indicateur classique retenu dans la plupart des rapports et traités internationaux sur le climat, notamment ceux issus du GIEC.

Equivalent-radon : cf. l'encart sur la chambre d'ionisation.

Etiage : Plus bas niveau atteint par un cours d'eau ou un lac.

Eutrophisation : L'eutrophisation est une forme singulière mais naturelle de pollution de certains écosystèmes aquatiques qui se produit lorsque le milieu reçoit trop de matières nutritives assimilables par les algues et que celles-ci prolifèrent. Les principaux nutriments à l'origine de ce phénomène sont le phosphore (contenu dans les phosphates) et l'azote (contenu dans l'ammonium, les nitrates, et les nitrites).

Evaporites : Terme général désignant les dépôts riches en chlorures et sulfates alcalins (avec les ions K^+, N^+, Mg^{2+}, Cl^- et SO_4^{2-}).

Excès de Risque Individuel (ERI) : voir l'encart sur la caractérisation du risque sanitaire.

Excès de Risque Unitaire (ERU) : voir l'encart sur la caractérisation du risque sanitaire.

F

Fond géochimique : concentration d'une substance ou valeur d'un indicateur dans une masse d'eau souterraine correspondant à une absence de modification anthropique, ou seulement à des modifications très mineures, par rapport à des conditions non perturbées.

G

Gaz rares : Gaz dépourvus d'affinité chimique et ne donnant aucun composé. Ce sont le néon, l'hélium, le krypton, le xénon et le radon.

Grès : Roche sédimentaire détritique composée à 85% au moins de grains de quartz (forme cristalline très commune de la silice SiO_2) plus ou moins arrondis.

H

Halogènes : groupe d'éléments chimiques tels le chlore, l'iode, etc. La réaction nucléaire donne naissance, parmi les produits de fission, à des halogènes gazeux qui ont tendance à ralentir la réaction.

I

Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) : Installation qui peut présenter des dangers ou des inconvénients pour la commodité des riverains, la santé, la sécurité, la salubrité publiques, l'agriculture, la protection de la nature et de l'environnement, l'utilisation rationnelle de l'énergie, la conservation des sites et des monuments et des éléments du patrimoine archéologique. Dans le but de minimiser les risques relatifs à ces installations, la loi définit les procédures relatives aux installations classées pour la protection de l'environnement. Les ICPE sont régies par le Code de l'environnement (titre Ier du livre V).

Installation Nucléaire de Base (INB) : Une Installation Nucléaire de Base appartient à l'une des catégories mentionnées à l'article L. 593-2 du code de l'environnement, et répond aux caractéristiques fixées par le décret n° 2007-830 du 11 mai 2007 relatif à la nomenclature des installations nucléaires de base. Plus simplement, c'est une installation nucléaire qui, de par sa nature, ou en raison de la quantité ou de l'activité de toutes les substances radioactives qu'elle contient, est soumise à une réglementation spécifique (code de l'environnement et décret du 2 novembre 2007 principalement).

Installation Nucléaire de Base Secrète (INBS) : Les INBS comprennent des installations nucléaires de base, qui sont classées « secrètes » par décision du Premier ministre sur proposition du ministre de la Défense ou du ministre chargé de l'Industrie pour leurs installations respectives. Ce classement est prononcé lorsqu'une au moins des installations comprises dans le périmètre, dénommée « installation individuelle », présente les caractéristiques techniques fixées par arrêté conjoint du ministre de la Défense et du ministre chargé de l'Industrie, intéresse la Défense nationale et justifie d'une protection particulière contre la prolifération nucléaire, la malveillance ou la divulgation d'informations classifiées.

Iode : Halogène qui se sublime aisément à température ambiante. Les vapeurs émises sont toxiques et très irritantes pour les yeux et les muqueuses.

Iode 129 : Radionucléide de période radioactive 15,7 millions d'années.

Iode 131 : Radionucléide artificiel de période radioactive 8,02 jours, issu de la fission de noyaux lourds (uranium, plutonium, etc.). Il est produit industriellement en réacteur nucléaire. L'iode libre se concentre majoritairement dans la thyroïde (la concentration y est maximale 24 heures environ après l'incorporation). L'iode marqué suit le métabolisme du vecteur sur lequel il est fixé. En raison de son caractère lipophile, son absorption cutanée est très importante.

K

Karst : De la région du Karst, en Croatie. Plateau calcaire ayant une topographie souterraine particulière due à la dissolution de certaines parties du sous-sol (karstification) et au cheminement des eaux dans les galeries naturelles ainsi formées.

Karstification : Dissolution progressive de roches calcaires sous l'effet de la circulation d'eau chargée de gaz carbonique CO_2.

L

Labile : peu stable.

Lapiaz : Du latin *lapis*, pierre. Surface de roche calcaire creusée par dissolution, de trous, de cannelures ou de rigoles.

Limite de Détection (LD) : voir l'encart ci-après.

Limite de Quantification (LQ) : voir l'encart ci-après.

Limite de détection de méthodes d'analyse et termes apparentés[65]

Trois termes sont nécessaires pour caractériser les capacités de détection d'une méthode d'analyse : le seuil de décision (**SD**), la limite de détection (**LD**) et la limite de quantification (**LQ**). Ils sont explicités ci-après.

Signal brut : Il correspond à l'addition d'un signal dû à la grandeur mesurée, appelé **signal net**, et d'un **signal parasite**. Selon la méthode d'analyse, les différentes contributions au signal parasite peuvent être le bruit électronique, le fond spectral, des interférences, des pollutions, … Il convient de soustraire le signal parasite au signal

Bruit de fond (bdf) : Le bruit de fond (bdf) en métrologie indique le niveau de comptage induit par l'environnement, la composition des réactifs et l'électronique de l'appareil. C'est un signal parasite, et il convient de le soustraire (utilisation d'un « blanc ») à la valeur de mesure brute pour déterminer l'activité nette contenue dans un échantillon. En terme environnemental, le bruit de fond représente un niveau d'activité mesurée à un point hors influence de toute source de radioactivité artificielle et dont on ne peut s'affranchir.

Incertitude de mesure : L'incertitude de mesure, propre à une méthode, est un paramètre associé au résultat d'une **mesure significative**. Elle décrit l'étendue des valeurs possibles dans laquelle se trouve la valeur vraie avec une probabilité prédéfinie. L'incertitude de mesure découle des propriétés de l'instrument, de l'opérateur, de l'environnement de la mesure (température, vibrations), de la procédure de mesure, etc.

Seuil de décision (SD) : Le seuil de décision est défini comme une **valeur significative minimale** d'une activité (ou d'une concentration, ou d'un signal net). Dans le cas de la recherche de très faibles activités, la mesure d'un échantillon peut donner un résultat très proche de celui obtenu lors de la détermination du bruit de fond (bdf) de l'installation de mesure (signal détecté en l'absence du radionucléide recherché).

Compte tenu du caractère aléatoire du processus de désintégration radioactive, un résultat très légèrement supérieur au bruit de fond mesuré ne donne pas l'assurance totale d'une présence de radioactivité, pas plus qu'un résultat très légèrement inférieur à ce même bruit de fond ne garantit l'absence de cette radioactivité.

