



Projet de Bus à Haut Niveau de Service (B.H.N.S.)

Dossier d'Enquête Publique

01/07/2024

Volet H – Étude d'impact

Pièce H9 – Méthodes et difficultés

Émetteur : AMO



N° d'identification

BHNS TPM_VOLET H_PIECE H9_Etude Impact_Methodes Difficultes_VA.docx

REVISION DE CE DOCUMENT

Indice	Date	Pages	Objet de la révision
A	01/07/2024	Toutes	Édition du document
B			
C			
D			
E			
F			
G			

VALIDATION DU DOCUMENT

Rédaction	Vérification	Validation
Nom BOISMAL Katleen	Nom MULLER Marie-Anne	Nom NEDELLEC Carole
Date 01/07/2024	Date 01/07/2024	Date 01/07/2024
Visa	Visa	Visa

DESTINATAIRES

Nom	Entité
Vincent CHERY	TPM



SOMMAIRE

1 - DESCRIPTIONS DES METHODES UTILISEES POUR IDENTIFIER ET EVALUER LES INCIDENCES NOTABLES DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT	5
1.1 - Méthodes générales utilisées pour identifier et évaluer les incidences notables sur l'environnement.....	5
1.2 - Estimation des impacts et difficultés rencontrés	5
1.3 - Cas du projet du BHNS de TPM.....	5
1.4 - Noms, qualités et qualification des experts	7
1.4.1 - Inventaires habitats faune et flore	7
1.4.2 - Etude trafic	7
1.4.3 - Etude acoustique.....	7
1.4.4 - Etude qualité de l'air.....	7
1.4.5 - Etude sociologique.....	7
1.4.6 - Bilan carbone	8
1.4.7 - Vulnérabilité au changement climatique	8
1.4.8 - Evaluation environnementale	8
1.5 - Méthodologie des études spécifiques	8
1.5.1 - Etude biodiversité.....	8
1.5.1.1 - Recueil préliminaire des informations.....	8
1.5.1.2 - Planning des prospections.....	11
1.5.1.3 - Méthodes de prospection	12
1.5.1.4 - Limites de l'étude.....	16
1.5.1.5 - Méthode d'évaluation des enjeux des habitats et des espèces	16
1.5.1.6 - Méthode d'évaluation des impacts bruts	17
1.5.1.7 - Méthode d'évaluation des impacts résiduels.....	17
1.5.1.8 - Méthodologie de dimensionnement de la compensation	17
1.5.1.9 - Évaluation des pertes écologiques.....	17
1.5.1.10 - Évaluation des gains fonctionnels sur les sites de compensation.....	19
1.5.1.11 - Évaluation de l'équivalence écologique et détermination d'un ratio de compensation « a posteriori »	20
1.5.2 - Etude trafic routier.....	22
1.5.2.1 - Présentation du modèle.....	22
1.5.2.2 - Caractéristiques techniques du modèle	22
1.5.2.3 - Recalage de la matrice en 2023	23
1.5.2.4 - Calage des trafics routiers.....	23
1.5.2.5 - Compléments méthodologiques	25
1.5.3 - Etude acoustique.....	26
1.5.3.1 - Notions d'acoustique	26
1.5.3.2 - Aspects réglementaires	27
1.5.3.3 - Caractérisation de l'état initial.....	30
1.5.4 - Etude qualité de l'air.....	33
1.5.4.1 - Cadre réglementaire de l'étude	33
1.5.4.2 - Notions générales sur les polluants atmosphériques.....	36
1.5.4.3 - Origine et toxicité des principaux polluants atmosphériques	36
1.5.4.4 - Évaluation de l'impact du projet sur l'exposition des populations	39
1.5.4.5 - Évaluation des risques sanitaires	39
1.5.4.6 - Caractérisation de risques sanitaires en exposition aiguë	51

1.5.5 - Etude sociologique	53
1.5.5.1 - Cadre réglementaire	53
1.5.5.2 - Calcul socio-économique.....	53
1.5.5.3 - Méthodologie	53
1.5.6 - Bilan carbone	54
1.5.6.1 - Introduction	54
1.5.6.2 - Présentation de la méthodologie	54
1.5.6.3 - Principe de calcul.....	55
1.5.6.4 - Traitement des incertitudes	55
1.5.7 - Vulnérabilité au changement climatique	56
1.5.7.1 - Définitions et notions générales.....	56
1.5.7.2 - Sources de données	56

2 - GLOSSAIRE.....	62
---------------------------	-----------



verso

1 - DESCRIPTIONS DES METHODES UTILISEES POUR IDENTIFIER ET EVALUER LES INCIDENCES NOTABLES DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT

1.1 - Méthodes générales utilisées pour identifier et évaluer les incidences notables sur l'environnement

En matière d'aménagement, les projets, de quelque nature qu'ils soient, interfèrent avec l'environnement dans lequel ils sont réalisés.

La procédure d'étude d'impact a pour objectif de fournir des éléments d'aide à la décision quant aux incidences environnementales du projet et d'indiquer les mesures correctives à mettre en œuvre par le maître d'ouvrage, afin d'en assurer une intégration optimale.

L'estimation des effets du projet (« impacts ») occupe donc une importance certaine dans la procédure d'étude d'impact.

La démarche adoptée pour l'évaluation des impacts du projet est la suivante :

- Une analyse de l'état « actuel » de l'environnement : elle s'effectue de façon thématique pour chacun des domaines de l'environnement ;
- Une description du projet et de ses modalités de réalisation, afin d'en apprécier les conséquences sur l'environnement, domaine par domaine, et de justifier, vis-à-vis de critères environnementaux, les raisons de son choix, apparaissant comme le meilleur compromis entre les impératifs techniques, les contraintes financières et l'intégration environnementale ;
- Une indication des impacts du projet sur l'environnement, qui apparaît comme une analyse thématique des incidences prévisionnelles liées au projet. Il s'agit là, autant que faire se peut, d'apprécier la différence d'évolution afférent à :
 - La dynamique « naturelle » du domaine environnemental concerné en l'absence de réalisation du projet d'une part ;
 - La dynamique nouvelle créée par la mise en œuvre du projet, vis-à-vis de ce thème de l'environnement d'autre part.

Les conséquences de cette différence d'évolution sont à considérer comme les impacts du projet sur le thème environnemental concerné.

- Dans le cas des impacts négatifs, la définition d'une série de propositions ou « mesures d'évitement, de réduction ou d'accompagnement » visant à optimiser ou améliorer l'insertion du projet dans son contexte environnemental, et limiter de ce fait les impacts bruts. C'est-à-dire avant application des mesures compensatoires du projet sur l'environnement.

1.2 - Estimation des impacts et difficultés rencontrés

L'estimation des impacts sous-entend :

- De disposer de moyens permettant de qualifier, voire de quantifier, l'environnement (thème par thème) ;
- De savoir gérer, de façon prédictive, des évolutions thématiques environnementales.

Le premier point, pour sa partie qualitative, est du domaine de la réalité : l'environnement est aujourd'hui appréciable vis-à-vis de ses diverses composantes, avec des niveaux de finesse satisfaisants, et de façon objective (existence de méthodes descriptives).

La partie quantitative n'est de façon générale appréciée que dans les domaines s'y prêtant, plutôt orientés dans les thèmes du cadre physique ou bien de l'environnement humain et socio-économique (hydraulique, bruit, etc.) ; d'autres (tels l'environnement paysager par exemple) font appel à certaines appréciations subjectives, dont la quantification ne peut être aisément envisagée.

Le second point soulève parfois également des difficultés liées au fait que certaines sciences, complexes, telles que les sciences biologiques et écologiques, ne sont que modérément (voire pas) prédictives.

Ces considérations montrent la difficulté d'apprécier, de façon générale et unique, l'impact d'un projet sur l'environnement ; l'agrégation des impacts (addition des effets des thèmes distincts de l'environnement) reste donc du domaine de la théorie, à ce jour, dans la mesure où elle supposerait de façon objective :

- De pouvoir quantifier chaque impact thématique (dans tous les domaines de l'environnement) ; ce qui n'est pas le cas ;
- De savoir pondérer l'importance relative des différents thèmes environnementaux les uns par rapport aux autres ; ce qui n'est pas le cas non plus.

Il est important de noter que des difficultés ont pu parfois été rencontrées concernant l'estimation des émissions de gaz à effet de serre ainsi que les consommations de ressources car le projet n'était pas en phase de conception lors de la rédaction de cette étude.

1.3 - Cas du projet du BHNS de TPM

Afin d'établir l'état initial du site, d'évaluer les impacts du projet et les mesures préconisées pour réduire, voire supprimer ces impacts, la méthodologie appliquée comprend une recherche bibliographique, un recueil de données auprès des organismes dans les différents domaines, une étude sur le terrain et une analyse réalisée à l'aide des méthodes expérimentées sur des aménagements similaires.

En fonction de la nature des informations requises et des données effectivement disponibles, l'analyse a été effectuée à deux niveaux :

- Une approche dite « globale » portant sur un secteur élargi, plus vaste que la zone d'étude proprement dite ;
- Une approche plus ponctuelle, où les données portent sur une zone d'étude plus restreinte. Les méthodes d'évaluation des impacts utilisées dans cette étude sont conformes aux textes réglementaires en vigueur, à la jurisprudence et en partie issues des guides méthodologiques recommandés par le ministère de l'Environnement.

Cette évaluation est également fondée sur les impacts constatés de certains aménagements de même type déjà réalisés.



Le recueil des informations nécessaires à l’analyse et à l’établissement du dossier d’étude d’impact comprend plusieurs phases :

Des données sont collectées auprès de chacun des organismes et administrations susceptibles de nous renseigner :

- Des données sont collectées auprès de chacun des organismes et administrations susceptibles d’apporter des renseignements :
 - Métropole de Toulon ;
 - Agence Régionale de la Santé (ARS) du Var ;
 - Direction Départementale des Territoires et de la Mer du Var (DDTM) ;
 - Direction Régionale de l’environnement, de l’aménagement et du logement de Provence-Alpes-Côte d’Azur (DREAL PACA)
 - Conseil départemental du Var ;
 - Ministère de la Culture et de la Communication – Direction générale des patrimoines – Atlas des patrimoines ;
 - Météo France ;
 - Institut National de la Statistique et des Études Économiques (INSEE) ;
 - Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)

■ Des visites de terrain permettant de déterminer les grandes sensibilités du site.

Pour l’ensemble des facteurs environnementaux, l’analyse des impacts du projet a été réalisée en fonction des dispositions techniques et de la nature des contraintes liées aux différents facteurs environnementaux, socio-économiques et urbains. L’identification et l’évaluation des effets tant positifs que négatifs sont effectuées pour les différents facteurs concernés et sont déterminées selon des méthodes officielles. Cette évaluation est quantitative chaque fois que possible compte tenu de l’état des connaissances. Les mesures sont définies en référence à des textes réglementaires ou selon des dispositions habituellement connues et appliquées.

■ La climatologie

L’analyse climatique a été réalisée à partir des données chiffrées de la station météorologique sur la commune de Toulon et en service de 2010-2020 diffusées sur le site <https://www.infoclimat.fr/>.

■ La topographie – La géologie – L’hydrogéologie

Le site a fait l’objet d’une analyse topographique par l’examen des courbes de niveau du Scan25 (site internet : <https://www.geoportail.gouv.fr>).

- Les données géologiques sont issues :
 - du site internet Infoterre : http://infoterre.brgm.fr/viewer/MainTileForwa_d.do ;
- L’agriculture : Les informations sur l’agriculture sont issues des sites internet :
 - du Ministère de l’agriculture : https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste_web/ ;
 - de l’Institut National de l’Origine et de la Qualité INAO) : <https://www.inao.gouv.fr/>.

Les données du registre parcellaire graphique proviennent du site internet Géoportail (<https://www.geoportail.gouv.fr>).

■ Les eaux souterraines et superficielles

La documentation existante et l’analyse des enjeux ont été recueillies auprès :

- du site internet d’Eau France : <https://www.eaufrance.fr/> ;
- du site internet Infoterre : <https://infoterre.brgm.fr/http://infoterre.brgm.fr/> ;
- du système d’information sur l’eau du bassin Seine-Normandie : [Accueil | Agence de l'Eau Seine-Normandie \(eau-seine-normandie.fr\)](#);
- du site internet de la communauté des acteurs de la gestion intégrée de l’eau : <https://www.gesteau.fr/> ;

■ La biodiversité

La documentation existante a été recueillie auprès :

- de l’inventaire national du patrimoine naturel : <https://inpn.mnhn.fr/accueil/ndex> ;
- du SIG Réseau zones humides : <http://siq.reseau-zones-humides.org/> ;
- Une expertise écologique faune flore a été réalisée par EGIS en 2018-2023 ;
- Une délimitation des zones humides a également été réalisée par EGIS en octobre 2023.

La méthodologie spécifique liée à l’expertise écologique et à l’inventaire des zones humides est développée ci-après.

Une évaluation des impacts sur les zonages Natura 2000 a été rédigée par le bureau d’études spécialisé EGIS en mai 2024.

■ Le paysage

Les données sur le paysage sont issues :

- <https://fr-fr.topographic-map.com/> ;
- Atlas des paysages PACA : <https://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/les-atlas-des-paysages-a13274.html>
- L’analyse et l’évaluation des impacts du projet sur le paysage se sont appuyées sur l’analyse paysagère réalisée par le bureau d’études EGIS en juin 2023.
- De l’étude d’insertion paysagère réalisée par EGIS en 2023.

■ Le patrimoine culturel, architectural et archéologique

Les éléments du patrimoine culturel, architectural et archéologique ont été recueillis auprès du ministère de la Culture et de la Communication – Direction générale des patrimoines (site internet : <http://atlas.patrimoines.culture.fr/atlas/trunk/http://atlas.patrimoines.culture.fr/atlas/trunk/>).

■ Le contexte socio-économique et urbain

L’analyse des principales caractéristiques socio-économiques a été établie à partir du recueil de données réalisé auprès de l’INSEE (site internet : <https://www.insee.fr>).

Les autres données urbaines ont été recueillies :

- par des visites sur site ;
- par l’analyse des documents de planification territoriale et urbaine et par l’exploitation des données cartographiques ;
- l’étude socio-économique réalisée en mai 2024 par le bureau d’études EGIS ;
- par les informations disponibles sur le site internet de la métropole de Toulon Provence Méditerranée : [Métropole Toulon Provence Méditerranée \(metropoletpm.fr\)](#)

Concernant les équipements aéronautiques, la documentation existante a été recueillie auprès :

- du service de l’information aéronautique de la Direction Générale de l’Aviation civile : <https://www.sia.aviation-civile.gouv.fr/> ;



- du site internet Géoportail : <https://www.geoportail.gouv.fr/>.

Les informations sur les réseaux ont été obtenues :

- par l'analyse des PLU des communes de La Seyne-sur-Mer, Ollioules, Toulon, La Garde et La Valette-du-Var ;
- par la consultation du portail d'information sur l'assainissement communal : <http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/> ;

■ Le foncier

Les éléments du foncier ont été recueillis :

- par des visites sur site ;
- auprès du service de consultation du plan cadastral : <https://www.cadastre.gouv.fr/scpc/accueil.doc> ;
- auprès de la Direction de l'Immobilier et du Foncier de la Métropole de Toulon Provence Méditerranée.

■ Les déplacements

La documentation existante a été recueillie :

- par des visites sur site ;
- par l'analyse des documents de planification territoriale et urbaine et par l'exploitation des données cartographiques ;
- par l'étude de trafic réalisée par le bureau d'études EGIS en mai 2024.

La méthodologie spécifique liée à l'étude de trafic est développée ci-après.

■ Les outils de planification urbaine

L'analyse des documents de planification territoriale et urbaine s'est appuyée sur les documents d'urbanisme disponibles :

- PLU de La Seyne-sur-Mer : [Plan local d'urbanisme – La Seyne-sur-Mer \(la-seyne.fr\)](#)
- PLU d'Ollioules : [Le Plan Local d'Urbanisme - Ville d'Ollioules](#)
- PLU de Toulon : [Le plan local d'urbanisme | Site officiel de la ville de Toulon](#)
- PLU de La Valette-du-Var : [Le Plan Local d'Urbanisme \(PLU\) - Ville de La Valette-du-Var Ville de La Valette-du-Var \(lavallette83.fr\)](#)
- PLU de La Garde : [Plan local d'urbanisme | Site Officiel Ville de La Garde \(83\) \(ville-laGARDE.fr\)](#)

■ Les risques majeurs

Les données ci-dessous ont été exploitées :

- site internet Géorisques : <https://www.georisques.gouv.fr/> ;
- du Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) de la préfecture du Var : var.gouv.fr/index.php/contenu/tele-chargement/7628/82601/file/ddrm_du_var.pdf

■ La santé humaine

L'analyse de l'état initial de la santé humaine s'est appuyée :

- sur les données de AtmoSud de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur : [Suivi de la qualité de l'air autour des ports de la rade de Toulon | AtmoSud](#)
- sur la consultation des données du site de l'institut de radioprotection et de sûreté nucléaire : https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/expertises-radioactivite-naturelle/radon/Pages/5-cartographie-potentiel-radon-commune.aspx#.XS7vw6Lw_WQ.

Une étude acoustique a été réalisée par ACOUSTB en juin 2024.

La méthodologie spécifique liée à l'étude acoustique est développée ci-après.

Une étude sur Air& Santé a été réalisée par le bureau d'études EGIS en juin 2024.

La méthodologie spécifique liée à l'étude d'Air et Santé est développée ci-après.

1.4 - Noms, qualités et qualification des experts

1.4.1 - Inventaires habitats faune et flore

Les prospections ont été réalisées par :

- **Charlotte JAULIAC** : ingénieure d'étude écologue spécialisée en faune (Avifaune, herpétofaune).
- **Thibault PAQUIER** : ingénieur d'étude écologue spécialisé en flore et habitats naturels.
- **Alexandre CREGU** : ingénieur d'étude écologue spécialisé en faune (Avifaune, herpétofaune, entomofaune) ;

Ce document a été rédigé par le bureau d'études EGIS. La rédaction a été confiée à Charlotte JAULIAC (Ingénieure d'études écologue) et Rémi MERCIER. Le contrôle du document est assuré par Christophe GIROD chef de projet écologue expérimenté.

1.4.2 - Etude trafic

Ce document a été rédigé par le bureau d'études EGIS. La rédaction a été réalisée par Thomas OBRY et Gilles Gauthier. (Ingénieurs chargés d'étude). Le contrôle du document a été réalisé par Carole NEDELLEC cheffe de projet expérimentée.

1.4.3 - Etude acoustique

Ce document a été rédigé par ACOUSTB. La rédaction a été réalisé par LUCO Gautier et VEOT Sébastien (ingénieurs chargés d'étude). Le contrôle du document a été réalisé par Florence MINARD cheffe de projet expérimentée.

1.4.4 - Etude qualité de l'air

Ce document a été rédigé par le bureau d'études EGIS. La rédaction a été réalisée par Mathis GUILLOU. Le contrôle du document a été réalisé par Géraldine DIEBER cheffe de projet expérimentée.

1.4.5 - Etude sociologique

Ce document a été rédigé par le bureau d'études EGIS. La rédaction a été réalisée par Aurélie EUGENE (ingénieure chargée d'étude). Le contrôle du document a été réalisé par Carole NEDELLEC cheffe de projet expérimentée.

1.4.6 - Bilan carbone

Ce document a été rédigé par le bureau d'études EGIS. La rédaction de l'étude a été confiée à Natalène PENIN (cheffe de projet). Le contrôle du document est assuré par Valérie ROBINET cheffe de projet expérimentée.

1.4.7 - Vulnérabilité au changement climatique

Ce document a été rédigé par le bureau d'études EGIS. Les rédacteurs de l'étude sont Natalène PENIN (cheffe de projet) et Jennifer PAUC (cheffe de projet). Le contrôle du document est assuré par Laureline MONTEIGNIES cheffe de projet expérimentée.

1.4.8 - Evaluation environnementale

Cette étude est réalisée pour le compte de la métropole de Toulon Provence Méditerranée.



Hôtel de la communauté d'agglomération
107 boulevard Henri Fabre
83000 Toulon
SIRET : 248 300 543 00217

Elle a été réalisée par le bureau d'études EGIS :



5 boulevard de Dunkerque
CS61001 13471 Marseille cedex 02

Les différentes personnes ayant contribué à la rédaction de l'étude d'impact sont :

- Marie-Anne MULLER : cheffe de projet,
- Katleen BOISMAL, chargée d'étude,

Le contrôle de la complétude de l'étude d'impact a été fait par la directrice de projet Delphine BELTRAMELLI.

1.5 - Méthodologie des études spécifiques

1.5.1 - Etude biodiversité

1.5.1.1 - Recueil préliminaire des informations

1.5.1.1.1 - Investigations réalisées en 2016

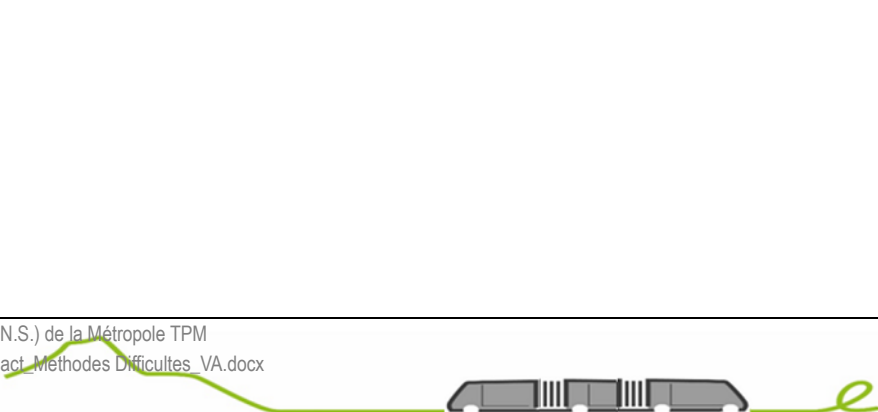
Les premières investigations ont été réalisées en 2016 menées par les bureaux d'études « Klaséa » et « Alter Eco » sur un tracé très proche de celui étudié aujourd'hui.

Ces inventaires ont été intégrés à l'analyse bibliographique réalisée par le bureau d'études EGIS mais ne sont pas intégrés dans les résultats car jugés trop anciens.

TABEAU 1: DATES D'INTERVENTION DES ETUDES ANTERIEURES

Intervenant	Date	Période	Groupes	Météo globale
Klaséa	24-févr-16	Journée	Flore/Habitats naturels / Avifaune / Mammifères / Chiroptères (reconnaissance de gites) / Amphibiens	Beau temps / Vent faible / 15°C
Klaséa	25-févr-16	Journée	Flore/Habitats naturels / Avifaune / Mammifères / Amphibiens	Beau temps / Vent faible / 15°C
Klaséa	22-mars-16	Journée	Flore/Habitats naturels / Avifaune / Mammifères / Reptiles / Amphibiens	Nuageux / Vent moyen / 15°C
Klaséa	23-mars-16	Journée	Flore/Habitats naturels / Avifaune / Mammifères / Reptiles / Amphibiens	Nuageux / Vent moyen / 15°C
Alter Eco PACA	31-mars-16	Journée	Flore/Habitats naturels / Avifaune	Beau temps / Vent faible / 20°C
Klaséa	06-avr-16	Journée	Flore/Habitats naturels / Avifaune / Mammifères / Reptiles / Amphibiens / Insectes	Nuageux / Vent faible / 20°C
Klaséa	07-avr-16	Journée	Flore/Habitats naturels / Avifaune / Mammifères / Reptiles / Amphibiens / Insectes	Beau temps / Vent faible / 21°C
Alter Eco PACA	08-avr-16	Journée	Flore/Habitats naturels / Avifaune / Chiroptères (reconnaissance de gites)	Beau temps / Vent faible / 11,4° à 19,1°C
Alter Eco PACA	05-mai-16	Journée	Flore/Habitats naturels / Avifaune	Nuageux / Vent faible / 11,1° à 21°C
Klaséa	11-mai-16	Journée	Flore/Habitats naturels / Mammifères / Reptiles / Amphibiens / Insectes	Nuageux / Vent faible / 17°C
Alter Eco PACA	19-mai-16	Journée	Reptiles / Amphibiens	Beau temps / Vent moyen à fort / 13,4 à 22,3°C
Klaséa	08-juin-16	Journée	Flore/Habitats naturels / Avifaune / Reptiles / Amphibiens / Insectes	Beau temps / Vent moyen à fort / 25° à 32°C
Klaséa	09-juin-16	Journée	Flore/Habitats naturels / Avifaune / Reptiles / Amphibiens / Insectes	Beau temps / Vent moyen à fort / 25° à 32°C
Alter Eco PACA	10-juin-16	Journée / Nocturne	Flore/Habitats naturels / Avifaune / Chiroptères (prospections acoustiques)	Beau temps / Vent faible / 23,1° à 33,4°C
Alter Eco PACA	13-juin-16	Journée	Avifaune / Reptiles / Amphibiens	Beau temps / Vent faible / 20,7 à 27,5°C

Intervenant	Date	Période	Groupes	Météo globale
Klaséa	04-juil-16	Journée	Flore/Habitats naturels / Avifaune / Reptiles / Amphibiens / Insectes	Couverture nuageuse faible / Vent faible / 25°C
Klaséa	05-juil-16	Journée	Flore/Habitats naturels / Avifaune / Reptiles / Amphibiens / Insectes	Couverture nuageuse faible / Vent faible / 25°C
Klaséa	07-sept-16	Journée / Nocturne	Chiroptères (prospections acoustiques et reconnaissance de gites) / Reptiles	Beau temps / Vent faible / 13°C
Klaséa	08-sept-16	Journée / Nocturne	Chiroptères (prospections acoustiques et reconnaissance de gites) / Reptiles	Beau temps / Vent faible / 13°C
Klaséa	09-sept-16	Journée / Nocturne	Chiroptères (prospections acoustiques et reconnaissance de gites) / Reptiles	Beau temps / Vent faible / 13°C
Klaséa	27-sept-16	Journée	Mammifères / Reptiles / Amphibiens / Insectes	Beau temps / Vent faible / 25°C
Klaséa	28-sept-16	Journée	Mammifères / Reptiles / Amphibiens / Insectes	Beau temps / Vent faible / 25°C



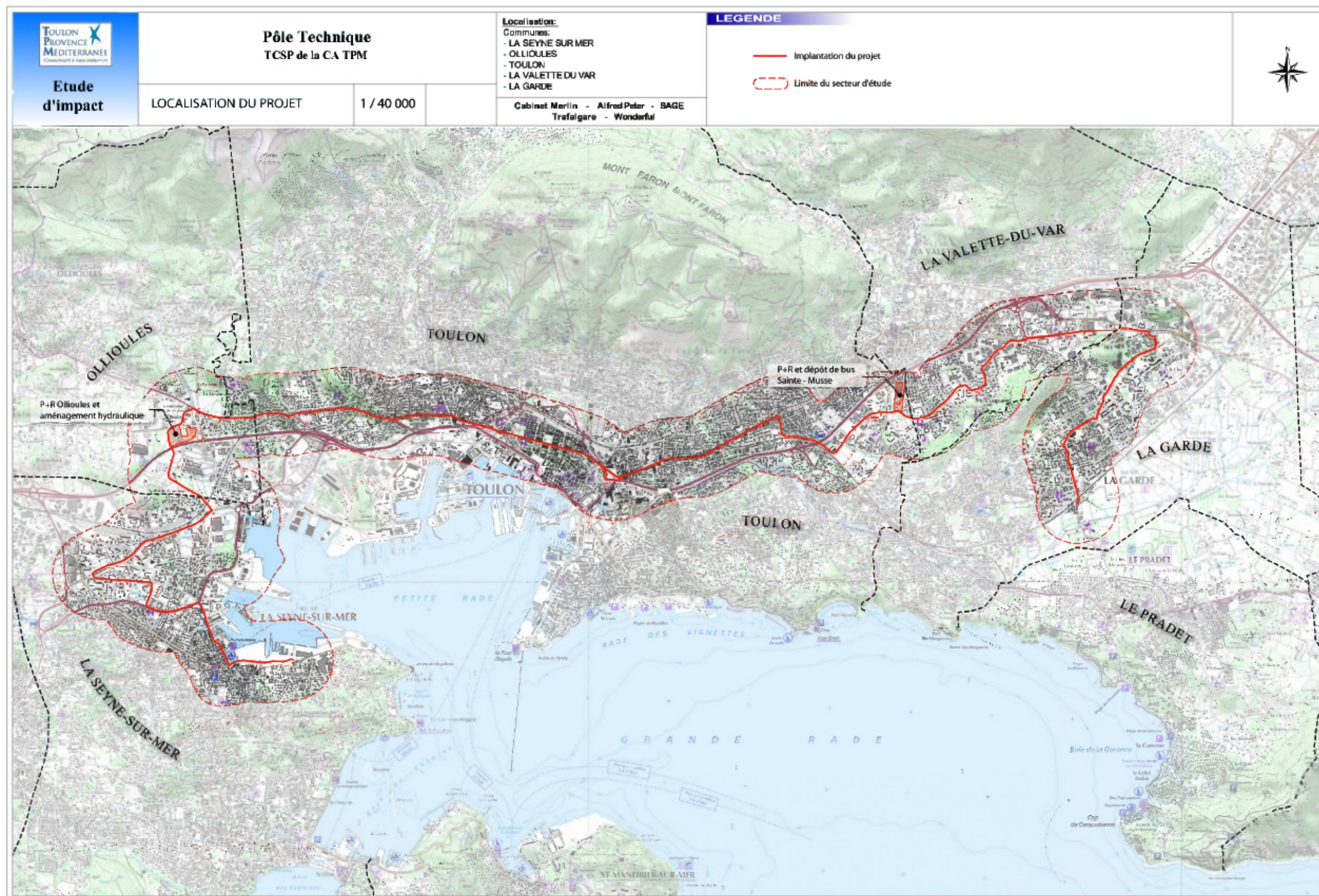


FIGURE 1 : ZONE DE PROSPECTION UTILISEE PAR ALTER ECO ET KLESIA EN 2016 (SOURCE : CABINET MERLIN)



1.5.1.1.2 - Consultation des bases de données

Un recueil et une analyse de données existantes ont été effectués :

TABLEAU 2 : DOCUMENTS CONSULTÉS LORS DES RECHERCHES BIBLIOGRAPHIQUES

Études	Année	Organismes / experts	Données disponibles
Liste « Espèces protégées »	2014	INPN	Flore
Base de données naturaliste interne EGIS	2021	EGIS	Habitats Faune Flore
Base de données	2022	Faune France	Faune
Liste « Espèces communales »	2022	INPN	Habitats Faune Flore
Liste rouge régionale des oiseaux nicheurs de Provence-Alpes-Côte d'Azur	2016	LPO PACA	Faune

La recherche bibliographique et la consultation des organismes (services institutionnels et autres) ont eu pour objet de collecter un maximum d'informations sur les composantes du milieu naturel, qui ont permis de poser les bases de la détermination des habitats naturels.

Lors de cette phase, ont été recherchées en particulier toutes les publications relatives à l'identification des éco-complexes, écosystèmes, biotopes terrestres et aquatiques sur la région concernée comme les DOCOB existants, les études préliminaires pour le classement en Réserve Naturelle, inventaires et protections officiels (ZNIEFF, ZICO, sites Natura 2000, PNR, Réserves Naturelles, Espaces Naturels Sensibles, Arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotope...). L'ensemble des données thématiques faune-flore a été analysé dans le cadre de cette recherche bibliographique, ce qui a permis par la suite (dans le cadre des inventaires) de cibler les secteurs à plus forte pression d'inventaire.

1.5.1.1.3 - Ressources consultées

En complément des données acquises en 2016 sur les aires d'étude, des bases de données en ligne, qui permettent de faire une analyse à l'échelle communale uniquement, ont été consultées pour les communes concernées par le projet.

Les bases de données en ligne suivantes ont été consultées :

Pour la faune :

- Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN) consultable à l'adresse : <https://inpn.mnhn.fr/accueil/index>;
- Faune PACA consultable à l'adresse : <https://www.faune-paca.org/>;
- Artemisiae, lépidoptère de France consultable à l'adresse : <https://oreina.org/artemisiae/>

Pour la flore :

- Portail français d'accès aux données d'observation sur les espèces du Muséum National d'Histoires Naturelles « Openobs » qui collecte les données géolocalisées issues du Système d'information de l'inventaire du patrimoine naturel (SINP) consultable à l'adresse : <https://openobs.mnhn.fr/>

De plus, les données dont dispose le **SINP** (Système d'Information de l'inventaire du Patrimoine naturel) **PACA** ont également été consultées.

1.5.1.1.4 - Photo-interprétation

Ce travail a été complété par une analyse des photos aériennes couleurs les plus récentes. La photo-interprétation est utilisée en amont lors de la phase de préparation de terrain avec

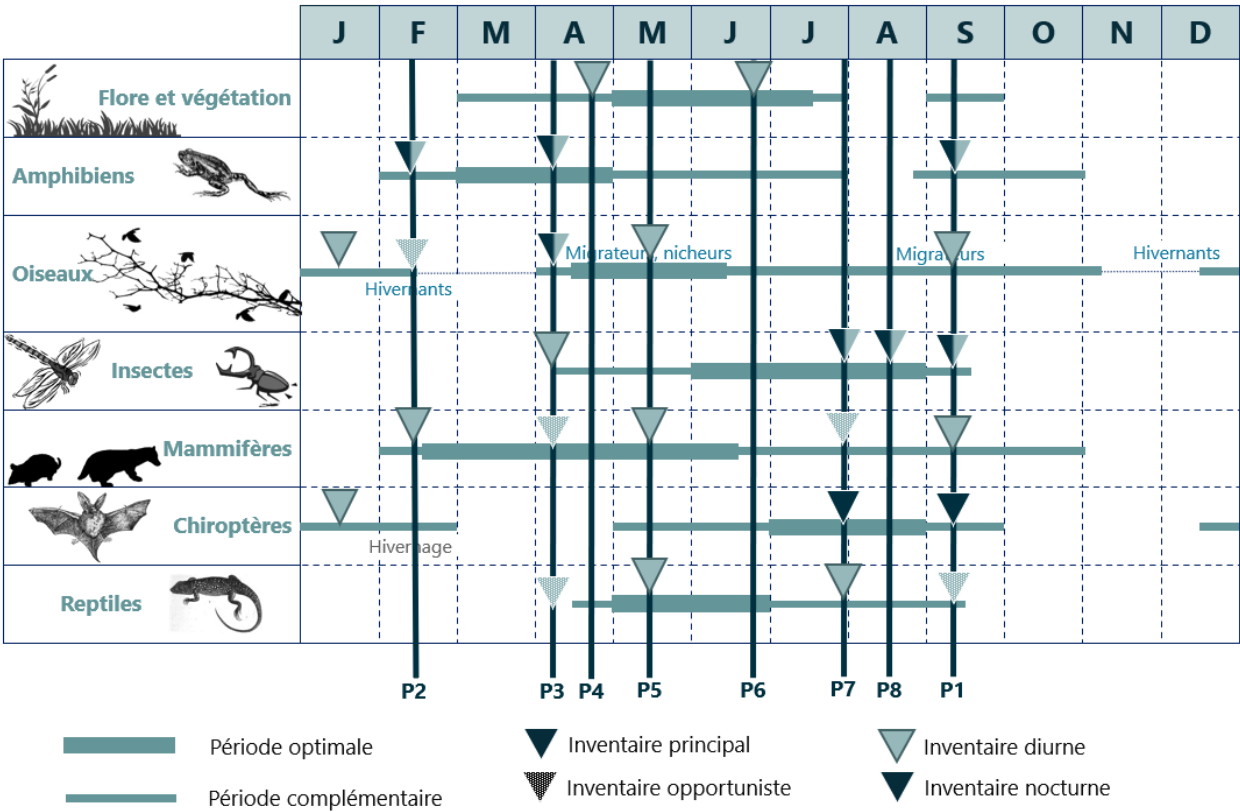
■ La délimitation des aires d'étude (voir chapitre précédent) pour :

- Élargir la zone de prospection écologique sur des secteurs potentiellement à enjeux ;
- Réduire la zone de prospection écologique sur des secteurs ne présentant pas d'enjeux (milieu urbanisé par exemple).

■ La réalisation de plan d'échantillonnage pour les inventaires : identification des points d'écoutes et autres transects répartis de manière pertinente et homogène à partir des photographies aériennes. Cette identification s'est appuyée sur notre expérience en matière de photo-interprétation en lien avec la cartographie des habitats naturels. Une première discrimination des espaces naturels et des espaces anthropiques a ainsi pu être établie, mettant en exergue les sites pouvant potentiellement présenter des enjeux en termes d'espèces protégées. Cette analyse nous a ainsi permis de mettre en évidence les enjeux écologiques et ainsi d'entamer les prospections.

1.5.1.2 - Planning des prospections

le bureau d'études EGIS a réalisé au total 29 sessions d'inventaires entre septembre 2021 et février 2023 afin de couvrir un cycle biologique annuel sur la totalité du tracé du projet.



Périodes biologiques favorables à respecter pour l'observation des espèces et relevés écologiques de terrain (pouvant varier légèrement d'une année sur l'autre en fonction du contexte climatique)
FIGURE 2 : PERIODES BIOLOGIQUES FAVORABLES A RESPECTER POUR L'OBSERVATION DES ESPECES ET RELEVES ECOLOGIQUES DE TERRAIN (POUVANT VARIER LEGEREMENT D'UNE ANNEE SUR L'AUTRE EN FONCTION DU CONTEXTE CLIMATIQUE)

Les dates d'intervention correspondent à un cycle biologique complet et sont précisées dans le tableau suivant :

TABLEAU 3 DATES D'INTERVENTION DES INVENTAIRES REALISES PAR EGIS

Intervenant	Date	Période	Groupes	Météo globale
Charlotte Jauliac	28-sept-2021	Journée	Avifaune / Mammifères / Chiroptères (prospections acoustiques) / Amphibiens / Reptiles	Beau temps / Vent moyen à fort / 18° à 25,9°C
Charlotte Jauliac	29-sept-2021	Journée	Avifaune / Mammifères / Chiroptères (prospections acoustiques) / Amphibiens / Reptiles	Beau temps / Vent moyen à fort / 20,6 à 25,9°C
Charlotte Jauliac	28- 29 sept 2021	Nocturne	Avifaune nocturne / Chiroptères (prospections acoustiques)	Beau temps / Vent fort / 20,5° à 25,7°C
Charlotte Jauliac	30 sept 2021	Journée	Avifaune / Mammifères / Chiroptères (prospections acoustiques) / Amphibiens / Reptiles	Beau temps / Vent moyen à fort / 17,4 à 25,3°C
Charlotte Jauliac	22 février 2022	Journée	Avifaune / Mammifères / Chiroptères (prospections acoustiques) / Amphibiens / Reptiles	Beau temps / Vent moyen / 8,6 à 17,7°C
Charlotte Jauliac	23 février 2022	Journée	Avifaune / Mammifères / Chiroptères (prospections acoustiques) / Amphibiens / Reptiles	Beau temps / Vent faible / 9,7 à 16,1°C
Charlotte Jauliac	24 février 2022	Journée	Avifaune / Mammifères / Chiroptères (prospections acoustiques) / Amphibiens / Reptiles	Beau temps / Vent faible / 11,1 à 14°C
Charlotte Jauliac	25 février 2022	Journée	Avifaune / Mammifères / Chiroptères (prospections acoustiques) / Amphibiens / Reptiles	Beau temps / Vent moyen / 10 à 14°C
Thibault Paquier	5 avril 2022	Journée	Flore/ Habitats naturels	Beau temps / Vent faible / 8 à 14°C
Thibault Paquier	6 avril 2022	Journée	Flore/ Habitats naturels	Beau temps / Vent faible / 8 à 14°C
Thibault Paquier	7 avril 2022	Journée	Flore/ Habitats naturels	Beau temps / Vent faible / 8 à 14°C
Thibault Paquier	8 avril 2022	Journée	Flore/ Habitats naturels	Beau temps / Vent faible / 8 à 14°C
Charlotte Jauliac	19 avril 2022	Journée	Avifaune / Mammifères / Chiroptères (prospections acoustiques) / Amphibiens / Reptiles	Beau temps / Vent faible / 18°C
Charlotte Jauliac	20 avril 2022	Journée	Avifaune / Mammifères / Chiroptères (prospections acoustiques) / Amphibiens / Reptiles	Beau temps / Vent moyen / 16,8°C
Charlotte Jauliac	30 mai 2022	Journée	Avifaune / Mammifères / Chiroptères (prospections acoustiques) / Amphibiens / Reptiles	Beau temps / Vent faible / 24,5°C
Charlotte Jauliac	31 mai 2022	Journée	Avifaune / Mammifères / Chiroptères (prospections acoustiques) / Amphibiens / Reptiles	Beau temps / Vent faible / 24,3°C
Charlotte Jauliac	1 juin 2022	Journée	Avifaune / Mammifères / Chiroptères (prospections acoustiques) / Amphibiens / Reptiles	Beau temps / Vent faible / 27,3°C

Intervenant	Date	Période	Groupes	Météo globale
Charlotte Jauliac	2 juin 2022	Journée	Avifaune / Mammifères / Chiroptères (prospections acoustiques) / Amphibiens / Reptiles	Beau temps / Vent faible / 27,7°C
Thibault Paquier	7 juin 2022	Journée	Flore/ Habitats naturels	Beau temps / Vent faible / 25°C
Thibault Paquier	8 juin 2022	Journée	Flore/ Habitats naturels	Beau temps / Vent nul / 25°C
Thibault Paquier	9 juin 2022	Journée	Flore/ Habitats naturels	Beau temps / Vent nul / 28°C
Charlotte Jauliac	4 juillet 2022	Journée	Avifaune / Mammifères / Chiroptères (reconnaissance de gites) / Amphibiens / Reptiles	Beau temps / Vent faible / 23,6 à 30,8°C
Charlotte Jauliac	5 juillet 2022	Journée	Avifaune / Mammifères / Chiroptères (reconnaissance de gites) / Amphibiens / Reptiles	Beau temps / Vent faible / 24,1 à 35,3°C
Charlotte Jauliac	7 juillet 2022	Journée	Avifaune / Mammifères / Chiroptères (reconnaissance de gites) / Amphibiens / Reptiles	Beau temps / Vent faible / 26,1 à 32,3°C
Alexandre Cregu	10 août 2022	Journée	Entomofaune	Beau temps / Vent faible / 25,3 à 31 °C
Alexandre Cregu	11 août 2022	Journée	Entomofaune	Beau temps / Vent faible / 24,7 à 31,1°C
Alexandre Cregu	12 août 2022	Journée	Entomofaune	Beau temps / Vent faible / 23,4 à 30,6°C
Charlotte Jauliac	26 janvier 2023	Journée	Avifaune / Mammifères / Chiroptères (reconnaissance de gites) / Amphibiens / Reptiles	Beau temps / Vent faible / 5,4 à 11,9°C
Charlotte Jauliac	27 janvier 2023	Journée	Avifaune / Mammifères / Chiroptères (reconnaissance de gites) / Amphibiens / Reptiles	Beau temps / Vent faible / 6,4 à 12,2°C

1.5.1.3 - Méthodes de prospection

1.5.1.3.1 - Prospections relatives à la flore et aux habitats naturels

Les investigations de terrain en ce qui concerne la végétation et les habitats ont eu lieu en avril et juin. Leur but étant d'effectuer des relevés floristiques sur site.