[65] Encart inspiré de l'article « Limite de détection de méthodes d'analyse et termes apparentés », Techniques de l'Ingénieur, Réf. P262 V2, publié le 10 mars 2014.

Le seuil de décision correspond à une valeur de comptage, pour laquelle on estime que, compte-tenu des fluctuations statistiques du bruit de fond, on peut affirmer, **avec un risque faible de se tromper**, qu'un comptage supérieur à cette valeur SD révèle effectivement la présence de radioactivité dans l'échantillon mesuré. Ce risque est appelé « **risque de faux positif** », ou « **risque alpha** », ou encore « **risque de première espèce** ». Il correspond **au risque de déclarer une mesure significative alors que sa valeur vraie est nulle.**

Si par contre la mesure de l'échantillon donne un comptage inférieur à cette valeur SD, on peut seulement affirmer, également avec un risque faible de se tromper, que même si une radioactivité est présente, bien que n'ayant pas été détectée, elle est en tous cas inférieure à la limite de détection (LD), définie ci-après.

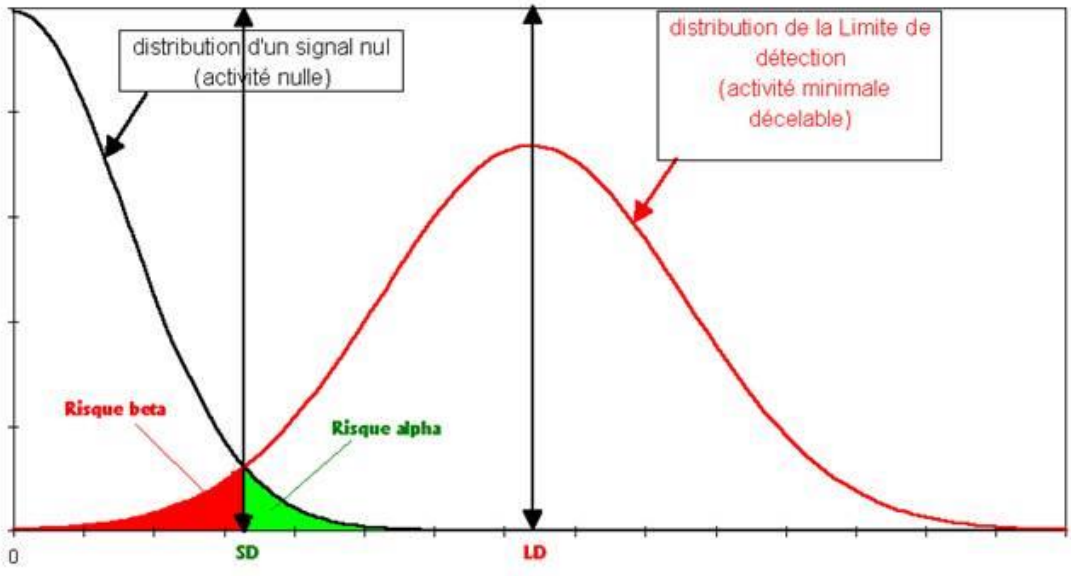
Limite de détection (LD) : la limite de détection est l'activité (ou la concentration, ou le signal net) pour laquelle le risque que la valeur de mesure soit inférieure au seuil de décision est égal à bêta. Le « **risque bêta** », ou « **risque de faux négatif** », ou encore « **risque de seconde espèce** », revient à déclarer à tort la mesure comme étant non significative.

Selon les techniques de mesure, la limite de détection (LD) est approximativement égale au double du seuil de décision (SD).

Le risque alpha et le risque bêta peuvent être égaux ou différents.

Dans la « décision environnement » de l'ASN (décision 2013-DC-0360 modifiée), les seuils de décision minimaux des mesures dans l'environnement sont donnés pour un risque alpha de 2,5% (cf. annexe 1).

La figure ci-après illustre les notions de seuil de décision et de limite de détection.



Limite de Quantification : La limite de quantification correspond à la valeur de l'activité (ou de la concentration, ou du signal net) au-dessous de laquelle la valeur de la mesure est jugée trop incertaine pour apporter une véritable quantification.

Risque de première espèce : Risque de déclarer la présence d'une substance dans un échantillon alors qu'elle en est absente. En métrologie, cette notion est aussi désignée sous le terme de « **risque alpha** ».

Risque de seconde espèce : Risque de déclarer l'absence d'une substance dans un échantillon alors qu'elle y est présente. En métrologie, cette notion est aussi désignée sous le terme de « **risque bêta** ».

Valeur non significative : Une valeur est dite non significative lorsqu'elle est inférieure au seuil de décision. Les résultats non significatifs sont exprimés : « inférieurs au seuil de décision » (< SD).

Liquéfaction des sols : La liquéfaction des sols est un phénomène géologique qui se produit sous sollicitation sismique. Le passage d'une onde sismique provoque, dans certaines formations géologiques granulaires et saturées en eau, leur perte de résistance, provoquant ainsi l'enfoncement des objets lourds situés en surface. C'est un phénomène qui dépend à la fois de facteurs géologique, hydrogéologique et sismique.

M

Magnitude : Voir l'encart sur le séisme.

Marnes : Roche sédimentaire constituée d'un mélange de calcaire et d'argile.

Masse d'eau souterraine : Volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou plusieurs aquifères. La délimitation des masses d'eaux souterraines est fondée sur des critères hydrogéologiques, puis éventuellement sur la considération de pressions anthropiques importantes. Une masse d'eau correspond d'une façon générale à une zone d'extension régionale représentant un aquifère ou regroupant plusieurs aquifères en communication hydraulique, de taille importante.

Meilleure Technique Disponible (MTD)

La MTD, ou Meilleure Technique Disponible, est définie en priorité par rapport à son efficacité pour atteindre un niveau général élevé de protection de l'environnement. Elle vise à prévenir ou réduire de manière intégrée les pollutions et les consommations, et l'impact sur l'environnement dans son ensemble. Elles correspondent à 1) des procédés industriels, 2) des techniques de traitement des émissions et rejets, 3) des mesures organisationnelles et bonnes pratiques auxquelles sont associés des niveaux d'émissions ou de performance.

La MTD a été élaborée en application de la Directive 96/61/CE du Conseil du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution, qui vise à minimiser la pollution émanant de différentes sources industrielles dans toute l'Union européenne, en se basant sur plusieurs principes, à savoir : 1) une approche intégrée, 2) les meilleures techniques disponibles, 3) la flexibilité et 4) la participation du public.

Les MTD sont répertoriées dans des documents de référence appelés « **BREFs** » (*Best Available Techniques reference documents*).

La Directive n° 2010/75/UE du 24/11/10 relative aux émissions industrielles (prévention et réduction intégrées de la pollution), renforce le rôle des MTD définies dans les documents de référence. Sauf dérogations accordées par les pouvoirs publics, les valeurs limites d'émission des arrêtés d'autorisation ne devront pas, à terme, excéder les niveaux d'émissions associés aux MTD.

N

NGF : Nivellement Général de la France. Il constitue un réseau de repères altimétriques disséminés sur le territoire français métropolitain continental, ainsi qu'en Corse, dont l'IGN (Institut national de l'information géographique et forestière) a la charge. Pour la métropole, le « niveau zéro » est déterminé par le marégraphe (instrument permettant de mesurer le niveau de la mer) de Marseille. L'altitude repérée dans ce système est exprimée en mètres NGF (**m NGF**).

Norme de Qualité Environnementale (NQE)

Une Norme de Qualité Environnementale ou NQE est définie comme la « concentration d'un polluant ou d'un groupe de polluants dans l'eau, les sédiments ou le biote qui ne doit pas être dépassée, afin de protéger la santé humaine et l'environnement ».

Elles peuvent être exprimées en moyenne annuelle (**NQE-MA**) pour les expositions chroniques, et en concentration maximale admissible (**NQE-CMA**) pour les expositions aigues.

Les Normes de Qualité Environnementale sont définies dans le contexte réglementaire de la Directive Cadre sur l'Eau, ou DCE (2000/60/EC) qui établit une politique communautaire pour la gestion des eaux intérieures de surface, des eaux souterraines, des eaux de transition (eaux estuariennes) et des eaux côtières, afin de prévenir et de réduire leur pollution, de promouvoir leur utilisation durable, de protéger leur environnement, d'améliorer l'état des écosystèmes aquatiques et d'atténuer les effets des inondations et des sécheresses. Afin de prévenir et réduire la pollution des eaux, les concentrations dans le milieu sont ainsi comparées à une NQE. La détermination de ces normes suit une méthodologie spécifique qui a été élaborée au niveau européen (Technical Guidance For Deriving Environmental Quality Standards).

Les Normes de Qualité Environnementale sont utilisées dans le contexte de la DCE pour 2 types d'évaluation :

- **Evaluation de l'état chimique**, qui concerne les substances « prioritaires » et « dangereuses prioritaires » de la DCE. Pour l'évaluation de l'état chimique, les NQE sont déterminées au **niveau européen**, par la Commission et en consensus avec les Etats Membres de l'Union Européenne. La liste des substances prioritaires et les NQE qui y sont associées sont revues tous les 4 ans. Le 12 août 2013, une seconde Directive fille de la DCE (2013/39/EC) révisant la DCE (2000/60/EC) et la première Directive fille déterminant les NQE pour les eaux de surface (2008/105/EC) a été publiée. Elle fournit la nouvelle liste des substances prioritaires et leurs NQE associées. Ces NQE, reportées dans la base de données du Portail Substances Chimiques, sont présentées avec une mention « UE (2013) » afin que les utilisateurs puissent les reconnaître comme des valeurs ayant fait l'objet d'un consensus européen et comme des seuils à valeur réglementaire incluses dans cette Directive fille 2013/39/EC.

- **Evaluation de l'état chimique dans l'état écologique**, qui concerne les polluants spécifiques de l'état écologique (**PSEE**) de la DCE, et dont la liste est établie au **niveau national** sur la base de la liste indicative fournie en Annexe VIII de la DCE. Les QSeco (valeurs intégratrices des mêmes objectifs de protection que les NQE, hors santé humaine) de ces substances d'intérêt national sont déterminées au niveau national. En France, l'INERIS fait des propositions de **Valeurs Guides Environnementales** (VGE), au Ministère en charge de l'environnement, via sa convention avec l'ONEMA (maintenant inclus dans l'Agence Française pour la Biodiversité). Ces VGE peuvent être reprises par le Ministère en charge de l'environnement et s'appliquer aux substances de l'état écologique dans des arrêtés de portée nationale (à ce jour, c'est l'arrêté du 27/07/2015 qui s'applique). Elles sont alors considérées comme des seuils à valeur réglementaire, c'est-à-dire des NQE.

P

Paléoséisme : Voir l'encart sur le séisme.

Piézomètre : Du grec *piezein*, presser, et *metron*, mesurer. Dispositif consistant en un tube enfoncé verticalement dans le sol par sondage et servant à mesurer la pression de l'eau avec laquelle il est en contact à son extrémité inférieure (niveau piézométrique).

Plan Local d'Urbanisme (PLU) : Le plan local d'urbanisme remplace le POS (Plan d'Occupation des Sols) en application des modifications du Code de l'urbanisme apportées par la loi SRU (Solidarité et Renouvellement Urbains) du 13 décembre 2000. Il est défini en quatre zones : U zone Urbaine, AU zone A Urbaniser, N zone Naturelle et A zone Agricole.

Plasma : Milieu constitué d'atomes plus ou moins ionisés, d'électrons libres et de photons.

PNEC : Predicted No Effect Concentration – Concentration prévisible sans effet sur les organismes vivants.

Q

Quotient de Danger : voir l'encart sur la caractérisation du risque sanitaire.

R

Radioélément : Toute substance radioactive. Seul un petit nombre de radioéléments existent naturellement : il s'agit de quelques éléments lourds (thorium, uranium, radium....) et de quelques éléments légers (tritium, carbone 14, potassium 40). Les autres, dont le nombre dépasse 1500, sont créés artificiellement en laboratoire, par exemple pour des applications médicales ou dans les réacteurs nucléaires sous forme de produits de fission ou d'activation.

Radionucléide : Espèce atomique radioactive, définie par son nombre de masse, son numéro atomique et son état énergétique nucléaire.

Radioprotection : La radioprotection est définie comme l'ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants produits sur les personnes directement ou indirectement, y compris lors des atteintes portées à l'environnement.

Rayonnement ionisant : Processus de transmission d'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques (photons gamma) ou de particules (alpha, bêta, neutrons) capable de produire directement ou indirectement des ions en traversant la matière. Les rayonnements ionisants sont produits par des sources radioactives. En traversant les tissus vivants, les ions provoquent des phénomènes biologiques pouvant entraîner des lésions dans les cellules de l'organisme.

Rejet (liquide ou atmosphérique) : voir encart sur les effluents, transferts et rejets.

Risque sanitaire (caractérisation du) :

Excès de Risque Individuel (ERI) : Probabilité pour un individu exposé de développer l'effet lié à la pollution étudiée. Selon le Ministère en charge de l'environnement et l'INERIS, l'excès de risque individuel ne doit pas dépasser 1E-05 pour être considéré comme « non préoccupant ». L'ERI est employé pour les substances ayant des effets sans seuil de dose.

Excès de Risque Unitaire (ERU) : Excès attendu de cas d'une pathologie donnée, consécutif à l'exposition continue (24h/24), sur une vie entière (70 ans), à une concentration de 1 unité de la substance A.

Quotient de Danger : Rapport de la dose d'exposition d'un individu ou d'un groupe d'individus par la dose sans effet estimée. La valeur repère du QD est de 1. Si la valeur du QD dépasse la valeur de 1, des effets sont susceptibles de se produire. Le QD est employé pour les substances ayant des effets à seuil de dose.

Valeur Toxicologique de Référence (VTR) : Indices caractérisant le lien entre l'exposition de l'homme à une substance toxique et l'occurrence ou la sévérité d'un effet nocif observé. Les VTR sont principalement établies par des instances internationales ou nationales. Elles sont construites à partir des relations dose-effet observées, et sont spécifiques d'un effet, d'une voie et d'une durée d'exposition. Leur construction et leur définition diffèrent selon que l'on considère un seuil de toxicité ou l'absence de seuil.