Les inventaires se sont basés sur la **méthode phytoécologique de recensement des habitats naturels**. L'évaluation des liens entre les communautés végétales et leurs écosystèmes a permis d'apprécier la biodiversité et les enjeux patrimoniaux relatifs aux habitats et à la flore inféodée.

Une cartographie précise des habitats naturels a ensuite été réalisée.

Chaque habitat identifié s'est fait attribuer une unité phytosociologique (jusqu'au niveau de l'alliance lorsque cela s'est avéré possible), un code Corine biotopes, un code EUNIS, ainsi qu'un code Natura 2000 lorsqu'il s'agissait d'un habitat d'intérêt communautaire.

Un effort de prospection plus important a été porté sur les milieux identifiés à fort intérêt ou n'ayant jamais fait l'objet d'étude.

Un inventaire floristique a été réalisé dans chacun des milieux présents dans la zone de prospection écologique, avec une recherche accrue des espèces patrimoniales et/ou protégées. Le travail d'inventaire s'est essentiellement porté sur les Phanérogames (plantes à fleurs) et les Ptéridophytes (fougères).

Les espèces présentant un fort intérêt patrimonial ont été localisées au GPS, leur état de conservation (nombre d'individus et vitalité des populations) a été évalué et les habitats favorables à ces espèces ont été identifiés.

Les espèces exotiques envahissantes ont également été localisées au GPS.

Inventaires effectués en 2021 et 2022 :

- Flore (avril à juin) : 2 passages

1.5.1.3.2 - Délimitation des zones humides

La recherche et la caractérisation des zones humides ont été effectuées sur la base des méthodologies définies dans :

- L'arrêté ministériel du 24/06/2008 modifié par l'arrêté du 01/10/2009 précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement ;
- La circulaire DGPAAT/C2010-3008 du 18/01/2010 relative à la délimitation des zones humides en application des articles L.214-7-1 et R.211-108 du code de l'environnement précisant les modalités de mise en œuvre ;
- L'article 23 de la Loi n° 2019-773 du 24 juillet 2019 portant création de l'Office français de la biodiversité et de la chasse, modifiant l'article L.211-1 du code de l'environnement.

Critère « HABITAT »

Dans le cadre des inventaires floristiques la cartographie des habitats a également permis de délimiter les zones humides selon le critère « habitat ». En effet, la définition d'une zone humide au sens de la loi sur l'eau mentionne la présence d'une végétation dominée par des plantes hygrophiles, c'est-à-dire des plantes qui poussent préférentiellement dans des milieux engorgés et où la présence de l'eau est déterminante.

Lors des visites sur le terrain, dédiées à la caractérisation des habitats, le type de végétation a été identifié ainsi que les espèces indicatrices de zones humides présentes. À partir de ces données, nous avons déterminé si le critère de végétation permet d'indiquer ou non le caractère humide du périmètre.

La cartographie détaillée des habitats a ainsi permis de délimiter les enveloppes de zones humides.

1.5.1.3.3 - Prospections relatives aux amphibiens

L'identification des amphibiens a nécessité deux approches complémentaires :

- Le repérage visuel diurne et surtout nocturne des individus (adultes, pontes, têtards) pendant la saison de reproduction de février (pour les espèces précoces) à juin (pour les espèces tardives). Pour se faire, nous avons privilégié l'observation à la lampe à la prospection systématique des plans d'eau à l'épuisette, pour éviter de perturber les sites de reproduction et de limiter les risques de dissémination d'agents infectieux et parasitaires (Déjean, Miaud & Ouellet ; Bulletin de la société herpétologie de France, 2007) ;
- Le repérage sonore par écoute au crépuscule et en début de nuit des chants des anoues (crapauds, grenouilles).

En effet, à cette période les amphibiens se reproduisent et gagnent les points d'eau ce qui facilite leur observation. De plus, les mâles de plusieurs espèces d'amphibiens chantent lors de la période de reproduction et sont alors plus facilement repérables. Ces chants peuvent s'entendre de jour et/ou de nuit selon les espèces.

Les conditions optimales correspondent à des températures douces, une absence de vent et une légère humidité. Toutes les observations d'amphibiens ont été répertoriées (espèce, nombre d'individus, habitat, pointage GPS). Ces sorties ont été complétées par des prospections continues (qui correspond à des observations réalisées lors de la prospection des autres groupes taxonomiques).



FIGURE 3: ILLUSTRATION D'UN TRITON PALME - © EGIS

Inventaires effectués en 2021 et 2022 :

Passage en février - mai : Période nuptiale pour les amphibiens

Passage en juin - juillet : Amphibiens en métamorphose

Passage en septembre : Migrations des amphibiens vers leur site d'hivernage

1.5.1.3.4 - Prospections relatives aux reptiles

Tous les reptiles présents en France sont protégés par les textes internationaux ou nationaux et le projet ne doit pas remettre en cause leur conservation sur le long terme.

Les reptiles sont des animaux thermophiles. Tous les milieux favorables (lisières, chemins, haies, talus, coteaux, zones humides, pierriers) ont fait l'objet de visites à la période propice à leur observation.



FIGURE 4 : EXEMPLE D'HABITAT FAVORABLE AUX REPTILES SUR LA ZONE DE PROSPECTION ECOLOGIQUE

Un parcours optimal d'observation a été défini dans la zone de prospection écologique en prenant en compte la topographie des lieux, la proximité des zones favorables à la thermorégulation et la végétation relativement dense limitant les zones d'observations (lisières notamment). **Le repérage a été effectué lors des heures recommandées pour l'observation des reptiles, c'est-à-dire le matin ou en fin d'après-midi :**

- À vue, dans un premier temps, avec jumelles pour les gîtes naturels repérés (pierres, tas de bois, trouées en lisières...) ;
- À l'écoute (détection des bruits de fuite) pour les individus cachés ;
- Recherche de gîtes (retournement des pierres et souches).

Inventaires effectués en 2021 et 2022 :

Passage fin février : sortie d'hibernation

Passage en mai-juin : reproduction

Passages opportunistes en période estivale (juillet/août) : Jeunes

Passage en septembre : Reptiles avant hibernation

Précisons que systématiquement une mutualisation avec les autres visites pour d'autres groupes a été réalisée augmentant de fait les probabilités de contacts. En effet celles-ci sont également l'occasion de pouvoir contacter certaines espèces de cette classe de vertébrés (contacts inopinés en général mais néanmoins notés).

1.5.1.3.5 - Prospections relatives à l'avifaune

Les prospections ornithologiques ont consisté à relever les espèces d'oiseaux présentes dans la zone de prospection écologique à chacun des passages. L'observation de leurs comportements a permis de préciser leur statut sur le site (nicheur ou non...).

L'inventaire de l'avifaune a été réalisé par la méthode standardisée des indices ponctuels d'abondance (IPA) d'environ 10 minutes chacun. Celle-ci permet d'évaluer le nombre de couples et la diversité spécifique d'un site grâce à l'identification des espèces par l'écoute des chants. Les relevés ont eu lieu pendant la période de reproduction



(période où les mâles chanteurs signalent leur territoire), c'est à dire du 15 mars au 30 juin et au moment où les individus sont les plus actifs, soit aux premières heures de la journée (entre le lever du soleil et 10 h du matin, soit 6 IPA maximum par jour). Une soirée d'écoutes nocturnes (d'environ 2h) permettant de déceler les rapaces nocturnes (notamment la Chouette chevêche) a permis de compléter ces relevés dans les secteurs potentiels (zones de chasse). Le détail des investigations est le suivant en fonction des grandes étapes du cycle annuel des espèces :

■ La période de nidification

Elle se déroule approximativement du mois de février au mois de juillet inclus.

Les statuts de reproduction ont systématiquement été recherchés pour chaque espèce susceptible de nicher (donc à l'exception des migrateurs). Ces statuts, fixés par l'European Ornithological Atlas Committee, sont au nombre de trois : nicheur possible, nicheur probable et nicheur certain. Ils ne peuvent être attribués que si certains critères sont respectés.

Plus concrètement, pour chaque espèce les mâles à comportement territorial ont été dénombrés et si possible localisés.

Dans tous les cas, nous nous sommes attachés à distinguer durant cette période les individus se reproduisant dans la zone de prospection écologique de ceux se reproduisant en-dehors, ainsi que ceux en transit migratoire. En effet, les espèces ne se reproduisent pas forcément au même moment, de même au sein d'une même espèce, des individus peuvent avoir commencé leur reproduction alors que d'autres n'ont pas fini leur migration, ce qui est notamment le cas des hirondelles.

■ La période de migration postnuptiale

Elle a lieu après la période de reproduction, soit approximativement du mois de juillet au mois de novembre inclus. Notre attention s'est essentiellement portée sur les espèces en escale migratoire profitant des différents secteurs de la zone de prospection écologique pour se reposer et se nourrir. Les espèces ont été déterminées avec, si possible, une estimation des effectifs présents par espèce. Les investigations n'ont concerné que les individus posés ou ceux ne se posant pas mais profitant d'une manière ou d'une autre de la zone de prospection écologique.

■ La période d'hivernage

Elle se déroule du mois de novembre au mois de février inclus. Nous avons distingué les individus sédentaires, c'est à dire se reproduisant sur place, de ceux passant l'hiver sur le site mais se reproduisant ailleurs. Cette distinction n'a toutefois pas pu se faire pour toutes les espèces.

■ La période de migration prénuptiale

Elle se déroule du mois de mars au mois de mai inclus. À l'instar de la migration postnuptiale, elle a fait l'objet d'une recherche des individus en escale migratoire, ou profitant des lieux pour se nourrir mais sans se poser, comme les hirondelles ou les sternes. La prudence a été de mise afin de ne pas considérer des individus se reposant, avant de reprendre leur migration, comme des individus cherchant à se reproduire sur le site.

Inventaires effectués en 2021, 2022 et 2023 :

- **Passage en mars- avril 2022** : Prospection opportuniste de l'avifaune diurne et nocturne ;
- **Passage en juin- juillet 2022** : Prospection opportuniste de l'avifaune diurne ;
- **Passage en automne (septembre 2021)** : prospection au droit des sites d'accueil des populations migratrices (regroupement).
- **Passage en janvier 2023** : hivernants



FIGURE 5 : PIPIT ROUSSELINE - © EGIS

1.5.1.3.6 - Prospections relatives à l'entomofaune (invertébrés)

Les prospections ont prioritairement visé les espèces à statut réglementaire, les principales autres espèces à enjeu de conservation (listes rouges, listes ZNIEFF), ainsi que, plus globalement, les peuplements d'orthoptères, d'odonates et de lépidoptères rhopalocères. Les observations ponctuelles parmi d'autres groupes (lépidoptères hétérocères, coléoptères...) ont également été notées.

Les investigations ont été menées en se basant sur l'inventaire des habitats de la zone de prospection écologique. Les prospections ont lieu, dans la mesure du possible lors de conditions météorologiques optimales (températures élevées, vent nul ou faible, pas de pluie) et dans une période favorable à l'observation. Les surfaces à prospecter sont parcourues à pied, de la manière la plus exhaustive possible, afin d'inventorier et cartographier précisément la distribution des espèces. Les espèces rares ou protégées sont localisées avec un GPS.

Les recherches à vue (à l'aide de jumelles à mise au point rapprochée, ou à l'œil nu), et éventuellement la capture à l'aide d'un filet entomologique de certains spécimens qui sont identifiés et relâchés, constituent la méthode de base permettant de détecter la plupart des espèces (aux stades larvaires ou adultes, voire sous forme de chrysalide, exuvies, etc.).

A noter que les plantes-hôtes sont également recherchées.

Les prospections de terrain ont été effectuées en février, avril, mai, juin, juillet et septembre 2021 et 2022 et 2023 aux heures les plus chaudes (10h-16h) et adaptée notamment en période de canicule. Elles ont concerné les zones du linéaire les plus propices aux insectes, à savoir :

- La partie Ouest du tracé, de part et d'autre de l'A50 ;
- Le secteur en friche proche du nouveau pont SNCF au niveau de la gare de La Seyne-Six Fours (deux petites mares et zone rudérale).

Inventaires effectués en 2021 et 2022 :

- Passage en printemps (mars - avril 2021- 2022)** : Potentialités, repérage des secteurs favorables, indice de présence coléoptères ;
- Passages en été (juin - juillet 2021 - 2022)** : Lépidoptères, Odonates, Orthoptères, indice de présence coléoptères ;
- Passages en fin été/Début automne (septembre 2021 - 2022)** : Lépidoptères tardifs, Odonates tardifs et Orthoptères.

1.5.1.3.7 - Prospections relatives aux mammifères (hors chiroptères)

Ces inventaires ne concernent que les mammifères (hors chiroptères) qui comprennent à la fois la petite, moyenne et grande faune. Aucun inventaire spécifique par piégeage des micromammifères n'a été réalisé dans le cadre de ces investigations.

Plusieurs familles chez les mammifères sont présentes : Canidés, Mustélidés, Suidés, Cervidés, Sciuridés, Muridés et Lagomorphes. La méthode de recherche de mammifères (hors chiroptères) est basée sur deux principes :

- Repérage à vue ;
- Recherche d'indices de présences (empreintes, épreintes, terriers, gîtes, pelotes de réjections...).

Les recensements des traces ont surtout été réalisés le long des lisières forestières, en bordure de chemins... Ces inventaires permettent également d'appréhender l'utilisation de l'espace par ces animaux (habitats de repos, zone de transit, de nourrissage...). Ils sont réalisés en même temps que les autres groupes taxonomiques. Les inventaires sont réalisés en prospection continue au fil des passages.

Inventaires effectués en 2021 et 2022 :

Plusieurs passages opportunistes entre février et septembre 2021/2022

1.5.1.3.8 - Prospections relatives aux chiroptères

Afin de pouvoir identifier, puis hiérarchiser les enjeux liés aux chiroptères, il est essentiel d'identifier les différentes zones importantes pour l'activité biologique des chauves-souris : terrains de chasse, routes de vol, gîtes de reproduction et d'hivernage. Nos inventaires se sont donc attachés à déterminer (inventaires et localisations précises) ces différentes zones et leurs connexions.

1.5.1.3.8.1 Ecoutes actives

L'étude de ce groupe a pour objectif :

- La détermination des espèces présentes ;
- La détermination des zones de chasse occupées ;
- La détermination des gîtes utilisés par les chauves-souris.

Pour ce faire, des points d'écoute de 10 minutes ont été positionnés sur l'ensemble de la zone de prospection écologique. Une analyse de l'orthophotographie a permis d'échantillonner les différents milieux.

Les écoutes ont été effectuées durant des nuits propices (pas de pluie, vent nul à modéré, et températures non négatives) à la détection de ces espèces et à l'aide d'un détecteur de type Batcorder 3.1.

Au niveau des gîtes potentiels identifiés, des points d'écoute en début de nuit ont été effectués afin de confirmer ou non la présence de colonies de reproduction de chiroptères.

1.5.1.3.8.2 Ecoutes passives

En parallèle des inventaires chiroptérologiques actifs, un inventaire chiroptérologique passif a été réalisé à l'aide d'enregistreurs ultrasonores automatiques, toujours sur un modèle Batcorder.

Ces derniers sont mis en place sur des points fixes et enregistrent l'ensemble des signaux captés pendant plusieurs heures par nuit. Les enregistrements commencent 1 heure avant la nuit. Etant donné que l'activité chiroptérologique est plus forte en début de nuit et décroît de manière quasi-linéaire à partir du pic crépusculaire (Barataud, 2004), l'activité a donc surtout été étudiée entre le crépuscule et le milieu de la nuit.

Chaque soirée d'inventaire, un enregistreur est placé dans un habitat différent.

Cette méthodologie d'inventaire permet ainsi d'augmenter l'exhaustivité de l'inventaire en augmentant le nombre de chances de détecter une nouvelle espèce.

Inventaires effectués en 2021 et 2022 :

- Période (septembre 2021, février 2022, juillet 2022) : prospection au détecteur à ultrasons afin de vérifier la présence de chiroptères (points actifs).

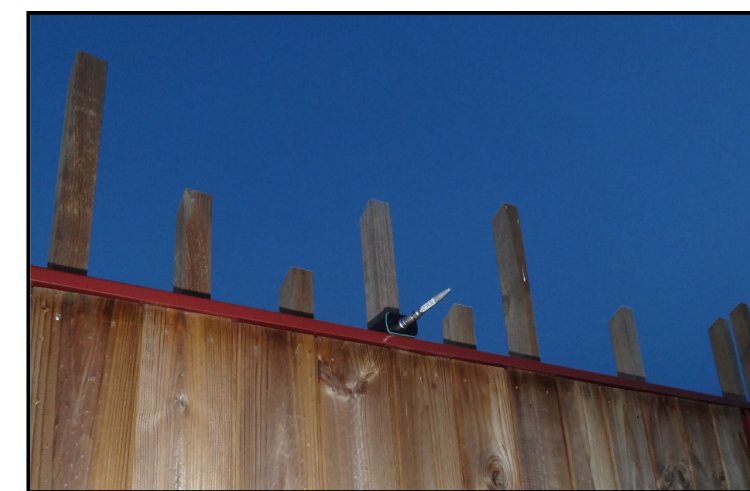


FIGURE 6 – ENREGISTREUR POSITIONNE – EGIS

1.5.1.3.8.3 Analyse des enregistrements

Les données brutes issues de ces enregistrements nécessitent un post traitement important de la part d'un expert chiroptérologue, afin notamment d'assurer la distinction entre certains groupes complexes.

Les données enregistrées ont été exploitées au moyen de logiciels spécialisés et du travail de nos chiroptérologues :

- Extraction et classement des enregistrements, génération de sortants visuels (diagrammes) avec BcAdmin ;
- Recherche des cris de chauves-souris et vectorisation (tokenisation) avec BcAdmin ;
- Identification automatique avec BatIdent. Cette étape ne constitue pas une détermination définitive compte tenu de la marge d'erreur pour certains groupes d'espèces ;
- Analyses complémentaires systématiques des groupes complexes comme les murins, les sérotines/noctules par le biais de l'écoute et de la visualisation avec BcAnalyse et Batsound.

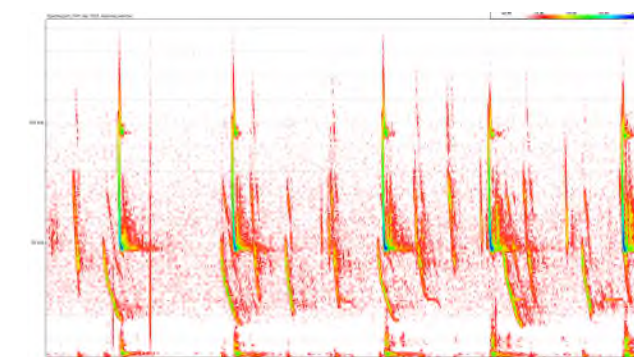


FIGURE 7 : SONOGRAMME DE SORTIE DE GITE AVEC ESPECES MULTIPLES - EGIS

Les résultats apparaissent par station d'observation (localisation, biotope) avec indication des espèces présentes par milieu de vie habituel.

Les analyses expriment donc une activité chiroptérologique sur un point, non une notion d'effectif. Il est possible, dès lors qu'un nombre suffisant de données est recueilli, d'exprimer des notions d'abondance et de fréquence.

La description de l'environnement des points d'écoute qui a consisté entre autres à signaler la présence d'éléments structurants à proximité de l'observateur (haies, bosquets, boisements plus important, arbre isolé...) et l'analyse de l'occupation du sol (milieu cultivé, milieu prairial (incluant les vallées) et milieu forestier (clairières et de chemins de desserte) a permis l'interprétation de l'activité mesurée et d'identifier et hiérarchiser les différents espaces vis-à-vis des espèces de chauves-souris.

1.5.1.3.8.4 Identification des milieux de chasse et des axes de déplacement

La recherche et la localisation des zones de chasse et des axes de déplacement ou routes de vol s'est donc appuyée :

- Sur une démarche d'analyse écologique paysagère du territoire, à partir notamment des photos aériennes ;

- Sur la localisation des gîtes connus ;
- Sur les points d'écoutes.

Par comparaison avec les exigences écologiques des espèces, cette analyse a permis d'identifier les éléments du paysage potentiellement favorables à la présence de milieux de chasse ou au passage des chiroptères : les forêts matures, les grandes haies et les petits champs, les zones à fort taux de pâturage, la présence d'étendues et de cours d'eau (rivières, canaux, lacs, mares, réservoirs, marécages, étangs, prairies humides).

1.5.1.4 - Limites de l'étude

La présence perceptible des espèces, et donc les résultats des inventaires, sont conditionnés par des paramètres extérieurs (températures, vent, humidité, ...) ainsi que des fluctuations annuelles des populations (cas des insectes notamment). De plus, une partie de la zone de prospection écologique étant composée de terrains privés en milieu urbain, certains n'ont pu être inventoriés faute d'accès, notamment les jardins des habitations (impossibilité de vérifier la présence de gîtes dans les combles, sous les toitures...).

1.5.1.5 - Méthode d'évaluation des enjeux des habitats et des espèces

L'évaluation des enjeux écologiques tient compte des enjeux fonctionnels (zones nodales, corridors écologiques et aires de repos) et des enjeux patrimoniaux des espèces ainsi que des habitats (degré de rareté, statut de protection, ...). Ils ont par la suite été pondérés en fonction du statut des espèces (reproduction, de passage, ...) et de leur état de conservation. Les enjeux théoriques sont hiérarchisés en 7 catégories :

■ Flore

Enjeu majeur	○ Espèce rarissime ou en danger critique d'extinction en France.
Enjeu très fort	○ Espèce d'intérêt communautaire et/ou en danger critique d'extinction au niveau régional.
Enjeu fort	○ Espèce protégée au niveau national et/ou en danger d'extinction.
Enjeu assez fort	○ Espèce protégée au niveau régional et/ou considérée comme vulnérable.
Enjeu modéré	○ Espèce déterminante de ZNIEFF et/ou quasiment menacée.
Enjeu faible	○ Espèce non protégée commune à très commune.
Nul	○ Espèce exotique envahissante.

■ Mammifères

Enjeu majeur	○ Espèce rarissime ou en danger critique d'extinction en France.
Enjeu très fort	○ Espèce en danger d'extinction au niveau régional.
Enjeu fort	○ Espèce mentionnée en Annexe II de la Directive « Habitats » ; ○ Espèce considérée comme vulnérable.
Enjeu assez fort	○ Espèce peu commune protégée par l'art.2 de l'Ar. du 23/04/2007 ; ○ Espèce déterminante de ZNIEFF.
Enjeu modéré	○ Espèce mentionnée en Annexe IV de la Directive « Habitats » ; ○ Espèce commune protégée par l'art.2 de l'Arrêté du 23/04/2007 ; ○ Espèce considérée comme quasiment menacée.
Enjeu faible	○ Espèce commune à très commune.
Nul	○ Espèce exotique envahissante.

■ Oiseaux

Enjeu majeur	○ Espèce nicheuse rarissime ou en danger critique d'extinction en France.
Enjeu très fort	○ Espèce nicheuse rarissime ou en danger critique d'extinction au niveau régional.
Enjeu fort	○ Espèce nicheuse mentionnée en Annexe I de la Directive « Oiseaux » ; ○ Espèce nicheuse considérée comme en danger d'extinction.
Enjeu assez fort	○ Espèce nicheuse considérée comme vulnérable.
Enjeu modéré	○ Espèce migratrices/hivernantes de l'Annexe I de la Directive « Oiseaux » ; ○ Espèce nicheuse déterminante de ZNIEFF ou considérée comme quasi menacée.
Enjeu faible	○ Espèce nicheuse non menacée ; ○ Espèce migratrice ou hivernante.
Nul	○ Espèce exotique envahissante.

■ Amphibiens et Reptiles

Enjeu majeur	○ Espèce considérée comme rarissime ou en danger d'extinction au niveau national.
Enjeu très fort	○ Espèce considérée comme rarissime ou en danger d'extinction au niveau régional.
Enjeu fort	○ Espèce mentionnée en Annexe II de la Directive « Habitats » ; ○ Espèce considérée comme vulnérable.
Enjeu assez fort	○ Espèce déterminante de ZNIEFF.
Enjeu modéré	○ Espèce mentionnée en Annexe IV de la Directive « Habitats » ; ○ Espèce protégée par l'article 2 de l'Arrêté du 19 novembre 2007 ; ○ Espèce considérée comme quasiment menacée.
Enjeu faible	○ Espèce protégée par l'article 3 de l'Arrêté du 19 novembre 2007.
Nul	○ Espèce exotique envahissante.

■ Insectes

Enjeu majeur	○ Espèce considérée comme en danger critique d'extinction au niveau national.
Enjeu très fort	○ Espèce considérée comme en danger critique d'extinction au niveau régional.
Enjeu fort	○ Espèce mentionnée en Annexe II de la Directive « Habitats » ; ○ Espèce protégée par l'article 2 de l'Arrêté du 23 avril 2007 ; ○ Espèce considérée comme en danger d'extinction.
Enjeu assez fort	○ Espèce mentionnée en Annexe IV de la Directive « Habitats » ; ○ Espèce protégée par l'article 3 de l'Arrêté du 23 avril 2007. ○ Espèce considérée comme vulnérable.
Enjeu modéré	○ Espèce déterminante de ZNIEFF ou considérée comme quasiment menacée.
Enjeu faible	○ Espèce non protégée commune à très communes.
Nul	○ Espèce exotique envahissante.

FIGURE 8 : NIVEAUX D'ENJEU ECOLOGIQUE



1.5.1.6 - Méthode d'évaluation des impacts bruts

Pour évaluer les impacts bruts et leur intensité, nous avons procédé à une analyse qualitative et quantitative. Cette appréciation est réalisée à dire d'expert car elle résulte du croisement entre une multitude de facteurs :

- Liés à l'élément biologique : niveau de protection, état de conservation (listes rouges), dynamique et tendance évolutives éventuelles, vulnérabilité biologique, diversité génétique, fonctionnalité écologique, ... Ces éléments sont en général synthétisés sous la forme d'un niveau d'enjeu qui est attribué à chaque élément étudié selon une échelle à 7 niveaux.
- Liés au projet :
 - Nature d'impact : destruction, dérangement, dégradation, ...
 - Type d'impact : direct / indirect
 - Durée d'impact : permanente / temporaire
 - Portée d'impact : locale, régionale, nationale

Quand cela est possible, cette analyse fait référence à un retour d'expérience bibliographique.

Après avoir décrit les impacts, une valeur qualitative est attribuée à chaque impact selon une échelle de graduation à 5 niveaux principaux (comme pour celle utilisée dans l'évaluation des enjeux).

Très fort	Fort	Assez fort	Modéré	Faible
-----------	------	------------	--------	--------

1.5.1.7 - Méthode d'évaluation des impacts résiduels

Pour analyser les impacts résiduels d'un projet et leur intensité, nous procédons de la même manière que l'analyse des impacts bruts. Ainsi, nous effectuons une analyse aussi bien qualitative que quantitative. Elle est également effectuée à dire d'expert mais peut résulter aussi d'une concertation engagée entre plusieurs acteurs locaux et compétents.

La seule différence avec l'analyse des impacts bruts est que l'analyse des impacts résiduels prend en compte les propositions de mesures d'évitement et de réduction proposées.

Les échelles de niveaux de ces impacts résiduels sont les mêmes que celles utilisées pour les impacts bruts.

1.5.1.8 - Méthodologie de dimensionnement de la compensation

La méthode utilisée est développée par le bureau d'études EGIS depuis plusieurs années et a déjà été testée de manière opérationnelle sur des projets d'infrastructures linéaires (LGV SEA, T13 Ile de France Mobilités, projet de canalisation de transport de gaz, RCEA - mise à 2x2 voies de l'A79 entre Sazeret et Digoïn, déviation de la RN7 à Orange).

L'équivalence s'appuie sur un ensemble de critères, de méthodes et de processus visant à évaluer et comparer les pertes écologiques liées aux effets résiduels significatifs d'un projet et les gains écologiques liés aux mesures compensatoires, de manière à concevoir et dimensionner cette dernière.

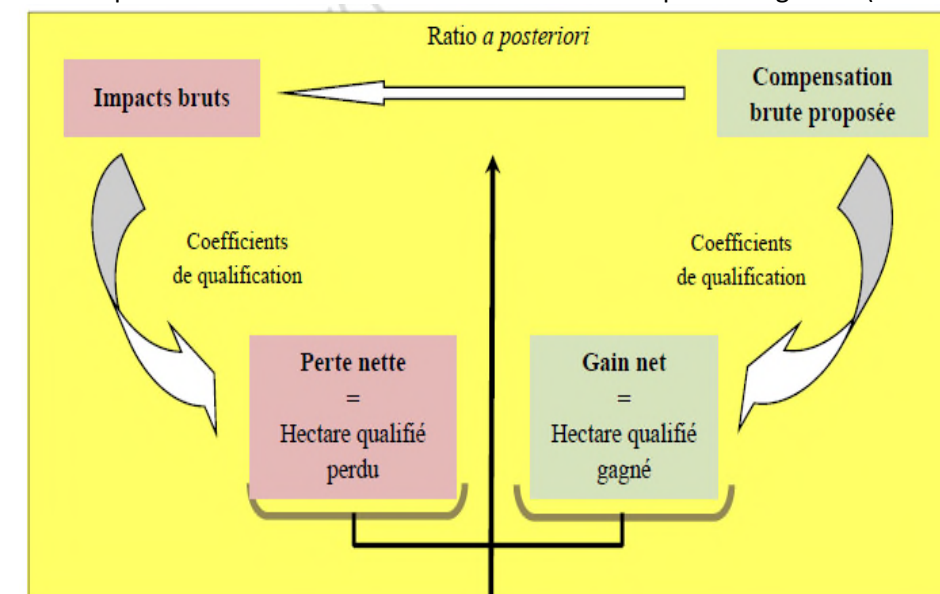
La notion d'équivalence s'apprécie généralement selon les quatre dimensions écologique, géographique, temporelle et sociétale (La dimension écologique reste prioritaire) :

- Dimension écologique : la compensation vise la réparation des effets résiduels significatifs. Sur le plan qualitatif, la mesure compensatoire vise les mêmes composantes biologiques et physiques des milieux naturels subissant les impacts, selon le principe d'équivalence écologique.
- Dimension géographique : la mesure compensatoire est mise en œuvre à proximité fonctionnelle de la zone impactée par le projet, sur le site le plus approprié au regard des enjeux en présence et au sein de la même zone biogéographique.
- Dimension temporelle : le principe est que la compensation puisse être opérationnelle au moment où l'effet sur le site concerné est effectif. En cas de décalage temporel, la méthode le prend en compte.
- Dimension sociétale : le choix d'un type de mesure et son dimensionnement peuvent faire l'objet d'une consultation des acteurs locaux du territoire.

L'objectif de la méthodologie complète est de démontrer que les mesures compensatoires définies apportent une plus-value écologique (ou additionnalité) par rapport à l'état initial de référence.

Dans ce but, la démarche de l'évaluation de l'équivalence écologique s'appuie notamment sur les recommandations méthodologiques des lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels (CGDD, Direction de l'Eau et de la Biodiversité, Octobre 2013).

Le principe général de l'équivalence est schématisé sur la « balance des pertes et gains » (© EGIS) :



PRINCIPE DE L'EQUIVALENCE SELON LA METHODOLOGIE EGIS

1.5.1.9 - Évaluation des pertes écologiques

■ Processus global

La perte qualifiée d'habitat est calculée selon les deux sous-étapes suivantes :

- Première sous-étape : après prise en compte des mesures d'évitement, cette étape permet le calcul de l'impact résiduel au sens de la démarche ERC ;
- Seconde sous-étape : dimensionnement des besoins en compensation.

■ Coefficients d'ajustement pour les pertes écologiques

Quatre coefficients d'ajustements ont été combinés :

Le coefficient du niveau d'enjeu des espèces présentes dans l'habitat visé est défini sur la base :

- De la législation ;
- De l'existence de Plan d'Actions (régionaux ou nationaux), le niveau de rareté (national, régional ou local) ;
- Des listes rouges, des espèces déterminantes ZNIEFF ;
- Des niveaux de populations et de leur dynamique d'évolution ;
- De la mobilité et de la plasticité des espèces.

Les différents critères sont évalués en croisant les sources bibliographiques, l'état des connaissances et le dire d'expert en complément en cas d'insuffisance des données existantes. Ces données proviennent des données de prospections réalisées sur le projet (cf. ci-avant).

Le tableau suivant détaille les critères de notation du niveau d'enjeu espèce :

Critères enjeu espèce		Note	Note maximale
Critères réglementaires et statuts de menace	Habitat naturel d'intérêt communautaire « prioritaire » Directive Habitats Espèce / habitat d'espèce végétale ou d'animaux inscrit à l'annexe II de la Directive Habitats Espèce faisant l'objet d'un plan national d'action Espèce végétale inscrite en liste rouge nationale tome 1 (espèces prioritaires) Espèce animale de catégorie liste rouge au moins « VU » (vulnérable)	2	2
	Habitat naturel d'intérêt communautaire Directive Habitats Espèce animale ou végétale protégée au niveau national ou régional Espèce animale inscrite en catégorie « NT » (quasi menacée)	1	
Critères rareté régionale	Niveau fort, 'R' (espèce rare), 'TR' (espèce très rare).	2	2
	Niveau moyen, 'AC' (espèce assez commune), 'AR' (espèce assez rare)	1	
	Niveau faible, 'OCC' (espèce occasionnelle), 'C' (espèce commune à très commune)	0	
Critère de répartition	Niveau fort, espèces à aire de distribution au moins restreinte à un domaine biogéographique (ex : méditerranéenne) ou endémique biogéographique (franco-ibérique par exemple)	2	2
	Niveau moyen, espèce à répartition localisée sur une partie d'une grande entité géographique englobant plusieurs domaines biogéographiques, par exemple ouest européenne	1	
	Niveau faible, espèce à aire de distribution large, au moins européenne	0	
Critère d'évolution des populations	Niveau fort, espèce en net déclin	2	2
	Niveau moyen, espèce en régression lente	1	
	Niveau faible, espèce stable ou en augmentation de population ou en expansion d'aire	0	
Critère de vulnérabilité	Niveau fort, espèce vulnérable à écologie restreinte et/ou fortement menacée : habitats en général à faible superficie et fragiles (mares temporaires, roselières, zones sableuses...)	2	2
	Niveau moyen, espèce occupant plusieurs types d'habitats subissant une fragmentation ou une régression conjoncturelle (milieux herbacés par ex.)	1	
	Niveau faible, espèce non vulnérable, occupant un spectre large d'habitats ou un habitat non menacé	0	
Note finale			/ 10

QUALIFICATION DU NIVEAU D'ENJEU DES ESPECES

Pour finir, le coefficient a été défini de la manière suivante :

Note globale obtenue	Niveau d'enjeu	Coefficient enjeu
Note globale > 8/10	Fort	3
5/10 < note globale < 8/10	Assez fort	2
3/10 < note globale < 5/10	Modéré	1,5
Note globale < 3/10	Faible	1

COEFFICIENTS POUR LE CRITERE "ENJEUX ESPECES"

Le niveau d'enjeu global de l'espèce est déterminé à partir de la note obtenue sur ces différents critères, rapportée à la note maximale avec les critères effectivement disponibles.

Le coefficient du niveau d'enjeu des habitats est défini sur base :

■ De sa qualité intrinsèque ou niveau de naturalité :

■ Perturbations ;

■ Equilibre phytosociologique ;

■ de sa capacité d'accueil :

■ Espèces fréquentant le site ;

■ Espèces cibles ou intégratrices présentes ;

■ Indicateurs indirects (type de végétation, présence de bois mort, de micro-habitats, milieux ouverts, aquatiques, rocheux) ;

■ du niveau de menace sur le site (causes externes au projet comme l'urbanisation, mode de gestion).

La naturalité est déterminée par le botaniste et affinée par le fauniste selon les espèces visées. L'évaluation de ce coefficient est faite à dire d'expert sur base de l'état de conservation de l'habitat naturel considéré.

Il s'agit ici de juger de la qualité des fonctions présentes.

La note finale sur 8 est obtenue sur base du tableau suivant :

Critères enjeu habitat		Note	Note maximale
Niveau de naturalité / perturbations	Pas d'espèces envahissantes, de perturbations anthropiques (pollution/fréquentation/gestion inadaptée)	2	2
	Présence d'espèces envahissantes, perturbations anthropiques (pollution / fréquentation / gestion inadaptée) sur moins de 30% de l'habitat	1	
	Présence d'espèces envahissantes, perturbations anthropiques (pollution / fréquentation / gestion inadaptée) sur plus de 30% de l'habitat	0	
Niveau de naturalité / équilibre phytosociologique	Bon équilibre phytosociologique	2	2
	Équilibre phytosociologique moyen	1	
	Déséquilibre phytosociologique	0	
Niveau de biodiversité	Bon	2	2
	Moyen	1	
	Faible	0	
Niveau de menace à court / moyen terme	Pas de menace connue	2	2
	Menace moyenne ou à moyen terme	1	
	Menace forte à court terme (pression urbaine, foncière à proximité immédiate...)	0	
Note finale			/ 8

QUALIFICATION DU CRITERE ENJEUX HABITATS

Ainsi, le coefficient d'enjeu global est la résultante de la note obtenue lors du calcul du critère d'enjeu pesant sur l'habitat.

Pour finir, le coefficient a été défini de la manière suivante :

Note globale obtenue	Niveau d'enjeu	Coefficient enjeu
Note globale = 8/8	Fort	3
6/8 < note globale < 8/8	Assez fort	2
4/8 < note globale < 6/8	Modéré	1,5
2/8 < Note globale < 4/8	Faible	1
2/8 < Note globale	Négligeable	0,5

COEFFICIENTS POUR LE CRITÈRE ENJEUX HABITATS

Le coefficient de perte relative défini sur base de la proportion d'habitat concerné et de son isolement, introduit l'aspect fonctionnel.

Ce coefficient est défini sur base de la proportion d'habitat concerné par l'impact et de son isolement. Il varie de 0,75 à 1 et est défini en fonction de la proportion d'habitat naturel concerné par les travaux.

Critères	Coef.
Perte d'habitat isolé (sans connexion avec des habitats équivalents) et/ou ne permettant pas le maintien des populations	1
Perte significative d'habitat en connexion avec des habitats équivalents, permettant le maintien des populations	0,9
Perte modérée d'habitat en connexion avec des habitats équivalents OU perte négligeable d'habitat isolé	0,75
Perte négligeable d'habitat en connexion permanente	0,5

COEFFICIENTS POUR LE CRITERE "PERTE RELATIVE"

Le coefficient de niveau d'impact est défini sur base du niveau d'altération ou de destruction de l'habitat. Il intègre notamment le temps durant lequel le milieu ne sera pas propice à l'accueil des espèces typiques du milieu considéré. Le niveau de la conséquence de l'impact est défini sur base du niveau d'altération ou de destruction de l'habitat. Il intègre notamment le temps durant lequel le milieu ne sera pas propice à l'accueil des espèces typiques du milieu considéré. Le coefficient permet de moduler la perte écologique en fonction de la nature des impacts générés par le projet. Ce coefficient varie de 0,25 à 1.