S

Scintillation liquide : Les techniques de mesure d'activité par scintillation liquide sont apparues il y a une cinquantaine d'années et se sont imposées dans les domaines des sciences de la vie et de la terre, de la surveillance de l'environnement et en métrologie fine de la radioactivité. Ces techniques consistent à mélanger la solution radioactive à mesurer à un liquide scintillant et à transformer les rayonnements ionisants, consécutifs aux désintégrations radioactives, en lumière, détectable et quantifiable.

Séismes

Magnitude : La magnitude est l'énergie libérée par un séisme. C'est une mesure intrinsèque au séisme, indépendante du lieu d'observation, des témoignages de la population, etc. La notion de magnitude a été introduite en 1935 par l'Américain Charles Francis Richter pour les séismes locaux californiens afin d'estimer l'énergie libérée au foyer d'un tremblement de terre et pouvoir ainsi comparer les séismes entre eux. On parle depuis de « l'échelle de Richter ».

Paléoséisme : Séisme ancien, sans mémoire historique, mais dont la géologie a gardé des traces.

Séisme Maximal Historiquement Vraisemblable (SMHV) : Séisme de référence, obtenu en déplaçant dans leur position la plus pénalisante les séismes maximaux historiquement connus associés à chaque faille ou zone.

Séisme Majoré de Sûreté (SMS) : Séisme qui servira de référence pour la conception des bâtiments. Il est obtenu en augmentant arbitrairement la magnitude du SMHV de 0,5.

Seuil de Décision (SD) : voir l'encart sur la limite de détection (LD).

Sievert (symbole Sv) : Les effets biologiques des rayonnements sur un organisme exposé, selon sa nature et les organes exposés, se mesurent en sievert et s'expriment également en « équivalent de dose ». L'unité la plus couramment utilisée est le milliSievert, ou millième de sievert.

Spectre : Un spectre radiologique est la répartition en % des différents radionucléides ou des différents types de radionucléides.

Supraconducteur : En dessous d'une certaine température dite critique, un matériau peut passer à l'état supraconducteur, il se caractérise alors par deux propriétés spécifiques. Premièrement il n'oppose plus aucune résistance au passage d'un courant électrique. Sa résistivité tombe à zéro et le courant peut circuler dans le matériau sans dissipation d'énergie. Deuxièmement un champ magnétique extérieur suffisamment faible ne peut pas pénétrer à l'intérieur du supraconducteur, il reste seulement à sa surface. Ce phénomène d'expulsion est nommé « effet Meissner », du nom du physicien qui l'observa la première fois en 1933.

Synoptique : en météorologie, il qualifie plus particulièrement les phénomènes atmosphériques dont l'ordre de grandeur est de quelques milliers de kilomètres pour les dimensions horizontales, de quelques kilomètres pour la dimension verticale). Par exemple, on parle de « vent synoptique » pour le vent régnant en altitude.

T

Temps de retour (ou période de retour) : Moyenne de la durée de l'intervalle séparant deux occurrences consécutives de l'événement considéré. Se traduit statistiquement comme suit : un événement de temps de retour *T* a une probabilité de *1/T* d'être atteint ou dépassé dans l'année. Par exemple, pour un cours d'eau donné à un endroit donné, la crue de temps de retour 10 ans (crue décennale) a 1 chance sur 10 d'être atteinte ou dépassée dans l'année.

Terme source : Le terme source est défini comme étant la quantité de matière radioactive ajoutée présente sur l'installation.

Terme source mobilisable : Activité susceptible d'être mise en suspension.

Terme source mobilisé : Activité effectivement mise en suspension dans l'atmosphère du chantier, et *in fine* reprise par la ventilation nucléaire de l'installation.

Tokamak : Chambre torique de confinement magnétique destinée à l'étude des plasmas. Le tokamak est une machine expérimentale conçue pour exploiter l'énergie de la fusion. Dans l'enceinte d'un tokamak, l'énergie générée par la fusion des noyaux atomiques est absorbée sous forme de chaleur par les parois de la chambre à vide. Tout comme les centrales électrogènes classiques, une centrale de fusion utilisera cette chaleur pour produire de la vapeur, puis, grâce à des turbines et à des alternateurs, de l'électricité.

Transfert (liquide) : voir encart sur les effluents, transferts et rejets.

Transformation adiabatique (sèche) de l'air atmosphérique : Changement d'altitude, donc changement de pression, d'une parcelle d'air sans échange de chaleur avec l'air environnant. L'élévation d'une parcelle d'air la refroidit d'environ 1°C/100m.

Transformation pseudo-adiabatique de l'air atmosphérique saturé : Même processus que pour l'air sec mais accompagné de condensation de la vapeur d'eau lors de l'ascension (formation de nuage) et d'évaporation à la descente. La condensation dégage de la chaleur latente qui réchauffe la parcelle d'air ; dans ce cas l'élévation d'une parcelle d'air la refroidit d'environ 0,5°C/100m.

Transuraniens : Famille des éléments chimiques plus lourds que l'uranium (numéro atomique 92). Les principaux sont : Neptunium (93), Plutonium (94), Américium (95), Curium (96). Ils font également partie de la famille des actinides. Neptunium, Américium et Curium sont dits des « actinides mineurs » car en plus faible quantité que le Plutonium dans les combustibles irradiés. Dans un réacteur, ils dérivent de l'uranium lors de réactions secondaires, autres que la fission.

Travertins : Les travertins sont des roches sédimentaires calcaires à aspect concrétionné. Ils se déposent aux émergences de certaines sources, et dans les cours d'eau peu profonds à petites cascades : ils sont dus à la précipitation de carbonates, qui est activée par les turbulences et la perte de CO_2.

Tritium : Le tritium est un émetteur bêta (β), de période de 12,3 ans. Sa présence dans l'environnement a deux origines : soit naturelle, suite à l'interaction des neutrons cosmiques sur l'azote ou l'oxygène, soit anthropique, avec plusieurs sources possibles comme l'émission et la décroissance des retombées liées aux anciens essais nucléaires atmosphériques, les installations de traitement et recyclage de combustibles irradiés, les réacteurs nucléaires, etc. Il peut exister sous des formes physiques très différentes : sous forme d'hydrogène gaz (**HT**), d'eau ou de vapeur d'eau (**HTO**) ou de méthane (CH3T). Dans les échantillons du règne végétal ou animal, on le trouve souvent associé à la fraction eau libre, mais il peut être inclus dans les composés organiques sous forme de tritium organiquement lié (**TOL**). Dans ce cas, 2 formes existent : i) la fraction dite échangeable ou labile (**TOL-E**) où il est lié à des atomes d'oxygène, de souffre et d'azote ; ii) la fraction dite non échangeable (**TOL-NE**) où il est lié aux atomes de carbone.

Trophique : propre à l'alimentation, ou qui concerne celle-ci. **Réseau trophique** : Un réseau trophique se définit comme l'ensemble des relations alimentaires entre espèces au sein d'une communauté et par lesquelles l'énergie et la matière circulent.

V

Valeur Guide Environnementale (VGE) : voir l'encart sur les Normes de Qualité Environnementale (NQE).

Valeur seuil : Norme de qualité d'une eau souterraine fixée selon la méthodologie de l'arrêté du 17 décembre 2008 modifié. Les valeurs seuils sont fixées de façon à permettre de constater que les conditions nécessaires pour atteindre le bon état chimique d'une masse d'eau ou d'un groupe de masses d'eau souterraine sont remplies.

Valeur Toxicologique de Référence (VTR) : Voir l'encart sur la caractérisation du risque sanitaire.

Vent catabatique : Vent dévalant les pentes par effet thermique : le refroidissement nocturne du sol (par rayonnement) entraine un refroidissement de l'air à son contact. Cet air froid étant plus dense et donc plus lourd que l'air qui l'environne, glisse par effet de densité le long de la pente vers le fond de vallée. Les vents catabatiques se produisent donc par nuit claire (qui permet le refroidissement nocturne) et en conditions de vents calmes, un vent fort pouvant contrecarrer le vent de pente.

Références

Cette partie présente une liste, non exhaustive, des principales références réglementaires s'appliquant aux études d'impact, ainsi que des principales références bibliographiques qui ont permis d'étayer le document.

3. Références réglementaires

Ce chapitre donne un aperçu, non exhaustif, de la réglementation applicable aux installations nucléaires de base (principaux textes réglementaires, dispositions générales et particulières) notamment vis-à-vis de l'élaboration de l'étude d'impact du démantèlement de l'INB 56.

3.1. Textes communautaires

Il s'agit en particulier des textes édités par le Parlement Européen et/ou le conseil de l'Union Européenne dans le cadre de la Communauté européenne de l'énergie atomique (EURATOM, instituée par le traité du 25 mars 1957).

- Directive 2014/87/Euratom du conseil du 8 juillet 2014 modifiant la directive 2009/71/Euratom établissant un cadre communautaire pour la sûreté nucléaire des installations nucléaires
- Directive 2011/70/EURATOM du Conseil du 19 juillet 2011 établissant un cadre communautaire pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs.
- Directive 2011/92/UE du Parlement Européen et du Conseil du 13 décembre 2011 modifiée[66] concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement.

3.2. Cadre législatif français

- Code de l'environnement.
- Code de la santé publique.
- Loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature.
- Arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement.
- Arrêté du 2 février 1998 modifié relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation.
- Décret n° 2002-460 du 4 avril 2002 modifié relatif à la protection générale des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants.
- Loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire. [Cette loi fondatrice, dite loi « TSN », a initié la refonte du régime des INB, et a été codifiée dans le code de l'environnement].
- Loi n° 2006-736 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et des déchets radioactifs. [Codifiée dans le code de l'environnement].
- Décret 2007-830 du 11 mai 2007 modifié relatif à la nomenclature des installations nucléaires de base.

[66] Directive n° 2014/52/UE du 16 avril 2014 modifiant la directive 2011/92/UE concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement.

- Décret 2007-1557 du 2 novembre 2007 modifié relatif aux installations nucléaires de base et au contrôle, en matière de sûreté nucléaire, du transport de substances radioactives. [Ce décret, dit décret « procédures INB », constitue le décret d'application de la loi « TSN » du 13 juin 2006].
- Arrêté du 26 septembre 2008 portant homologation de la décision n° 2008-DC-0106 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 11 juillet 2008 relative aux modalités de mise en œuvre de systèmes d'autorisations internes dans les installations nucléaires de base.
- Loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement. [Dite « loi Grenelle 1 »].
- Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement. [Dite « loi Grenelle 2 »].
- Décret n° 2011-2018 du 29 décembre 2011 portant réforme de l'enquête publique relative aux opérations susceptibles d'affecter l'environnement.
- Décret n° 2011-2019 du 29 décembre 2011 portant réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements.
- Arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base. [Dit arrêté « INB »].

  L'arrêté « INB » de 2012 abroge et remplace, au regard du nouveau cadre législatif institué par la loi « TSN » de 2006, les trois arrêtés interministériels suivants, relatifs aux installations nucléaires de base :

  - arrêté du 10 août 1984 relatif à la qualité de la conception, de la construction et de l'exploitation des installations nucléaires de base ;
  - arrêté du 26 novembre 1999 fixant les prescriptions techniques générales relatives aux limites et aux modalités des prélèvements et des rejets soumis à autorisation, effectués par les installations nucléaires de base ;
  - arrêté du 31 décembre 1999 (modifié par l'arrêté du 31 janvier 2006) fixant la réglementation technique générale destinée à prévenir et limiter les nuisances et les risques externes résultant de l'exploitation des installations nucléaires de base.

  Il comporte également des dispositions issues des travaux d'harmonisation réalisés par l'association des autorités de sûreté nucléaire européennes WENRA[67], ainsi que de la pratique du contrôle des activités nucléaires. Il transpose également aux INB certaines dispositions communautaires.

  L'arrêté « INB » fixe les règles générales applicables à la conception, la construction, le fonctionnement, la mise à l'arrêt définitif, le démantèlement, l'entretien et la surveillance des INB, pour assurer la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement (sécurité, santé et salubrité publiques, protection de la nature et de l'environnement).

[67] L'association de responsables d'Autorités de sûreté nucléaire des pays d'Europe de l'Ouest (WENRA) a été créée en février 1999.

- Décret n° 2012-542 du 23 avril 2012 pris pour l'application de l'article L. 542-1-2 du code de l'environnement et établissant les prescriptions du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs.
- Décision n° 2013-DC-0360 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 16 juillet 2013 relative à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des installations nucléaires de base[68]. [Dite décision « environnement », homologuée par arrêté ministériel du 9 août 2013] modifiée par la décision n° 2016-DC-0569 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 29 septembre 2016.
- Décision n° 2014-DC-0420 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 13 février 2014 relative aux modifications matérielles des installations nucléaires de base.
- Décret n° 2014-220 du 25 février 2014 relatif au système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre (période 2013-2020) et à son extension aux équipements et installations de certaines installations nucléaires de base[69].
- Décret n° 2016-519 du 28 avril 2016 portant réforme de l'Autorité environnementale.
- Ordonnance n° 2016-1058 du 3 août 2016 relative à la modification des règles applicables à l'évaluation environnementale des projets, plans et programmes.
- Loi n° 2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages.
- Décret n° 2016-1110 du 11 août 2016 relatif à la modification des règles applicables à l'évaluation environnementale des projets, plans et programmes.
- Décret n° 2017 542 du 23 février 2017 pris pour l'application de l'article L. 542-1-2 du Code de l'environnement et établissant les prescriptions du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs.
- Décret n° 2017-626 du 25 avril 2017 relatif aux procédures destinées à assurer l'information et la participation du public à l'élaboration de certaines décisions susceptibles d'avoir une incidence sur l'environnement et modifiant diverses dispositions relatives à l'évaluation environnementale de certains projets, plans et programmes.

---

[68] Cette décision complète les modalités d'application des décrets et arrêtés relatifs aux installations nucléaires de base, notamment celles du décret du 2 novembre 2007 susvisé et de l'arrêté du 7 février 2012 susvisé, pour ce qui concerne les prélèvements d'eau, les rejets d'effluents dans le milieu récepteur ou les nuisances de ces installations pour le public et l'environnement. Elle ne concerne pas les déchets à l'exception de la déclaration des dispositions du chapitre II du titre V du Code de l'Environnement. Elle ne s'applique pas aux situations d'urgence.