Dans le cadre de ce projet, les impacts provisoires de la phase travaux peuvent ainsi être appréhendés de manière différente des impacts définitifs liés en particulier aux emprises du projet.

Critère	Commentaire	Coef.
Destruction	Correspond à l'effet d'emprise du projet (habitat sous remblai ou déblai)	1
Altération forte	Baisse durable* de 2 niveaux de la qualité environnementale de l'habitat initial (de bon à mauvais état)	0,8
Altération moyenne	Baisse durable* de 1 niveau de la qualité environnementale* de l'habitat initial (de bon à moyen, de moyen à mauvais) OU baisse temporaire* de 2 niveaux	0,5
Altération faible	Baisse temporaire de 1 niveau	0,25

COEFFICIENTS POUR LE CRITERE "NIVEAU D'IMPACT"

* durable : qui perdure sur plus d'1 cycle biologique / saison.

* temporaire : qui n'affecte qu'1 cycle biologique / saison.

* baisse de niveau de la qualité environnementale : jugement de la dégradation des conditions d'accueil des espèces.

Les emprises définitives sont affectées d'un coefficient de perte relative de 1.

Le ratio d'impact est ensuite calculé en faisant le produit de tous les coefficients d'enjeu précédemment énoncés. Lorsque le ratio d'impact (produit de tous les coefficients d'enjeu précédemment énoncés) est inférieur à 1 (habitats à faible naturalité), ce coefficient est rehaussé à 1 pour maintenir une compensation résiduelle. **Il varie donc entre 1 et 9.**

1.5.1.10 - Évaluation des gains fonctionnels sur les sites de compensation

■ Démarche générale

La balance des gains vise à déterminer, à partir d'habitats proposés au titre de la compensation et des actions de gestion associées, le gain écologique généré. L'évaluation du gain s'appuie sur plusieurs critères :

- L'efficacité de la mesure proposée (retour d'expérience sur le type d'action) ;
- Sa proximité fonctionnelle à l'impact, traduisant les capacités de colonisation par les espèces visées ;
- Sa temporalité (décalage temporel entre l'impact et l'initiation de la mesure) ;
- La dynamique de l'habitat visé, durée nécessaire à l'atteinte des objectifs, compte tenu des actions envisagées ;
- Le gain de qualité environnementale obtenu sur l'habitat de compensation.

Les coefficients suivants, répondant à chacun de ces critères, permettent de qualifier le gain écologique généré par les surfaces d'habitats de compensation.



CRITERES LIES AU GAIN ECOLOGIQUE

Où :

- Surface d'habitat compensatoire proposé = surface ou linéaire réel d'un site proposé à la compensation (requête SIG)
- Gain écologique qualifié = surface ou linéaire « fictif » pondéré par l'additionnalité, l'efficacité escomptée, la distance à l'impact, le décalage temporel à l'impact, la dynamique de (re)constitution de l'habitat visé, et le gain de qualité environnementale attendus de l'habitat compensatoire, du fait des actions mises en œuvre.

L'appréciation du gain écologique (et donc le choix des coefficients à appliquer) reste soumise à l'avis d'expert, s'appuyant sur les retours d'expérience disponibles le cas échéant.

Ainsi, si un site d'un hectare permet un gain écologique de 1,3, il permettra la compensation de 1,3 hectare de dette écologique. Inversement, si le gain écologique est de 0,65, il ne permet la compensation que de 0,65 hectare de dette écologique.

■ Coefficients d'ajustements pour les gains écologiques

Les coefficients déterminés pour les cinq niveaux énumérés ci-avant sont les suivants :

Coefficients de qualification de l'efficacité des mesures de restauration

Le coefficient d'efficacité s'applique à partir des critères définis dans le tableau suivant.

Il permet de pondérer le gain écologique en tenant compte de l'efficacité de la mesure proposée, c'est-à-dire des chances de réussite des mesures proposées, en tenant compte du retour d'expérience sur le type d'action envisagé.

Critère	Coef.
Résultat certain	1
Bonnes chances de réussite	0,75
Réussite probable	0,5
Réussite incertaine	0,25

COEFFICIENTS POUR LE CRITERE "EFFICACITE DES MESURES DE RESTAURATION"

Coefficient de qualification de la proximité fonctionnelle

Le coefficient de proximité s'applique à partir des critères définis dans le tableau suivant.

Il permet de pondérer le gain écologique en tenant compte de la distance fonctionnelle entre le site de compensation et le site d'impact, en lien avec les capacités de déplacement, et donc de colonisation de l'espèce visée des sites de compensation depuis les sites d'impact.

Cette évaluation est conduite en se référant à l'espèce la moins mobile (ou aux capacités de dispersion les plus faibles, en tenant compte de la flore) ainsi qu'à la perméabilité des milieux séparant le site de compensation du site impacté.

Critère	Coef.
Distance inférieure aux déplacements quotidiens en connexion avec d'autres habitats favorables (espèce dimensionnante)	1
Distance comprise entre les déplacements quotidiens et les déplacements saisonniers en connexion avec d'autres habitats favorables (espèce dimensionnante)	0,75
Distance comprise entre les déplacements quotidiens et les déplacements saisonniers <u>mais</u> isolé d'autres habitats favorables (espèce dimensionnante) OU Distance supérieure aux déplacements saisonniers	0,5

COEFFICIENTS POUR LE CRITERE "PROXIMITE"

Coefficient de temporalité

Le coefficient de temporalité s'applique à partir des critères définis dans le tableau suivant.

Il permet de pondérer le gain écologique en tenant compte du décalage temporel entre l'impact et la mise en œuvre de la mesure compensatoire. Ce décalage est évalué par année biologique.

Il tient compte de l'année à laquelle la mesure compensatoire est initiée, et non pas de l'année où elle est effective (objectifs atteints) ; ce coefficient est complémentaire du coefficient de dynamique d'habitat (cf. ci-dessous), qui traduit pour sa part la durée nécessaire à l'atteinte de l'objectif visé (mesure compensatoire effective).

Critère	Coef.
Mesure démarrée 2 ans avant impact	1,5
Mesure démarrée 1 an avant impact	1,25
Mesure démarrée l'année de l'impact	0,9
Mesure démarrée 1 an après l'impact	0,8

Critère	Coef.
Mesure démarrée 2 ans après l'impact	0,65
Mesure démarrée 3 ans après l'impact	0,5
Mesure démarrée 5 ans après l'impact	0,2
Mesure démarrée 10 ans après l'impact	0,15
Mesure démarrée 20 ans après l'impact	0,1

COEFFICIENTS POUR LE CRITERE "TEMPORALITE"

Coefficient de la dynamique des habitats

Le coefficient de dynamique des habitats s'applique à partir des critères définis dans le tableau suivant.

Il permet de pondérer le gain écologique en tenant compte de la dynamique intrinsèque, ou influencée par des mesures de gestion, des types d'habitat de compensation visés, en tenant compte du retour d'expérience sur le type d'habitat et d'action proposé.

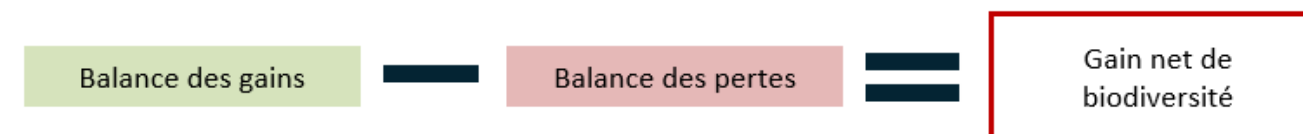
Critère	Coef.
Année de mise en œuvre	1
Un an après	0,9
Deux ans après	0,8
Trois ans après	0,7
Cinq ans après	0,5
Dix ans après	0,2
Vingt ans après	0,1

COEFFICIENTS POUR LE CRITERE "DYNAMIQUE DES HABITATS"

Remarque : l'application du coefficient de dynamique des habitats implique que le précédent coefficient de temporalité s'applique à l'année de démarrage de la mesure compensatoire, et non à la date de sa pleine efficacité. Dans ce cas, le coefficient de dynamique (< 1) équivaut à prendre en compte des pertes intermédiaires (introduites dans les notions d'équivalence écologique) jusqu'à ce que la mesure compensatoire soit pleinement efficace.

1.5.1.11 - Évaluation de l'équivalence écologique et détermination d'un ratio de compensation « a posteriori »

Cette vérification est menée en comparant directement la balance des pertes et la balance des gains. L'objectif étant de n'avoir aucune perte de biodiversité, la comparaison aura dans la majorité des cas tendance à afficher un gain de biodiversité lié au projet (l'équilibre parfait étant quasiment impossible à atteindre).



Le gain net de biodiversité est exprimé en hectares (ou mètres) qualifiés.

À l'issue de l'évaluation des pertes nettes et des gains nets, il est possible de déterminer espèce par espèce un ratio moyen de compensation. Ce ratio devient un ratio a posteriori, strictement informatif, par opposition aux ratios a

priori encore souvent utilisés dans les études.

Ce ratio est défini comme suit :

$$\text{Ratio a posteriori} = \frac{\text{Surface réelle d'impact}}{\text{Surface réelle de compensation}}$$

Le schéma conceptuel global traduisant l'ensemble de la méthode est le suivant :

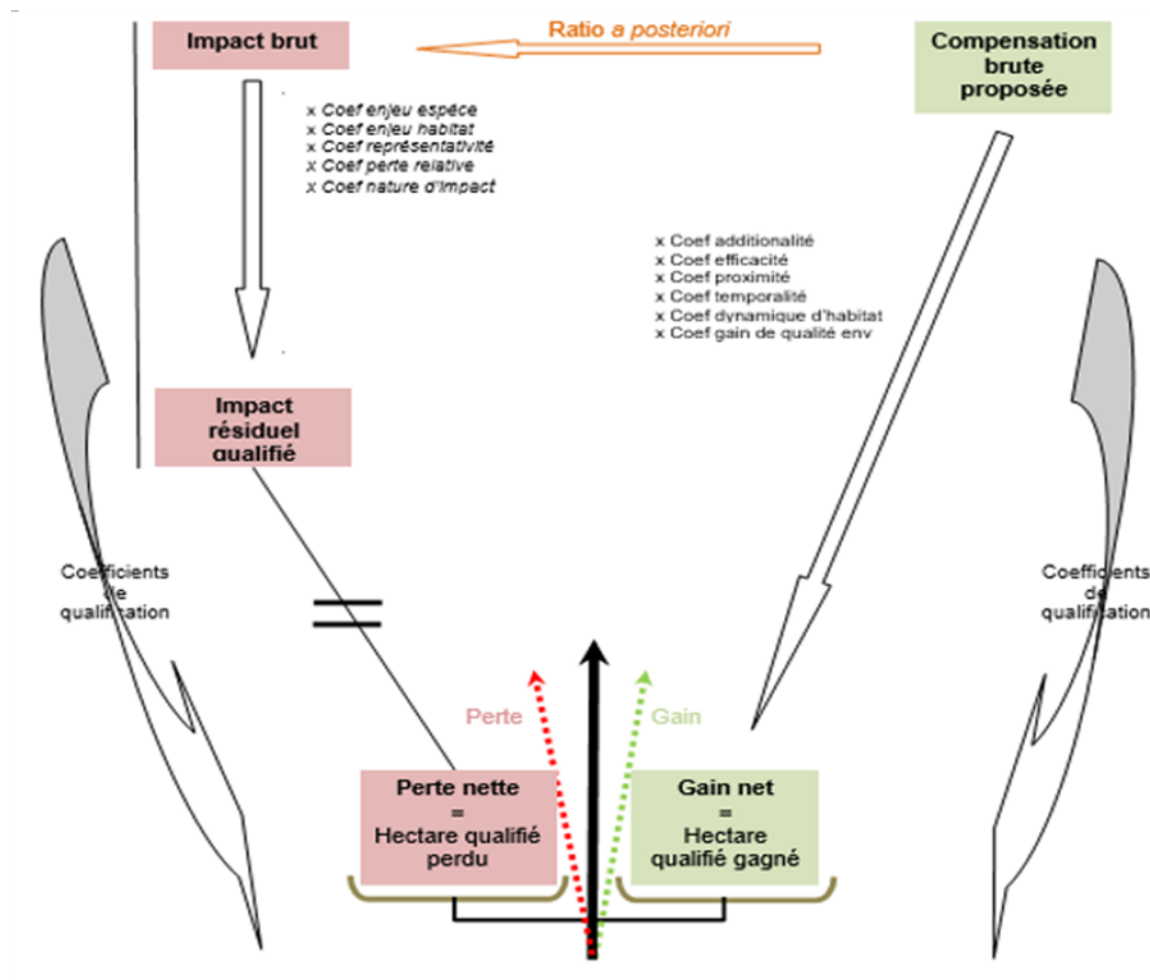


FIGURE 9 : SCHEMA CONCEPTUEL DE LA METHODE EGIS

1.5.2 - Etude trafic routier

1.5.2.1 - Présentation du modèle

Les différentes modélisations (trafic et fréquentation) ont été réalisées à partir du modèle statique de Toulon Provence Méditerranée. Ce dernier a été créé en 2016 et a été mis à jour en 2023 dans le cadre des études préliminaires.

1.5.2.2 - Caractéristiques techniques du modèle

Le modèle de trafic a été développé sous le logiciel SIG TransCAD ; il possède les propriétés suivantes :

- Le modèle de trafic couvre 16 communes (dont l'ensemble des communes de TPM à l'exception du Revest-les-Eaux),
- Le modèle est constitué de 337 générateurs de trafic, correspondant aux zones fines de l'Enquête Mobilité Déplacement réalisée par le CEREMA en 2021 et 2022 ainsi qu'aux intersections entre le périmètre du modèle et le réseau structurant ; ainsi, le modèle compte 330 générateurs de trafic routiers internes (points en violet sur la carte ci-après) et 7 générateurs de trafic externes (points en rouge sur la carte ci-après),
- Le zonage du modèle est très fin sur les 5 communes concernées directement par le projet (La Seyne-sur-Mer, Ollioules, Toulon, La Garde et La Valette-du-Var) ainsi que sur les communes limitrophes,
- Le réseau de voirie est composé de l'ensemble du réseau routier issu de la BD TOPO® sur les 5 communes susmentionnées, et a été allégé sur les autres communes,
- L'ensemble du réseau de transport en commun de la métropole, réseau Mistral 2023 a été codé, ainsi que les lignes d'autocar du Conseil départemental du Var et les lignes régionales (ZOU !) circulant sur le périmètre du modèle ; les missions ferroviaires (TER et Grandes Lignes) sont également codées dans leur intégralité entre Saint-Cyr-sur-Mer et Cuers-Pierrefeu,
- Le modèle est composé d'un sous-modèle de choix modal permettant de répartir les trafics routiers et transport en commun (TC) pour chacune des Origines x Destinations (OD), et de deux sous-modèles d'affectation routière et TC.

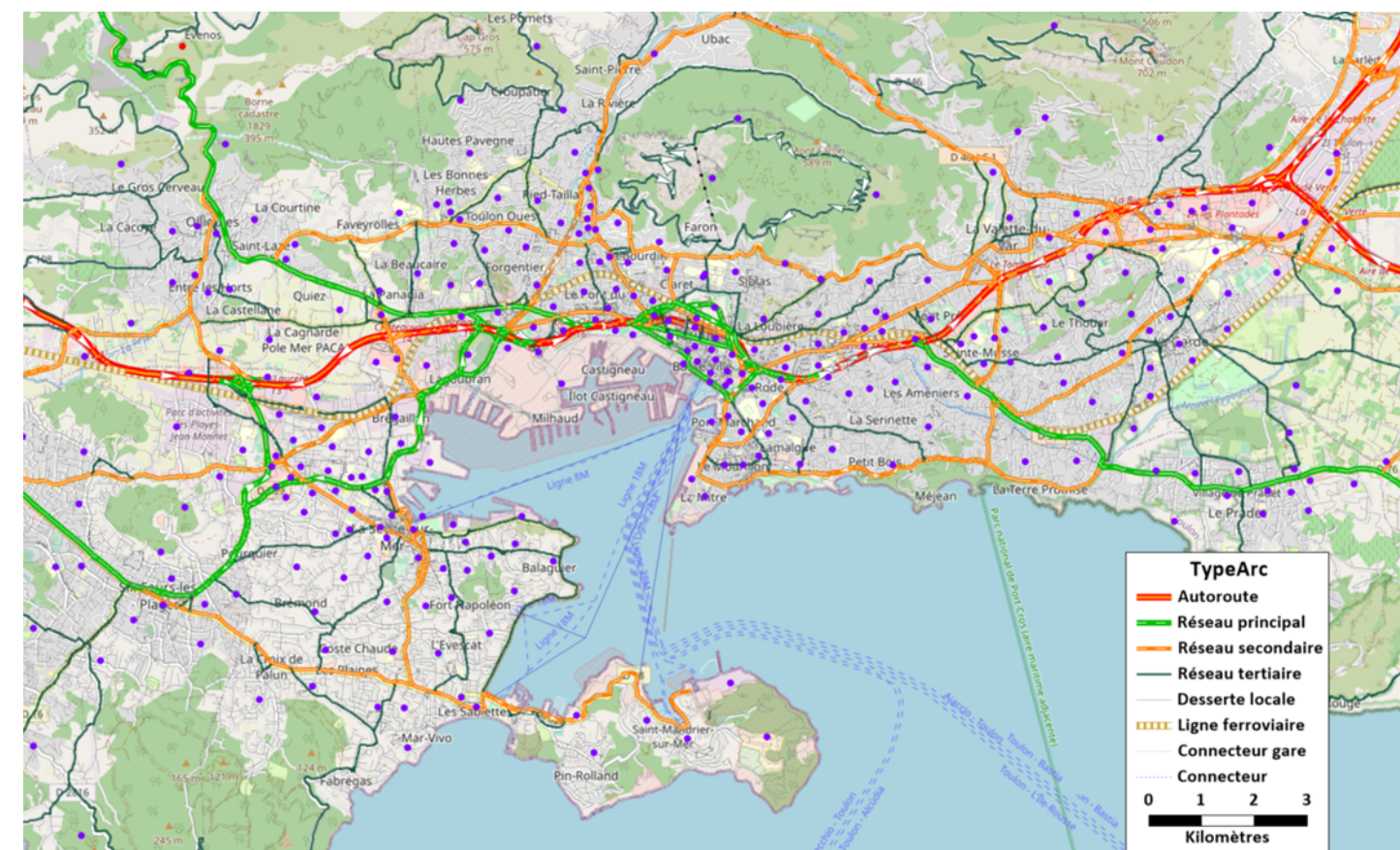


FIGURE 11 : CODIFICATION DU RESEAU DE VOIRIE SUR LE CŒUR DU PERIMETRE D'ETUDE

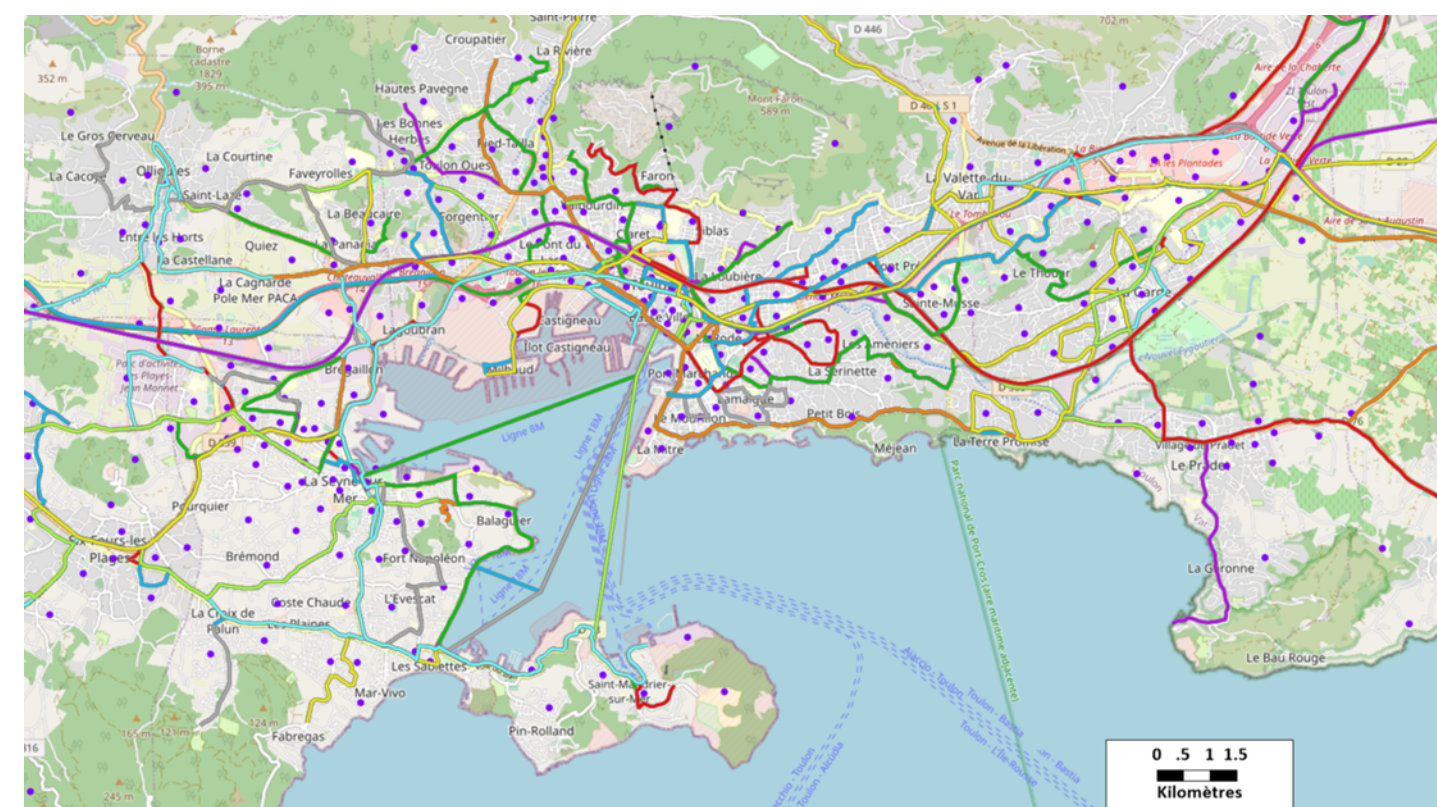


FIGURE 12 : CODIFICATION DU RESEAU TC SUR LE CŒUR DE PERIMETRE

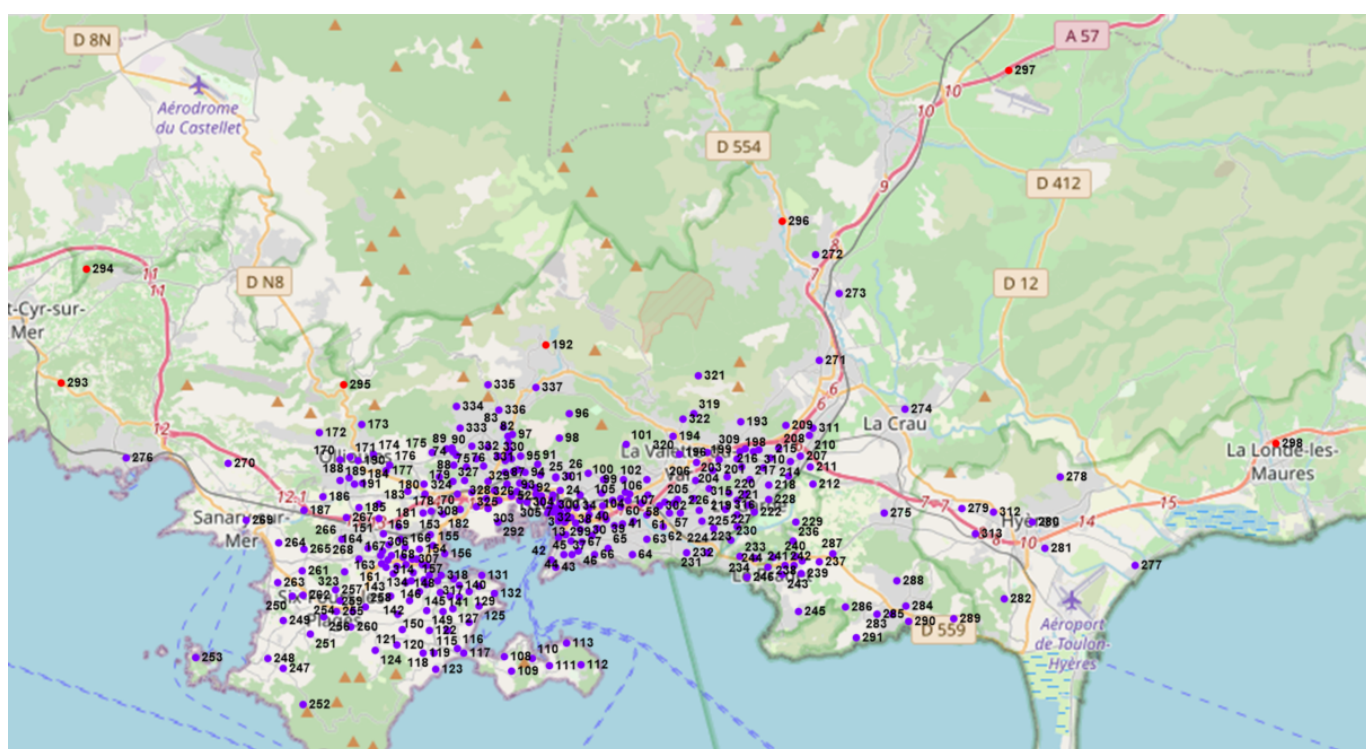


FIGURE 10 : PERIMETRE DU MODELE DE TRAFIC

Le sous-modèle d'affectation routière permet notamment d'évaluer explicitement les gains de décongestion permis par le projet ; en effet, le report modal de la voiture vers les TC lié à la mise en service du projet génère une diminution du trafic automobile qui profite aux automobilistes qui continuent à circuler sur le réseau, et qui bénéficient donc d'une diminution des temps de parcours.

Le sous-modèle d'affectation TC permet de répartir les trafics TC entre les différentes lignes disponibles (bus, bateaux bus et lignes de TCSP du réseau Mistral, bateau, lignes ZOU! et train). Il prend en compte les possibles correspondances entre les modes et en particulier les nœuds d'intermodalité Transports Collectifs Urbains (TCU) / Train.

Les déplacements sont modélisés sur trois périodes horaires distinctes d'un JOB [Jour Ouvrable de Base] ¹ :

- La période de pointe du matin (HPM, 7h-9h),
- La période de pointe du soir (HPS, 16h-19h),
- La période creuse (HC, reste de la journée).

Le modèle de trafic élaboré permet en particulier de tenir compte de la charge du réseau de voirie dans le calcul des vitesses commerciales TC. En effet, il est distingué dans le modèle à la fois le type de mission (TC / TCSP) et le type de section (site banalisé / site propre). Les vitesses commerciales sont estimées comme suit :

- Pour les sections en site propre, on suppose les vitesses commerciales des lignes de TCSP constantes quelle que soit la période horaire ; les autres lignes de TC sont quant à elles légèrement dégradées en fonction de la charge du réseau de voirie (trafic Véhicules Légers - VL),
- Pour les sections en site banalisé, les vitesses commerciales de l'ensemble des lignes sont dégradées en fonction de la vitesse de circulation VL, elle-même déduite de la charge du réseau de voirie (taux de congestion) ; ainsi, les vitesses de circulation des TC dépendent du trafic VL, et sont donc en particulier inférieures en heure de pointe (HP) par rapport aux heures creuses (HC).

Les formules permettant le calcul des vitesses de circulation TC à partir de la charge du réseau viaire ont été calibrées afin de reconstituer les vitesses commerciales actuelles par période horaire telles qu'elles ressortent des fiches horaires du réseau Mistral. Appliquées en projection, elles permettent explicitement de tenir compte, sur les sections banalisées et, dans une moindre mesure, sur les sections en site propre pour les bus « standard », de l'évolution des conditions de circulation automobile (congestion / décongestion) sur la performance des TC. Ainsi, avec ce type de modèle, l'intérêt d'un BHNS croît dans le temps au fur et à mesure que se dégradent les conditions de circulation sur le réseau viaire.

Ainsi, le modèle développé dispose d'un niveau de finesse dans la reconstitution des vitesses commerciales TC adéquat pour l'estimation de l'impact de la ligne BHNS en fonction des types de sections considérées (site propre intégral ou site banalisé). Il permet également de prendre en compte, en situation de référence et pour les lignes TC « standard », l'évolution du trafic routier dans le calcul des vitesses de circulation TC. Il est donc parfaitement adapté aux besoins de la présente étude.

1.5.2.3 - Recalage de la matrice en 2023

Les matrices de déplacements initiales de 2023 ont été construites à partir du modèle de 2016 recalée avec l'Enquête Ménages Déplacements de 2022 menée par le CEREMA (EMC² - enquêtes mobilité certifiées CEREMA). Les exploitations de l'EMC² permettent d'avoir une vision de l'évolution de la mobilité sur le territoire de la métropole

au cours des dernières années.

1.5.2.4 - Calage des trafics routiers

Dans le cadre du présent projet une campagne de comptages routiers a été réalisée en 2022 à différents points stratégiques de la future infrastructure BHNS. La carte ci-après présente les axes utilisés pour recalibrer le modèle routier.

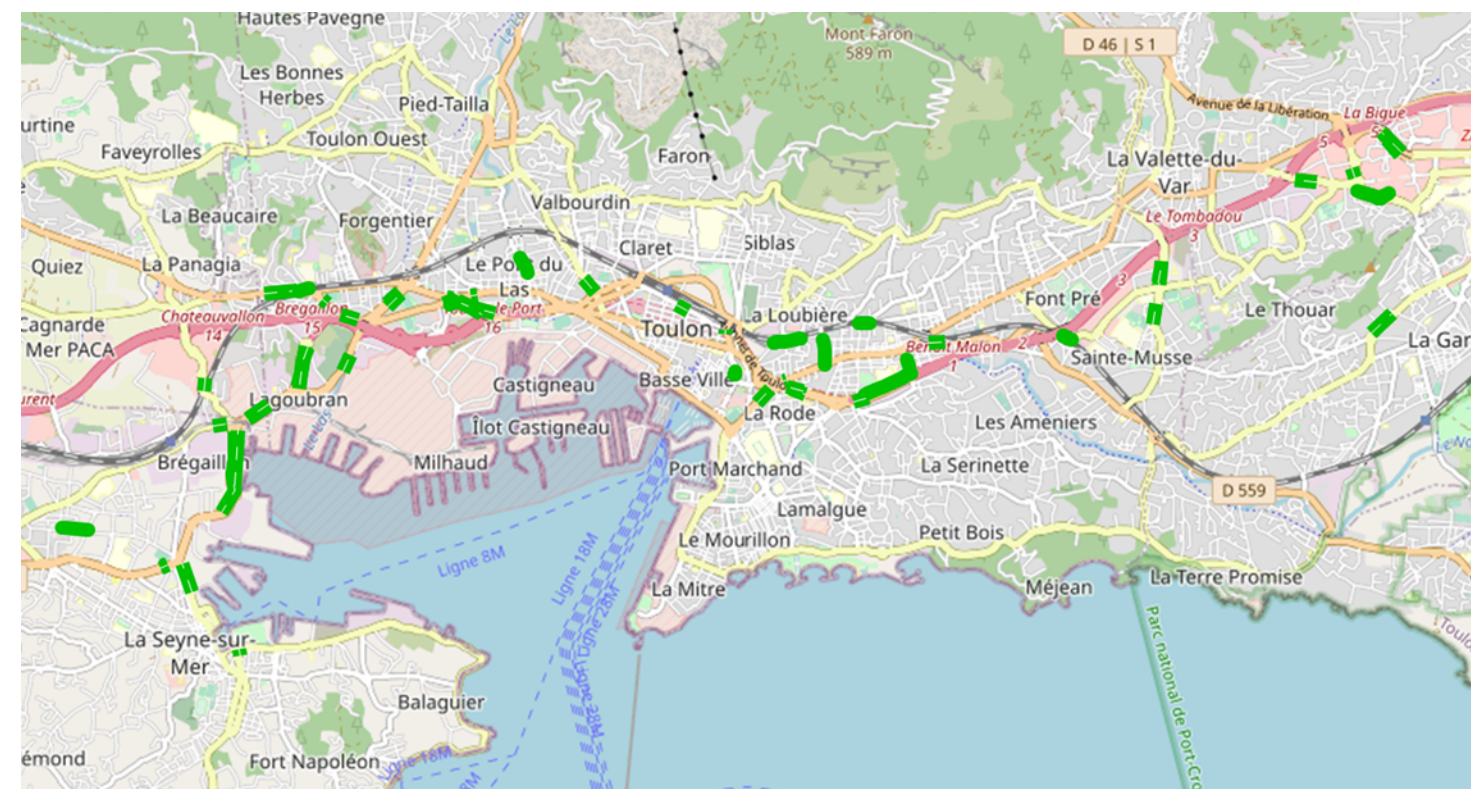


FIGURE 13 : POINTS DE COMPTAGES ROUTIERS

¹ Les Jours Ouvrables de Base : Jour défini hors des jours de pointe de trafic (il correspond généralement aux mardi et jeudi)

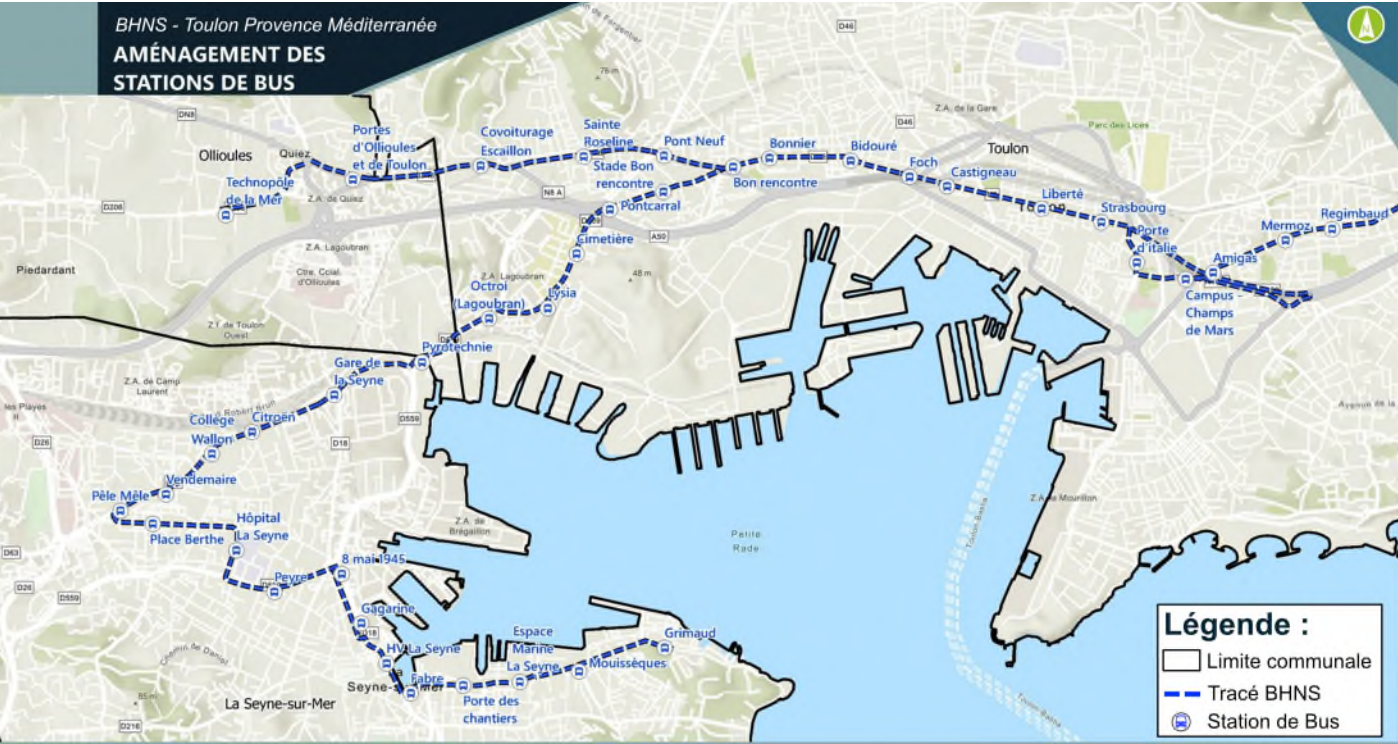


FIGURE 14 : TRACE DU BHNS

Le tableau ci-dessous présente la comparaison entre les trafics enquêtés et modélisés, montre une représentation satisfaisante par le modèle.

	Modélisé	Observé 2021		
	1 sens		Ecart VL	GEH VL
Rte d'Hyères - en direction de Les Vannes (Est)	7 261	6 960	+4%	4
Rte d'Hyères - en direction de Vieux Chemin de la Pauline (Ouest)	12 821	12 146	+6%	6
Avenue Nicolas Fabri de Peiresc - en direction de la RD67 (Sud-Ouest)	9 046	9 189	-2%	1
Avenue Nicolas Fabri de Peiresc - en direction de Chemin des Plantes (Nord-Ouest)	7 027	7 234	-3%	2
RD98 - en direction du Rdpt de la Redonne (Sud-Est)	14 835	15 624	-5%	6
RD98 - en direction du Nord-Ouest (Nord-Ouest)	21 097	22 371	-6%	9
En direction de la RD86 (Sud)	6 397	5 999	+7%	5
En direction de l'Avenue de l'Université (Nord)	9 729	9 860	-1%	1
Avenue de Ste Claire - en direction de Mnt de Thour (Est)	10 963	11 216	-2%	2
Avenue de Ste Claire - en direction de All. Du Romarin (Ouest)	12 402	12 713	-2%	3
Avenue Maréchal Alphonse Juin - en direction de l'Avenue de l'Université (Nord)	8 906	9 773	-9%	9
Avenue Maréchal Alphonse Juin - en direction de la Rue Descartes (Est)	8 070	7 934	+2%	2
Avenue du Dr Eugène Blanc - en direction du Rdpt du 8 mai 1945 (Nord-Ouest)	15 662	15 482	+1%	1
Avenue du Dr Eugène Blanc - en direction de l'Avenue des Frères (Sud-Ouest)	15 209	16 210	-6%	8
Boulevard des Armaris - en direction de l'Avenue Mirasouléou (Nord-Ouest)	37 396	35 037	+7%	12
Boulevard des Armaris - en direction de la Rue Melpomène (Sud-Ouest)	30 369	29 325	+4%	6
Boulevard des Armaris - en direction de la Rue Thalie (Sud-Ouest)	6 091	6 124	-1%	0
Boulevard des Armaris - en direction de l'Avenue Mirasouléou (Nord-Ouest)	8 734	9 092	-4%	4
Avenue de la Paix - en direction de la Rue Aspirant Albert Piauly (Sud-Ouest)	10 377	10 735	-3%	3
Avenue de la Paix - en direction de la Rue Marc Delage (Sud-Ouest)	7 900	8 881	-11%	11
Rue André Blondel - en direction de l'Avenue René Cassin (Nord-Ouest)	3 360	3 431	-2%	1
Rue André Blondel - en direction de la Rue Nicolas Appert (Sud-Ouest)	6 714	6 227	+8%	6
Avenue Joseph Gasquet - en direction de la Rue de Dakar (Est)	3 407	3 042	+12%	6
Avenue Joseph Gasquet - en direction de la RD97 (Ouest)	2 547	2 521	+1%	1
Avenue Benoît Malon - en direction de l'Avenue Pierre Bories (Sud-Ouest)	7 209	7 521	-4%	4
Avenue Benoît Malon - en direction de la Rue Honoré (Nord-Ouest)	4 009	3 554	+13%	7
Avenue Henri Dunant - en direction de l'Avenue François Cuzin (Sud-Ouest)	4 974	4 567	+9%	6
Avenue Henri Dunant - en direction du Boulevard Desaix (Nord-Ouest)	1 909	1 729	+10%	4
Boulevard Desaix - en direction de l'Avenue Philippe Lebon (Ouest)	2 463	2 452	+0%	0
Boulevard Desaix - en direction de l'Avenue Henri Dunant (Est)	367	336	+9%	2
En direction de l'Ouest (Ouest)	3 222	3 170	+2%	1
Rue Amiral Nomy - en direction de l'Avenue du Général Pruneau (Sud-Ouest)	6 817	6 125	+11%	9
RD46 - en direction de la Rue Peyre Ferry (Nord-Ouest)	2 446	2 050	+19%	8
RD46 - en direction de la Rue du Roi René (Sud-Est)	10 298	9 842	+5%	5
Boulevard Louis Picon - en direction de la Rue Gorlier (Sud-Ouest)	2 903	2 834	+2%	1
Avenue du 15E Corps - en direction de la Rue Félix Mayol (Est)	4 622	4 746	-3%	2
Avenue du 15E Corps - en direction de la Rue Bokanowski (Ouest)	7 510	7 523	-0%	0
Avenue Lieutenant d'Estienne d'Orves - en direction de l'Autoroute (Sud-Ouest)	9 680	10 511	-8%	8
Avenue Lieutenant d'Estienne d'Orves - en direction du Boulevard (Sud-Ouest)	3 571	3 998	-11%	7
Avenue des Fusiliers Marins - en direction de la DN8 (Nord)	2 387	2 467	-3%	2
Avenue des Fusiliers Marins - en direction de la Rue Charles Sarraute (Sud-Ouest)	5 032	5 122	-2%	1
Avenue Aristide Briand - en direction de la DN8 (Est)	5 867	6 204	-5%	4
Avenue Aristide Briand - en direction de l'Impasse Le Charcot (Ouest)	4 538	4 743	-4%	3
Boulevard Général Brosset - en direction du Boulevard Charles Brosset (Sud-Ouest)	10 408	10 243	+2%	2
Boulevard Général Brosset - en direction de l'Impasse Emeric (Ouest)	4 672	4 448	+5%	3
Quai Marmora - en direction de la DN8 (Nord-Est)	6 499	6 563	-1%	1
Quai Jean Charcot - en direction du Boulevard Régis Dusserre (Sud-Ouest)	13 209	13 332	-1%	1
Avenue Aristide Briand - en direction de VC Malbousquet (Nord)	22 469	22 110	+2%	2
Avenue Aristide Briand - en direction de Chemin de Tombouctou (Sud-Ouest)	6 831	7 646	-11%	10
Rue Descartes - en direction de la RD559 (Est)	3 288	3 516	-6%	4
Rue Descartes - en direction de l'Ouest (Ouest)	7 814	7 764	+1%	1
Rue Descartes - en direction de la RD559 (Sud-Est)	4 912	5 494	-11%	8
Boulevard de l'Escaillon - en direction du Chemin Belle Viste (Sud-Ouest)	1 887	1 640	+15%	6
Boulevard de l'Escaillon - en direction de la RDN8 (Ouest)	2 619	2 742	-5%	2
A50 - en direction de l'Avenue Frédéric Passy (Est)	18 931	19 947	-5%	7
A50 - en direction de l'Avenue François Cuzin (Ouest)	23 431	23 445	-0%	0
Avenue François Cuzin - en direction de la Rue Raoul (Est)	4 422	4 874	-9%	7
Avenue François Cuzin - en direction de la RN97 (Ouest)	5 375	5 299	+1%	1
Rue Saint-Bernard - en direction de la RN97 (Nord)	2 633	3 031	-13%	7
Rue Saint-Bernard - en direction de la Rue Vincent Courdouan (Sud-Ouest)	4 625	5 177	-11%	8
Avenue Franklin Roosevelt - en direction de l'Avenue Roger Devos (Sud-Ouest)	21 282	22 630	-6%	9
Rue Pierre Lacroix - en direction de Quai Gabriel Péri (Nord)	11 948	10 760	+11%	11
Boulevard Jean Rostand - en direction de Berdiansk (Ouest)	2 534	2 539	-0%	0
Boulevard Jean Rostand - en direction de l'Avenue Antonio Gramsci (Sud-Ouest)	2 221	2 583	-14%	7
Boulevard Maréchal Alphonse Juin - en direction de l'Avenue Jean Rostand (Sud-Ouest)	8 455	7 988	+6%	5
Boulevard Maréchal Alphonse Juin - en direction de l'Avenue Maréchal Alphonse Juin (Sud-Ouest)	6 483	6 749	-4%	3
RD18 - en direction de l'Impasse des Cabliers (Sud)	15 051	14 834	+1%	2
RD18 - en direction de l'Avenue Estienne d'Orves (Nord)	25 241	27 114	-7%	12
Rue François Fabié - en direction de la Rue Picot (Sud)	5 857	6 532	-10%	9
Boulevard de Tessé - en direction de Place Albert 1er (Nord-Ouest)	5 164	4 507	+15%	9
Route de Marseille - en direction de Chemin Artur (Est)	7 370	7 118	+4%	3
Route de Marseille - en direction de la Rue Professeur Pinard (Ouest)	6 140	5 481	+12%	9
Chemin de Lagoubran - en direction de la RD18 (Sud)	4 956	5 653	-12%	10
Chemin de Lagoubran - en direction de l'Autoroute A50 (Nord)	8 192	7 842	+4%	4
D559B - en direction de Chemin Gaëtan Gastaldo (Nord)	918	881	+4%	1
D559B - en direction de l'Impasse Charles Battezzatti (Sud)	13 645	13 906	-2%	2
Avenue Yitzhak Rabin - en direction de Chemin André Louis (Ouest)	7 802	7 633	+2%	2
Avenue Yitzhak Rabin - en direction de la RD559 (Est)	6 885	6 844	+1%	0
Avenue 1ère Armée Rhin Danube - en direction de la RD18 (Nord)	17 960	18 207	-1%	2
Avenue 1ère Armée Rhin Danube - en direction de Chemin de Châteauneuf (Sud-Ouest)	16 293	15 405	+6%	7
Avenue Aristide Briand - en direction du Nord-Est (Nord-Est)	21 798	22 860	-5%	7
Avenue Aristide Briand - en direction du Sud-Ouest (Sud-Ouest)	18 712	20 466	-9%	13



1.5.2.5 - Compléments méthodologiques

La mise à jour du modèle statique de 2016 (cf. 1.5.2.3 - Recalage de la matrice en 2023) a été réalisée en intégrant à la fois

- Les données de l’enquête ménage menée par le CEREMA en 2022
- Les grandes évolutions tendancielles du territoire (trafic routier, population, emploi)
- Les différents projets du territoire.

Les tableaux ci-dessous présentent les projets (opérations d’aménagements et infrastructures) intégrés au modèle. Tous les projets présentés ci-dessous ne sont pas à proximité immédiate du tracé mais peuvent avoir une incidence sur les déplacements par les trafics routiers qu’ils génèrent (en voiture et en transport).

Opérations d’aménagement :

VILLE	ARRÊTS BHNS	NOM	DATE LIVRAISON
La Seyne-sur-Mer	Non desservi directement par le BHNS	Institut Michel Pacha	2026
La Seyne-sur-Mer	Grimaud	Bois Sacré	2026
La Seyne-sur-Mer	Espace Marine	Cité Bleue	2027
La Seyne-sur-Mer	Hôtel de Ville	NPNRU	2026
La Seyne-sur-Mer	Gambetta	Campus Maritime	2024
Ollioules	Pas desservi directement par le BHNS	Grand Projet Urbain	2025
Ollioules	Pas desservi directement par le BHNS	ZAP ² Six fours Ollioules	En cours
Ollioules	Technopôle de la Mer	Technopôle de la Mer	Phase 1 : livrée Phase 2 : en cours
Toulon	Péri / Obs	Cité judiciaire	Fin 2027
Toulon	Strasbourg	NPNRU	Horizon 2030
Toulon	Campus – Champs de Mars	Campus Porte d’Italie	Pas de date
Toulon	Pas desservi directement par le BHNS	De Mayol à Pipady	Fin 2025
Toulon	Pas desservi directement par le BHNS	Cité U Dumont d’Urville	2024
Toulon	Pont Saint Jean	Médiathèque Marnata	2024
Toulon	P+R Ste Musse	Pôle Santé	Fin 2024
La Valette du Var	Espalus	Les Fourches	Phase 1 : 2027
La Valette du Var	Avenue de l’Université	Familles Passion II	Livré
La Garde	Université Nord	Eco Campus	Phase 1 : 2027 Phase 2 : 2030
La Garde	4 arrêts de La Garde	Cœur de ville	Phase 1 : 2025 Phase 2 : 2030

Infrastructure :

VILLE	ARRÊTS BHNS	NOM	DATE LIVRAISON
La Seyne-sur-Mer	Bois Sacré	Corniche Tamaris	2027
Toulon	Pas desservi directement par le BHNS	Parking silo 660 places	Livré
Toulon	Halte Saint Musse	Gare de Sainte Musse	Livré
La Valette du Var	Pas desservi directement par le BHNS	Nouvelle Brettelle A57 – Grand Var	Pas de date

Plusieurs guides ont été utilisés. S’ils n’ont pas de valeurs réglementaires, l’utilisation de ces guides est conseillée car ils compilent les bonnes pratiques d’aménagement.

Guide du CEREMA :

- Guide de conception des carrefours à feux, 2010
- Giratoire et bus à haut niveau de service, 2016
- Rendre sa voirie-cyclable, 2021
- Le profil en travers, outil du partage des voiries urbaines

² Zone agricole protégée



1.5.3 - Etude acoustique

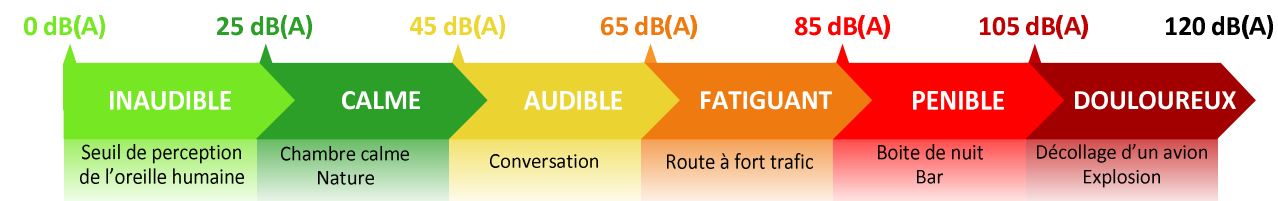
1.5.3.1 - Notions d'acoustique

1.5.3.1.1 - Le Bruit – Définition

Le bruit est dû à une variation de la pression régnant dans l'atmosphère ; il peut être caractérisé par sa fréquence (grave, médium, aiguë) exprimée en Hertz (Hz) et par son amplitude (ou niveau de pression acoustique) exprimée en décibel (dB).

1.5.3.1.2 - Plage de sensibilité de l'oreille

L'oreille humaine a une sensibilité très élevée, puisque le rapport entre un son juste audible (2.10⁻⁵ Pascal), et un son douloureux (20 Pascal) est de l'ordre de 1 000 000. L'échelle usuelle pour mesurer le bruit est une échelle logarithmique et l'on parle de niveaux de bruit exprimés en décibels A (dB(A)) où A est un filtre caractéristique des particularités fréquentielles de l'oreille.



1.5.3.1.3 - Arithmétique particulière

Le doublement de l'intensité sonore, dû par exemple à un doublement du trafic, se traduit par une augmentation de 3 dB(A) du niveau de bruit : 60 dB(A) + 60 dB(A) = 63 dB(A) :

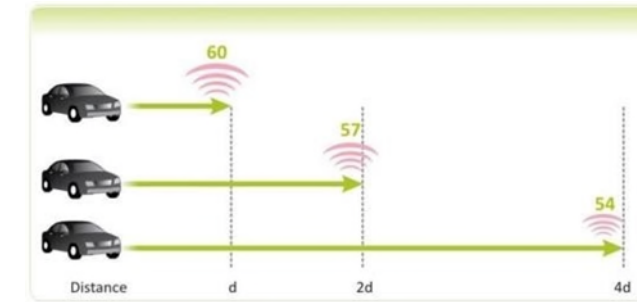


Si deux niveaux de bruit sont émis simultanément par deux sources sonores, et si le premier est supérieur au second d'au moins 10 dB(A), le niveau sonore résultant est égal au plus grand des deux. Le bruit le plus faible est alors masqué par le plus fort : 60 dB(A) + 70 dB(A) = 70 dB(A) :



De manière expérimentale, il a été montré que la sensation de doublement du niveau sonore (deux fois plus de bruit) est obtenue pour un accroissement de 10 dB(A) du niveau sonore initial.

Enfin, pour une source linéaire comme la circulation d'un véhicule, un doublement de la distance émetteur-récepteur engendre une décroissance de 3 dB(A) du niveau sonore :



1.5.3.1.4 - Intensité de la gêne sonore

Pour se faire une idée de la gêne sonore, le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) propose une analyse subjective d'une variation des niveaux de bruit.

Augmenter le niveau sonore de :	C'est multiplier l'énergie sonore par :	C'est faire varier l'impression sonore :
3 dB(A)	x2	Très légèrement : on fait difficilement la différence entre deux lieux où le niveau diffère de 3 dB(A).
5 dB(A)	x3	Nettement : on ressent une aggravation ou on constate une amélioration lorsque le bruit augmente ou diminue de 5 dB(A).
10 dB(A)	x10	De manière expérimentale, il a été montré que la sensation de doublement du niveau sonore est obtenue pour un accroissement de 10 dB(A)

TABLEAU 4 : INTENSITE DE LA GENE SONORE

1.5.3.1.5 - Indicateurs

1.5.3.1.5.1 Le L_{Aeq}

L'indicateur L_{Aeq} correspond au niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A correspondant à une période de temps T.

Lors d'une mesure sonométrique, cet indicateur est calculé et correspond à la moyenne du niveau de pression sur l'ensemble du temps de mesure.

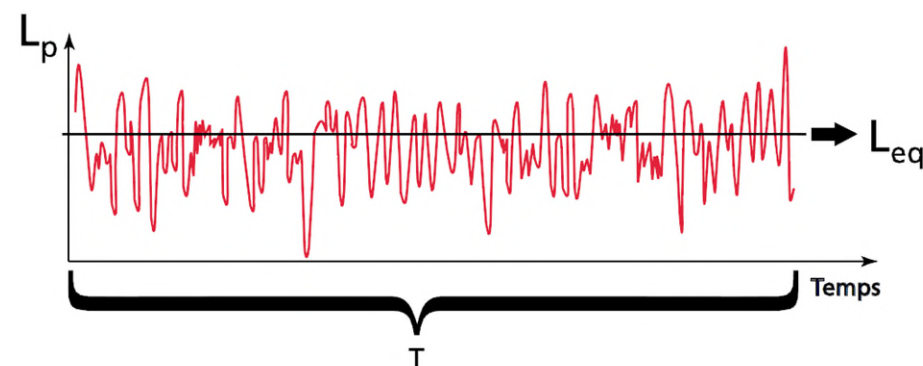


FIGURE 15 : L_{Aeq} , NIVEAU DE PRESSION ACOUSTIQUE CONTINU EQUIVALENT

La pondération A est un filtre auquel est soumis le signal sonore mesuré afin qu'il puisse correspondre au signal sonore perçu par l'oreille humaine.

1.5.3.1.5.2 Les indices fractiles

Les indices fractiles (aussi appelés indices statistiques) peuvent être calculés sur une mesure sonométrique et permettent de mettre en avant certains événements particuliers. Le niveau de pression acoustique L_N correspond au niveau dépassé pendant N% de la durée du mesurage.

À titre d'exemple, le L_{90} (niveau de bruit dépassé pendant 90% du temps) peut être utilisé comme indicateur du bruit de fond, et le L_{10} (niveau de bruit dépassé pendant 10% du temps) comme indicateur des niveaux maximaux atteints.

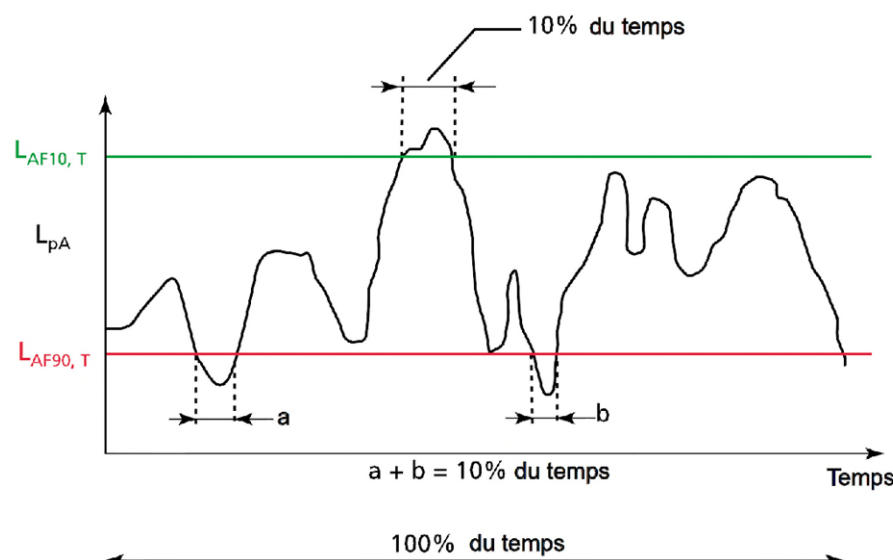


FIGURE 16 : NIVEAU DE PRESSION L_p ET INDICES FRACTILES L_{10} ET L_{90}

1.5.3.2 - Aspects réglementaires

1.5.3.2.1 - Textes réglementaires

Les articles L571-1 à L571-26 du Livre V du Code de l'Environnement (Prévention des pollutions, des risques et des nuisances), reprenant la Loi n° 92.1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit, prévoient la prise en compte des nuisances sonores aux abords des infrastructures de transports terrestres.

Les articles R571-44 à R571-52 du Livre V du Code de l'Environnement (Prévention des pollutions, des risques et

des nuisances), reprenant le Décret n° 95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres, indiquent les prescriptions applicables aux voies nouvelles, aux modifications ou transformations significatives de voiries existantes.

L'Arrêté du 5 mai 1995, relatif au bruit des infrastructures routières, précise les indicateurs de gêne à prendre en compte : niveaux $L_{Aeq}(6\text{ h} - 22\text{ h})$ pour la période diurne et $L_{Aeq}(22\text{ h} - 6\text{ h})$ pour la période nocturne ; il mentionne en outre les niveaux sonores maximaux admissibles suivant l'usage et la nature des locaux et le niveau de bruit existant.

La Circulaire du 12 décembre 1997, relative à la prise en compte du bruit dans la construction des routes nouvelles ou l'aménagement de routes existantes du réseau national, complète les indications réglementaires et fournit des précisions techniques pour faciliter leur application.

La Circulaire du 25 mai 2004, relative au bruit des infrastructures de transports terrestres précise les instructions à suivre concernant les observatoires du bruit des transports terrestres, le recensement des Points Noirs et les opérations de résorption des Points Noirs Bruit des réseaux routier et ferroviaire nationaux. Elle modifie les Circulaires du 12 juin 2001, du 28 février 2002 et du 23 mai 2002.

1.5.3.2.2 - Indices réglementaires

Le bruit de la circulation automobile fluctue au cours du temps. La mesure instantanée (au passage d'un camion, par exemple), ne suffit pas pour caractériser le niveau d'exposition des personnes. Les enquêtes et études menées ces vingt dernières années dans différents pays ont montré que c'est le **cumul de l'énergie sonore** reçue par un individu qui est l'indicateur le plus représentatif des effets du bruit sur l'homme et, en particulier, de la gêne issue du bruit de trafic. Ce cumul est traduit par le niveau énergétique équivalent noté L_{eq} . En France, ce sont les périodes (6 h - 22 h) et (22 h - 6 h) qui ont été adoptées comme référence pour le calcul du niveau L_{eq} .

Les indices réglementaires sont les $L_{Aeq}(6\text{ h} - 22\text{ h})$ et $L_{Aeq}(22\text{ h} - 6\text{ h})$. Ils correspondent à la moyenne de l'énergie cumulée sur les périodes (6 h - 22 h) et (22 h - 6 h) pondérée A, pour l'ensemble des bruits observés.

Ils sont mesurés ou calculés à 2 m en avant de la façade concernée et entre 1.2 m et 1.5 m au-dessus du niveau de l'étage choisi, conformément à la réglementation. Ce niveau de bruit dit « en façade » majore de 3 dB le niveau de bruit dit « en champ libre » c'est-à-dire en l'absence de bâtiment.

Ils sont mesurés ou calculés à 2 m en avant de la façade concernée et entre 1.2 m et 1.5 m au-dessus du niveau de l'étage choisi, conformément à la réglementation. Ce niveau de bruit dit « en façade » majore de 3 dB le niveau de bruit dit « en champ libre » c'est-à-dire en l'absence de bâtiment.

1.5.3.2.3 - Définition des objectifs acoustiques réglementaires

1.5.3.2.3.1 Critère d'ambiance sonore

Le critère d'ambiance sonore préexistante est défini dans l'Arrêté du 5 mai 1995 et il est repris dans le § 5 de la Circulaire du 12 décembre 1997. Le tableau ci-dessous présente les critères de définition des zones d'ambiance sonore avant la création de nouvelles infrastructures :

Type de zone	Bruit ambiant existant avant travaux toutes sources confondues [dB(A)]	
	$L_{Aeq}(6\text{ h} - 22\text{ h})$	$L_{Aeq}(22\text{ h} - 6\text{ h})$
Modérée	< 65	< 60
Modérée de nuit	≥ 65	< 60
Non modérée	< 65	≥ 60
	≥ 65	≥ 60

TABLEAU 5 : CRITERES D'AMBIANCE SONORE

1.5.3.2.3.2 Objectifs acoustiques

■ Création d’infrastructures nouvelles

Dans les secteurs concernés par la création de voies nouvelles, la contribution sonore maximale admissible de celles-ci à terme, en façade des bâtiments, est donnée dans le tableau suivant :

Usage et nature des locaux	LAeq (6 h - 22 h) en dB(A)	LAeq (22 h - 6 h) en dB(A)
Logements situés en zone modérée	60	55
Logements situés en zone modérée de nuit	65	55
Logements situés en zone non modérée	65	60
Établissements de santé, de soins et d'action sociale ⁽¹⁾	60	55
Établissements d'enseignement ⁽²⁾	60	-
Locaux à usage de bureaux en zone modérée	65	-

TABLEAU 6 : OBJECTIFS ACOUSTIQUE – CREATION DE VOIES NOUVELLES

⁽¹⁾ Pour les salles de soins et les salles réservées au séjour des malades, ce niveau est abaissé à 57 dB(A) sur la période (6 h - 22 h).

⁽²⁾ Sauf pour les ateliers bruyants et les locaux sportifs.

■ Modification d’infrastructures existantes

Dans le cas d’une modification d’infrastructure, le caractère significatif de celle-ci est défini par l’article R.571-45 du Code de l’environnement :

« Est considérée comme significative, au sens de l'article R.571-44, la modification ou la transformation d'une infrastructure existante, résultant d'une intervention ou de travaux successifs autres que ceux mentionnés à l'article R.571-46, et telle que la contribution sonore qui en résulterait à terme, pour au moins une des périodes représentatives de la gêne des riverains mentionnées à l'article R.571-47, serait supérieure de plus de 2 dB(A) à la contribution sonore à terme de l'infrastructure avant cette modification ou cette transformation ».

Dans le cas d’une modification significative, les seuils réglementaires sont définis par l’article 3 de l’Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières :

« Si la contribution sonore de l'infrastructure avant travaux est inférieure aux seuils applicables à une voie nouvelle, elle ne pourra excéder ces valeurs après travaux. Dans le cas contraire, la contribution sonore, après travaux, ne doit pas dépasser la valeur existant avant travaux, sans pouvoir excéder 65 dB(A) en période diurne et 60 dB(A) en période nocturne ».

Le tableau suivant indique les seuils acoustiques réglementaires dans le cas où le projet engendre une augmentation significative des niveaux sonores en façade des bâtiments de logement :

Zone d’ambiance sonore préexistante	Période diurne (6h-22h)		Période nocturne (22h-6h)	
	Contribution sonore initiale de l’infrastructure	Contribution maximale admissible après travaux ⁽¹⁾	Contribution sonore initiale de l’infrastructure	Contribution maximale admissible après travaux ⁽¹⁾
Modérée	≤ 60 dB(A)	60 dB(A)	≤ 55 dB(A)	55 dB(A)
	> 60 dB(A) et ≤ 65 dB(A)	contribution initiale	> 55 dB(A) et ≤ 60 dB(A)	contribution initiale
	> 65 dB(A)	65 dB(A)	> 60 dB(A)	60 dB(A)
Modérée de nuit	Indifférente	65 dB(A)	≤ 55 dB(A)	55 dB(A)
			> 55 dB(A) et ≤ 60 dB(A)	contribution initiale
			> 60 dB(A)	60 dB(A)
Non modérée	Indifférente	65 dB(A)	Indifférente	60 dB(A)

TABLEAU 7 : OBJECTIFS ACOUSTIQUES EN CAS DE MODIFICATION SIGNIFICATIVE DE VOIE EXISTANTE – BATIMENTS DE LOGEMENT

Les établissements de santé, de soins et d’action sociale sont traités pour les périodes jour et nuit comme des logements situés en zone d’ambiance sonore préexistante modérée. Dans le cas de salles de soins et de salles réservées au séjour de malades, les seuils sont abaissés de 3 dB(A).

Les établissements d’enseignement (hors ateliers bruyants et locaux sportifs) sont traités uniquement pour la période jour sur la base des mêmes seuils que des logements situés en zone d’ambiance sonore préexistante modérée.

Les locaux à usage de bureaux, situés en zone d’ambiance sonore préexistante modérée uniquement, sont traités uniquement pour la période jour sur la base des mêmes seuils que des logements situés en zone d’ambiance sonore préexistante non modérée (65 dB(A) maximum le jour).



La méthodologie appliquée pour vérifier le respect des exigences réglementaires est résumée ci-après :

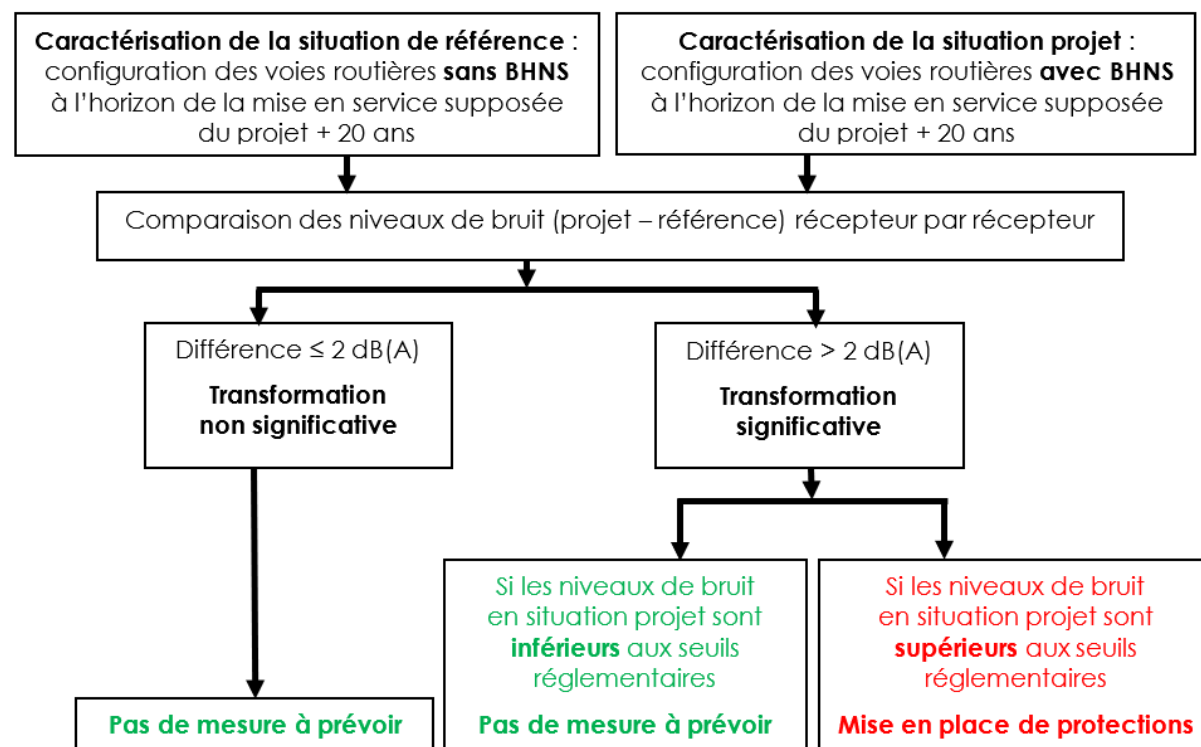


FIGURE 17 : METHODOLOGIE D'ETUDE ACOUSTIQUE - MODIFICATION D'UNE INFRASTRUCTURE EXISTANTE

Pour qu'il soit nécessaire réglementairement de prévoir des protections sonores, il faut donc que deux conditions soient réunies :

- Les travaux engendrent une modification significative de l'ambiance sonore sur au moins une des deux périodes jour ou nuit (augmentation > 2 dB(A)),
- Les niveaux sonores en situation projet sont supérieurs aux seuils réglementaires sur au moins une des deux périodes jour ou nuit.

1.5.3.2.3.3 Les Points Noirs du Bruit

La Circulaire du 25 mai 2004 définit les valeurs limites de bruit caractéristiques des Points Noirs Bruit (PNB), en fonction des indicateurs LAeq (6 h - 22 h), LAeq (22 h - 6 h), Lden et Lnight. Si une seule de ces valeurs est dépassée, le bâtiment peut être qualifié de Point Noir Bruit :

Indicateur de bruit réglementaire	Seuil de définition des PNB
LAeq (6 h - 22 h)	70 dB(A)
LAeq (22 h - 6 h)	65 dB(A)
Lden	68 dB(A)
Lnight	62 dB(A)

TABEAU 8 : SEUILS DE DEFINITION DES POINTS NOIRS DU BRUIT ROUTIER (PNB)

Les bâtiments sensibles ainsi définis sont des Points Noirs du Bruit (PNB) : ce sont les locaux à usage d'habitation et les établissements d'enseignement, de soins, de santé et d'action sociale situés dans une Zone de Bruit Critique, et répondant aux critères d'antériorité définis dans la circulaire du 25/05/2004 :

- locaux d'habitation dont la date d'autorisation de construire est antérieure au 6/10/1978 ;

- locaux d'habitation dont la date d'autorisation de construire est postérieure au 6 octobre 1978 tout en étant antérieure à l'intervention de toutes les mesures visées à l'article 9 du décret n° 95-22 du 9 janvier 1995 et concernant les infrastructures des réseaux routiers et ferroviaires nationaux auxquelles ces locaux sont exposés ;
- locaux des établissements d'enseignement, de soins, de santé et d'action sociale dont la date d'autorisation de construire est antérieure à la date d'entrée en vigueur de l'arrêté préfectoral les concernant pris en application de l'article L. 571-10 du code de l'environnement.

La Circulaire du 12/12/1997 préconise la résorption des PNB dans le cadre de l'aménagement de voies routières. Elle stipule notamment de « poursuivre l'action entreprise depuis 1984, sur le réseau national :

- en tenant compte de l'éventuelle suppression de points noirs dus au bruit dans les critères de choix qui permettent de planifier la réalisation des opérations d'investissement (déviations d'agglomérations notamment) ;
- en proposant, à la sous-direction des investissements routiers de la direction des routes, des dossiers visant la réalisation de protections acoustiques (écrans et isolation des façades) pour protéger des bâtiments existants exposés à des bruits supérieurs à 70 dB(A) en façade, en période diurne. On pourra, pour tenir compte des évolutions réglementaires, prendre en compte dans les priorités les points noirs où le niveau sonore nocturne excède 65 dB(A). »

1.5.3.2.3.4 Les protections acoustiques type

Pour le respect des objectifs réglementaires, trois principes de protection peuvent être envisagés :

- À la source, par la mise en place d'un écran ou d'un merlon ;
- Par action sur les façades en renforçant leur isolation acoustique ;
- En combinant les deux : protection à la source pour les rez-de-chaussée et les terrains privés et renforcement de l'isolation de façade pour les étages élevés.

Conformément à l'article 5 du Décret n° 95-22 du 9 janvier 1995, la mise en œuvre d'une protection à la source sera préférée dès lors qu'elle s'avère techniquement et économiquement réalisable. Dans le cas contraire, les obligations réglementaires consistent en un traitement du bâti.

Protections à la source :

La hauteur et la longueur d'un écran ou d'un merlon doivent être dimensionnées afin de créer une « zone d'ombre » derrière la protection suffisante au respect des objectifs réglementaires en façade des bâtiments. La protection est d'autant plus efficace qu'elle est proche de la source de bruit.

Les performances d'un écran acoustique sont définies en termes de réflexion, de transmission, d'absorption et de diffraction. Elles dépendent du type d'écran choisi (réfléchissant ou absorbant), de ses caractéristiques géométriques et de son emplacement par rapport à la source de bruit et aux bâtiments à protéger.

Lorsque les emprises le permettent, les merlons sont préférés aux écrans acoustiques : ils permettent une meilleure insertion paysagère et une réutilisation des matériaux issus du chantier.

Le principe de protection acoustique par un écran est synthétisé par le schéma suivant :

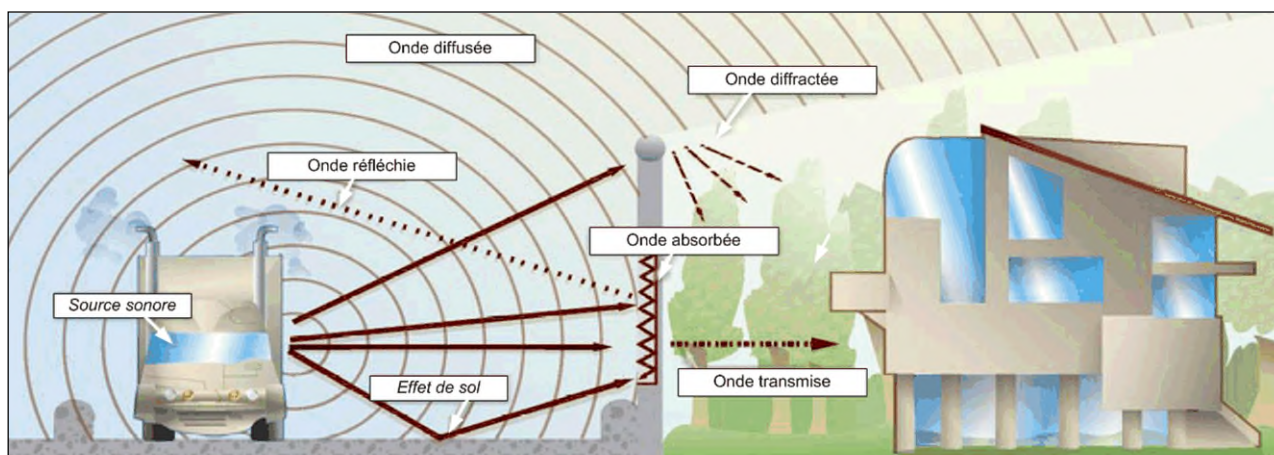


FIGURE 18 : SCHEMA DE PRINCIPE DE LA PROTECTION ACOUSTIQUE PAR UN ECRAN

Renforcement de l'isolement acoustique de façade pour les modifications et créations d'infrastructure :

En zone urbaine, les protections à la source sont souvent inenvisageables pour des raisons d'insertion. Pour la protection des habitations, la solution retenue est alors l'isolement de façade. Après travaux, la valeur de l'isolement $D_{nT,A,tr}$, arrondie au dB près, devra répondre à l'ensemble des conditions suivantes :

■ $D_{nT,A,tr} \geq LA_{eq} - \text{Objectif} + 25$,

■ $D_{nT,A,tr} \geq 30 \text{ dB}$,

avec : LA_{eq} = niveau sonore en dB(A) calculé en façade du bâtiment,
Objectif = niveau sonore en dB(A) à respecter en façade du bâtiment,
25 = isolement de référence en dB.

Dans certains cas, les fenêtres existantes permettent déjà d'atteindre l'objectif d'isolement acoustique. Aucun traitement de protection acoustique n'est alors à mettre en œuvre.

Le renforcement de l'isolation acoustique de la façade doit suivre la procédure suivante :

- Visite du bâtiment et mesures d'isolement afin d'établir un diagnostic de l'état initial (menuiseries, huisseries, joints, volets, ventilation...);
- Rédaction d'un projet de définition spécifiant les objectifs d'isolement réglementaires à obtenir et les propositions de traitement acoustique avec, éventuellement, la rédaction d'un Dossier de Consultation des Entreprises; les valeurs d'isolement sont définies conformément à l'article 4 de l'Arrêté du 5 mai 1995 ;
- Passation d'une convention de travaux entre le Maître d'ouvrage et le propriétaire ;
- Réalisation des travaux par l'entreprise retenue, dont le montant ne peut dépasser la somme mentionnée dans la convention de travaux ; la commande est passée par le propriétaire avec, éventuellement, l'aide d'un Maître d'œuvre qualifié ;
- À l'achèvement des travaux, mesures de réception des travaux et délivrance d'un certificat de conformité.

1.5.3.3 - Caractérisation de l'état initial

1.5.3.3.1 - Campagne de mesures de bruit in-situ

1.5.3.3.1.1 Méthodologie

La campagne de mesures de bruit a été réalisée en 3 temps : une première série de mesures du 7 au 15 octobre 2021, puis quelques mesures complémentaires en novembre 2022 et en avril 2023, dans le cadre de l'évolution des variantes de tracé :

- La campagne de mesures de bruit réalisée en 2021 est composée de :
 - 19 mesures de 24 heures, nommées PF2 à PF35
 - 3 mesures de 1 heure, nommées PM18, PM21 et PM32
- La campagne de mesures de bruit réalisée en 2022 est composée de :
 - 2 mesures de 24 heures, nommées PF36 et PF39
 - 3 mesures de 1 heure, nommées PM37, PM38 et PM40
- La campagne de mesures de bruit réalisée en 2023 est composée de :
 - 2 mesures de 1 heure, nommées PM41 et PM42

Ces mesures sont réparties sur les différentes communes impactées par le projet : La Seyne-sur-Mer, Toulon, La Garde, Ollioules et La Valette-du-Var. Elles sont réalisées en étage lorsque cela est possible et sur la façade la plus exposée au bruit de la circulation routière.

Note : Certaines mesures de 1 heure ont été réalisées en champ libre, dans l'espace public, en l'absence de possibilité d'installer le matériel de mesure en façade d'habitation riveraine pendant 24 heures.

La méthode de mesure des bruits de l'environnement suit la norme NF S31-010 intitulée « Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement - Méthodes particulières de mesurage » de décembre 1996. La méthode de mesure à proximité d'une infrastructure routière suit la norme NF S31-085 intitulée « Caractérisation et mesurage du bruit dû au trafic routier » de novembre 2002.

Les mesures du niveau de pression acoustique sont réalisées pendant une période de 24 heures. Elles permettent de connaître les niveaux sonores sur les périodes réglementaires diurne (6 h - 22 h) et nocturne (22 h - 6 h). Elles sont basées sur la méthode du « LA_{eq} court », qui stocke un échantillon LA_{eq} par seconde pendant l'intervalle de mesure. Cette méthode permet de reconstituer l'évolution temporelle d'un environnement sonore et d'en déduire la valeur du niveau de pression acoustique équivalent pondéré A, noté LA_{eq} .

Les mesures effectuées sont qualifiées de mesures de constat, c'est-à-dire qu'elles permettent de relever le niveau de bruit ambiant en un lieu donné, dans un état donné et à un moment donné. Durant les périodes de mesurage, les conditions météorologiques ont été relevées et sont reportées en annexe H10G. Le trafic routier a également été relevé sur les différents axes simultanément aux mesures et figure en annexe H10G.

1.5.3.3.1.2 Localisation des mesures

Les figures ci-dessous présentent la localisation des mesures acoustiques effectuées sur les communes de La Seyne-sur-Mer, Ollioules, Toulon, La Valette-du-Var et La Garde.