[69] Les dispositions énoncées dans le chapitre II (articles 14 à 24) de ce décret modifient le décret n° 2007-1557 du 2 novembre 2007, et fixent notamment les éléments d'information qui doivent figurer dans les dossiers de création, ou de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement d'une INB.

3.3. Réglementation spécifique applicable au Centre de Cadarache

- Arrêté préfectoral 113-2006-A du 25 septembre 2006 imposant des prescriptions complémentaires au Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (département des Bouches-du-Rhône). [Dit arrêté « ICPE CEA ». Cet arrêté a été remplacé par l'arrêté n° 2020-497-PC du 27 octobre 2022].
- Arrêté préfectoral du 3 mai 2010 imposant des prescriptions complémentaires, dans le cadre des rejets de substances dangereuses dans le milieu aquatique, au Centre de l'Energie Atomique à Saint-Paul-lez-Durance.
- Arrêté interpréfectoral n° 27-2014 du 30 décembre 2014 portant relèvement du débit minimal à laisser en rivière à l'aval du barrage de Cadarache, sur la Durance – Communes de Saint-Paul-lez-Durance (13) et Beaumont-de-Pertuis (84).
- Décision n° 2017-DC-0596 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017 fixant les limites de rejets dans l'environnement des effluents des installations nucléaires de base civiles du centre de Cadarache exploitées par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) sur la commune de Saint-Paul-lez-Durance (département des Bouches-du-Rhône). [Homologuée par arrêté ministériel du 21 septembre 2017, cette décision dite « décision limites » remplace la décision n° 2010-DC-0172 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 5 janvier 2010].
- Décision n° 2017-DC-0597 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017 fixant les prescriptions relatives aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de transfert et de rejets des effluents des installations nucléaires de base civiles du centre de Cadarache exploitées par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (département des Bouches-du-Rhône). [Cette décision dite « décision modalités » remplace la décision n° 2010-DC-0173 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 5 janvier 2010].

4. Arrêté n° 2020-497-PC du 27 octobre 2022 mettant à jour l'ensemble des prescriptions applicables au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) de Cadarache pour l'exploitation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) de son site de Saint-Paul-lez-Durance. [Cet arrêté remplace l'arrêté 113-2006-A du 25 septembre 2006, dit « arrêté ICPE-CEA »]Références bibliographiques

4.1. Documents

- Etude d'impact de l'ensemble du site de Cadarache. Téléchargeable sur : http://cadarache.cea.fr/cad/Pages/Environnement/impact-centre.aspx
- Etude d'impact du Dossier d'Autorisation de Création (DAC) d'ITER. Consultable sur : https://www.iter.org/fr/dac
- Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) du Ministère de l'environnement (2013) - Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels. Octobre 2013.
- STRATER, Diagnostic Provence-Alpes-Côte d'Azur (2016).
- Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux Rhône-Méditerranée 2022-2027.
- Guide relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau). Guide technique édité par le Ministère de l'environnement. Mars 2016.
- OMS – Directives pour la qualité de l'eau potable. 4ème édition, 2011.
- ICRP, 2007. Scope of Radiological Protection Control Measures. ICRP Publication 104. Ann. ICRP 37 (5).
- INERIS (2016) – Choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR), Méthode appliquée par l'INERIS, Impact des activités humaines sur la santé. Décembre 2016.
- ADEME (2014) - Documentation des facteurs d'émissions de la Base Carbone de l'ADEME – version 11.0.0 du 18 novembre 2014.
- Provence-Alpes-Côte d'Azur, une région face au changement climatique. Les cahiers du GREC-PACA édités par l'Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR), juin 2015.

- Climat et changement climatique en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, Les cahiers du GREC-PACA édités par l'Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR), mai 2016.
- Les ressources en eau et le changement climatique en Provence-Alpes-Côte d'Azur, Les cahiers du GRECPACA, édités par l'Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR), juillet 2017.

4.2. Sites Internet

https://www.geoportail.gouv.fr/

http://www.georisques.gouv.fr/

http://www.airpaca.org/

http://www.grec-paca.fr/

http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur

http://www.sandre.eaufrance.fr/

http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/

http://www.smavd.org/

https://substances.ineris.fr/fr/

http://www.irsn.fr/

https://www.asn.fr/

Annexes

Annexe 1 Récapitulatif des limites de transferts et de rejets, et des seuils de décision des mesures de radioactivité dans l'environnement

Annexe 1 : Récapitulatif des limites de transferts et de rejets, et des seuils de décision des mesures dans l'environnement

5. Limites réglementaires de transferts et de rejets

5.1. Introduction

Les transferts et rejets des effluents liquides et atmosphériques des installations du Centre de Cadarache sont réglementés, par arrêté préfectoral ou ministériel.

L'arrêté préfectoral n° 2020-497-PC du 27 octobre 2022 réglemente les **rejets**, après traitement à la station de traitement et d'épuration (STEP), des **effluents liquides de l'ensemble des installations** présentes sur le site du CEA de Cadarache en Durance.

Des **limites réglementaires concernant les INB** sont fixées en application de décisions de l'Autorité de Sûreté Nucléaire, après instruction des propositions du CEA. Pour Cadarache, deux décisions ASN sont actuellement en vigueur :

- Décision n° 2017-DC-0596 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017 fixant les limites de rejets dans l'environnement des effluents des installations nucléaires de base civiles du centre de Cadarache exploitées par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) sur la commune de Saint-Paul-lez-Durance (département des Bouches-du-Rhône). [Homologuée par arrêté ministériel du 21 septembre 2017, cette décision dite « décision limites » remplace la décision n° 2010-DC-0172 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 5 janvier 2010].
- Décision n° 2017-DC-0597 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017 fixant les prescriptions relatives aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de transfert et de rejets des effluents des installations nucléaires de base civiles du centre de Cadarache exploitées par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (département des Bouches-du-Rhône). [Cette décision dite « décision modalités » remplace la décision n° 2010-DC-0173 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 5 janvier 2010].

Les limites de rejets sont calées au plus près des possibilités techniques des exploitants, tout en tenant compte des aléas normaux d'exploitation. Le dépassement d'une limite de rejet constitue en effet un incident et est traité comme tel (déclaration obligatoire, instruction de l'anomalie et de ses conséquences). Elles doivent également avoir un caractère incitatif pour que les exploitants restent vigilants dans leur démarche permanente de réduction des rejets.

5.2. Limites de rejets atmosphériques radioactifs

Les limites réglementaires des rejets atmosphériques radioactifs sont fixées, pour chaque INB, par la Décision n° 2017-DC-0596 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017.