FIGURE 19 : DECOUPAGE DES SECTEURS AYANT FAIT L'OBJET DE MESURES ACOUSTIQUES IN-SITU



FIGURE 20 : LOCALISATION DES MESURES DE BRUIT D'ETAT INITIAL – PF26 A PF28 ET PF33 A PF35 (LA SEYNE-SUR-MER)

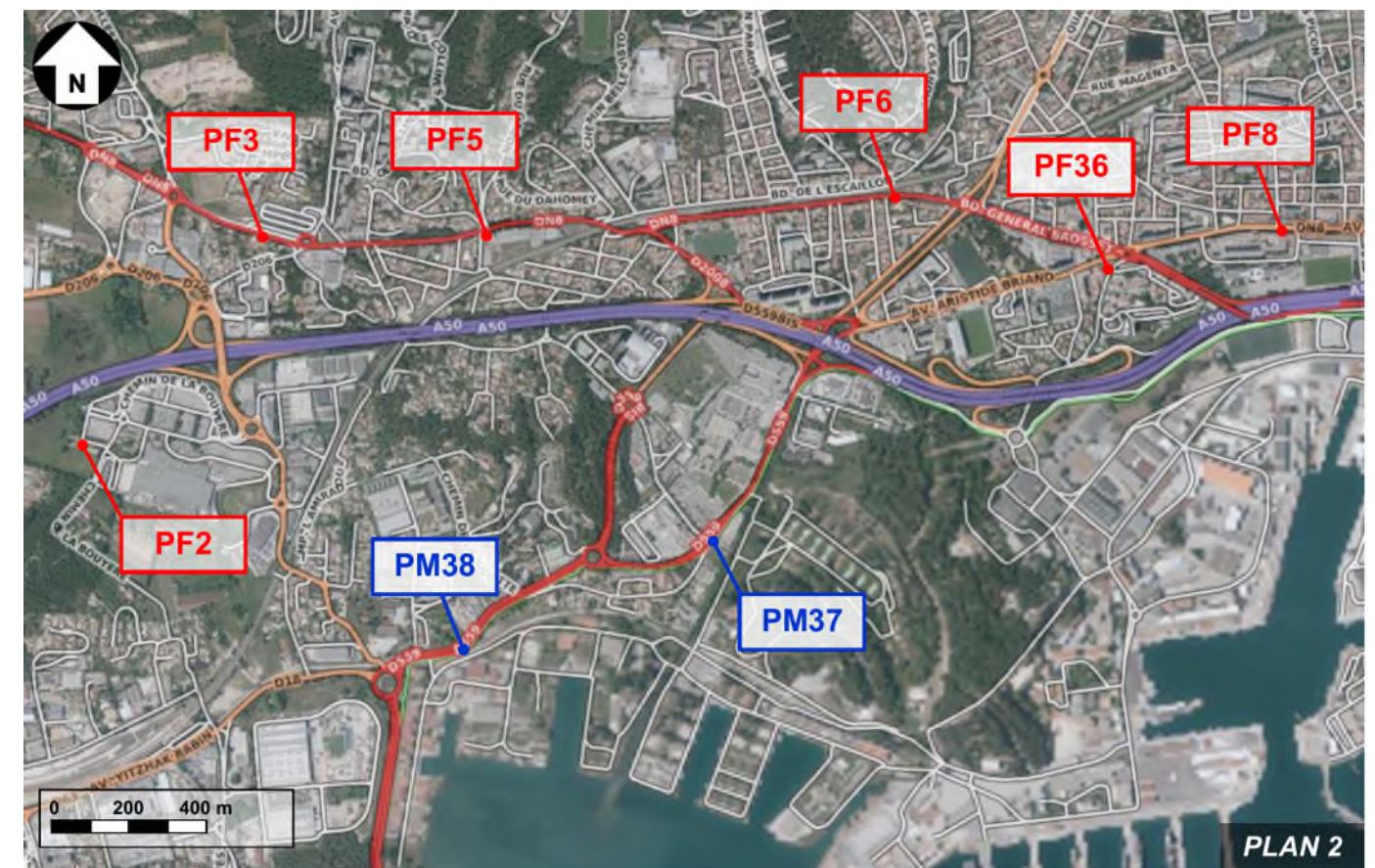


FIGURE 21 : LOCALISATION DES MESURES DE BRUIT D'ETAT INITIAL – PF2 A PF8, PF36 ET PM37 A PM38 (OLLIOULES / TOULON OUEST)

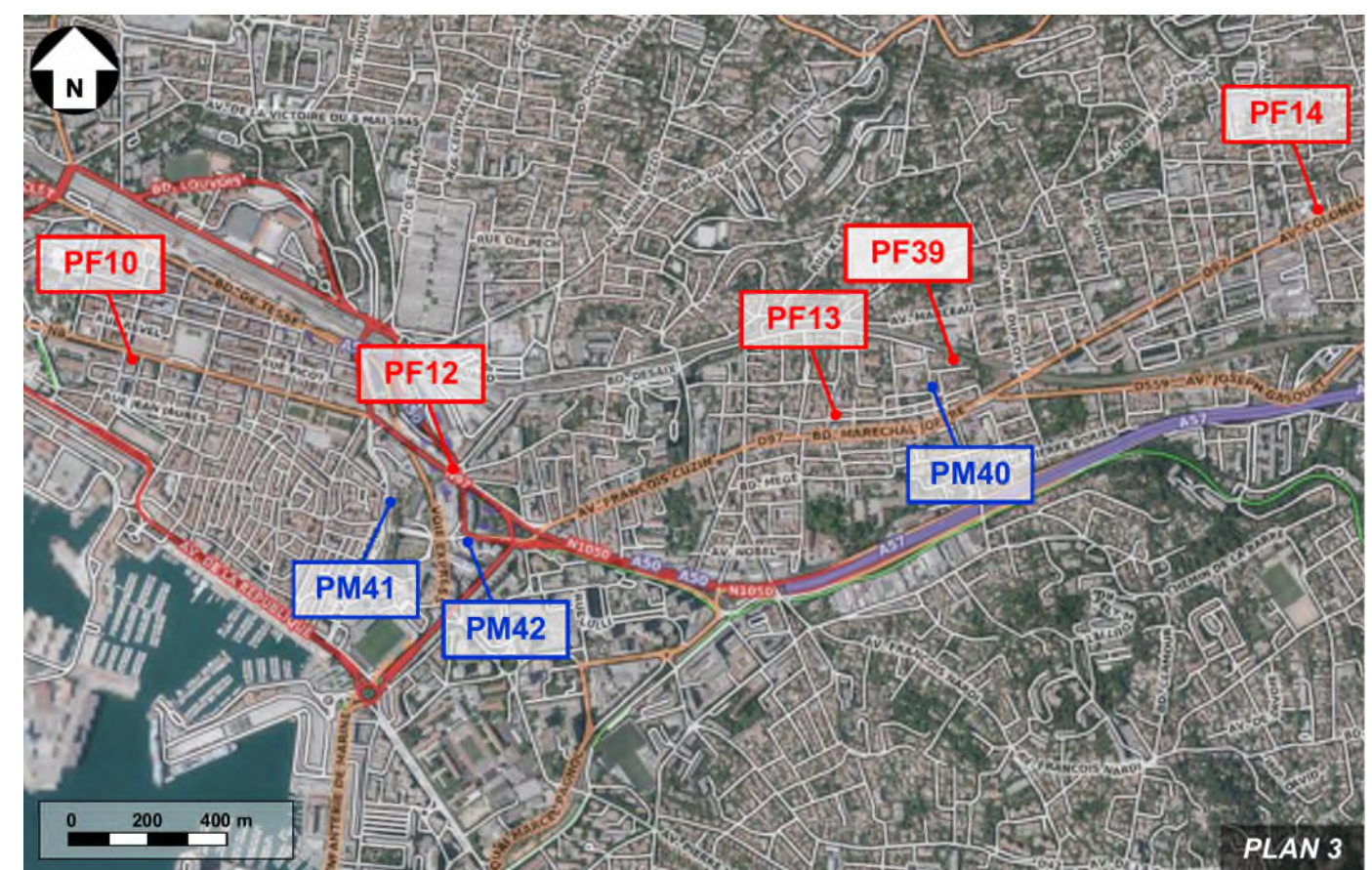


FIGURE 22 : LOCALISATION DES MESURES DE BRUIT D'ETAT INITIAL – PF10 A PF14, PF39 ET PM40 A PM42 (TOULON)

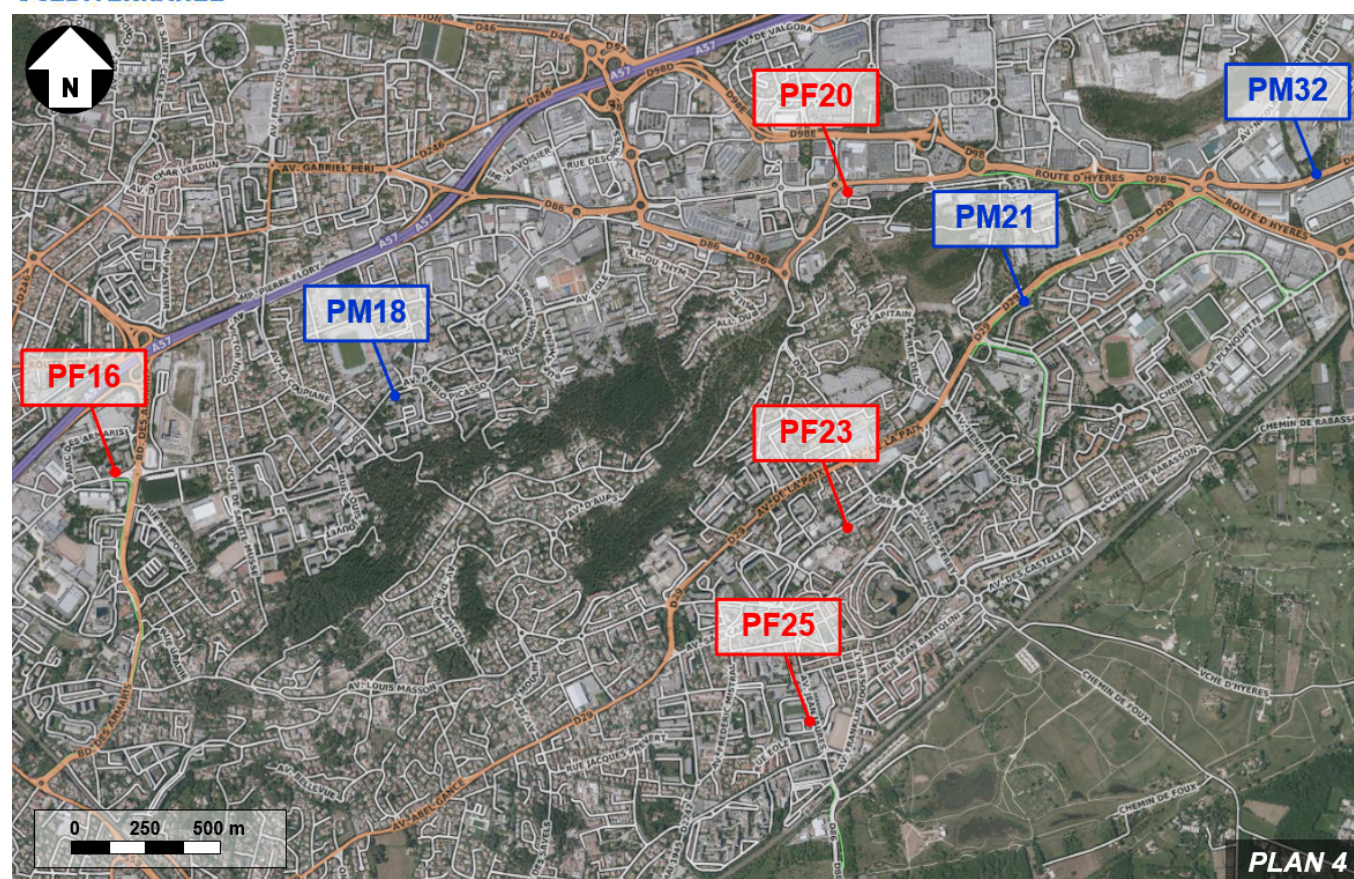


FIGURE 23 : LOCALISATION DES MESURES DE BRUIT D'ETAT INITIAL – PF16 A PF25 ET PM18, PM21 ET PM32 (TOULON / LA GARDE / LA VALETTE-DU-VAR)

1.5.3.3.1.3 Recueil des données météorologiques

Les conditions météorologiques peuvent influencer le niveau sonore mesuré, notamment à grande distance. Cette influence se traduit par la modification de la courbure des rayons sonores, résultant de l'interaction du gradient de température, du gradient de vitesse du vent et de la direction du vent.

Détectable à partir d'une distance Source / Récepteur de l'ordre de cinquante mètres, cet effet croît avec la distance à la source et devient significatif au-delà de 250 m. Lors d'une campagne de mesure, l'acquisition des données météorologiques comme le vent, la température et les précipitations permet d'affiner l'interprétation des résultats de mesure.

Les relevés météorologiques présentés en annexe sont issus des données fournies par Météo-France au niveau de la station de Toulon : les conditions météorologiques relevées ne sont pas de nature à perturber les mesures selon les normes citées au paragraphe précédent (vent inférieur à 3 m/s, respectant les exigences de la norme NF S31-085).

1.5.4 - Etude qualité de l'air

En matière de pollution atmosphérique, la réglementation française est transcrite au travers de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (Loi LAURE) du 30 décembre 1996, codifiée aux articles L.220-1 et L.220-2 du Code de l'Environnement, qui définit « le droit reconnu à chacun à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé ».

La méthodologie des études air et santé des études d'impact s'inscrit dans le référentiel réglementaire et s'appuie sur les documents suivants :

- Le Code de l'Environnement, avec en particulier :
 - l'article L.122-1 (partie législative) imposant que les projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements publics et privés qui, par leur nature, leurs dimensions ou leur localisation sont susceptibles d'avoir des incidences notables sur l'environnement ou la santé humaine sont précédés d'une étude d'impact ;
 - l'article R.122-5 (partie réglementaire) décrivant le contenu attendu d'une étude d'impact et prévoyant qu'une analyse des effets directs et indirects, temporaires et permanents du projet sur l'environnement soit réalisée, en particulier sur l'air et la santé. Ainsi, conformément à cet article, le volet « air et santé » des études environnement doit fournir dans le cadre des études préalables les éléments techniques nécessaires à la réalisation de l'étude d'impact présentée à l'enquête publique ;
- La circulaire Direction Générale de la Santé (DGS) n°2000-61 du 3 février 2000 relative au guide de lecture et d'analyse du volet sanitaire des études d'impacts ;
- La directive européenne n°2008/50/CE du 21 mai 2008 relative à la qualité de l'air ambiant et à un air pur pour l'Europe et qui fusionne les Directives 1999/30/CE, 2000/69/CE et 2002/3/CE ;
- L'avis de l'Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) relatif à la sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières - juillet 2012 ;
- Le guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact – InVS - février 2000 ;
- Le guide méthodologique pour l'évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées – Institut National de l'Environnement industriel et des RISques (INERIS) – 2021 ;
- Le guide de recommandations sur l'échantillonnage spatial intitulé « Adaptation des plans d'échantillonnage aux objectifs des campagnes », Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) – 2007 ;
- La note de la DGS n°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 ;
- La note technique relative à l'évaluation des projets de transport, Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM) – 27 juin 2014 ;
- L'étude d'impact - Projets d'infrastructures linéaires de transport – Centre d'Études et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement (CEREMA) – décembre 2020 ;
- L'instruction technique relative aux modalités d'élaboration des opérations d'investissement et de gestion sur le réseau routier national – DGITM – 8 novembre 2018 ;
- La note technique relative à la prise en compte des effets sur la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières – Ministère de la Transition écologique et solidaire et Ministère des Solidarités et de la Santé – 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières – CEREMA – 22 février 2019.

1.5.4.1 - Cadre réglementaire de l'étude

1.5.4.1.1 - Niveau de l'étude

La note technique du 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du CEREMA fixent le cadre et le contenu des études air et santé en fonction des enjeux du projet, selon quatre niveaux d'études (I à IV). L'étude de niveau I a le contenu le plus détaillé. Ces niveaux sont définis en fonction des trafics attendus à terme sur l'infrastructure et de la densité de population à proximité de celle-ci (cf. Tableau 9).

Compte-tenu des trafics attendus (> 50 000 véh/j à terme) sur le réseau routier retenu en lien avec le projet de BHNS de Toulon (cf. chapitre 3.1.1 - Réseau routier et trafics) et de la densité de population dans la bande d'étude (bâti avec une densité maximum supérieure à 10 000 habitants/km² – cf. chapitre 2.1 - Populations et lieux vulnérables), la note méthodologique suscitée préconise la réalisation d'une étude air et santé de niveau I.

Trafic à l'horizon d'étude	> 50 000 véh/j	25 000 à 50 000 véh/j	10 000 à 25 000 véh/j	≤ 10 000 véh/j
Densité dans la bande d'étude				
Bâti avec densité ≥ 10 000 hab/km²	I	I	II	II si L projet > 5 km ou III si L projet ≤ 5 km
Bâti avec densité > 2 000 et < 10 000 hab/km²	I	II	II	II si L projet > 25 km ou III si L projet ≤ 25 km
Bâti avec densité ≤ 2 000 hab/km²	I	II	II	II si L projet > 50 km ou III si L projet ≤ 50 km
Pas de bâti	III	III	IV	IV

Source : Note technique relative à la prise en compte des effets sur la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières – Ministère de la Transition écologique et solidaire et Ministère des Solidarités et de la Santé – 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières – CEREMA – 22 février 2019

TABEAU 9 : NIVEAU D'ETUDE EN FONCTION DU TRAFIC, DE LA DENSITE DE POPULATION ET DE LA LONGUEUR DU PROJET

1.5.4.1.2 - Contenu de l'étude

Conformément à la note technique du 22 février 2019 et au guide méthodologique relatifs aux volets air et santé des études d'impact des infrastructures routières du CEREMA, l'étude air et santé comprend :

- La caractérisation de l'état initial de la zone d'étude, avec notamment des mesures in-situ de la qualité de l'air ;
- L'évaluation de l'impact du projet sur la qualité de l'air avec :
 - une estimation des émissions polluantes induites par le trafic routier (conformément à la méthodologie COPERT) ;
 - une estimation des teneurs en polluants dans la bande d'étude (modélisation gaussienne de la dispersion atmosphérique des émissions des polluants avec le modèle ADMS Road) ;
- L'évaluation de l'exposition des populations résidant dans la bande d'étude à l'aide de l'Indice Pollution Population (IPP) ;
- L'évaluation quantitative des risques sanitaires sur les populations riveraines ;
- D'une analyse portant sur les effets directs et indirects d'autres critères tels que :
 - La pollution sensible : odeurs, transparence de l'air, nuages de poussières, etc. ;
 - Les impacts de la pollution atmosphérique sur la faune, la flore, le sol et les bâtiments...



- Les émissions de GES ;
- La consommation énergétique ;
- Des propositions, le cas échéant, de **mesures réductrices et compensatoires** en phase d’exploitation et en phase chantier ;
- Une analyse des effets induits du projet sur l’ensemble de l’aire d’étude (amélioration-dégradation) sous la forme d’une **analyse des coûts collectifs** de l’impact sur la qualité de l’air et l’effet de serre et des **avantages / inconvénients induits pour la collectivité** (destinée à alimenter le volet socio-économique de l’étude).

1.5.4.1.3 - Horizons d’étude

D’après la note technique du 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d’impact routières du CEREMA, l’étude air et santé est menée pour cinq scénarios situés à trois horizons d’étude différents. Ces scénarios sont usuellement nommés :

- la situation actuelle, nommée État initial – année 2021 ;
- la situation sans projet à l’horizon de mise en service, nommée Fil de l’eau de l’année 2038 ;
- la situation avec projet à l’horizon de mise en service, nommée État projeté de l’année 2038 ;
- la situation sans projet à l’horizon de mise en service +20 ans, nommée Fil de l’eau de l’année 2058 ;
- la situation avec projet à l’horizon de mise en service +20 ans, nommée État projeté de l’année 2058.

L’état au fil de l’eau correspond à un horizon lointain dans l’hypothèse où le projet envisagé ne serait pas réalisé et considérant les autres évolutions prévisibles des infrastructures. L’état projeté correspond au même horizon lointain avec la réalisation du projet.

La comparaison des résultats obtenus pour ces cinq scénarios permet d’apprécier l’impact du projet sur la qualité de l’air et sur la santé à échéance de sa mise en service et son exploitation.

1.5.4.1.4 - Zone d’étude et bande d’étude

Conformément à la note technique et au guide méthodologique précités, la zone d’étude et le réseau routier étudié sont déterminés par le projet et par le réseau routier subissant, du fait de la réalisation du projet, une variation (augmentation ou diminution) de trafic, supérieure à 10% pour les tronçons dont le trafic est supérieur à 5 000 véh/jour à l’horizon de mise en service. Pour les tronçons dont le trafic est inférieur à 5 000 véh/jour, la variation retenue est de 500 véhicules minimum (en valeur abso-lue). En milieu urbain, la règle des ±10 % peut être appliquée sur l’heure de pointe la plus chargée du matin ou du soir (HPM ou HPS).

Le réseau routier retenu contient également les projets d’infrastructure routière existants ou approuvés, présents dans la zone d’étude, même s’ils ne sont pas impactants pour le projet ou, impactés par celui-ci.

Une bande d’étude sera définie autour de chaque voie du réseau routier retenu. La largeur de la bande d’étude est réglementairement comprise entre 100 et 300 m de part et d’autre des axes routiers (bande d’étude de 200 à 600 m de large) pour les polluants gazeux et de 100 m de part et d’autre des axes routiers (bande d’étude de 200 m de large) pour les polluants particuliers, comme il est précisé dans le Tableau 10. L’étude peut ainsi être réalisée suivant deux largeurs de bande distinctes.

TMJA à l'horizon d'étude	Largeur minimale de la bande d'étude de part et d'autre de l'axe
> 50 000 véh	300 m
de 25 000 à 50 000 véh	200 m
de 10 000 à 25 000 véh	150 m
≤ 10 000 véh	100 m

Source : Note technique relative à la prise en compte des effets sur la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières – Ministère de la Transition écologique et solidaire et Ministère des Solidarités et de la Santé – 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières – CEREM A – 22 février 2019

TABLEAU 10 : CRITERES DE DETERMINATION DE LA LARGEUR DE LA BANDE D'ETUDE

Au regard des données de trafic cf. 3.1.1 - Réseau routier et trafics), la bande d’étude des polluants gazeux possède une largeur de 600 m, centrée sur les axes routier (300 m de part et d’autre de l’axe). La bande d’étude des polluants particuliers possède une largeur de 200 m et est centrée sur les axes routiers (100 m de part et d’autre de l’axe). La zone d’étude et les deux bandes d’étude sont représentés sur la Figure 24 . Les bandes d’étude sont définies autour du réseau routier retenu présenté dans le chapitre 3.1.1 - Réseau routier et trafics



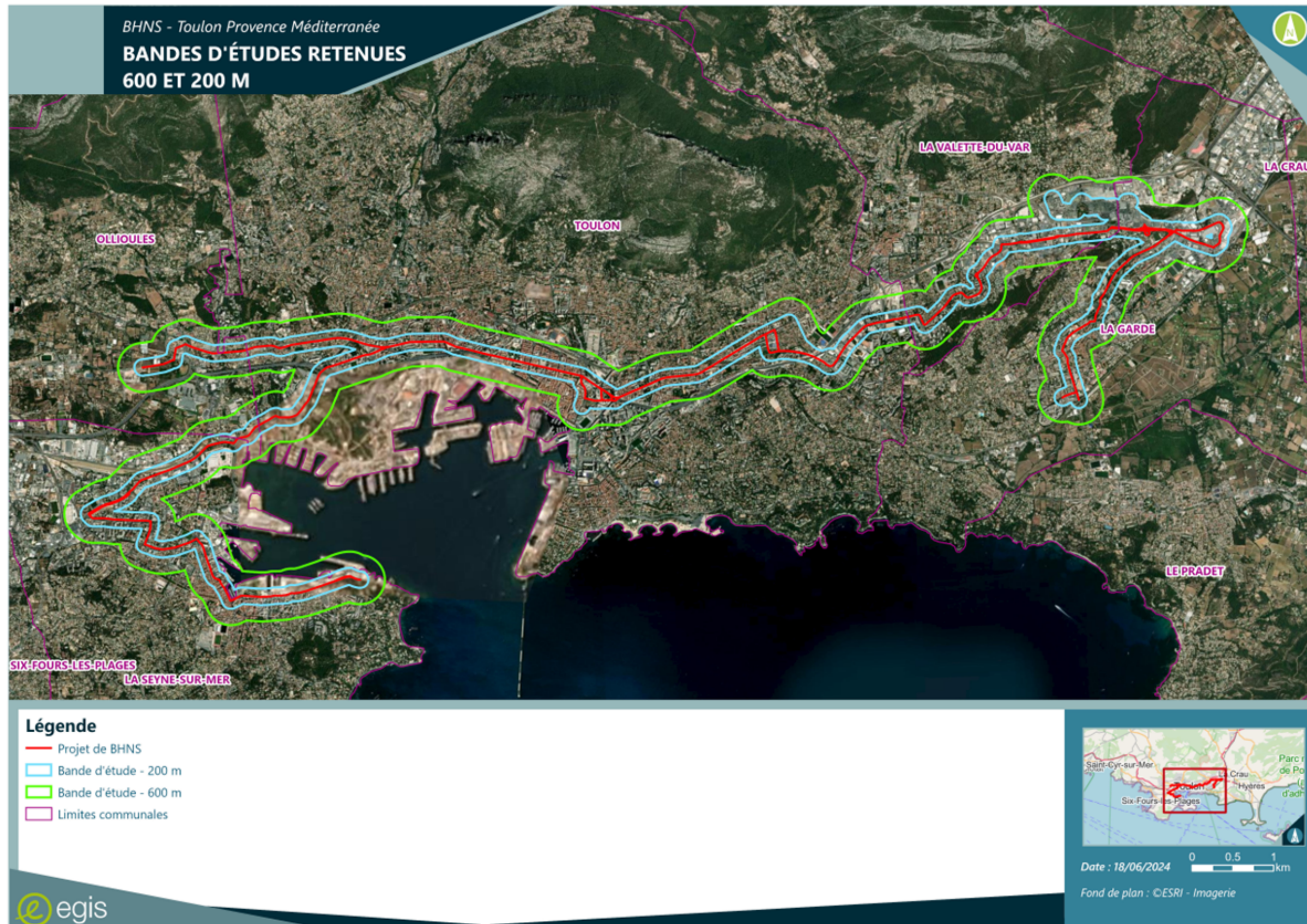


FIGURE 24 : LES BANDES D'ÉTUDES (SOURCE : EGIS)

1.5.4.1.5 - Polluants étudiés

Conformément à la note technique et au guide méthodologique précités, les polluants suivants sont retenus pour l'étude, à savoir :

- Les oxydes d'azote – NO_x (plus particulièrement le dioxyde d'azote – NO₂) ;
- Les particules PM₁₀ et PM_{2,5} ;
- Le monoxyde de carbone – CO ;
- Les Composés Organiques Volatils Non Méthaniques – COVNM ;
- Le benzène – C₆H₆ ;
- Le 1,3 butadiène ;
- Le dioxyde de soufre – SO₂ ;
- Trois métaux : l'arsenic – As, le nickel – Ni, le chrome - Cr;
- Le benzo[a]pyrène, représentant de la famille des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).

Il convient d'ajouter 15 HAP (en plus du benzo(a)pyrène) :

- Acénaphthène ;
- Acénaphthylène ;
- Anthracène ;
- Benzo(a)anthracène ;
- Benzo(b)fluoranthène ;
- Benzo(k)fluoranthène ;
- Benzo(ghi)pérylène ;
- Chrysène ;
- Dibenzo(a,h)anthracène ;
- Fluorène ;
- Fluoranthène ;
- Indéno(1,2,3-cd)pyrène ;
- Phénanthrène ;
- Pyrène ;
- Benzo(j)fluoranthène.

1.5.4.2 - Notions générales sur les polluants atmosphériques

Les polluants atmosphériques sont trop nombreux pour être surveillés en totalité. Certains d'entre eux sont donc choisis parce qu'ils sont caractéristiques d'un type de pollution (industrielle, routière, etc.) et parce que leurs effets nuisibles sur l'environnement et/ou la santé sont avérés.

Ce paragraphe rappelle successivement les sources et les effets sanitaires des principaux polluants atmosphériques, puis la réglementation relative à la qualité de l'air ambiant.

1.5.4.3 - Origine et toxicité des principaux polluants atmosphériques

1.5.4.3.1 - Oxydes d'azote (NO_x)

Les oxydes d'azote (NO et NO₂) sont formés lors des processus de combustion, par oxydation de l'azote contenu dans le combustible et par quelques processus industriels. Lors de la combustion, la proportion entre le NO (monoxyde d'azote) et le NO₂ (dioxyde d'azote) varie en fonction du procédé et, notamment, de la température. Le NO, qui est émis majoritairement, s'oxyde en NO₂ et ce, d'autant plus rapidement que la température est élevée. Dans l'air ambiant, le NO₂ est également formé à partir des émissions de NO. Cette transformation chimique est étroitement dépendante de la présence d'ozone.

Les principales sources d'oxydes d'azote sont le transport routier et les installations de combustion. Le pot catalytique a permis depuis 1993, une diminution des émissions des véhicules à essence, mais l'effet reste encore peu perceptible compte tenu de la forte augmentation du trafic et de la durée de renouvellement du parc automobile. De plus, les véhicules diesel, en forte progression ces dernières années, rejettent davantage de NO_x que les véhicules essences. Le dioxyde d'azote est un polluant indicateur du transport routier.

Les études épidémiologiques ont montré que les symptômes bronchitiques chez l'enfant asthmatique augmentent avec une exposition de longue durée au NO₂. À des fortes teneurs (supérieures à 200 µg/m³), sur des courtes durées, le dioxyde d'azote est un gaz toxique entraînant une inflammation importante des voies respiratoires. Le NO n'est pas considéré comme un polluant nuisible pour la santé.

1.5.4.3.2 - Monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone se forme lors des combustions incomplètes (gaz, charbon, fioul, bois). Ces principales sources sont le trafic routier et le chauffage résidentiel.

Le monoxyde de carbone agit comme un gaz asphyxiant. À des fortes teneurs et en milieu confiné, il se combine avec l'hémoglobine du sang empêchant l'oxygénation de l'organisme. Il peut alors causer des intoxications (maux de tête, vertiges, voire coma) et peut être mortel en cas d'exposition prolongée à des concentrations élevées.

1.5.4.3.3 - Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM)

Les COVNM regroupent un ensemble de composés formés d'atomes d'hydrogène et de carbone (hydrocarbures), associés parfois à d'autres atomes comme l'azote, le chlore, le soufre, les halogènes (brome, chlore, fluor, etc.), le phosphore ou l'oxygène. Ces composés se caractérisent par une grande volatilité dans les conditions normales de température et de pression.

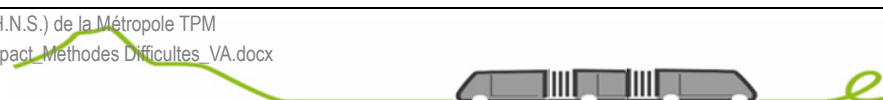
Ils proviennent des transports et de nombreux procédés industriels (industries chimiques, raffinage de pétrole, stockage et distribution de carburants et combustibles liquides, stockages de solvants, imprimerie, etc.) mais également d'usages domestiques (utilisation de solvants, application de peinture).

Leurs effets sont très divers selon la nature des composés : ils vont de la simple gêne olfactive à une irritation des voies respiratoires, une diminution de la capacité respiratoire, ou des risques d'effets mutagènes et cancérogènes (formaldéhyde, benzène, etc.).

Le **benzène (C₆H₆)** est un Hydrocarbure Aromatique Monocyclique (HAM). Il peut être d'origine naturelle (volcans, feux de forêts, pétrole ou gaz naturel), mais il a surtout une origine anthropique (gaz d'échappement, manufactures, industrie, fumée de tabac). Il est émis majoritairement par le trafic routier, notamment les véhicules à motorisation essence dont les deux roues motorisées.

Le benzène est classé parmi les « cancérogènes certains pour l'homme » (leucémie myéloïde aiguë groupe I, Classification du CIRC). Sa toxicité hématologique par atteinte de la moelle osseuse est connue depuis longtemps. Elle touche toutes les lignées sanguines et peut se manifester par une anémie ou, plus rarement, une polyglobulie (lignée des globules rouges), une leucopénie ou parfois une hyperleucocytose (globules blancs) ou une thrombopénie (plaquettes).

Le **1,3-butadiène (C₄H₆)** est un gaz incolore, d'odeur légèrement aromatique (semblable à celle de l'essence automobile). Il est présent en faible quantité lors des opérations de raffinage du pétrole, lors des pleins d'essence et de GPL, les gaz d'échappement des véhicules et la fumée des cigarettes. Il se retrouve en quantité plus importante dans l'industrie des matières plastiques (caoutchoucs synthétiques, résines, peintures et revêtements, etc.).



L'exposition aiguë par inhalation massive de ce gaz peut provoquer des irritations respiratoires, oculaires et des signes neurologiques divers pouvant aller jusqu'au coma. Le contact cutané avec ce gaz peut entraîner des brûlures par le froid. Une association entre le niveau d'exposition et le risque de mortalité par leucémie est décrite dans l'industrie du styrène-butadiène. Dans l'industrie du 1,3-butadiène monomère, une augmentation significative de la mortalité due aux cancers lymphatiques et hématopoïétiques (relatifs aux organes de formation des cellules du sang) a été rapportée.

1.5.4.3.4 - Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les HAP se forment lors des combustions incomplètes et sont ainsi majoritairement émis par le chauffage (bois, charbon, fioul), par les combustions non maîtrisées (déchet vert, barbecue), ainsi que par le trafic routier, notamment les véhicules diesel et les véhicules à essence non catalysés. Ils peuvent se trouver sous forme gazeuse ou particulaire dans l'air ambiant.

Le **benzo(a)pyrène (C₂₀H₁₂)** est formé lors de combustion incomplète ou de la pyrolyse de matériaux organiques. Ainsi, il est présent dans les suies et fumées de toutes origines, dans les gaz d'échappement des moteurs à explosion, dans la fumée de cigarette, *etc.*

Le benzo(a)pyrène, considéré comme traceur de la pollution urbaine aux HAP, est reconnu comme cancérigène catégorie 1 pour l'homme. Par ailleurs, l'Union européenne l'a classé comme toxique pour la reproduction, catégorie 2 (fertilité et développement).

L'**acénaphène (C₁₂H₁₀)** est un constituant du goudron (environ 0,3 %). Il est utilisé notamment dans la distillation du goudron, la fabrication des plastiques, comme intermédiaire dans la fabrication des teintures et se retrouve dans des insecticides ou des fongicides.

L'acénaphène peut causer l'irritation de la peau et des yeux. L'ingestion répétée du produit par le rat a des effets hépatotoxiques.

L'**acénaphthylène (C₁₂H₈)** est un dérivé de l'acénaphène. Il entre dans la composition du goudron et de certains plastiques. Il sert également à la fabrication de pigments et de colorants.

L'acénaphthylène est absorbé par les voies respiratoires. Il est irritant.

L'**anthracène (C₁₄H₁₀)** est utilisé comme intermédiaire dans la fabrication de matières colorantes et lors de l'élaboration de résines. Il intervient aussi comme diluant dans les insecticides et les fongicides, destinés à la protection du bois. On l'utilise également en électrophotographie et en physique nucléaire. Présents naturellement dans les combustibles fossiles, il se retrouve dans les échappements des moteurs, la combustion du charbon, le raffinage du pétrole, l'asphalte des routes, la fumée du charbon de bois, *etc.*

L'anthracène est absorbé par inhalation, par ingestion et voie dermique. L'anthracène est un irritant de la peau, des yeux, des muqueuses et du tractus respiratoire.

Le **benzo(a)anthracène (C₈H₁₂)** apparaît dans les échappements des moteurs diesel et essence, dans la combustion incomplète du charbon, du pétrole et du bois. Il est aussi présent dans l'asphalte des chaussées.

Le benzo(a)anthracène est suspecté être un cancérigène pour l'homme (groupe 2B – évaluation du Centre Internationale de Recherche sur le Cancer – CIRC).

Le **benzo(b)fluoranthène (C₂₀H₁₂)** est lors de la combustion incomplète d'hydrocarbures ou de charbon. Des concentrations élevées atteignant 10 g/kg peuvent être trouvées dans l'asphalte.

Le benzo(b)fluoranthène pourrait être cancérigène pour l'homme suivant le CIRC (classement dans le groupe 2B).

Le **benzo(k)fluoranthène (C₂₀H₁₂)** est produit, essentiellement sous forme particulaire, lors de la combustion incomplète d'hydrocarbures, d'huiles moteur ou de charbon. Il se retrouve dans la fumée de cigarettes.

Le benzo(k)fluoranthène pourrait être cancérigène pour l'homme suivant le CIRC (classement dans le groupe 2B).

Le **benzo(ghi)pérylène (C₂₂H₁₂)** est produit, principalement lors de la combustion de combustibles fossiles. Il peut être dispersé dans l'environnement lors de feux de forêts ou d'éruptions volcaniques.

En dépit d'accumulations de cette substance pouvant être constatées dans les organismes vivants, le benzo(ghi)pérylène ne semble pas avoir d'effets sur la santé humaine et animale.

Le **benzo(j)fluoranthène (C₂₀H₁₂)** est produit lors des combustions incomplètes des combustibles fossiles, du tabac et de la marijuana. On le retrouve dans les huiles usagées, la viande ou le poisson fumé et grillé au gaz.

Le benzo(j)fluoranthène est responsable de tumeurs cutanées, pulmonaires et hépatiques chez l'animal en fonction de la voie d'absorption utilisée. Il pourrait être cancérigène pour l'homme d'après le CIRC (classement dans le groupe 2B).

Le **chrysène (C₁₈H₁₂)** se forme lors de la distillation du charbon, de graisses ou d'huiles. Il est un des principaux HAP émis sous forme de particules par les incinérateurs d'ordures ménagères, des appareils ménagers à gaz naturel et des dispositifs de chauffage domestique au bois. C'est aussi un des produits de la combustion de la cigarette.

Le chrysène est reconnu pour ses effets mutagènes lors d'expositions principalement chroniques.

Le **dibenzo(a,h)anthracène (C₂₂H₁₄)** est présent dans les combustibles fossiles et se retrouve en particulier dans les échappements des moteurs diesel. Les émissions sont 25 fois plus importantes pour des véhicules munis de pots catalytiques (Hazardous Substances Data Bank – HSDB, 2001).

Le dibenzo(a,h)anthracène est absorbé par inhalation, par ingestion et voie cutanée et atteint principalement le foie, la peau et le système immunologique. Il pourrait être cancérigène pour l'homme et il est ainsi classé dans le groupe 2B par le CIRC.

Le **fluorène (C₁₃H₁₀)** est un intermédiaire chimique utilisé dans la fabrication de résines, de teintures et de certains médicaments antidiabétiques et antiarythmiques. Il est présent dans le goudron des revêtements routiers, les effluents de combustions incomplètes : fumée de cigarette, échappement automobile en particulier des moteurs diesel, incinérateurs d'ordures ménagères et raffineries de pétrole.

Le fluorène est absorbé par inhalation, par ingestion et voie cutanée et atteint principalement le foie et le sang.

Le **fluoranthène (C₁₆H₁₀)** est un des constituants des goudrons lourds issus du charbon. Il est obtenu, à des fins industrielles, par distillation à haute température d'huile d'anthracène. Il est également formé lors de la combustion incomplète du bois et du fioul. Il est utilisé en revêtement de protection pour l'intérieur des cuves et des tuyaux en acier servant au stockage et à la distribution d'eau potable. Il intervient aussi comme intermédiaire dans la fabrication de teintures notamment fluorescentes et comme stabilisant dans la fabrication de colles époxy. En pharmacie, il sert à synthétiser des agents antiviraux.

Le fluoranthène est absorbé par inhalation, par ingestion et voie cutanée et atteint principalement le foie et les reins.

L'**indéno(1,2,3-cd)pyrène (C₂₂H₁₂)** est présent naturellement dans les charbons bitumineux. On le retrouve aussi dans les feuilles de diverses espèces d'arbres, les feuilles de tabac, le terreau et le fumier de cheval ainsi que dans les algues. Il peut être dispersé dans l'environnement lors de feux de forêts ou d'éruptions volcaniques. Les principales sources sont cependant d'origine anthropique : combustion incomplète de bois, de charbon, de carburants utilisés dans les moteurs thermiques, les fours à bois, les incinérateurs d'ordures ménagères. Ce polluant est également présent dans les fumées industrielles, la fumée de cigarette et les aliments grillés au charbon de bois.

L'indéno(1,2,3-cd)pyrène est absorbé par inhalation, par ingestion et voie cutanée et pourrait être cancérigène pour l'homme (Groupe 2B – CIRC).

Le **phénanthrène (C₁₄H₁₀)** est essentiellement produit lors d'une mauvaise combustion des hydrocarbures, du bois ou du charbon (inserts, foyers fermés faiblement alimentés en air). Il est utilisé dans la production de colorants, d'explosifs et de produits pharmaceutiques. On en trouve aussi dans la fumée du tabac, les échappements des moteurs thermiques, les viandes grillées au charbon de bois et dans les huiles moteurs usagées.

Le phénanthrène est absorbé par inhalation, par ingestion et voie cutanée et touchent faiblement le foie et les intestins.

Le **pyrène (C₁₆H₁₀)** existe dans le goudron de charbon dans une proportion d'environ 2 %. Il est libéré dans l'atmosphère lors de la combustion incomplète de charbon et de produits pétroliers : huile, essence, fioul. Il est



également présent dans le goudron des revêtements routiers, dans la fumée de tabac et les effluents de combustion de déchets.

Le pyrène présente une atteinte rénale chez l'animal pour de l'exposition chronique.

1.5.4.3.5 - Particules en suspension

Les particules constituent un mélange complexe par la variété de leurs compositions chimiques et de leurs tailles. La surveillance réglementaire porte sur les particules PM10 (de diamètre inférieur à 10 µm) et PM2,5 (de diamètre inférieur à 2,5 µm).

Les sources de particules sont multiples. Elles sont émises par la combustion à des fins énergétiques de différents matériaux (bois, charbon, pétrole), le secteur résidentiel et tertiaire, le trafic routier, l'industrie (incinération, sidérurgie), l'agriculture, les chantiers et les carrières. Les particules PM2,5 sont majoritairement formées par les phénomènes de combustion (secteur résidentiel et tertiaire, trafic routier), tandis que les activités mécaniques (secteur agricole, chantier) favorisent la formation des particules de taille plus importante (PM10). Les sources indirectes de particules résultent essentiellement de la transformation chimique des polluants gazeux et des processus de remise en suspension des poussières déposées au sol.

Selon leur granulométrie (taille), les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire. Les particules les plus fines peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. De plus, les particules fines peuvent véhiculer des substances toxiques. L'ensemble des particules fines, ainsi que la pollution de l'air extérieur, est classé comme cancérigènes certains (groupe 1) pour l'homme par l'OMS³ depuis 2016.

1.5.4.3.6 - Métaux lourds

Les métaux lourds proviennent majoritairement de la combustion des combustibles fossiles (charbon, pétrole), de la combustion des ordures ménagères, ainsi que de certains procédés industriels (métallurgie des métaux non ferreux notamment).

Dans le cadre des études air et santé des infrastructures de transport routier de niveau I, trois métaux sont retenus : le nickel, l'arsenic et le chrome.

Le **nickel (Ni)** est présent naturellement dans l'environnement. Dans l'industrie, il est principalement émis par la combustion du fioul lourd, qui contient des traces de ce métal, mais aussi par les aciéries électriques dans le but d'améliorer leurs propriétés mécaniques et leur résistance à la corrosion et à la chaleur. Il est également utilisé pour la préparation d'alliages non ferreux (pour la fabrication d'outils, d'ustensiles de cuisine et de ménage), dans les revêtements électrolytiques des métaux et comme catalyseur en chimie organique.

Le nickel, absorbé par voie respiratoire en exposition chronique, provoque un effet inflammatoire sur les muqueuses nasales et les bronches. Le nickel est considéré comme agent potentiellement cancérigène par le CIRC, en revanche les oxydes de nickel sont classés dans le groupe 1, c'est-à-dire reconnus cancérigènes pour l'homme par le CIRC et l'Union européenne. L'exposition aiguë est responsable de troubles digestifs et généraux assez limités, une détresse respiratoire est possible après inhalation. Il n'est pas irritant pour la peau. Le nickel est un sensibilisant cutané (eczéma) et respiratoire (rhinite, asthme), l'inhalation répétée provoque des bronchites chroniques. Le nickel provoque un risque accru de tumeurs de la cavité nasale et des poumons.

L'**arsenic (As)** provient de la combustion de combustibles minéraux solides et du fioul lourd contenant des traces de ce métal, ainsi que de l'utilisation de certaines matières premières utilisées dans la production de verre, de métaux non ferreux ou de la métallurgie des ferreux.

L'arsenic est essentiellement absorbé par voie digestive, mais aussi par voie respiratoire et à un moindre degré par voie cutanée. L'exposition aiguë par ingestion peut provoquer des atteintes digestives parfois graves, des atteintes neurologiques centrale et périphérique, cardiovasculaire, hépatique ou rénale pouvant aller jusqu'à la mort. Par inhalation, on observe une irritation respiratoire et conjonctivale. L'exposition cutanée peut être responsable d'atteintes neurologiques. Des irritations cutanées et de graves brûlures oculaires sont possibles lors de contacts

cutanés ou muqueux. Une exposition répétée ou prolongée pourrait entraîner des signes cutanés, muqueux, phanériens (cheveux, poils et ongles) et des atteintes neurologiques ou hématologiques. L'augmentation du nombre de cancers du poumon et de la peau est décrite dans plusieurs études.

Le **chrome (Cr)** provient essentiellement des aciéries électriques et des fonderies de fonte ainsi que de certaines installations de production de verre. Près de la moitié des émissions de chrome en France provient des combustions réalisées dans l'industrie manufacturière, un quart des autres combustions (hors secteur de l'énergie).

Le chrome est principalement absorbé par les voies respiratoires. Il peut également être absorbé de façon négligeable par la peau et les voies digestives. Il existe trois formes de chrome : métal, trivalent et hexavalent. Seul le chrome hexavalent – chrome VI – est toxique, il entraîne des inflammations des muqueuses et des ulcères et est cancérigène.

1.5.4.3.7 - Réglementation dans l'air ambiant

Les critères nationaux de la qualité de l'air sont définis aux articles R.221-1 à R.221-3 du Code de l'environnement. Les principales valeurs mentionnées dans la réglementation française sont synthétisées dans le Tableau 11.

Les définitions de ces valeurs seuils sont rappelées ci-après.

- **Valeur limite** : niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement ;
- **Objectif de qualité** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, à atteindre sur une période donnée dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement ;
- **Valeur cible** : niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble ;
- **Seuil d'information et de recommandation** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, au-delà duquel des effets limités et transitoires sont constatés sur la santé de catégories de la population particulièrement sensibles en cas d'exposition de courte durée ;
- **Seuil d'alerte** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement et à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

À titre indicatif, les **recommandations de l'OMS** sont présentées dans ce tableau. Il s'agit de valeurs guide pour la protection de la santé humaine qui à ce jour ne sont pas réglementaires. Elles sont non réglementaires, donc non contraignantes.

Les valeurs proposées par la **Commission Européenne** en termes de valeurs limites pour 2030 sont également inscrites dans ce tableau. Ces valeurs sont à considérer avec toute la prudence qui s'impose puisqu'il ne s'agit encore que d'un projet de Directive européenne.

³ OMS : Organisation mondiale de la santé

1.5.4.4 - Évaluation de l'impact du projet sur l'exposition des populations

L'Indice Pollution Population (IPP) est un indicateur qui permet la comparaison de différents horizons d'étude et différentes variantes de tracé eu égard à leurs impacts sur l'exposition potentielle de la population présente dans la bande d'étude. Il intègre ainsi, dans un même critère, les teneurs en polluants et la population potentiellement exposée.

L'IPP consiste à croiser les données de population avec les données de qualité de l'air (les teneurs en polluants issues des résultats du modèle de dispersion), afin d'obtenir une distribution spatiale de la population potentiellement exposée.

Il convient de préciser que cet indicateur s'utilise comme une aide à la comparaison de situation. Il n'est en aucun cas le reflet d'une exposition absolue de la population à la pollution atmosphérique.

Le polluant retenu pour l'évaluation de l'IPP est le dioxyde d'azote.

Dans le cadre de cette étude, l'IPP a été évalué à l'horizon 2022 (État initial), à l'horizon de mise en service 2038 (Fil de l'eau et État projeté) et à l'horizon de mise en service +20 ans 2058 (Fil de l'eau et État projeté), conformément à la note technique du 22 février 2019 et au guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du CEREMA.

Le calcul de l'IPP est soumis aux incertitudes relatives aux calculs de dispersion des polluants et aux incertitudes relatives au dénombrement des populations. Enfin, il a été considéré pour ces calculs que l'ensemble de la population est situé au niveau du sol. Les résultats sont donc surestimés.

1.5.4.5 - Évaluation des risques sanitaires

Conformément à la note technique du 22 février 2019 et au guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières du CEREMA, l'impact sanitaire du projet de BHNS de TPM a été établi selon la démarche de l'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS).

L'évaluation des risques sanitaires présentée ci-dessous a été menée pour :

- La situation nommée État de référence de l'année 2022 ;
- La situation sans projet à l'horizon de mise en service, nommée Fil de l'eau de l'année 2038 ;
- La situation avec projet à l'horizon de mise en service, nommée État projeté de l'année 2038 ;
- La situation sans projet à l'horizon de mise en service +20 ans, nommée Fil de l'eau de l'année 2058 ;
- La situation avec projet à l'horizon de mise en service +20 ans, nommée État projeté de l'année 2058.

1.5.4.5.1 - Rappel méthodologique

La démarche d'EQRS s'appuie sur une méthodologie définie par les documents suivants :

- Circulaire DGS n°2000-61 du 3 février 2000 relative au guide de lecture et d'analyse du volet sanitaire des études d'impacts ;
- Circulaire DGPR et DGS du 9 août 2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation ;
- Note d'information 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 ;
- Note technique relative à la prise en compte des effets sur la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières – Ministère de la Transition écologique et solidaire et Ministère des Solidarités et de la Santé – 22 février 2019 et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières – CEREMA – 22 février 2019 ;
- Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact – Institut de Veille Sanitaire (InVS) - février 2000 ;

Polluants	Recommandations OMS	Valeurs limites	Objectif de qualité ou valeur cible	Seuils d'information et d'alerte	Proposition de la Commi: Européenne : Valeurs limi atteindre au 1er janvier 2 Projet
Dioxyde d'azote NO ₂	En moyenne annuelle 10 µg/m ³ En moyenne journalière 25 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 j par an	En moyenne annuelle 40 µg/m ³ En moyenne horaire depuis le 1er janvier 2010 200 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 18 h par an (P99,8)	En moyenne annuelle 40 µg/m ³	En moyenne horaire information et recommandation : 200 µg/m ³ alerte : 400 µg/m ³ sur 3 h consécutives et 200 µg/m ³ si dépassement J-1 et risque pour J+1	En moyenne annuelle 20 µg/m ³ En moyenne journalière 50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 18 h par an à ne pas dépasser plus d'une fois par an En moyenne horaire 200 µg/m ³ à ne pas dépasser plus d'une fois par an
Dioxyde de soufre SO ₂	En moyenne journalière 40 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 j par an	En moyenne journalière 125 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 j par an (P99,2) En moyenne horaire depuis le 1er janvier 2005 350 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 24 h par an (P99,7)	En moyenne annuelle 50 µg/m ³	En moyenne horaire information et recommandation : 300 µg/m ³ alerte : 500 µg/m ³ sur 3 h consécutives	En moyenne annuelle 20 µg/m ³ En moyenne journalière 50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 18 h par an à ne pas dépasser plus d'une fois par an En moyenne horaire 350 µg/m ³ à ne pas dépasser plus d'une fois par an
Benzène C ₆ H ₆		En moyenne annuelle 5 µg/m ³	En moyenne annuelle 2 µg/m ³		En moyenne annuelle 3,4 µg/m ³
Monoxyde de carbone CO	En moyenne journalière 4 000 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 j par an	En moyenne sur 8 heures 10 000 µg/m ³			En moyenne sur 8 heures 10 000 µg/m ³ En moyenne journalière 4 000 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 18 h par an
Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 10 µm PM ₁₀	En moyenne annuelle 15 µg/m ³ En moyenne journalière 45 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 j par an	En moyenne annuelle depuis le 1er janvier 2005 40 µg/m ³ En moyenne journalière depuis le 1er janvier 2010 50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 35 j par an (P90,4)	En moyenne annuelle 30 µg/m ³		En moyenne annuelle 20 µg/m ³ En moyenne journalière 45 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 18 h par an
Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 2,5 µm PM _{2,5}	En moyenne annuelle 5 µg/m ³ En moyenne journalière 15 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 j par an	En moyenne annuelle 25 µg/m ³ depuis 2015	Objectif de qualité : 10 µg/m ³ Valeur cible : 20 µg/m ³		En moyenne annuelle 10 µg/m ³ En moyenne journalière 25 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 18 h par an
Plomb Pb		En moyenne annuelle depuis le 1er janvier 2002 0,5 µg/m ³	En moyenne annuelle 0,25 µg/m ³		En moyenne annuelle 0,5 µg/m ³
Arsenic As			En moyenne annuelle Valeur cible : 6 ng/m ³		En moyenne annuelle 6 ng/m ³
Cadmium Cd			En moyenne annuelle Valeur cible : 5 ng/m ³		En moyenne annuelle 5 ng/m ³
Nickel Ni			En moyenne annuelle Valeur cible : 20 ng/m ³		En moyenne annuelle 20 ng/m ³
Benzo(a)pyrène			En moyenne annuelle Valeur cible : 1 ng/m ³		En moyenne annuelle 1 ng/m ³
Ozone O ₃	Max jour de la moyenne sur 8 h 100 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 j par an Pic saisonnier* 60 µg/m ³		Objectif de qualité (santé) Max jour de la moyenne sur 8 h 120 µg/m ³ Valeur cible (santé) Max jour de la moyenne sur 8 h à ne pas dépasser plus de 25 j/an en moyenne sur 3 ans 120 µg/m ³	En moyenne horaire information et recommandation : 180 µg/m ³ alerte : seuil 1 - 240 µg/m ³ sur 3 h consécutives seuil 2 - 300 µg/m ³ sur 3 h consécutives seuil 3 - 360 µg/m ³	Valeur cible Max jour de la moyenne sur 100 µg/m ³

Source : Articles R221-1 à R221-3 du Code de l'Environnement - Organisation Mondiale de la Santé (OMS) - <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022PC0542&from=EN>
 *Moyenne de la concentration moyenne quotidienne maximale d'ozone sur 8 heures au cours des six mois consécutifs où la concentration moyenne d'ozone a été la plus élevée

TABLEAU 11 : CRITERES NATIONAUX DE LA QUALITE DE L'AIR

- Guide méthodologique pour l'évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les ICPE – INERIS – 2021 ;
- Avis de l'ANSES relatif à la sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières - juillet 2012 ;
- État de l'art pour l'évaluation des risques de substances à effets sans seuil pour les enfants – INERIS – 2023.

Conformément aux guides méthodologiques cités précédemment, cette démarche est structurée en 4 étapes :

- **L'étape 1 concerne la caractérisation du site et de son environnement.** Dans cette étape, l'environnement du site est décrit et les émissions polluantes, ainsi que les populations sensibles présentes sur le domaine d'étude sont recensées.
Dans le cadre de cette étude, l'étape 1 a été menée dans le chapitre 2.
- **L'étape 2 traite de l'identification des dangers et de l'évaluation de la relation dose-réponse.** Elle consiste à identifier les substances susceptibles de générer un effet indésirable pour les populations et à sélectionner, pour chacune de ces substances, les valeurs toxicologiques de référence (VTR) disponibles dans la littérature.
- **L'étape 3 concerne l'évaluation de l'exposition des populations.** Elle consiste à estimer la fréquence, la durée et l'importance de l'exposition des populations.
Dans le cadre de cette étude, les niveaux d'exposition ont été déterminés avec un modèle de dispersion atmosphérique des polluants (Cf. chapitre 3).
- **L'étape 4 correspond à la caractérisation des risques sanitaires.** Elle constitue l'étape de synthèse et est l'expression qualitative et, si possible, quantitative du risque. Dans cette étape, les résultats sont analysés et les incertitudes sont évaluées.

L'évaluation des risques sanitaires a été conduite dans un objectif de transparence, conformément aux trois principes majeurs de la démarche :

- Le principe de prudence, lié aux limites relatives à l'état des connaissances ;
- Le principe de proportionnalité qui veille à ce qu'il y ait cohérence entre le degré d'approfondissement de l'étude, l'importance de la pollution et son incidence prévisible ;
- Le principe de spécificité qui vise à tenir compte au mieux des caractéristiques propres au site, des sources de pollution et des populations cibles.

Les paragraphes suivants présentent cette méthodologie de manière détaillée.

1.5.4.5.2 - Identification des dangers et des scénarios d'exposition

1.5.4.5.3 - Considérations générales sur les substances et les valeurs toxicologiques de référence

L'exposition de la population aux substances toxiques peut se produire :

- Par **inhalation** (voie respiratoire) pour la plupart des polluants gazeux ou particuliers (poussières, certains métaux...) ;
- Par **ingestion** (voie orale) pour les polluants particuliers se déposant au sol et présentant un caractère toxique par ingestion (dioxines et furanes, HAP, certains métaux).

L'exposition par ingestion peut être directe lors de l'ingestion de sol contaminé (via les mains et les objets souillés par de la terre et portés à la bouche) ou indirecte lors de l'ingestion d'aliments lorsque les retombées de polluants sont responsables d'une contamination de la chaîne alimentaire.

En termes sanitaires, un danger désigne un effet toxique, c'est-à-dire un dysfonctionnement cellulaire ou organique lié à l'interaction entre un organisme vivant et un agent chimique, physique ou biologique. La toxicité d'un composé dépend de la durée et de la voie d'exposition de l'organisme humain. Différents effets toxiques peuvent être considérés. Pour l'ensemble des substances prises en compte dans le cadre de cette étude, les effets toxiques ont été étudiés et notamment les effets cancérigènes (apparition de tumeurs), les effets mutagènes (altération du

patrimoine génétique) et les effets sur la reproduction (reprotoxicité).

En fonction de la durée d'exposition, deux types de risque peuvent être observés :

- Le **risque chronique** correspond à la survenue de troubles liés à une exposition prolongée à de faibles doses. Ils surviennent en général avec un temps de latence qui peut atteindre plusieurs mois, voire des décennies, et sont habituellement irréversibles en l'absence de traitement. Dans ce cas-là, on se réfère à des concentrations en moyennes annuelles.
- Le **risque aigu** correspond à la survenue de troubles liés à une exposition très courte à forte dose. Dans ce cas-là, on se réfère à des concentrations journalières ou à défaut horaires selon les relations dose-réponse disponibles

Enfin, selon les mécanismes toxiques mis en jeu, deux types d'effets indésirables pour la santé peuvent être classiquement distingués :

- **Les effets survenant à partir d'un seuil** : l'effet survient au-delà d'une dose administrée, pour une durée d'exposition déterminée à une substance isolée. En-deçà de cette dose seuil, on considère qu'aucun effet ne survient. Au-delà, l'intensité de l'effet croît avec l'augmentation de la dose administrée.
Ce sont principalement les effets non cancérigènes, voire les effets non génotoxiques, qui sont classés dans cette famille. Dans le cas d'une exposition par inhalation, la dose seuil s'exprime sous la forme d'une concentration de référence (notée VTR, Valeur Toxicologique de Référence).
- **Les effets survenant sans seuil de dose** : l'effet apparaît quelle que soit la dose reçue. La probabilité de survenue croît avec la dose et la durée d'exposition, mais l'intensité de l'effet n'en dépend pas.
Ce sont principalement les effets cancérigènes génotoxiques. Dans le cas d'une exposition par inhalation, la VTR s'exprime alors sous la forme d'un Excès de Risque Unitaire (noté ERUi).

Un ERU de 10^{-4} signifie qu'une personne exposée durant toute sa vie à $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de polluant aurait une probabilité supplémentaire de contracter un cancer de 0,0001 (par rapport à un sujet non exposé). Cela signifie aussi que si 10 000 personnes sont exposées, 1 cas de cancer supplémentaire est susceptible d'apparaître. Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) et l'US-EPA ont par ailleurs classé la plupart des composés chimiques en fonction de leur cancérigénicité.

À noter qu'une substance peut produire ces deux types d'effets.

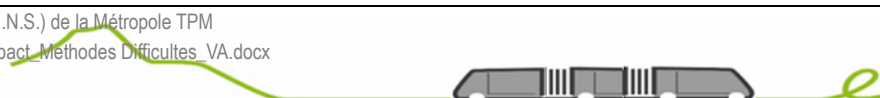
Les VTR sont produites par des experts toxicologues en fonction des données de la littérature, de résultats expérimentaux et d'enquêtes épidémiologiques. Ce travail, qui nécessite une expertise particulière, est confié à des organismes tels que l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), l'US-EPA (Environmental Protection Agency) ou l'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry).

Les VTR ne font pas l'objet d'une réglementation spécifique qui fixe les valeurs à retenir. Le choix des VTR est laissé à l'appréciation de l'auteur de l'étude. Néanmoins, le guide de l'InVS [2000] et la DGS [2014] recommandent les critères de choix suivants pour les VTR :

- L'existence d'une VTR ;
- La voie d'exposition en lien avec la voie à évaluer pour le composé considéré ;
- La durée d'exposition (aiguë, subaiguë ou chronique) en lien avec la durée à évaluer dans l'étude ;
- La notoriété de l'organisme dans l'ordre de priorité suivant : ANSES, expertise collective nationale, US-EPA, ATSDR et OMS en tenant compte de la date d'actualisation de la VTR, Santé Canada, RIVM, OEHA et EFSA.

1.5.4.5.4 - Scénario d'exposition

L'étude air et santé du projet de BHNS de TPM est une étude de niveau I. Ainsi, dans le cadre de cette étude, la voie d'exposition par inhalation sera étudiée pour tous les points récepteurs (crèche, école primaire, établissement de soin, maison de retraite et riverains). La voie d'exposition par ingestion sera étudiée uniquement au niveau de la crèche et de l'école les plus impactées ; au niveau des riverains, cette voie d'exposition n'est pas retenue en l'absence avérée de jardins potagers.



1.5.4.5.5 - Choix des traceurs de risque

En conformité avec la note technique du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières et le guide méthodologique sur le volet « air et santé » des études d'impact routières – CEREMA de février 2019, le Tableau 12 présente les substances retenues dans la présente étude par type d'effet pour les voies d'exposition étudiées (inhalation et ingestion).

Substances	Exposition aiguë par inhalation	Exposition chronique par inhalation	Exposition chronique par ingestion
Dioxyde d'azote	X	X	
Benzène	X	X	
PM10 et PM2.5	X	X	
1,3-butadiène		X	
Arsenic		X	
Chrome		X	
Nickel		X	
16 HAP (ci-dessous)		X	X
Acénaphène		X	X
Acénaphthylène		X	X
Anthracène		X	X
Benzo(a)anthracène		X	X
Benzo(b)fluoranthène		X	X
Benzo(k)fluoranthène		X	X
Benzo(ghi)peryène		X	X
Chrysène		X	X
Dibenzo(a,h)anthracène		X	X
Benzo(a)pyrène		X	X
Fluorène		X	X
Fluoranthène		X	X
Indéno(1,2,3-cd)pyrène		X	X
Phénanthrène		X	X
Pyrène		X	X
Benzo(j)fluoranthène		X	X

Source : Egis

TABLEAU 12 : POLLUANTS RETENUS POUR L'ÉVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

1.5.4.5.6 - Choix des relations dose-réponse

Pour chacun des traceurs de risque retenus, les Tableau 14 à Tableau 19 présentent les relations dose-réponse (Valeurs Toxicologiques de Références et Valeurs Guides) retenues pour une exposition chronique et aiguë par inhalation et par ingestion pour les effets avec et sans seuil.

Le choix de ces VTR est détaillé en annexe H10C.

Cas particulier des HAP pour traiter des effets sans seuil

Pour traiter des effets sans seuil des HAP pour les voies d'exposition par inhalation et par ingestion, nous choisissons de retenir l'approche par substances ; le benzo(a)pyrène est alors retenu comme traceur du risque cancérigène pour l'ensemble des HAP et la concentration en équivalents benzo(a)pyrène est calculée selon l'équation :

$$C_{eq\ benzo(a)\ pyrène} = \sum_i (FET)_i C_i$$

Cette méthode permet de tenir compte de l'ensemble des HAP présents dans le mélange et est donnée comme appropriée pour les gaz d'échappement d'essence par l'INERIS en 2006 dans son rapport « Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs) – Évaluation de la dose réponse pour les effets cancérigènes : approche substance par substance (facteurs d'équivalence toxique – FET) et approche par mélanges – mise à jour 03 janvier 2006. Les FET des HAP proposés par l'INERIS, à partir de l'étude et de la synthèse des différentes tables existantes, et en particulier de celle de Nisbet et Lagoy (1992), sont présentés dans le Tableau 13.

Pour évaluer le risque sans seuil, le calcul des concentrations et des flux de HAP exprimés en équivalent benzo(a)pyrène est donc réalisé à partir des FET préconisé par l'INERIS.

Substances	Préconisations INERIS (2006)
Acénaphène	0,001
Acénaphthylène	0,001
Anthracène	0,01
Benzo(a)anthracène	0,1
Benzo(a)pyrène	1,0
Benzo(b)fluoranthène	0,1
Benzo(g,h,i)peryène	0,01
Benzo(k)fluoranthène	0,1
Chrysène	0,01
Coronène	0,001
Cyclopenta(c,d)pyrène	0,1
Dibenzo(a,c)anthracène	0,1
Dibenzo(a,h)anthracène	1
Fluoranthène	0,001
Fluorène	0,001
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	0,1
Naphtalène	0,001
2-méthylnaphtalène	0,001
Phénanthrène	0,001
Pyrène	0,001

Source : INERIS

TABLEAU 13 : FACTEURS D'EQUIVALENCE TOXIQUE

Polluants	Valeur Guide (µg/m³)	Source	Effets et organes cibles
Dioxyde d'azote	10	OMS - 2022	Effets respiratoires
PM2.5	5	OMS - 2022	Effets respiratoires et mortalité par cancer
PM10	15	OMS - 2022	Effets respiratoires et mortalité par cancer

Source : OMS

TABLEAU 14 : VALEURS GUIDE POUR UNE EXPOSITION CHRONIQUE PAR INHALATION

Polluants	VTR chronique (µg/m³)	Source	Effets et organes cibles
Benzène	10	ATSDR – 2007	Effets immunologiques (diminution du nombre de lymphocytes circulants)
1,3-butadiène	2	US-EPA – 2002 OEHHA – 2013	Ovaires (atrophie)
Nickel	0,09	ATSDR – 2005	Effets pulmonaires
Chrome VI	0,03	OMS – 2013	Effets pulmonaires
Arsenic	0,015	OEHHA – 2008	Diminution de la capacité intellectuelle chez les enfants
Benzo(a)pyrène	0,002	US-EPA – 2017	Effets sur le développement
Autres HAP	Pas de VTR		

Source : ATSDR – OEHHA – OMS – US-EPA

TABLEAU 15 : VTR POUR UNE EXPOSITION CHRONIQUE PAR INHALATION POUR DES EFFETS A SEUIL

Polluants	ERU (µg/m³) ⁻¹	Source	Effets et organes cibles
Benzène	2,6.10 ⁻⁵	ANSES – 2014	Leucémie
1,3-butadiène	2,43.10 ⁻⁷	ANSES -2022	Leucémie
Nickel	2,6.10 ⁻⁴	OEHHA - 2011	Cancer pulmonaire
Chrome VI	4.10 ⁻²	OMS CICAD – 2013	Cancer du poumon
Arsenic	4,3.10 ⁻³	US-EPA - 1998	Cancer du poumon
Benzo(a)pyrène	6.10 ⁻⁴	US-EPA – 2017	Cancer de la région gastro-intestinale et de l'appareil respiratoire supérieur

Source : ATSDR – OEHHA – OMS – US-EPA

TABLEAU 16 : ERU POUR UNE EXPOSITION CHRONIQUE PAR INHALATION POUR DES EFFETS SANS SEUIL



Polluants	VTR aiguë (µg/m³)	Source	Effets et organes cibles
Dioxyde d'azote (1h)	200	OMS - 2005	Effets respiratoires
PM10 (24h)	45	OMS - 2022	Effets respiratoires et mortalité par cancer
PM2.5 (24h)	15	OMS - 2022	Effets respiratoires et mortalité par cancer

Source : OMS

TABLEAU 17 : VTR POUR UNE EXPOSITION AIGUË PAR INHALATION

HAP	VTR _o chronique (mg/kg pc/j)	Source	Effets et organes cibles
Benzo(a)pyrène	3.10 ⁻⁴	US-EPA - 2017	Effet sur le développement (y compris neurologique)
Acénaphthène	6.10 ⁻²	US-EPA - 1990	Effets hépatiques
Anthracène	3.10 ⁻¹	US-EPA - 1990	Pas d'effets observés
Benzo(ghi)pérylène	3.10 ⁻²	RIVM - 2001	Effets critiques non spécifiés
Fluorène	4.10 ⁻²	US-EPA - 1990	Effets hématologiques, hépatiques et cardiaques
Fluoranthène	4.10 ⁻²	US-EPA - 1990	Effets hématologiques
Phénanthrène	4.10 ⁻²	RIVM - 2001	Effets critiques non spécifiés
Pyrène	3.10 ⁻²	US-EPA - 1993	Effets rénaux
Autres HAP	Pas de VTR		

Source : RIVM – US-EPA

TABLEAU 18 : VTR POUR UNE EXPOSITION CHRONIQUE PAR INGESTION POUR DES EFFETS A SEUIL

HAP	ERU _o (mg/kg pc/j) ⁻¹	Source	Effets et organes cibles
Benzo(a)pyrène	1	US-EPA - 2017	Cancer de l'estomac, trachée et œsophage

Source : US-EPA

TABLEAU 19 : ERU POUR UNE EXPOSITION CHRONIQUE PAR INGESTION POUR DES EFFETS SANS SEUIL

1.5.4.5.7 - Évaluation de l'exposition des populations

L'évaluation quantitative des expositions consiste à estimer les doses de substances auxquelles les populations (y compris les populations sensibles) sont les plus exposées.
L'estimation des concentrations des polluants dans l'air et des flux de dépôts au sol, a été réalisée à partir des résultats de l'étude de dispersion atmosphérique des émissions routières présentées dans le chapitre 3.

■ Paramètres d'exposition

Dans le cadre de cette étude, les scénarios d'exposition retenus correspondent aux populations sensibles les plus exposées, identifiées sur la Figure 25.

- Scénario 1 : Micro-crèche Les Malicieux d'Appert ;
- Scénario 2 : Groupe scolaire Jules Murairé dit Raimu (école primaire) ;
- Scénario 3 : EHPAD Jeanne Marguerite ;
- Scénario 4 : Clinique Saint-Michel ;
- Scénario 5 : Riverains avenue de la Palasse et boulevard de Strasbourg.

L'exposition par inhalation est étudiée pour tous les scénarios.
L'exposition par ingestion sera étudiée pour les scénarios 1 et 2 en considérant comme cible les enfants de la crèche et de l'école (ingestion de sols).
Les paramètres d'exposition retenus sont présentés dans le Tableau 20.

Paramètres	Hypothèses de scénarios retenues
Concentration d'exposition	Scénario 1 : teneurs au droit la micro-crèche Les Malicieux d'Appert
	Scénario 2 : teneurs au droit du groupe scolaire Jules Murairé dit Raimu (école primaire)
	Scénario 3 : teneurs au droit de l'EHPAD Jeanne Marguerite
	Scénario 4 : teneurs au droit la Clinique Saint-Michel
	Scénario 5 : teneurs au droit des riverains identifiés
F inhalation	Scénarios 1 et 2 : F = 0,26 Scénarios 3, 4 et 5 : F = 1
F ingestion	Scénario 1 : F = 0,63 Scénario2 : F = 0,49
T (cas des effets sans seuils)	Scénario 1 : T = 3 ans Scénario 2 : T = 8 ans Scénarios 3 et 4 : T = 10 ans Scénario 5 : T = 30 ans

Source : Egis

TABLEAU 20 : PARAMETRES D'EXPOSITION DANS LE CADRE DE L'EQRS POUR UNE EXPOSITION PAR INHALATION ET PAR INGESTION

La fréquence annuelle d'exposition (F) : Pour les scénarios 1, 2, 3 et 4, les données (reprises par l'INERIS) sont issues de l'étude Gauvin (2001) :

- Pour le scénario 1, le temps passé dans les locaux d'une crèche est de 10h/j 230 j/an soit F = 0,26 (unités de temps d'exposition : l'heure) ou F = 0,63 (unité de temps d'exposition : le jour).
Le reste du temps est considéré comme passé à domicile 14 h/j 135 j/an soit F = 0,74 pour des unités de temps d'exposition en heures (F = 0.37 pour des unités de temps d'exposition en jours) ;
- Pour le scénario 2, le temps passé dans les locaux d'une école est assimilé au temps d'exposition pour les enfants d'une crèche, soit 10h/j 180 j/an soit F = 0,26 (unités de temps d'exposition : l'heure) ou F = 0,49 (unité de temps d'exposition : le jour).
Le reste du temps est considéré comme passé à domicile 14 h/j 135 j/an soit F = 0,74 pour des unités de temps d'exposition en heures (F = 0.37 pour des unités de temps d'exposition en jours).
Cette fréquence n'est pas celle retenue par l'INERIS (qui est de 6h/j 180 j/an, d'après l'étude Gauvin), mais elle prend en compte les périodes scolaires et périscolaires (accueil du matin, pause méridienne et repas, accueil de fin de journée) ;
- Pour les scénarios 3, 4 et 5, l'exposition est considérée comme continue 24 h/j et 365 j/an, soit F = 1 pour l'inhalation.

La durée d'exposition (T) : Pour les scénarios 1, 2, 3 et 4, les données sont issues de l'étude Gauvin citée ci-dessus :

- Pour le scénarios1, la durée d'exposition est fixée à 3 ans pour une crèche ;
- Pour le scénario 2, la durée d'exposition est fixée à 8 ans pour une école primaire (maternelle + élémentaire) ;
- Pour les scénarios 3 et 4, la durée d'exposition est fixée à 10 ans pour un hôpital et une maison de retraite ;
- Pour le scénario 5, le temps d'exposition est fixé à 30 ans pour l'exposition par inhalation. En effet, des études montrent que le temps de résidence moyen d'un ménage dans un même logement est de 30 ans (percentile 90 – étude réalisée en France [Nedellec et al, 1998], percentile 95 de la distribution donnée dans l'Exposure Factor Handbook) ; pour une exposition par ingestion le temps d'exposition, fixé à 30 ans, considère un cumul entre une période enfant (jusqu'à 6 ans) et une période adulte sur 24 ans.

L'exposition par inhalation des enfants de la crèche et des écoles correspond au cumul de l'exposition dans l'établissement (temps scolaire ou période de garde) et de l'exposition au droit du riverain le plus proche (reste de l'année). Il s'agit ainsi des riverains de :

- L'avenue de la Palasse à Toulon pour la micro-crèche Les Malicieux d'Appert ;
- Le boulevard de Strasbourg à Toulon pour le groupe scolaire Jules Muraire dit Raimu à Toulon (école primaire).

Les points récepteurs sont localisés sur la Figure 25.

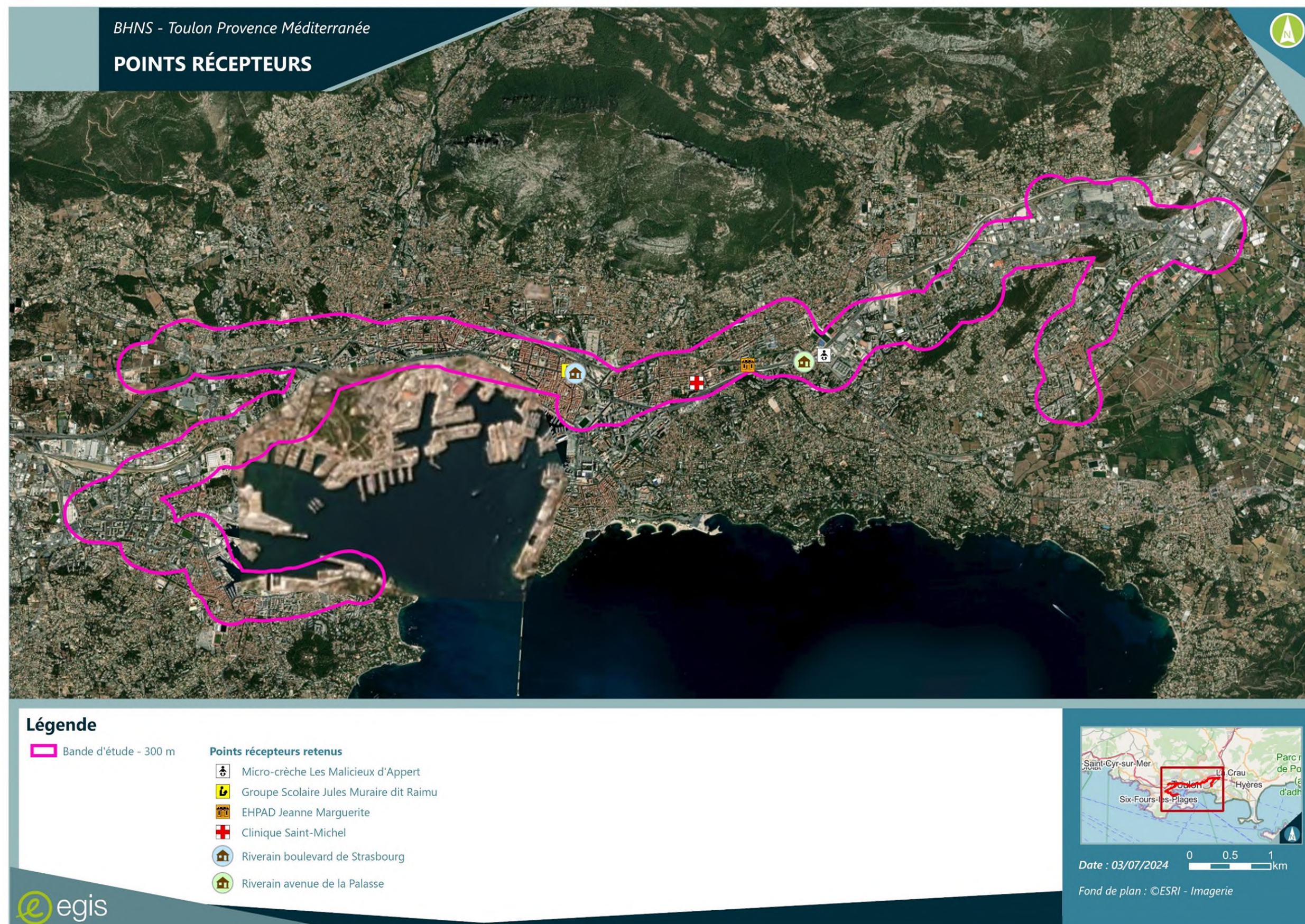


FIGURE 25 : POINTS RECEPTEURS

1.5.4.5.8 - Évaluation de l'exposition par inhalation

Pour évaluer l'exposition par inhalation une pénétration dans l'organisme de la totalité des substances inhalées est considérée.

En exposition chronique, la concentration inhalée ou concentration d'exposition ou est déduite de l'équation suivante :

CI = Cair x F

avec :

- CI : concentration inhalée (ou concentration d'exposition) par la cible, exprimée en µg/m³ ;
- Cair : concentration en polluant dans l'air en moyenne annuelle, exprimée en µg/m³ et estimée à partir de la modélisation de la dispersion atmosphérique ;
- F : fréquence annuelle d'exposition à la concentration Cair (Cf. Tableau 20).

En exposition aiguë, la concentration inhalée est égale à la concentration maximale dans l'air (percentiles) sur la durée d'exposition estimée à partir de la modélisation de la dispersion atmosphérique (1h ou 24 h selon la substance).

Le Tableau 21, le Tableau 22 et le Tableau 23 présentent la concentration moyenne annuelle d'exposition et la concentration maximale, au niveau des points récepteurs considérées, pour les 5 états considérés :

- L'état de référence 2022 ;
- L'horizon de mise en service (2038) avec et sans projet ;
- L'horizon de mise en service + 20 ans (2058) avec et sans projet.

Dans les tableaux sont indiqués les valeurs bruit de fond (BF) qui ont été considérées dans l'étude. En l'absence de cette indication, aucun bruit de fond n'a été retenu.
La concentration en eq benzo(a)pyrène a été calculée à partir des éléments présentés au paragraphe 0Tableau 12 : Polluants retenus pour l'évaluation des risques sanitaires
Choix des relations dose-réponse sur les HAP.