Les limites annuelles et mensuelles de rejets atmosphériques radioactifs réglementaires en vigueur pour l'INB 56 (émissaires E61, E62, E63, E67, E41) sont présentées dans les tableaux suivants :

Limite annuelle de rejets atmosphériques radioactifs pour l'INB 56 fixée par la Décision n° 2017-DC-0596 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017 (GBq/an)					
Carbone 14	**Tritium**	**Iodes**	**Gaz rares**	**Autres émetteurs βγ**	**Emetteurs α**
–	5,1	–	100	$7{,}8.10^{-5}$	$2{,}2.10^{-5}$

Tableau 258 : Limites annuelles d'activité des rejets radioactifs atmosphériques de l'INB 56

Limite mensuelle de rejets atmosphériques radioactifs pour l'INB 56 fixée par la Décision n° 2017-DC-0596 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017 (GBq/mois)					
Carbone 14	**Tritium**	**Iodes**	**Gaz rares**	**Autres émetteurs βγ**	**Emetteurs α**
–	0,85	–	15	1.10^{-5}	3.10^{-6}

Tableau 259 : Limites mensuelles d'activité des rejets radioactifs atmosphériques de l'INB 56

5.3. Limites de transferts d'effluents liquides radioactifs

5.3.1. Limites applicables pour toutes les installations du Centre de Cadarache

Limite d'activité volumique des effluents transférables dans le réseau des effluents industriels

La décision ASN n° 2017-DC-0597 fixe les limites maximales d'activité volumique des effluents radioactifs produits par les installations qui peuvent être transférés dans le réseau des effluents industriels (REI) du Centre de Cadarache. Elles sont présentées dans le tableau suivant :

Limites maximales d'activité volumique pour le rejet d'effluents liquides radioactifs dans le Réseau des Effluents Industriels fixées par la Décision n° 2017-DC-0597 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017 (Bq/L)		
Tritium	**Autres émetteurs bêta-gamma**	**Emetteurs alpha**
74 000	74	10

Tableau 260 : Limites maximales d'activité volumique pour le rejet d'effluents liquides dans le Réseau des Effluents Industriels du Centre de Cadarache

Les effluents radioactifs sont considérés comme **actifs** lorsque leur activité volumique est supérieure ou égale à ces valeurs.

Concentrations maximales des effluents industriels en entrée de STEP/EI

La décision n° 2017-DC-0597 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017 impose que le transfert des effluents industriels produits par les INB ne conduit pas à des concentrations en entrée de la station des effluents industriels du Centre de Cadarache qui dépassent les valeurs indiquées dans le tableau ci-après.

Concentrations maximales des effluents industriels en entrée de STEP/EI fixées par la Décision n° 2017-DC-0597 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017	
Paramètre	**Concentration maximale (mg/L) en moyenne journalière**
Matières En Suspension (MES)	70
Demande Chimique en Oxygène (DCO)	120
Demande Biochimique en Oxygène à 5 jours (DBO5)	50

Concentrations maximales des effluents industriels en entrée de STEP/EI fixées par la Décision n° 2017-DC-0597 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017	
Paramètre	**Concentration maximale (mg/L) en moyenne journalière**
Azote global	50
Phosphore total	20
Cyanures	0,1
Chrome hexavalent et composés (en Cr)	0,1
Plomb et composés (en Pb)	0,3
Cuivre et composés (en Cu)	0,2
Chrome et composés (en Cr)	0,2
Nickel et composés (en Ni)	0,4
Zinc et composés (en Zn)	2
Manganèse et composés (en Mn)	0,2
Etain et composés (en Sn)	0,2
Fer et composés (en Fe)	2,5
Aluminium et composés (en Al)	2,5
Composés organiques halogénés (en AOX ou EOX)	0,7
Hydrocarbures totaux (Ht)	5
Fluor et composés (en F)	3
Mercure (Hg)	0,04
Cadmium (Cd)	0,2
Arsenic (As)	0,05
Sulfates (SO_4)	700
Chlorures (Cl)	200
Bore (Bo)	0,5

Tableau 261 : Concentrations maximales des effluents industriels en entrée de STEP/EI

5.3.2. Limites applicables pour l'INB 56

La limite annuelle d'activité des effluents industriels liquides transférables à la station d'épuration des effluents industriels en vigueur pour l'INB 56 est fixée par la Décision n° 2017-DC-0597 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017. Elle est présentée dans le tableau suivant.

Limite annuelle d'activité des effluents transférables à la station d'épuration des effluents industriels du Centre de Cadarache pour l'INB 56 fixée par la Décision n° 2017-DC-0597 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 juillet 2017 (GBq/an)			
Tritium	**Carbone 14**	**Autres émetteurs βγ**	**Emetteurs α**
$2{,}34.10^{-4}$	–	$3{,}33.10^{-4}$	$3{,}6.10^{-5}$

Tableau 262 : Limite annuelle d'activité des transferts liquides à la station de traitement des effluents industriels de l'INB 56

5.4. Limites réglementaires de rejet des effluents liquides de l'ensemble du Centre de Cadarache

Limites annuelles maximales d'activité des effluents liquides rejetés par l'ensemble du Centre

L'activité annuelle des effluents liquides rejetés par l'ensemble du Centre de Cadarache ne doit pas dépasser les limites suivantes, fixées par l'arrêté préfectoral n° 2020-497-PC du 27/10/2022 :

Limites annuelles maximales d'activité des rejets liquides de l'ensemble du Centre de Cadarache fixées par l'arrêté préfectoral n°2020-497-PC du 27/10/2022 (GBq/an)			
Tritium	**Carbone 14**	**Autres émetteurs bêta-gamma**	**Emetteurs alpha**
1 000	0,5	1,5	0,13

Tableau 263 : Limites annuelles d'activité des rejets liquides de l'ensemble du Centre de Cadarache

Valeurs maximales journalières pour le rejet des effluents liquides en Durance

L'arrêté préfectoral n° 2020-497-PC du 27/10/2022 fixe également des valeurs maximales journalières pour le rejet des effluents liquides en Durance :

Valeurs limites journalières de rejets liquides pour l'ensemble du Centre de Cadarache fixées par l'arrêté préfectoral n° 2020-497-PC du 27/10/2022		
Débit maximum des effluents industriels	200 m^3/h (sur échantillon moyen 24h)	
Débit maximum des effluents sanitaires	50 m^3/h (sur échantillon moyen 24h)	
Débit journalier des effluents rejetés	4 000 m^3/j en maximum journalier, avec une moyenne journalière mensuelle de 3 000 m^3/j	
pH	Entre 5,5 et 9 (sur échantillon moyen 24h)	
Température	30°C (sur échantillon moyen 24h)	
Caractéristiques physico-chimiques contrôlées	**Valeur maximale sur échantillon moyen 24h (mg/L)**	**Flux journalier maximal (kg/j)**
Matières En Suspension (MES)	35	80
Demande Chimique en Oxygène (DCO)	100	225
Demande Biochimique en Oxygène à 5 jours (DBO5)	30	70
Hydrocarbures totaux	5	10
Azote global	30	70
Phosphore	10	22,5
Sulfates	700	1575
Chlorures	200	450
Bore	0,5	1
Aluminium	2,5	5
Fer	2,5	5
Zinc	2	12,5
Fluorures	1	2,25
Radionucléides contrôlés	**Valeur maximale sur échantillon moyen 24h (Bq/L)**	**Flux journalier maximal (Bq/j)**
Tritium	1E+04	22,5E+09
Ensemble des radionucléides autres que le tritium	100	225E+06

Tableau 264 : Valeurs limites journalières des rejets d'effluents liquides pour l'ensemble du Centre de Cadarache