Traceurs de risque	État	Micro-crèche Les Malicieux d'Appert	Groupe Scolaire Jules Muraire dit Raimu	Clinique Saint-Michel	EHPAD Jeanne Marguerite	Riverain Bd de Strasbourg	Riverain Av de la Palasse
Dioxyde d'azote en µg/m³ BF = 17,7 µg/m³	État initial 2022	36.2	31.2	23.1	25.5	32.6	38.1
	Fil de l'eau 2038	24.4	22.6	19.5	20.1	23.1	25.2
	État projeté 2038	24.6	23.7	19.5	20.2	24.4	25.4
	Fil de l'eau 2058	21.9	19.6	18.6	19.1	19.8	22.4
	État projeté 2058	21.8	19.5	18.6	19.1	19.7	22.3
Benzène en µg/m³ BF = 0,7 µg/m³	État initial 2022	0.72	0.72	0.71	0.71	0.72	0.72
	Fil de l'eau 2038	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
	État projeté 2038	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
	Fil de l'eau 2058	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
	État projeté 2058	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Particules PM10 en µg/m³ BF = 13,3 µg/m³	État initial 2022	15.9	15.2	13.9	14.3	15.4	16.2
	Fil de l'eau 2038	15.4	15.0	13.8	14.1	15.2	15.7
	État projeté 2038	15.5	15.2	13.9	14.1	15.4	15.8
	Fil de l'eau 2058	15.4	14.9	13.8	14.1	15.1	15.7
	État projeté 2058	15.5	14.9	13.8	14.1	15.1	15.8
Particules PM2,5 en µg/m³ BF = 7,7 µg/m³	État initial 2022	9.5	8.9	8.1	8.4	9.1	9.7
	Fil de l'eau 2038	9.0	8.7	8.0	8.2	8.9	9.1
	État projeté 2038	9.0	8.9	8.0	8.2	9.0	9.2
	Fil de l'eau 2058	8.9	8.6	8.0	8.1	8.7	9.1
	État projeté 2058	9.0	8.6	8.0	8.2	8.7	9.1
1,3-butadiène en µg/m³ BF = 0,12 µg/m³	État initial 2022	0.128	0.132	0.123	0.123	0.133	0.129
	Fil de l'eau 2038	0.125	0.136	0.123	0.123	0.138	0.126
	État projeté 2038	0.126	0.142	0.123	0.123	0.145	0.126
	Fil de l'eau 2058	0.127	0.127	0.122	0.123	0.128	0.128
	État projeté 2058	0.127	0.126	0.122	0.123	0.127	0.127
Nickel en ng/m³ BF = 0,3 ng/m³	État initial 2022	0.303	0.302	0.301	0.301	0.302	0.304
	Fil de l'eau 2038	0.305	0.302	0.301	0.302	0.302	0.305
	État projeté 2038	0.305	0.302	0.301	0.302	0.302	0.305
	Fil de l'eau 2058	0.305	0.302	0.301	0.302	0.302	0.306
	État projeté 2058	0.302	0.301	0.301	0.302	0.300	0.301
Chrome VI en ng/m³ BF = 0,03 ng/m³	État initial 2022	0.065	0.048	0.038	0.043	0.050	0.069
	Fil de l'eau 2038	0.058	0.042	0.036	0.040	0.043	0.061
	État projeté 2038	0.058	0.043	0.036	0.040	0.044	0.062
	Fil de l'eau 2058	0.056	0.041	0.036	0.039	0.042	0.059
	État projeté 2058	0.056	0.040	0.036	0.039	0.042	0.059
Arsenic en ng/m³ BF = 0,2 ng/m³	État initial 2022	0.2007	0.2004	0.2002	0.2003	0.2004	0.2008
	Fil de l'eau 2038	0.2008	0.2003	0.2002	0.2003	0.2004	0.2008
	État projeté 2038	0.2008	0.2003	0.2002	0.2003	0.2004	0.2009
	Fil de l'eau 2058	0.2008	0.2003	0.2002	0.2003	0.2004	0.2009
	État projeté 2058	0.2044	0.2018	0.2002	0.2003	0.2023	0.2058

Source : Egis

TABLEAU 21 : CONCENTRATIONS D'EXPOSITION EN MOYENNES ANNUELLES POUR LES SUBSTANCES TRACEURS DU RISQUE PAR INHALATION EN EXPOSITION CHRONIQUE



Traceurs de risque	État	Micro-crèche Les Malicieux d'Appert	Groupe Scolaire Jules Muraire dit Raimu	Clinique Saint-Michel	EHPAD Jeanne Marguerite	Riverain Bd de Strasbourg	Riverain Av de la Palasse
Benzo(a)pyrène en ng/m³ <i>BF = 0,16 ng/m³</i>	État initial 2022	0.251	0.186	0.178	0.192	0.188	0.262
	Fil de l'eau 2038	0.214	0.175	0.171	0.178	0.176	0.221
	État projeté 2038	0.215	0.175	0.171	0.178	0.177	0.222
	Fil de l'eau 2058	0.203	0.171	0.169	0.174	0.173	0.208
	État projeté 2058	0.203	0.171	0.168	0.174	0.172	0.208
Acénaphhtène en ng/m³	État initial 2022	1.52	0.40	0.30	0.53	0.44	1.70
	Fil de l'eau 2038	0.66	0.18	0.13	0.22	0.20	0.74
	État projeté 2038	0.67	0.18	0.13	0.22	0.20	0.75
	Fil de l'eau 2058	0.41	0.11	0.08	0.13	0.12	0.45
	État projeté 2058	0.40	0.11	0.08	0.13	0.12	0.45
Acénaphthylène en ng/m³	État initial 2022	1.14	0.30	0.23	0.40	0.33	1.27
	Fil de l'eau 2038	0.50	0.14	0.10	0.16	0.15	0.56
	État projeté 2038	0.50	0.14	0.10	0.17	0.15	0.56
	Fil de l'eau 2058	0.30	0.08	0.06	0.10	0.09	0.34
	État projeté 2058	0.30	0.08	0.06	0.10	0.09	0.33
Anthracène en ng/m³	État initial 2022	0.218	0.069	0.045	0.077	0.076	0.244
	Fil de l'eau 2038	0.185	0.049	0.036	0.061	0.054	0.208
	État projeté 2038	0.187	0.051	0.037	0.062	0.056	0.210
	Fil de l'eau 2058	0.170	0.043	0.033	0.055	0.047	0.191
	État projeté 2058	0.168	0.042	0.033	0.055	0.046	0.188
Benzo(a)anthracène en ng/m³ <i>BF = 0,1 ng/m³</i>	État initial 2022	0.257	0.145	0.132	0.155	0.149	0.275
	Fil de l'eau 2038	0.190	0.125	0.118	0.130	0.127	0.201
	État projeté 2038	0.192	0.125	0.118	0.130	0.128	0.203
	Fil de l'eau 2058	0.171	0.119	0.114	0.123	0.121	0.179
	État projeté 2058	0.170	0.118	0.114	0.123	0.120	0.178
Benzo(b)fluoranthène en ng/m³ <i>BF = 0,46 ng/m³</i>	État initial 2022	0.576	0.498	0.484	0.501	0.502	0.589
	Fil de l'eau 2038	0.534	0.481	0.475	0.484	0.483	0.543
	État projeté 2038	0.535	0.481	0.475	0.485	0.484	0.544
	Fil de l'eau 2058	0.522	0.476	0.472	0.480	0.478	0.529
	État projeté 2058	0.521	0.476	0.472	0.480	0.478	0.528
Benzo(k)fluoranthène en ng/m³ <i>BF = 0,22 ng/m³</i>	État initial 2022	0.310	0.252	0.239	0.252	0.255	0.321
	Fil de l'eau 2038	0.276	0.236	0.231	0.239	0.238	0.283
	État projeté 2038	0.277	0.237	0.231	0.239	0.239	0.284
	Fil de l'eau 2058	0.267	0.232	0.229	0.235	0.234	0.273
	État projeté 2058	0.266	0.232	0.229	0.235	0.233	0.272
Benzo(ghi)pérylène en ng/m³ <i>BF = 0,22 ng/m³</i>	État initial 2022	0.416	0.273	0.260	0.289	0.278	0.440
	Fil de l'eau 2038	0.345	0.253	0.245	0.261	0.257	0.360
	État projeté 2038	0.346	0.254	0.245	0.262	0.257	0.362
	Fil de l'eau 2058	0.322	0.246	0.240	0.253	0.249	0.334
	État projeté 2058	0.320	0.246	0.240	0.253	0.249	0.332

Traceurs de risque	État	Micro-crèche Les Malicieux d'Appert	Groupe Scolaire Jules Muraire dit Raimu	Clinique Saint-Michel	EHPAD Jeanne Marguerite	Riverain Bd de Strasbourg	Riverain Av de la Palasse
Chrysène en ng/m³ <i>BF = 0,22 ng/m³</i>	État initial 2022	0.492	0.314	0.276	0.317	0.323	0.524
	Fil de l'eau 2038	0.376	0.264	0.251	0.272	0.269	0.395
	État projeté 2038	0.378	0.267	0.252	0.272	0.271	0.397
	Fil de l'eau 2058	0.343	0.253	0.244	0.260	0.256	0.358
	État projeté 2058	0.342	0.252	0.244	0.260	0.256	0.356
Dibenzo(a,h)anthracène en ng/m³	État initial 2022	0.019	0.006	0.004	0.007	0.006	0.021
	Fil de l'eau 2038	0.010	0.003	0.002	0.003	0.003	0.011
	État projeté 2038	0.010	0.003	0.002	0.003	0.003	0.011
	Fil de l'eau 2058	0.007	0.002	0.001	0.002	0.002	0.008
	État projeté 2058	0.007	0.002	0.001	0.002	0.002	0.008
Fluorène en ng/m³	État initial 2022	0.089	0.077	0.022	0.033	0.085	0.099
	Fil de l'eau 2038	0.083	0.028	0.017	0.028	0.031	0.093
	État projeté 2038	0.084	0.031	0.017	0.028	0.035	0.094
	Fil de l'eau 2058	0.085	0.022	0.016	0.027	0.024	0.095
	État projeté 2058	0.084	0.022	0.016	0.027	0.024	0.094
Fluoranthène en ng/m³ <i>BF = 0,08 ng/m³</i>	État initial 2022	1.609	0.513	0.389	0.619	0.557	1.792
	Fil de l'eau 2038	0.992	0.325	0.261	0.381	0.350	1.103
	État projeté 2038	1.003	0.331	0.263	0.385	0.357	1.114
	Fil de l'eau 2058	0.795	0.267	0.221	0.312	0.286	0.881
	État projeté 2058	0.785	0.263	0.219	0.309	0.282	0.870
Indéno(1,2,3-cd)pyrène en ng/m³ <i>BF = 0,24 ng/m³</i>	État initial 2022	0.334	0.267	0.259	0.273	0.270	0.346
	Fil de l'eau 2038	0.302	0.257	0.252	0.261	0.259	0.310
	État projeté 2038	0.303	0.257	0.252	0.261	0.259	0.311
	Fil de l'eau 2058	0.292	0.254	0.250	0.257	0.255	0.299
	État projeté 2058	0.292	0.253	0.250	0.257	0.255	0.298
Phénanthrène en ng/m³ <i>BF = 0,07 ng/m³</i>	État initial 2022	3.307	0.955	0.722	1.211	1.043	3.695
	Fil de l'eau 2038	2.110	0.606	0.472	0.743	0.663	2.358
	État projeté 2038	2.133	0.619	0.477	0.750	0.676	2.383
	Fil de l'eau 2058	1.697	0.488	0.390	0.597	0.532	1.892
	État projeté 2058	1.674	0.480	0.385	0.592	0.523	1.868
Pyrène en ng/m³ <i>BF = 0,1 ng/m³</i>	État initial 2022	1.396	0.486	0.364	0.558	0.524	1.552
	Fil de l'eau 2038	0.801	0.293	0.239	0.332	0.313	0.886
	État projeté 2038	0.809	0.299	0.241	0.334	0.320	0.894
	Fil de l'eau 2058	0.620	0.239	0.203	0.269	0.254	0.683
	État projeté 2058	0.613	0.236	0.202	0.267	0.251	0.675
Benzo(j)fluoranthène en ng/m³ <i>BF = 0,46 ng/m³</i>	État initial 2022	0.528	0.495	0.475	0.485	0.499	0.536
	Fil de l'eau 2038	0.527	0.479	0.473	0.482	0.481	0.535
	État projeté 2038	0.527	0.480	0.473	0.482	0.482	0.536
	Fil de l'eau 2058	0.525	0.476	0.473	0.481	0.478	0.533
	État projeté 2058	0.524	0.476	0.472	0.481	0.477	0.532

Source : Egis

TABLEAU 22 : CONCENTRATIONS D'EXPOSITION EN MOYENNES ANNUELLES EN EQUIVALENT BENZO(A)PYRENE POUR LES HAP PAR INHALATION EN EXPOSITION CHRONIQUE



Traceurs de risque	État	Micro-crèche Les Malicieux d'Appert	Groupe Scolaire Jules Muraire dit Raimu	Clinique Saint-Michel	EHPAD Jeanne Marguerite	Riverain Bd de Strasbourg	Riverain Av de la Palasse
Dioxyde d'azote en µg/m³ BF = 17,7 µg/m³	État initial 2022	58.4	48.0	40.3	50.6	59.3	67.7
	Fil de l'eau 2038	33.5	30.0	24.7	29.1	36.8	39.6
	État projeté 2038	33.9	32.7	24.8	29.4	40.6	40.2
	Fil de l'eau 2058	27.6	22.8	21.9	24.8	25.9	32.3
	État projeté 2058	27.4	22.6	21.9	24.7	25.7	32.0
Particules PM10 en µg/m³ BF = 13,3 µg/m³	État initial 2022	18.1	16.9	15.3	17.1	18.7	20.6
	Fil de l'eau 2038	17.2	16.5	14.9	16.1	18.4	19.5
	État projeté 2038	17.4	17.0	14.9	16.1	19.0	19.6
	Fil de l'eau 2058	17.2	16.5	14.8	15.9	18.5	19.5
	État projeté 2058	17.4	16.4	14.9	16.1	18.4	19.7
Particules PM2,5 en µg/m³ BF = 7,7 µg/m³	État initial 2022	11.6	10.4	9.5	10.7	12.0	13.1
	Fil de l'eau 2038	10.6	10.2	8.9	9.9	11.7	11.8
	État projeté 2038	10.6	10.5	9.0	9.9	12.2	11.9
	Fil de l'eau 2058	10.5	10.1	8.9	9.8	11.6	11.7
	État projeté 2058	10.6	10.0	8.9	9.9	11.6	11.9

Source : Egis

TABLEAU 23 : CONCENTRATIONS MAXIMALES D'EXPOSITION POUR LES SUBSTANCES TRACEURS DU RISQUE PAR INHALATION EN EXPOSITION AIGUË

1.5.4.5.9 - Évaluation de l'exposition par ingestion

L'exposition des populations par ingestion (calcul des doses journalières d'exposition) est estimée à partir du protocole HHRAP⁴ (2005) en considérant l'ingestion directe de sol (via les mains et les objets souillés par de la terre et portés à la bouche) pour les enfants de la crèche et de l'école primaire.
Les étapes de calcul des concentrations de polluant dans les différents milieux d'exposition ainsi que les doses ingérées sont présentées ci-après.

1.5.4.5.10 - Estimation des concentrations en polluants dans les sols

L'exposition des populations par ingestion (calcul des doses journalières d'exposition) est estimée à partir du protocole HHRAP (2005) en considérant l'ingestion directe de sol (via les mains et les objets souillés par de la terre et portés à la bouche) pour les enfants de la crèche et de l'école primaire.

Les étapes de calcul des concentrations de polluants dans les sols, ainsi que les doses ingérées, sont présentées ci-après.
La concentration dans le sol en polluants est estimée à partir de l'équation ci-dessous :

$$C_{St} = \frac{D_t \times (1 - e^{-k.t})}{\mu \times Z \times k}$$

Avec :

- CSt : Concentration de polluant dans le sol pour une durée d'exposition t, avec CS0 = 0 à l'instant t = 0 (exprimée en mg de polluant/kg de sol) ;
- Dt : Flux de dépôts de polluant au sol (exprimé en mg de polluant/m² de surface au sol/an) ;
- k : Constante d'atténuation liée aux phénomènes d'érosion, de ruissellement, de volatilisation, de lixiviation et de dégradation (an⁻¹) ;
- t : Durée d'accumulation des dépôts au sol (an) ;
- μ : Masse volumique du sol (kg de sol / m³ de sol) ;
- Z : Épaisseur de la couche de sol où s'accumule le polluant (m de sol).

Conformément aux recommandations de l'US-EPA [HHRAP, 2005], la valeur de la constante d'atténuation k retenue

est égale à 0 pour l'ensemble des polluants considérés, ce qui nous amène à utiliser la formule de calcul suivant :

$$C_{St} = \frac{D_t}{\mu \times Z} \times t$$

La densité du sol retenue dans le cadre de cette étude est de 1,3 g/cm³ [INERIS, 2003].
La concentration de polluant dans le sol est calculée pour une profondeur de sol Z de 1 cm pour les scénarios d'ingestion directe de sol par l'homme [HHRAP, 2005].
Les flux de dépôts au sol sont ramenés dans cette étude à 30 ans d'émissions des infrastructures routières. Ainsi, en retenant une valeur t égale à 30 ans, la concentration CS30 calculée correspond à la concentration en polluants dans le sol, liée à l'accumulation des dépôts au sol au bout de 30 ans d'émissions des infrastructures routières. Cette concentration est retenue pour tous les scénarios étudiés.

Les flux de dépôts au sol issus de la modélisation pour les 5 états considérés au niveau de la crèche et de l'école primaire sont présentés dans le Tableau 24.

Traceurs de risque	État	Micro-crèche Les Malicieux d'Appert	Groupe Scolaire Jules Muraire dit Raimu
Benzo(a)pyrène	État initial 2021	2.44E-07	7.64E-08
	Fil de l'eau 2030	1.44E-07	4.29E-08
	État projeté 2030	1.46E-07	4.43E-08
	Fil de l'eau 2050	1.15E-07	3.34E-08
	État projeté 2050	1.13E-07	3.27E-08
Acénaphthène	État initial 2021	4.05E-06	1.20E-06
	Fil de l'eau 2030	1.76E-06	5.27E-07
	État projeté 2030	1.78E-06	5.42E-07
	Fil de l'eau 2050	1.08E-06	3.27E-07
	État projeté 2050	1.06E-06	3.20E-07
Acénaphthylène	État initial 2021	3.03E-06	8.96E-07
	Fil de l'eau 2030	1.31E-06	3.95E-07
	État projeté 2030	1.33E-06	4.05E-07
	Fil de l'eau 2050	8.07E-07	2.45E-07
	État projeté 2050	7.93E-07	2.40E-07
Anthracène	État initial 2021	5.81E-07	2.06E-07
	Fil de l'eau 2030	4.90E-07	1.43E-07
	État projeté 2030	4.97E-07	1.49E-07
	Fil de l'eau 2050	4.53E-07	1.25E-07
	État projeté 2050	4.45E-07	4.45E-07
Benzo(a)anthracène	État initial 2021	4.18E-07	1.34E-07
	Fil de l'eau 2030	2.39E-07	7.19E-08
	État projeté 2030	2.43E-07	7.43E-08
	Fil de l'eau 2050	1.88E-07	5.46E-08
	État projeté 2050	1.85E-07	5.35E-08

⁴ Human Health Risk Assessment Protocol

Traceurs de risque	État	Micro-crèche Les Malicieux d'Appert	Groupe Scolaire Jules Muraira dit Raimu
Benzo(b)fluoranthène	État initial 2021	3.09E-07	1.13E-07
	Fil de l'eau 2030	1.96E-07	5.99E-08
	État projeté 2030	1.99E-07	6.26E-08
	Fil de l'eau 2050	1.64E-07	4.72E-08
	État projeté 2050	1.61E-07	4.62E-08
Benzo(k)fluoranthène	État initial 2021	2.42E-07	9.59E-08
	Fil de l'eau 2030	1.49E-07	4.68E-08
	État projeté 2030	1.52E-07	4.93E-08
	Fil de l'eau 2050	1.25E-07	3.61E-08
	État projeté 2050	1.23E-07	3.54E-08
Benzo(ghi)pérylène	État initial 2021	5.24E-07	1.59E-07
	Fil de l'eau 2030	3.30E-07	9.67E-08
	État projeté 2030	3.35E-07	9.95E-08
	Fil de l'eau 2050	2.70E-07	7.69E-08
	État projeté 2050	2.66E-07	7.54E-08
Chrysène	État initial 2021	7.27E-07	2.80E-07
	Fil de l'eau 2030	4.14E-07	1.30E-07
	État projeté 2030	4.20E-07	1.37E-07
	Fil de l'eau 2050	3.28E-07	9.58E-08
	État projeté 2050	3.22E-07	9.38E-08
Dibenzo(a,h)anthracène	État initial 2021	5.12E-08	1.65E-08
	Fil de l'eau 2030	2.58E-08	7.86E-09
	État projeté 2030	2.62E-08	8.15E-09
	Fil de l'eau 2050	1.86E-08	5.51E-09
	État projeté 2050	1.83E-08	5.39E-09
Fluorène	État initial 2021	2.42E-07	2.27E-07
	Fil de l'eau 2030	2.20E-07	8.08E-08
	État projeté 2030	2.23E-07	9.14E-08
	Fil de l'eau 2050	2.26E-07	6.41E-08
	État projeté 2050	2.22E-07	6.28E-08
Fluoranthène	État initial 2021	4.08E-06	1.29E-06
	Fil de l'eau 2030	2.41E-06	7.15E-07
	État projeté 2030	2.45E-06	7.38E-07
	Fil de l'eau 2050	2.55E-07	5.44E-07
	État projeté 2050	1.87E-06	5.33E-07
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	État initial 2021	2.52E-07	8.07E-08
	Fil de l'eau 2030	1.65E-07	4.89E-08
	État projeté 2030	1.67E-07	5.05E-08
	Fil de l'eau 2050	1.39E-07	3.98E-08
	État projeté 2050	1.37E-07	3.90E-08

Traceurs de risque	État	Micro-crèche Les Malicieux d'Appert	Groupe Scolaire Jules Muraira dit Raimu
Phénanthrène	État initial 2021	8.63E-06	2.64E-06
	Fil de l'eau 2030	5.39E-06	1.57E-06
	État projeté 2030	5.47E-06	1.62E-06
	Fil de l'eau 2050	4.32E-06	1.22E-06
	État projeté 2050	4.25E-06	1.20E-06
Pyrène	État initial 2021	3.46E-06	1.15E-06
	Fil de l'eau 2030	1.85E-06	5.62E-07
	État projeté 2030	1.88E-06	5.84E-07
	Fil de l'eau 2050	1.38E-06	4.04E-07
	État projeté 2050	1.36E-06	3.96E-07
Benzo(j)fluoranthène	État initial 2021	1.83E-07	1.04E-07
	Fil de l'eau 2030	1.76E-07	5.51E-08
	État projeté 2030	1.79E-07	5.93E-08
	Fil de l'eau 2050	1.72E-07	4.72E-08
	État projeté 2050	1.69E-07	4.62E-08

Source : Egis

TABLEAU 24 : FLUX DE DEPOTS MOYEN AU SOL POUR LES POLLUANTS TRACEURS DE RISQUE (EN µG/M²/S)

1.5.4.5.11 - Estimation des doses ingérées

L'exposition en polluants par ingestion est exprimée par la Dose Journalière d'Exposition (DJE), qui s'exprime en mg de substance par kg de masse corporelle et par jour (mg/kg pc/j), selon la formule :

$$DJE = \frac{\sum_i C_i \times Q_i \times F}{P}$$

Avec :

- Ci : Concentration en polluant dans le milieu i d'exposition (sol) calculée selon les équations présentées dans le chapitre précédent ;
- Qi : Quantité de milieu i d'exposition administrée par la voie orale par jour ;
- F : Fréquence annuelle d'exposition (présentée dans le Tableau 52) ;
- P : Poids corporel de la cible (kg).

L'apport de chaque polluant via l'ingestion de sol et de poussières a été estimé en considérant les quantités de terre ingérées par enfant selon les données de l'US-EPA [2011].

La source de données françaises la plus récente pour le poids corporel est l'enquête décennale santé 2002-2003 de l'INSEE Ces résultats sont disponibles dans l'article de Tanguy [2007]. Les poids des différents scénarios sont les moyennes des poids corporels français médians déclarés des différentes classes d'âge.

L'ensemble de ces paramètres liés aux caractéristiques de la population est fourni en annexe 10.4 Paramètres de calcul des doses ingérées.

Les doses ingérées ainsi estimées sont présentées dans le Tableau 25 pour les polluants disposant d'une VTR pour la voie ingestion.



Traceurs de risque	État	Micro-crèche Les Malicieux d'Appert	Groupe Scolaire Jules Murairé dit Raimu
Benzo(a)pyrène	État initial 2021	1.40E-07	1.58E-08
	Fil de l'eau 2030	8.23E-08	8.87E-09
	État projeté 2030	8.35E-08	9.14E-09
	Fil de l'eau 2050	6.60E-08	6.89E-09
	État projeté 2050	6.48E-08	6.76E-09
Eq benzo(a)pyrène	État initial 2021	2.90E-07	3.38E-08
	Fil de l'eau 2030	1.72E-07	1.85E-08
	État projeté 2030	1.74E-07	1.92E-08
	Fil de l'eau 2050	1.37E-07	1.43E-08
	État projeté 2050	1.35E-07	1.47E-08
Acénaphthène	État initial 2021	2.32E-06	2.47E-07
	Fil de l'eau 2030	1.01E-06	1.09E-07
	État projeté 2030	1.02E-06	1.12E-07
	Fil de l'eau 2050	6.19E-07	6.75E-08
	État projeté 2050	6.07E-07	6.62E-08
Anthracène	État initial 2021	3.33E-07	4.25E-08
	Fil de l'eau 2030	2.81E-07	2.95E-08
	État projeté 2030	2.85E-07	3.07E-08
	Fil de l'eau 2050	2.59E-07	2.58E-08
	État projeté 2050	2.55E-07	9.19E-08
Benzo(ghi)pérylène	État initial 2021	3.00E-07	3.28E-08
	Fil de l'eau 2030	1.89E-07	2.00E-08
	État projeté 2030	1.92E-07	2.05E-08
	Fil de l'eau 2050	1.55E-07	1.59E-08
	État projeté 2050	1.52E-07	1.56E-08
Fluorène	État initial 2021	1.38E-07	4.69E-08
	Fil de l'eau 2030	1.26E-07	1.67E-08
	État projeté 2030	1.28E-07	1.89E-08
	Fil de l'eau 2050	1.29E-07	1.32E-08
	État projeté 2050	1.27E-07	1.30E-08
Fluoranthène	État initial 2021	2.34E-06	2.67E-07
	Fil de l'eau 2030	1.38E-06	1.48E-07
	État projeté 2030	1.40E-06	1.52E-07
	Fil de l'eau 2050	1.09E-06	1.12E-07
	État projeté 2050	1.07E-06	1.10E-07
Phénanthrène	État initial 2021	4.95E-06	5.46E-07
	Fil de l'eau 2030	3.09E-06	3.24E-07
	État projeté 2030	3.14E-06	3.34E-07
	Fil de l'eau 2050	2.48E-06	2.52E-07
	État projeté 2050	2.44E-06	2.47E-07
Pyrène	État initial 2021	1.98E-06	2.38E-07
	Fil de l'eau 2030	1.06E-06	1.16E-07
	État projeté 2030	1.08E-06	1.21E-07
	Fil de l'eau 2050	7.94E-07	8.35E-08
	État projeté 2050	7.80E-07	8.18E-08

Source : Egis

TABLEAU 25 : DOSE JOURNALIERE D'EXPOSITION DES ENFANTS POUR LES TRACEURS DE RISQUE CONSIDERES PAR INGESTION EN EXPOSITION CHRONIQUE (MG/KG PC/J)

1.5.4.5.12 - Caractérisation de risques sanitaires en exposition chronique

✓ Caractérisation du risque par inhalation

Pour les polluants à effets à seuil faisant suite à une exposition par inhalation, la possibilité d'effets toxiques pour les populations exposées est matérialisée par le calcul du Quotient de Danger (QD), selon la formule suivante :

QD = CI / VTR

Avec :

- CI : concentration moyenne d'exposition par inhalation, exprimée en µg/m³ d'air inhalé,
- VTR : valeur toxicologique de référence pour les effets à seuil choisie dans cette évaluation, exprimée en µg/m3 d'air inhalé, pour une exposition chronique par inhalation.

En termes d'interprétation, lorsque le quotient de danger est inférieur à 1, la survenue d'effet à seuil paraît peu probable, même pour les populations sensibles. Au-delà de 1, la possibilité d'apparition d'effets ne peut être exclue. À titre d'illustration, un QD égal à 2 signifie que la dose d'exposition est deux fois plus élevée que la VTR et non pas qu'il y a deux fois plus de risque de voir l'effet se manifester.

Pour les polluants à effets sans seuil (cancérogènes génotoxiques), on calcule un Excès de Risque Individuel (ERI), correspondant à la probabilité supplémentaire, par rapport au risque de base, de survenue d'un cancer au cours d'une vie entière pour les concentrations réelles d'exposition. L'Excès de Risque Individuel est calculé par la formule suivante :

ERI = ERU x CI x T/Tm

Avec :

- ERU : Excès de Risque Unitaire par inhalation pour une vie entière (conventionnellement 70 ans). C'est la probabilité de survenue d'un cancer, au cours de l'exposition d'un individu durant sa vie entière à la concentration de 1 µg/m³ ;
- T : durée d'exposition en années définie dans le Tableau 20 ;
- Tm : durée de vie, fixée conventionnellement à 70 ans ;
- CI : concentration d'exposition (en µg/m³).

La prise en compte des ADAF permettant d'intégrer la croissance des enfants revient à la formule suivante :

ERI = ERU x CI_{0-2ans} x 10 x 2/70 + ERU x CI_{2-15ans} x 3 x 14/70 + ERU x CI_{adulte} x 1 x 14/70

Cette formule s'applique différemment suivant le public visé :

- Enfants à la crèche : seul le premier terme de la formule est retenu et les enfants sont considérés être présents 3 ans. Le nombre d'année T est de 3 pour l'exposition 0 à 2 ans afin de prendre en compte les 3 années de crèche. La formule pour la présente étude est : **ERI_{crèche} = ERU x CI_{0-2ans} x 10 x 3/70 ;**
- Enfants à l'école : seul le terme central de la formule est utilisé. La formule pour la présente étude est : **ERI_{école} = ERU x CI_{2-15ans} x 3 x T/70** avec T variant en fonction du type d'école : maternelle (3 ans), élémentaire (5 ans) ou primaire (8 ans).

En terme d'interprétation, de façon à apprécier le risque cancérogène, caractérisé par l'Excès de Risque Individuel, l'US-EPA prend en considération un risque repère de 10⁻⁶ pour un risque collectif touchant l'ensemble d'une population, et une valeur maximale de 10⁻⁴ pour juger du risque auquel un individu peut être exposé. L'ATSDR utilise souvent un intervalle de 10⁻⁴ à 10⁻⁶ pour l'excès de risque de cancer vie entière pour déterminer s'il y a une préoccupation particulière pour le risque cancérogène. Pour sa part, la circulaire DGS et DGPR du 09/08/13 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation mentionne la valeur de 10⁻⁵ comme critère d'acceptabilité de l'évaluation de risque sanitaire.



Dans le cadre de cette étude, nous retenons donc la valeur de 10^{-5} comme critère d’acceptabilité de l’Excès de Risque Individuel (ERI).

Que représente l’Excès de Risque Unitaire (ERUi) ?

L’ERUi correspond à la probabilité supplémentaire de survenue de l’effet sans seuil (cancer génotoxique) pour l’individu exposé durant sa vie entière, en plus de la probabilité de le développer uniquement à cause de la pollution de fond. C’est en ce sens que l’on parle d’excès de risque.

Comment interpréter l’Excès de Risque Individuel (ERI) ?

L’ERI est la probabilité que l’individu exposé développe au cours de sa vie l’effet associé à une exposition limitée dans le temps à un agent dangereux, compte tenu de sa dose journalière d’exposition et de l’excès de risque unitaire (ERUi) de la substance étudiée.

Par exemple, un ERI de 0,0001 signifie qu’un individu exposé toute sa vie à une substance cancérogène a 1 chance sur 10 000 de contracter un cancer lié à cette substance. Autrement dit, sur une population de 10 000 habitants, cette substance va être à l’origine d’un cas de cancer supplémentaire.

1.5.4.5.13 - Polluants à effets à seuil

✓ Dioxyde d’azote et particules

Pour le dioxyde d’azote et les particules qui ne disposent pas de VTR, mais d’une Valeur Guide (VG) pour la protection de la santé, les teneurs moyennes annuelles d’exposition par inhalation sont comparées aux valeurs guide pour la protection de la santé proposée par l’OMS pour les 5 états étudiés (Cf. Tableau 26).

Au droit des points récepteurs retenus, les teneurs d’exposition par inhalation sont supérieures aux valeurs guide pour la protection de la santé, pour le dioxyde d’azote et les particules PM2,5 quel que soit l’état considéré (2022, 2038 et 2058 sans et avec projet).

Pour les PM10, les teneurs d’exposition par inhalation sont :

- Supérieures aux valeurs guide pour la protection de la santé quel que soit l’état considéré (2022, 2038 et 2058 sans et avec projet) pour la micro-crèche Les Malicieux d’Appert et les riverains ;
- Supérieures aux valeurs guide pour la protection de la santé à l’**État initial 2022** et au **Fil de l’eau 2038** et inférieures aux valeurs guide à l’**État projeté 2038** et à l’horizon 2058 sans et avec projet) pour le groupe scolaire Jules Muraire dit Raimu ;
- Inférieures aux valeurs guide pour la protection de la santé quel que soit l’état considéré (2022, 2038 et 2058 sans et avec projet) pour la Clinique Saint-Michel et l’EHPAD Jeanne Marguerite.

Traceurs de risque	État	Micro-crèche Les Malicieux d'Appert	Groupe Scolaire Jules Muraire dit Raimu	Clinique Saint-Michel	EHPAD Jeanne Marguerite	Riverain Bd de Strasbourg	Riverain Av de la Palasse	Valeurs Guides OMS
Dioxyde d'azote en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <i>BF = 17,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</i>	État initial 2022	36.2	31.2	23.1	25.5	32.6	38.1	10
	Fil de l'eau 2038	24.4	22.6	19.5	20.1	23.1	25.2	
	État projeté 2038	24.6	23.7	19.5	20.2	24.4	25.4	
	Fil de l'eau 2058	21.9	19.6	18.6	19.1	19.8	22.4	
	État projeté 2058	21.8	19.5	18.6	19.1	19.7	22.3	
Particules PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <i>BF = 13,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</i>	État initial 2022	15.9	15.2	13.9	14.3	15.4	16.2	15
	Fil de l'eau 2038	15.4	15.0	13.8	14.1	15.2	15.7	
	État projeté 2038	15.5	15.2	13.9	14.1	15.4	15.8	
	Fil de l'eau 2058	15.4	14.9	13.8	14.1	15.1	15.7	
	État projeté 2058	15.5	14.9	13.8	14.1	15.1	15.8	
Particules PM2,5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <i>BF = 7,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$</i>	État initial 2022	9.5	8.9	8.1	8.4	9.1	9.7	5
	Fil de l'eau 2038	9.0	8.7	8.0	8.2	8.9	9.1	
	État projeté 2038	9.0	8.9	8.0	8.2	9.0	9.2	
	Fil de l'eau 2058	8.9	8.6	8.0	8.1	8.7	9.1	
	État projeté 2058	9.0	8.6	8.0	8.2	8.7	9.1	

Source : Egis

TABLEAU 26 : CONCENTRATIONS D’EXPOSITION PAR INHALATION POUR LE DIOXYDE D’AZOTE ET LES PARTICULES VS VALEURS GUIDES OMS

1.5.4.5.14 - Quotient de danger

Pour les substances disposant d’une VTR pour les effets à seuil par inhalation, le quotient de danger est calculé, à partir des concentrations d’exposition des populations (Cf. Tableau 21) et des VTR retenues (Cf. Tableau 15).

1.5.4.5.15 - Caractérisation du risque par ingestion

Pour la voie d’exposition par ingestion des polluants à effets à seuil, le quotient de danger se calcule par la formule suivante :

$$QD_o = \frac{DJE}{DJA}$$

Avec :

- DJE : dose journalière d’exposition exprimée en mg/kg pc/j ;
- DJA : dose journalière admissible (VTR relative à une exposition par ingestion) exprimée en mg/kg pc/j.

La valeur repère pour le quotient de danger est de 1. L’interprétation reste identique à celle présentée pour le risque par inhalation.

Le risque cancérogène pour une exposition par ingestion est estimé en calculant l’Excès de Risque Individuel (ERI), tel que :

$$ERIo = ERUo \times DJE \times T/Tm$$

Avec :

- ERIo : Excès de Risque Individuel pour la voie d’exposition par voie orale ;
- ERUo : Excès de Risque Unitaire pour la voie d’exposition par voie orale ;
- DJE : Dose Journalière d’Exposition ;
- T : durée d'exposition en années ;
- Tm : durée de vie fixée à 70 ans.

Comme précisé au paragraphe 2Caractérisation du risque par inhalation, la prise en compte des ADAF pour tenir compte de la croissance des enfants revient à la formule suivante :

$$ERI = ERU \times CI_{0-2ans} \times 10 \times 2/70 + ERU \times CI_{2-15ans} \times 3 \times 14/70 + ERU \times CI_{adulte} \times 1 \times 14/70$$

Le critère d’acceptabilité de l’Excès de Risque Individuel (ERI) est de 10^{-5} tel que présenté dans le chapitre précédent.

1.5.4.5.16 - Polluants à effets à seuil

Pour les substances disposant de VTR par ingestion, les quotients de danger concernant les effets à seuil sont calculés pour les 5 horizons étudiés à partir des doses journalières d’exposition des populations (Cf. Tableau 25) et des VTR retenues (Cf. Tableau 18).

Traceurs de risque	État	Micro-crèche Les Malicieux d'Appert	Groupe Scolaire Jules Murairé dit Raimu
Benzo(a)pyrène	État initial 2021	4.66E-04	5.26E-05
	Fil de l'eau 2030	2.74E-04	2.96E-05
	État projeté 2030	2.78E-04	3.05E-05
	Fil de l'eau 2050	2.20E-04	2.30E-05
	État projeté 2050	2.16E-04	2.25E-05
Acénaphthène	État initial 2021	3.86E-05	4.12E-06
	Fil de l'eau 2030	1.68E-05	1.82E-06
	État projeté 2030	1.70E-05	1.86E-06
	Fil de l'eau 2050	1.03E-05	1.13E-06
	État projeté 2050	1.01E-05	1.10E-06
Anthracène	État initial 2021	1.11E-06	1.42E-07
	Fil de l'eau 2030	9.35E-07	9.84E-08
	État projeté 2030	9.49E-07	1.02E-07
	Fil de l'eau 2050	8.65E-07	8.60E-08
	État projeté 2050	8.50E-07	3.06E-07
Benzo(ghi)pérylène	État initial 2021	1.00E-05	1.09E-06
	Fil de l'eau 2030	6.31E-06	6.66E-07
	État projeté 2030	6.41E-06	6.85E-07
	Fil de l'eau 2050	5.17E-06	5.29E-07
	État projeté 2050	5.08E-06	5.19E-07
Fluorène	État initial 2021	3.46E-06	1.17E-06
	Fil de l'eau 2030	3.15E-06	4.17E-07
	État projeté 2030	3.20E-06	4.72E-07
	Fil de l'eau 2050	3.23E-06	3.31E-07
	État projeté 2050	3.18E-06	3.24E-07
Fluoranthène	État initial 2021	5.84E-05	6.68E-06
	Fil de l'eau 2030	3.46E-05	3.69E-06
	État projeté 2030	3.51E-05	3.81E-06
	Fil de l'eau 2050	2.72E-05	2.81E-06
	État projeté 2050	2.68E-05	2.75E-06
Phénanthrène	État initial 2021	1.24E-04	1.36E-05
	Fil de l'eau 2030	7.72E-05	8.10E-06
	État projeté 2030	7.84E-05	8.34E-06
	Fil de l'eau 2050	6.20E-05	6.30E-06
	État projeté 2050	6.09E-05	6.17E-06
Pyrène	État initial 2021	6.61E-05	7.92E-06
	Fil de l'eau 2030	3.54E-05	3.87E-06
	État projeté 2030	3.59E-05	4.02E-06
	Fil de l'eau 2050	2.65E-05	2.78E-06
	État projeté 2050	2.60E-05	2.73E-06

Source : Egis

TABLEAU 27 : QUOTIENT DE DANGER – EXPOSITION CHRONIQUE POUR LES EFFETS A SEUIL PAR INGESTION

1.5.4.5.17 - Polluants à effets sans seuil

Les excès de risque individuel concernant les effets sans seuil par ingestion sont calculés pour les 5 horizons étudiés à partir des doses journalières d'exposition des populations (Cf. Tableau 25) et des VTR retenues (Cf. Tableau 19).

Au regard des résultats obtenus, l'excès de risque individuel en eq benzo(a)pyrène est nettement inférieur à la valeur repère de 10⁻⁵.

1.5.4.6 - Caractérisation de risques sanitaires en exposition aiguë

1.5.4.6.1 - Méthodologie

Pour les polluants faisant suite à une exposition aiguë par inhalation, la possibilité d'effets toxiques pour les populations exposées est matérialisée par le calcul du Quotient de Danger (QD), selon la formule suivante :

QD = CI / VTR

Avec :

- CI : concentration maximale d'exposition par inhalation, exprimée en µg/m³ d'air inhalé ;
- VTR : valeur toxicologique de référence pour les effets à seuil choisie dans cette évaluation, exprimée en µg/m³ d'air inhalé, pour une exposition aiguë par inhalation.

En termes d'interprétation, lorsque le quotient de danger est inférieur à 1, la survenue d'effet à seuil paraît peu probable, même pour les populations sensibles. Au-delà de 1, la possibilité d'apparition d'effets ne peut être exclue.

1.5.4.6.2 - Caractérisation du risque sanitaire aigu

Le risque sanitaire en exposition aigu est calculé pour les 5 horizons étudiés à partir des concentrations d'exposition des populations (Cf. Tableau 23) et des VTR retenues (Cf. Tableau 17).

Pour tous les polluants et les différents scénarios étudiés, les quotients de danger calculés dans le Tableau 28 sont tous inférieurs à 1. La valeur maximale concerne les PM2,5 (QD = 0,877) au niveau du riverain de l'avenue de la Palasse, à l'État initial 2022.

Aucun risque aigu n'est susceptible d'apparaître pour les populations étudiées quelle que soit la substance considérée et quel que soit le scénario étudié.

Traceurs de risque	État	Micro-crèche Les Malicieux d'Appert	Groupe Scolaire Jules Murairé dit Raimu	Clinique Saint-Michel	EHPAD Jeanne Marguerite	Riverain Bd de Strasbourg	Riverain Av de la Palasse
Dioxyde d'azote en µg/m³ BF = 17,7 µg/m³	État initial 2022	2.92E-01	2.40E-01	2.02E-01	2.53E-01	2.96E-01	3.38E-01
	Fil de l'eau 2038	1.68E-01	1.50E-01	1.23E-01	1.46E-01	1.84E-01	1.98E-01
	État projeté 2038	1.70E-01	1.64E-01	1.24E-01	1.47E-01	2.03E-01	2.01E-01
	Fil de l'eau 2058	1.38E-01	1.14E-01	1.10E-01	1.24E-01	1.30E-01	1.61E-01
	État projeté 2058	1.37E-01	1.13E-01	1.09E-01	1.24E-01	1.28E-01	1.60E-01
Particules PM10 en µg/m³ BF = 13,3 µg/m³	État initial 2022	4.02E-01	3.77E-01	3.39E-01	3.79E-01	4.16E-01	4.59E-01
	Fil de l'eau 2038	3.83E-01	3.67E-01	3.30E-01	3.57E-01	4.10E-01	4.33E-01
	État projeté 2038	3.86E-01	3.77E-01	3.31E-01	3.59E-01	4.22E-01	4.36E-01
	Fil de l'eau 2058	3.83E-01	3.67E-01	3.30E-01	3.54E-01	4.11E-01	4.33E-01
	État projeté 2058	3.86E-01	3.64E-01	3.32E-01	3.57E-01	4.09E-01	4.39E-01
Particules PM2,5 en µg/m³ BF = 7,7 µg/m³	État initial 2022	7.74E-01	6.96E-01	6.34E-01	7.14E-01	7.98E-01	8.77E-01
	Fil de l'eau 2038	7.04E-01	6.79E-01	5.95E-01	6.59E-01	7.80E-01	7.85E-01
	État projeté 2038	7.10E-01	7.00E-01	5.97E-01	6.61E-01	8.11E-01	7.93E-01
	Fil de l'eau 2058	7.00E-01	6.74E-01	5.92E-01	6.54E-01	7.76E-01	7.82E-01
	État projeté 2058	7.07E-01	6.70E-01	5.96E-01	6.62E-01	7.72E-01	7.92E-01

Source : Egis

TABLEAU 28 : QUOTIENT DE DANGER – EXPOSITION AIGUË PAR INHALATION



1.5.4.6.3 - Revue des incertitudes

L'évaluation des risques sanitaires constitue un outil d'aide à la décision permettant d'apprécier l'impact sanitaire d'une infrastructure routière sur les populations exposées.