6. Seuils de décision (SD) des mesures sur échantillons prélevés dans l'environnement

6.1. Seuils de décision minimaux demandés par la décision 2013-DC-0360 modifiée de l'ASN

L'article 3.3.4. –I. de la décision ASN 2013-DC-0360 modifiée (dite « décision environnement ») exige que les techniques de prélèvement et de mesure mises en œuvre dans le cadre de la surveillance de l'environnement permettent de garantir des seuils de décision ne dépassant pas les valeurs suivantes (calculées pour un risque de première espèce alpha égal à 2,5 %) :

- pour la détermination de l'activité bêta globale des aérosols : 2,5.10-4 Bq/m^3 (pour un prélèvement de 24 heures) ;
- pour la détermination de l'activité alpha globale des aérosols : 5.10-4 Bq/m^3 (pour un prélèvement de 24 heures) ;
- pour la mesure par spectrométrie gamma des aérosols : 10-5 Bq/m^3 en césium 137 sur un regroupement mensuel de filtres, et 5.10-5 Bq/m3 en césium 137 dans les autres cas ;
- pour la mesure du tritium atmosphérique : 0,5 Bq/m^3 ;
- pour la mesure du carbone 14 atmosphérique : 0,1 Bq/m^3 ;
- pour la détermination de l'activité bêta globale dans l'eau (hors eau de mer) : 0,25 Bq/L ;
- pour la détermination de l'activité alpha globale dans l'eau : 0,05 Bq/L ;
- pour la mesure du tritium libre dans l'eau : 10 Bq/L ;
- pour la mesure du tritium dans les matrices biologiques : 10 Bq/L (eau obtenue par combustion ou lyophilisation) ;
- pour la mesure par spectrométrie gamma dans les matrices biologiques : 0,5 Bq/kg frais en césium 137 (pour les matrices consommées) ou 0,5 Bq/kg sec en césium 137 (pour les matrices non consommées).

6.2. Seuils de décision des mesures sur les échantillons prélevés dans l'environnement effectuées par le CEA de Cadarache

Les seuils de décision des mesures de surveillance de l'environnement effectuées par le Laboratoire d'Analyses Nucléaires et de Surveillance de l'Environnement (LANSE) du CEA de Cadarache sont indiqués dans les tableaux ci-après. Ils sont compatibles avec la décision n° 2013-DC-0360 modifiée de l'ASN.

6.2.1. Mesures sur échantillons prélevés dans le milieu atmosphérique

Type d'échantillon	Radionucléide ou type de mesure	Type d'analyse	Seuil de Décision (SD)
Filtre aérosols : prélèvement journalier (24h)	Alpha global	Compteur proportionnel	4E-05 Bq/m³ d'air
	Bêta global	Compteur proportionnel	3E-05 Bq/m³ d'air
	^{137}Cs	Spectrométrie gamma	4,3E-05 Bq/m³ d'air
Filtre aérosols : regroupement mensuel des filtres journaliers	^{137}Cs	Spectrométrie gamma	6,5E-06 Bq/m³ d'air
	Isotopes Pu, Am,…	Spectrométrie alpha	1E-07 Bq/m³ d'air
Cartouche charbon actif	^{131}I	Spectrométrie gamma	1E-03 Bq/m³ d'air
	^{3}H	Scintillation liquide	5 Bq/L d'eau (0,3 Bq/m³ d'air)
	^{14}C	Scintillation liquide	1,2E-02 Bq/m³ d'air (niveau naturel ~ 6E-02 Bq/m³ d'air)

Tableau 265 : Seuils de décision des mesures sur échantillons prélevés dans le milieu atmosphérique

6.2.2. Mesures sur échantillons prélevés dans le milieu terrestre

Type d'échantillon	Radionucléide ou type de mesure	Type d'analyse	Seuil de Décision (SD)
Matrices biologiques (terre, faune, flore,…)	Bêta global	Compteur proportionnel	3,5E-02 Bq/g de cendres
	^{40}K	Spectrométrie gamma	1E-01 Bq/g de cendres
	^{137}Cs	Spectrométrie gamma	Matrices non consommées 6E-03 Bq/g de cendres (0,4 Bq/kg sec)
			Matrices consommées 2E-02 Bq/g de cendres (0,2 Bq/kg frais)
	^{3}H libre	Scintillation liquide	1 Bq/kg frais
	^{3}H TOL		0,5 Bq/kg frais
	^{14}C	Scintillation liquide	20 Bq/kg C (niveau naturel ~ 250 Bq/kg C)
	^{90}Sr	Scintillation liquide	5E-03 Bq/g de cendres
	Isotopes Pu, Am,…	Spectrométrie alpha	1E-04 Bq/g de cendres
Lait	Bêta global	Compteur proportionnel	0,3 Bq/L
	^{40}K	Spectrométrie gamma	5 Bq/L
	^{131}I	Spectrométrie gamma	0,4 Bq/L
	^{3}H libre	Scintillation liquide	1,5 Bq/L
	^{3}H TOL		0,5 Bq/L
	^{14}C	Scintillation liquide	20 Bq/kg C (niveau naturel ~ 250 Bq/kg C)

Tableau 266 : Seuils de décision des mesures sur échantillons prélevés dans le milieu terrestre

6.2.3. Mesures sur échantillons prélevés dans le milieu aquatique

Type d'échantillon	Radionucléide ou type de mesure	Type d'analyse	Seuil de Décision (SD)
Eau	Alpha global	Compteur proportionnel	4E-02 Bq/L
	Bêta global	Compteur proportionnel	5E-02 Bq/L
	^{3}H	Scintillation liquide	5 Bq/L
	^{137}Cs	Spectrométrie gamma	0,4 Bq/L ou 1,5 Bq/L (aliquote journalier)
	^{131}I	Spectrométrie gamma	0,4 Bq/L ou 1,5 Bq/L (aliquote journalier)
	^{60}Co	Spectrométrie gamma	3,5E-01 Bq/L
	^{14}C	Scintillation liquide	6E-03 Bq/L
	^{90}Sr	Scintillation liquide	2E-02 Bq/L
	Isotopes Pu, Am,…	Spectrométrie alpha	5E-04 Bq/L
Matrices biologiques (sédiments, faune, flore,…)	Bêta global	Compteur proportionnel	3,5E-02 Bq/g de cendres
	^{40}K	Spectrométrie gamma	1E-01 Bq/g de cendres
	^{137}Cs	Spectrométrie gamma	Matrices non consommées 6E-03 Bq/g de cendres (0,4 Bq/kg sec)
			Matrices consommées 2E-02 Bq/g de cendres (0,2 Bq/kg frais)
	^{60}Co	Spectrométrie gamma	1E-02 Bq/g de cendres
	^{3}H libre	Scintillation liquide	1,5 Bq/kg frais
	^{3}H TOL		0,5 Bq/kg frais
	^{14}C	Scintillation liquide	20 Bq/kg C (niveau naturel ~ 250 Bq/kg C)
	^{90}Sr	Scintillation liquide	5E-03 Bq/g de cendres
	Isotopes Pu, Am,…	Spectrométrie alpha	1E-04 Bq/g de cendres

Tableau 267 : Seuils de décision des mesures sur échantillons prélevés dans le milieu aquatique