Ces résultats font l'objet d'incertitudes conduisant à une sous-estimation ou à une surestimation des risques calculés, liées notamment aux connaissances scientifiques sur les polluants et les VTR, à l'évaluation des teneurs issues de la modélisation et au choix des hypothèses retenues.

L'analyse des incertitudes a pour objet d'apprécier leurs influences sur les résultats de l'évaluation des risques sanitaires.

1.5.4.6.4 - Facteurs de sous-estimation des risques

Les incertitudes qui portent sur cette évaluation et qui conduisent à sous-estimer les risques sont les suivantes :

■ Voies d'exposition

Dans cette étude, l'exposition par voie cutanée n'a pas été prise en compte, ce qui peut constituer une sous-estimation potentielle des risques calculés. Néanmoins, peu de VTR existent pour cette voie et l'extrapolation d'une VTR à partir d'une autre voie est entachée d'incertitude. De plus, l'absorption cutanée des gaz est négligeable devant absorption par voies respiratoires.

1.5.4.6.5 - Facteurs de surestimation des risques

Les incertitudes qui portent sur cette évaluation et qui conduisent à surestimer les risques sont les suivantes :

■ Spéciation du chrome

En l'absence de données précises sur la part relative des formes organiques et inorganiques, les émissions de chrome ont été totalement affectées au chrome VI, forme la plus préoccupante en termes de risque sanitaire.

■ Choix des VTR

Les VTR retenues dans le cadre de cette étude, en conformité avec les préconisations de l'InVS et de la note de la DGS du 31 octobre 2014, peuvent être considérées comme bénéficiant d'un degré de confiance élevé. Des facteurs de sécurité sont systématiquement appliqués (pour l'extrapolation inter-espèces, pour les populations sensibles, la qualité des données sources, etc.) sur ces VTR établies par les grandes instances internationales de la santé. Leur application conduit donc généralement à une surestimation des risques.

■ Teneur de fond

Les teneurs de fond retenues, sur la base des mesures actuelles, ont été extrapolées aux années 2038 et 2058 (état au fil de l'eau et état projeté) sans aucune variation alors que l'on peut raisonnablement espérer une diminution des valeurs de fond des principaux polluants atmosphériques compte tenu des évolutions réglementaires et efforts technologiques à venir.

■ Scénarii d'exposition

Dans la présente étude et en l'absence de connaissances précises du budget espace-temps des populations étudiées, nous avons retenu des paramètres d'exposition relativement majorants pour les populations de riverains.

1.5.4.6.6 - Facteurs d'incertitude dont l'influence sur le résultat n'est pas connue

Les incertitudes qui portent sur cette évaluation, et dont le sens d'influence n'est pas connu, sont les suivantes :

■ Teneurs de fond

Les teneurs de fond retenues sont issues des valeurs mesurées lors des campagnes de mesure Egis en octobre et novembre 2021 et en avril et mai 2022 au niveau du site 05 (dioxyde d'azote) et site 27 (autres polluants) ; nous avons assimilé le résultat de ces mesures à une moyenne annuelle.

■ Teneurs en polluants

Nous avons considéré que les teneurs étaient identiques à l'extérieur et à l'intérieur des bâtiments, ce qui n'est probablement pas le cas. L'influence de ces hypothèses sur les risques sanitaires est difficilement appréciable.

■ Risque global

Les substances interagissent les unes par rapports aux autres. Si la connaissance des effets sur la santé, liés à l'inhalation de chacune d'entre elles a beaucoup avancé, ce n'est pas encore le cas pour l'ensemble des substances. Les méthodes disponibles pour quantifier les risques sanitaires liés à l'exposition simultanée de plusieurs polluants (additivité des risques) sont encore limitées et il reste difficile de savoir si les effets sanitaires sont antagonistes, synergiques ou additifs.

1.5.4.6.7 - Synthèse des facteurs d'incertitude

Il ressort de l'examen des incertitudes que les facteurs qui minorent le risque seraient peu nombreux et qu'ils induiraient probablement une sous-estimation non significative des risques sanitaires estimés. Il semble donc raisonnable de conclure que **les hypothèses retenues amènent à une probable surestimation du risque.**

Toutefois, les résultats de cette ERS doivent être appréciés en l'état des connaissances disponibles aussi bien méthodologiques que descriptives. Les données et les méthodes de calculs utilisées ont été présentées et les choix ont été justifiés.



1.5.5 - Etude sociologique

1.5.5.1 - Cadre réglementaire

La réalisation d'une évaluation socio-économique est encadrée par plusieurs textes réglementaires auxquels il faut se référer. Les deux principaux sont les suivants :

L'article 14 de la loi d'orientation des transports intérieurs (LOTI) du 30 décembre 1982, aujourd'hui transposé dans les articles L1511-1 à L1511-6 du Code des Transports. L'application de ces articles est encadrée par des instructions méthodologiques, mises à jour périodiquement ; ces instructions explicitent la démarche à suivre pour l'évaluation d'un projet, listent les thématiques d'étude à aborder et préconisent les valeurs tutélaires à appliquer pour les calculs.

La dernière instruction en date est l'instruction gouvernementale du 16 juin 2014 du ministère en charge des transports. Elle est complétée par une note technique Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer du 27 juin 2014 (mise à jour en 2019) ainsi qu'un ensemble de fiches-outils publiées sur le site internet du ministère de la transition écologique et solidaire.

« Les grands projets d'infrastructures⁵ et les grands choix technologiques sont évalués sur la base de critères homogènes intégrant les impacts des effets externes des transports relatifs notamment à l'environnement, à la sécurité et à la santé et permettant de procéder à des comparaisons à l'intérieur d'un même mode de transport et entre différents modes ou combinaisons de modes. Ces évaluations sont rendues publiques avant l'adoption définitive des projets concernés ». (Extrait de l'Article 14)

L'ensemble de cette méthode est applicable à toutes les évaluations engagées depuis le 1^{er} octobre 2014.

L'article 17 de la loi n°2012-1558 du 31 décembre 2012 présente l'obligation d'évaluation préalable à tout projet d'investissement de l'État, sans seuil minimal d'investissement ou de linéaire.

Complété par son décret d'application n°2013-1211 du 23 décembre 2013, ce dispositif prévoit un contenu minimal des dossiers d'évaluation pour les projets financés par l'État à hauteur de 20M€ HT, ainsi qu'une contre-expertise obligatoire de l'évaluation diligentée par le Secrétariat Général pour l'Investissement (SGPI), pour les projets dont la part État est supérieure à 100 M€ HT.

La production de l'évaluation socio-économique au titre du Code des Transports permet de satisfaire ces exigences. La méthodologie spécifique au calcul socio-économique est détaillée dans le chapitre 3.3.2 du volet I qui lui est dédié. Les méthodes de calculs prennent en compte les dernières actualisations.

- La métropole a répondu à l'appel à projet de l'État en 2021 et bénéficie d'une subvention de l'État de 40 millions d'euros sous réserve que les travaux débutent avant le 31/12/2025.

1.5.5.2 - Calcul socio-économique

L'évaluation socio-économique d'un projet consiste à mesurer son intérêt pour la collectivité, en comparant les avantages et les inconvénients engendrés.

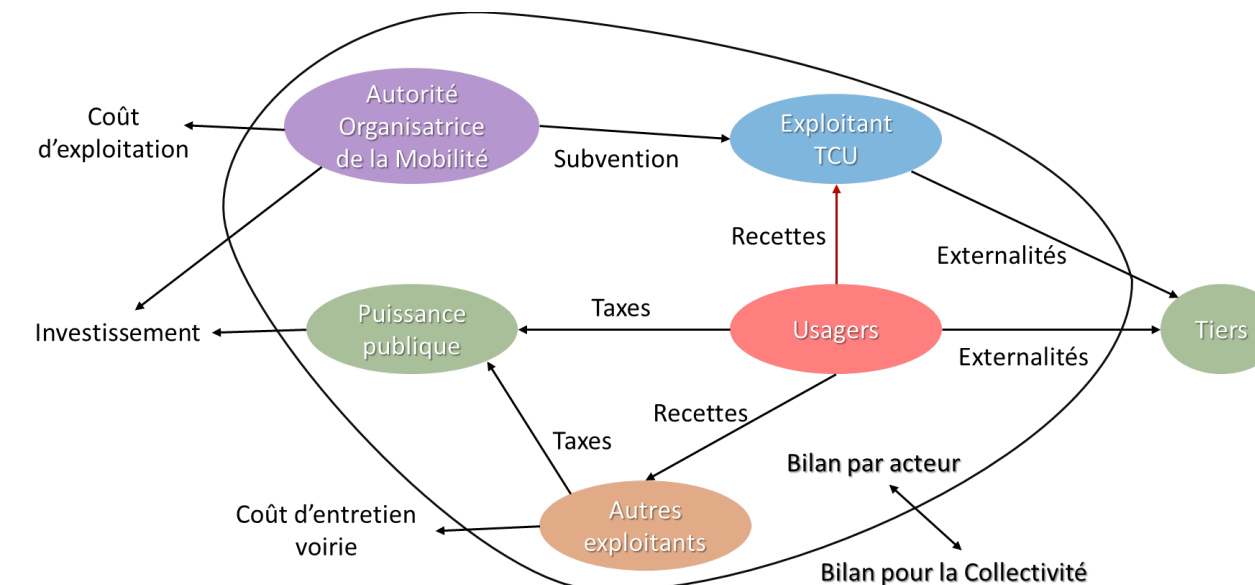
Elle vise à éclairer la décision publique, en déterminant en termes monétaires les coûts et avantages des projets d'infrastructure de transport ou de déplacement.

L'évaluation socio-économique est établie selon une méthodologie normalisée, commune à l'ensemble des projets d'infrastructure de transport. Elle consiste à sommer l'ensemble des avantages et des coûts monétaires ou monétarisés d'un projet en s'efforçant d'intégrer, sur la base d'une unité monétaire homogène (euros constants), les notions financières, socio-économique et environnementale.

Le bilan socio-économique est élaboré conformément aux textes en vigueur :

- L'instruction gouvernementale (dite « Royal ») du 16 juin 2014 relatives à l'évaluation des projets de transport,

- La note technique du 27 juin 2014 relatives à l'évaluation des projets de transport de la Direction Générale des Infrastructures de Transport et de la Mer,
- Les fiches-outils thématiques associées à la note technique et en particulier la fiche « valeurs de référence prescrites pour le calcul socio-économique » (dans leur dernière version du 3 mai 2019).



1.5.5.3 - Méthodologie

Situation de référence

La situation de référence correspond à la situation à l'échéance de l'aménagement, mais en son absence. Elle permet ainsi d'évaluer les effets de la réalisation des lignes de Bus à Haut Niveau de Service (BHNS).

La mise en perspective en situation de référence permet d'évaluer, au regard des stratégies et projets des acteurs du territoire, le rôle que pourra jouer, à l'horizon de l'aménagement, le BHNS dans l'organisation et le fonctionnement du territoire.

La situation de référence inclut deux volets :

- Un volet sociodémographique : contexte d'évolution future et exogène au projet (économique – PIB, etc., social – démographie, taux de motorisation, etc.),
- Un volet infrastructures : infrastructures ou services de transport qui seraient réalisés indépendamment du projet étudié.

Le scénario et ses effets sont comparés à cette situation de référence et non à la situation actuelle.

En termes de cadrage national, les hypothèses d'évolution de la demande, des coûts de circulation et de modification de l'offre de transport, correspondent à celles du scénario AMS (avec mesures supplémentaires). Ce scénario de cadrage national permet l'atteinte des objectifs politiques d'une neutralité carbone à l'horizon 2050, et de diminuer les consommations d'énergie de manière importante et durable via l'efficacité énergétique ou des comportements plus sobres.

Taux d'actualisation

Les flux d'avantages et de coûts du projet interviennent à des années différentes de la vie du projet. L'actualisation est un processus nécessaire pour pouvoir sommer les coûts et les avantages obtenus à des années différentes. Pour sommer les coûts et avantages, il est nécessaire de les convertir à la même année à l'aide du taux d'actualisation, cadré par les textes en vigueur.

lourd ;

2° Les canalisations d'intérêt général, [...]

3° Les projets d'infrastructures de transport dont le coût, hors taxes, est égal ou supérieur à 83 084 715 €.

⁵ Constituent de grands projets d'infrastructures de transport au sens de l'article L. 1511-2 :

1° La création de voies rapides à 2 x 2 voies d'une longueur supérieure à 25 km, d'aérodromes de catégorie A, d'infrastructures ferroviaires d'intérêt général, de voies navigables de plus de 5 km accessibles aux bateaux de plus de 1 000 tonnes de port en

L'actualisation est différente de l'indexation ou de la correction de l'inflation : c'est une technique qui permet d'évaluer le changement de valeur d'un bien en fonction du moment où on le donne et reflète la préférence de la collectivité pour le présent (1€ gagné aujourd'hui est préférable à 1€ gagné l'année prochaine).

Le calcul d'actualisation démontre que 100€ perçus plus tard dans le temps ont moins de valeur que s'ils sont perçus aujourd'hui. En effet, recevoir l'argent aujourd'hui permet de l'investir et qu'il rapporte plus dans le futur. Il peut également être consommé tout de suite (c'est la "préférence pour le présent"). Le pouvoir d'achat est également plus important aujourd'hui que dans le futur en raison de l'inflation.

Ainsi, pour un montant de 100€ perçus en 2028 et avec un taux d'actualisation de 4.5%, ces 100 € valent 84 € aujourd'hui.

L'instruction gouvernementale du 16 juin 2014 propose de paramétrer le taux d'actualisation à 4%. Et si en réalisant des tests sur la croissance du PIB, le projet s'avère vulnérable aux risques systémiques, le taux d'actualisation considéré est alors de 4,5%.

La figure suivante présente l'évolution du coefficient en fonction du taux d'actualisation en vigueur (4,5%). Elle montre que l'actualisation a pour conséquence après la mise en service, de faire décroître la valeur actualisée des coûts mais aussi des avantages tirés du projet. À contrario, la mobilisation anticipée de dépenses avant la mise en service est majorée. Cela conduit finalement à donner une valeur plus importante dans le bilan aux dépenses liées au chantier jusqu'à la mise en service et à réduire dans le temps les effets des avantages. Ainsi, 15 ans après la mise en service du projet, seuls 56% des avantages sont retenus.

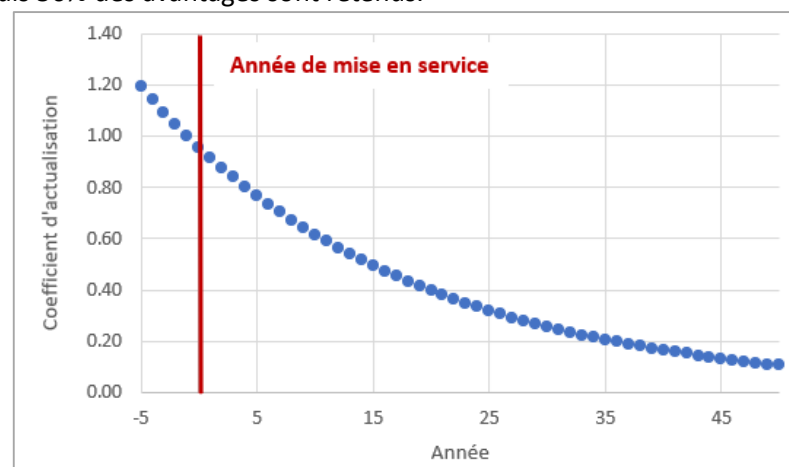


FIGURE 26 : TAUX D'ACTUALISATION

Nous retenons un taux d'actualisation unique de 4.5%.

Par convention, l'année d'actualisation est l'année précédant la mise en service (prévue en 2028) ; les résultats du bilan seront donc actualisés en 2027.

Période d'évaluation

L'instruction Royal propose une période d'évaluation du projet jusqu'en 2070 quelle que soit l'année de mise en service du projet. Le bilan est poursuivi jusqu'en 2140 permettant ainsi le calcul d'une valeur résiduelle des coûts et avantages sur la période 2070-2140.

L'instruction Royal précise que la croissance des trafics et des valeurs tutélaires est stabilisée à partir de 2070 sauf pour la valeur du carbone.

Majoration des fonds publics

La majoration des fonds publics intègre le Coût d'Opportunité des Fonds Publics (COFP) et le prix fictif de rareté des fonds publics (PFRFP).

Elle reflète la perte d'efficacité socio-économique (distorsions) due aux impôts. En d'autres termes, il s'agit d'un prix fictif à affecter à la dépense publique nette, du fait des distorsions et pertes d'efficacité introduites par les prélèvements fiscaux dans l'économie.

Le calcul du bilan socio-économique prend en compte le Coût d'Opportunité des Fonds Publics. La totalité des fonds publics investis dans le projet est ainsi majorée d'un coefficient de 1.2. Ce taux s'applique sur :

- Les dépenses d'investissement financées par de l'argent public, soit ici la totalité de l'investissement,
- Les dépenses d'entretien et d'exploitation à la charge des opérateurs publics,
- La variation des impôts et taxes perçues par la puissance publique.

Le prix fictif de rareté des fonds publics (PFRFP) s'applique de la même manière que le COFP et majore les dépenses précédemment citées d'un coefficient de 1,05.

Il reflète la nécessité de hiérarchiser les projets en situation de rareté de l'argent public (Les projets retenus ne sont pas toujours tous finançables ; la puissance publique pouvant choisir de limiter les montants de fonds publics mobilisables). L'application du PFRFP prend son sens au moment des décisions relatives au financement du projet. Les résultats sont présentés avec la majoration des fonds publics et le prix fictif de rareté des fonds publics.

1.5.6 - Bilan carbone

1.5.6.1 - Introduction

L'**empreinte carbone** ou **l'évaluation des émissions de GES** est une méthode d'analyse environnementale internationale monocrère qui comptabilise les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) directes et indirectes engendrées par une activité, un produit ou un projet.

La réalisation d'une empreinte carbone projet s'appuie sur les grands principes de la méthodologie **d'Analyse de Cycle de Vie** (ACV) et des standards internationaux associés. Ainsi, la méthodologie utilisée repose sur les normes et réglementations suivantes :

- ISO 14040 / ISO 14044 : Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principes et cadre - Exigences et lignes directrices
- ISO 14 025 : Marquages et déclarations environnementaux - Déclarations environnementales de type III - Principes et modes opératoires
- EN 15 804 « Bâtiment » : Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Déclarations environnementales sur les produits - Règles régissant les catégories de produits de construction
- ISO 21 931 (EN 15 978) « Bâtiment » : Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Évaluation de la performance environnementale des bâtiments - Méthode de calcul
- EN 17 472 « Infrastructure » : « Sustainability of construction works- Sustainability assessment of civil engineering works- Calculation methods. »

De plus, dans le cadre de l'évaluation environnementale cette méthodologie est en accord avec la méthodologie du Ministère de la transition écologique publiée en février 2022 : « Prise en compte des émissions de Gaz à Effet de Serre dans les études d'impact ».

1.5.6.2 - Présentation de la méthodologie

L'empreinte carbone d'un projet permet d'évaluer, en ordre de grandeur, les émissions de GES engendrées par l'ensemble des processus physiques nécessaires à l'existence de cette activité.

L'empreinte carbone d'un projet repose sur les principes suivants :

- **Approche multi-étape** : on évalue le projet sur l'ensemble de son cycle de vie de l'extraction des matières premières jusqu'à la fin de vie. Cette approche peut être restreinte par l'exclusion de certaines étapes définies dans le périmètre de l'étude.
- **Approche monocrère** : les méthodologies d'ACV proposent un cadre pour l'évaluation de nombreux indicateurs environnementaux (par exemple l'eutrophisation, l'épuisement des ressources ou encore la destruction de la couche d'ozone). Dans le cadre d'une empreinte carbone seul l'indicateur changement climatique est évalué.

■ **Périmètre et unité fonctionnelle** : la comparaison de différents scénarios ou variantes doit se faire sur le même périmètre et pour la même fonction.

L’empreinte carbone consiste à traduire des données d’activité observables en émissions de gaz à effet de serre grâce à l’application de coefficients de conversion, également appelés Facteurs d’Emission (FE). L’empreinte carbone permet de prendre en compte les 7 gaz à effet de serre listés dans le Protocole de Kyoto :

■ **Le dioxyde de carbone (CO2)**, issu de la déforestation et de l’utilisation de combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz). Les émissions de CO2 organiques sont responsables de 69% de l’effet de serre induit par les activités humaines.

■ **Le méthane (CH4)**, généré par la fermentation de matières organiques en l’absence d’oxygène (marais, rizières...) mais aussi par les fuites liées à l’utilisation d’énergies fossiles comme le gaz naturel ou le charbon, ou encore par l’élevage. Il est responsable de 18% de l’effet de serre induit par les activités humaines.

■ **Le protoxyde d’Azote (N2O)**, il résulte de l’oxydation dans l’air de composés azotés et ses émissions sont dues pour 2/3 à l’usage de fumier et d’engrais. Il est également utilisé comme gaz propulseur dans les aérosols. Il est responsable de 5% de l’effet de serre induit par l’activité humaine.

■ **Les gaz dits « industriels » (HFC, PFC, SF6, NF3)**, car n’existant pas à l’état naturel mais produits par l’homme. Ils sont utilisés pour la production de froid, dans les climatiseurs, réfrigérateurs, et autres systèmes industriels. Même s’ils sont présents en très faible concentration dans l’atmosphère, certains d’entre eux ont un pouvoir de réchauffement global (PRG) très important.

Cette méthode permet de couvrir de manière exhaustive l’ensemble des sources d’émissions directes ou indirectes de GES.

La réalisation de l’empreinte carbone d’un projet se déroule généralement en 6 étapes clés :

1. **Préparation de l’étude** : définition des objectifs, des méthodologies et des outils
2. **Définition du champ de l’étude** : périmètre temporel, périmètre spatial et fonctionnel
3. **Définition des postes d’émissions et collecte des données** : identification des postes d’émissions pour les différents scénarios étudiés, collecte des données d’activités et des facteurs d’émissions associés.
4. **Analyse et présentation des résultats** : présentation des résultats totaux et par catégorie, comparaison entre les différents scénarios, si pertinent, et identification des postes les plus émetteurs
5. **Mesures ERC (Eviter Réduire Compenser)** : identification des mesures permettant la réduction de l’impact du projet
6. **Rapport** : synthèse de la démarche dans un rapport

1.5.6.3 - Principe de calcul

L’empreinte carbone ne nécessite pas de mesure directe des émissions mais elle s’apparente à une démarche comptable. Pour cela, deux données doivent être collectées :

- **Une donnée d’activité** : par exemple : la consommation de carburant, le volume d’acier consommé, etc.
- **Un facteur d’émission associé** : c’est un coefficient permettant de convertir les données d’activité en émission de GES. C’est le taux d’émission moyen d’une source donnée.

Pour une activité donnée, les émissions sont le produit entre une donnée d’activité exprimée dans une unité d’œuvre caractérisant l’activité du poste d’émissions (quantités de matériaux mise en œuvre, transports de matières premières, consommations de carburants etc.) et un facteur d’émission exprimé en une unité commune : équivalent CO₂ par unité de données d’activité.



$$Empreinte\ carbone_{projet} = \sum \text{émissions de l'ensemble des postes}$$

Les facteurs d’émissions sont calculés à partir des inventaires nationaux de chaque filière, par exemple ici la filière de transport. Ils correspondent à des procédés élémentaires de fabrication, de transport ou de mise en œuvre. Les facteurs d’émissions utilisés dans les études proviennent de différentes bases de données internationales ou françaises.

Base de données	Périmètre géographique
Base de données Evacarbone (outil élaboré par le bureau d’études en charge du bilan carbone) construite à partir des travaux de recherche en interne	International
Ecoinvent v3	International
ICE ⁶	International
Base Empreinte, ADEME ⁷	France
INIES ⁸	France
CEREMA ⁹	France
Base de données fabricants (ATILH, UNPF, EUDA ¹⁰)	International et France

TABLEAU 29. PRINCIPALES BASES DE DONNÉES UTILISÉES

Les résultats sont présentés en tonne équivalent CO₂ (tCO₂eq) : l’ensemble des émissions de GES (CO₂, CH₄, N₂O et les gaz industriels) sont converties en une unité unique : le CO₂ équivalent permettant ainsi de simplifier l’analyse.

1.5.6.4 - Traitement des incertitudes

Toute évaluation d’émissions de GES est assortie d’une incertitude irréductible provenant de nombreux facteurs notamment :

- La méthodologie elle-même (périmètre, hypothèses de calcul, degré de précision...)
- Les données d’entrée (données internes, données fournisseurs, données d’entreprise de construction...)
- Les facteurs d’émissions

Plusieurs méthodes de calcul de l’incertitude existent mais il n’y a pas, à ce jour, de méthode stabilisée et unanime à l’échelle internationale ou nationale. Ainsi, il est pertinent de ne pas calculer cette incertitude mais de considérer deux éléments clés : l’évolution de l’incertitude par rapport au stade du projet et le niveau de leviers d’action. Ces éléments sont présentés dans la figure Figure 27 ci-dessous.

⁶ ICE : Infrastructure pour les sciences du Climat et de l’Environnement

⁷ ADEME : Agence de l’Environnement et de la Maîtrise de l’Energie

⁸ INIES : base de données nationale de référence sur les données environnementales et sanitaires des produits et équipements de la construction.

⁹ CEREMA : Centre d’Etudes et d’expertise sur les Risques, la Mobilité et l’Aménagement

¹⁰ ATILH : Association Technique des Liants Hydrauliques ; UNPF : Union Nationale des Pharmacies de France ; EUDA : Applications développées par l’utilisateur final.

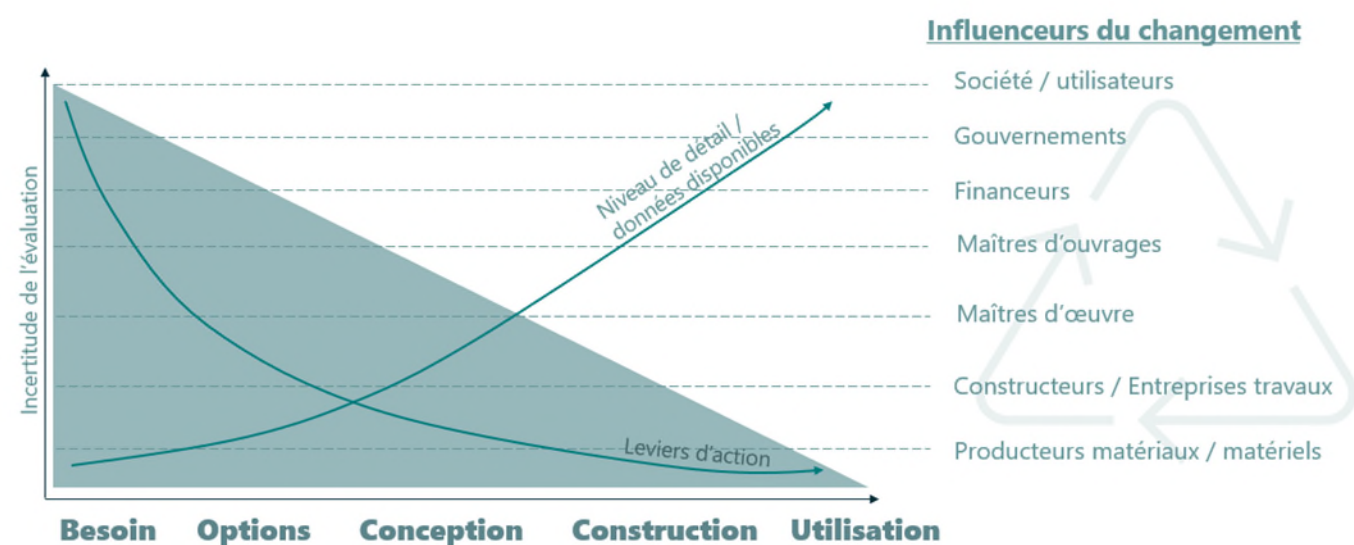


FIGURE 27 : CAPACITÉS D'ACCELERATION DE LA DECARBONISATION AU COURS DES DIFFERENTES ETAPES D'UN PROJET (SOURCE : ADAPTE PAR PAS 2080-CARBON MANAGEMENT IN INFRASTRUCTURE)

Dans le cas où le calcul de l'incertitude s'avère nécessaire alors nous utilisons la méthodologie proposée par l'ADEME au travers de la méthodologie Bilan Carbone[®]. Cette approche repose sur le principe de propagation des incertitudes et elle est notamment conforme au rapport publié par le GIEC en 2001 « Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux ». Le calcul ci-dessous est alors appliqué :

L'incertitude totale de notre empreinte carbone est calculée de la façon suivante :

$$Incertitude_{\text{poste d'émission}_1} = U_1 = \sqrt{U_{DA}^2 + U_{FE}^2}$$

$$Incertitude_{\text{TOTALE}} = \frac{\sqrt{(U_1 \cdot x_1)^2 + \dots + (U_n \cdot x_n)^2}}{x_1 + \dots + x_n}$$

U_{DA} = Le pourcentage d'incertitude associé à la donnée d'activité
 U_{FE} = Le pourcentage d'incertitude associé au facteur d'émission
 U_n = Le pourcentage d'incertitude associé au poste d'émission n
 x_n = Les émissions de GES du poste d'émission n

Le projet étant en phase de conception amont, les données sont peu précises. A ce stade des études l'incertitude estimée de l'ordre de 50%.

1.5.7 - Vulnérabilité au changement climatique

1.5.7.1 - Définitions et notions générales

Il n'est pas toujours évident d'appréhender les notions associées au changement climatique. Des définitions des termes structurants de l'analyse sont rappelées ci-dessous.

1. **Aléa** : les aléas tels que considérés dans la méthodologie CEREMA¹¹ sont les événements climatiques exogènes aux systèmes de transports ainsi que leurs conséquences pour les territoires. Les aléas dépendent en partie¹² de variables climatiques (une ou la combinaison de plusieurs d'entre elles), qui sont caractérisées par une intensité, une probabilité d'occurrence spatiale et une probabilité d'occurrence temporelle. Dans la présente étude, ne sont considérés que les aléas climatiques extrêmes, non anticipables facilement, et localisés (ex : canicules, inondations, glissement de terrain, vents forts, incendies de forêt, épisodes de froid, etc.).

¹¹ CEREMA. Vulnérabilité et risques : les infrastructures de transport face au climat. Bron : CEREMA, 2019. Collection : Connaissance. ISBN : 978-2-37180-426-5

¹² Les aléas peuvent aussi dépendre de variables non climatiques tels que la topographie, l'élévation des océans, le couvert végétal, etc.

2. **Exposition** : Elle correspond à la susceptibilité d'un système à subir des dommages, c'est-à-dire degré auquel il est exposé à un aléa. Elle se caractérise par l'analyse du climat passé et futur.
3. **Sensibilité** : Elle correspond au degré auquel un système est influencé par la variabilité du climat ou les changements climatiques. La sensibilité peut être physique et/ou fonctionnelle.
4. **Risque** : Il correspond aux conséquences des impacts potentiels de tendances ou d'événements climatiques sur un système. Le risque est le croisement entre la vulnérabilité physique de l'infrastructure et les aléas auxquels elle peut être soumise.
5. **Vulnérabilité** : Elle correspond à la propension ou prédisposition d'un système à subir des dommages. Elle englobe divers concepts ou éléments, notamment les notions de sensibilité et l'incapacité à faire face et/ou à s'adapter.

La vulnérabilité d'un réseau de transport en général (notamment bus à haut niveau de service) se décompose en deux types de vulnérabilité :

1. La vulnérabilité physique, qui est relative aux composants du système étudié et dépend des caractéristiques physiques des composants de l'infrastructure, de leurs résistances, de leur comportement, etc.
2. La vulnérabilité fonctionnelle, qui est relative aux capacités fonctionnelles du réseau étudié (besoins d'accès aux territoires, circulation des services d'urgence, transports liés à des besoins économiques, etc.), non étudiée ici.

La principale composante de la vulnérabilité est la sensibilité intrinsèque des composantes de l'infrastructure aux aléas climatiques, en d'autres termes leur capacité à être affectée par ces aléas.

La vulnérabilité englobe également souvent le critère d'exposition à l'aléa, c'est-à-dire que l'on peut avoir un aléa fort sur la zone d'étude, mais une faible exposition de l'infrastructure à cet aléa, comme le fait de se situer hors zone inondable.

Enfin, la capacité d'adaptation, en d'autres termes la capacité à faire face au changement climatique, est encore un autre paramètre pouvant être intégré à la vulnérabilité.

1.5.7.2 - Sources de données

1.5.7.2.1 - Exposition passée

Les éléments présentés dans le chapitre Analyse de l'exposition passée et actuelle, sont issus de plusieurs bases de données des événements climatiques passés :

- La base de données Météo France Climat HD¹³ qui répertorie le climat passé et le climat futur.
- La base de données Météo France Pluies Extrêmes¹⁴ qui répertorie les événements mémorables de pluies par département sur la période de 1766 à 2022. Chaque événement est caractérisé par un détail de l'épisode pluvieux et sa durée dans le temps. Les cumuls de pluies par zone y sont renseignés, et des photographies viennent illustrer les données présentées.

¹³ Source : <https://meteofrance.com/climathd>

¹⁴ Source : <http://pluiesextremes.meteo.fr/france-metropole/-Evenements-memorables-.html>

- La base des évènements remarquables¹⁵, qui répertorie des évènements climatiques majeurs ayant impacté le territoire métropolitain.
- La base de données des grands évènements météo¹⁶ permet de répertorier les chroniques des moments les plus extrêmes sur le territoire métropolitain. Elle est corrélée à la base des évènements remarquables et à celle des pluies extrêmes.
- Le site infoclimat¹⁷, pour les épisodes pluvieux et sur les aléas canicule, gel, chutes de neige et tempêtes et tornades.
- La base de données Prométhée¹⁸ a été consultée. Cette base de données des incendies des forêts méditerranéennes permet d'obtenir un aperçu de l'ensemble des incendies sur la zone d'étude depuis 1973.
- La base de données Géorisques a été consultée. Elle permet de connaître les risques majeurs et les précautions à prendre.

1.5.7.2.2 - Exposition future

Les résultats des projections climatiques présentées dans le chapitre 2.3.1 de l'annexe H10D sont issus du **site DRIAS¹⁹**, porté par le Ministère de la Transition Écologique.

1.5.7.2.3 - Utilisation générale de la plateforme

■ Un besoin justifié

Le portail "*Drias les futurs du climat*" répond au besoin exprimé en 2010 par l'ensemble des acteurs nationaux concernés par le changement climatique de disposer aisément d'informations et d'accompagnement pour en étudier les impacts et décider de mesures d'adaptation à mettre en œuvre.

Ce service permet de simplifier l'accès et l'utilisation d'informations relatives aux projections climatiques régionalisées pertinentes pour le territoire de la France, et facilite ainsi le lien entre utilisateurs et chercheurs. Il contribue également à valoriser les travaux de recherche et d'harmoniser davantage les productions des groupes français de modélisation et de leurs homologues européens.

Ce service « *Drias les futurs du climat* » issu du projet Drias (**D**onner accès aux scénarios climatiques **R**égionalisés français pour l'**I**mpact et l'**A**daptation de nos **S**ociétés et environnement), co-financé par le programme *Gestion et Impact du Changement Climatique* (GICC) du *Ministère du Développement Durable* (aujourd'hui MTE), est un des éléments de la stratégie d'adaptation nationale. Sa création est une mesure du *Plan National d'Adaptation au Changement Climatique* (2011), et a été soutenue par le MTE, les laboratoires de modélisation climatique français et Météo-France. L'*Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique* (ONERC) a été étroitement associé à sa mise en place.

■ Diverses utilisations

Les informations climatiques mises à disposition sur le portail Drias les futurs du climat sont toutes issues des modèles climatiques régionaux développés ou utilisés dans les principaux centres de recherche français. Il s'agit de paramètres atmosphériques (températures, précipitations...) et indices dérivés (nombre de jours de gel, nombre de jours de vague de chaleur...). Le portail met à disposition également des indices plus intégrés issus de modèles d'impact (indice de sécheresse des sols, indicateurs sur le manteau neigeux). Ces informations sont mises à disposition sous différentes formes :

- Des données numériques, principalement destinées aux utilisateurs professionnels, sont disponibles dans l'espace "Données et Produits" du portail. Ces données sont pour la plupart corrigées par rapport à l'observation (cf. méthodes de correction). Une grande gamme d'indicateurs agrégés est également mis à disposition pour une sélection personnalisable.
- Des cartes interactives représentant des indices climatiques, associées à différentes couches d'informations géographiques (limites administratives, bassins versants, relief...), et permettant une capacité d'analyse immédiate. Ces cartes sont disponibles dans l'espace Découverte du portail sous le format png (Portable Network Graphics).
- Un accompagnement approprié (documents, FAQ, hotline) permettant de faciliter l'utilisation des différentes informations et de transmettre les bonnes pratiques, est associé à l'ensemble de ces informations. Un menu

¹⁵ Source : <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/evenements-remarquables>

¹⁶ Source : <https://meteofrance.com/magazine/meteo-histoire/les-grands-evenements>

¹⁷ <https://www.infoclimat.fr/historic/>

Projet de Bus à Haut Niveau de Service (B.H.N.S.) de la Métropole TPM

BHNS TPM_VOLET H_PIECE H9_Etude Impact_Methodes Difficultes_VA.docx

'Diagnostic' permet aussi de disposer de nombreuses analyses de ces données, que ce soit pour le jeu DRIAS-2020 (rapport DRIAS-2020) ou les extrêmes (fiches du projet Extremoscope).

1.5.7.2.4 - Choix des paramètres

■ Horizons et scénarios choisis

Le GIEC a proposé 4 scénarios de référence (RCP : *Representative Concentration Pathways ou Trajectoires Représentatives de Concentration*) qui décrivent l'évolution possible des émissions et des concentrations de gaz à effet de serre. Ces scénarios s'appuient sur diverses hypothèses du développement économique futur et de ses conséquences sur l'environnement. Ils prennent en compte l'évolution de la population, l'économie, le développement industriel et agricole, et de façon assez simplifiée la chimie atmosphérique. Les scénarios retenus dans cette étude sont les suivants :

- RCP4.5 : Scénario avec stabilisation des émissions avant la fin du 21ème siècle à un niveau faible (scénario médian se traduisant par une augmentation de température de l'ordre de 2,5°C en 2100) ;
- RCP8.5 : On ne change rien. Les émissions de GES continuent d'augmenter au rythme actuel. C'est le scénario le plus pessimiste correspondant à une augmentation de température d'environ 5°C en 2100.

Les anciens scénarios A2 et B1 seront également retenus pour l'indicateur Indice Feu Météo (IFM). On retiendra en termes de comparaison entre les RCP et les anciens scénarios la correspondance suivante :

- Les RCP et les scénarios utilisés pour les Rapports 2001 et 2007 se recouvrent partiellement. Les RCP couvrent cependant une période plus longue : jusqu'à 2300 (2100 pour les anciens scénarios).
- Le profil RCP 8.5 est le plus extrême (pessimiste). Il est un peu plus fort que le scénario le plus marqué utilisé dans les simulations du rapport du GIEC 2007 (A2).
- Les profils RCP 6.0 et RCP 4.5 correspondent sensiblement et respectivement aux scénarios A1B et B1.

Par ailleurs, le bureau d'études EGIS travaille avec le quantile, outil statistique permettant de quantifier et de décrire la dispersion intermodèles. Les quantiles des indicateurs annuels (série temporelle) suivants ont été étudiés :

- Quantiles annuels Q50 médianes sur les 7 points :
 - Référence ;
 - RCP4.5 ;
 - RCP8.5
- Quantiles annuels Q05 sur 7 points :
 - Référence ;
 - RCP4.5 ;
 - RCP8.5.
- Quantiles annuels Q95 sur les 7 points :
 - Référence ;
 - RCP4.5 ;
 - RCP8.5.

Les aléas et scénarios d'impacts climatiques associés seront analysés pour la situation actuelle (période de référence), ainsi que par année jusqu'à 2100. Deux scénarios d'émission de gaz à effet de serre seront considérés : RCP 4.5 (scénario médian) et RCP 8.5 (scénario le plus « pessimiste »).

Nos analyses ont été faites via le nouveau portail DRIAS (nouveau jeu de données nommé DRIAS-2020), qui recense un nouveau jeu de données de référence composé des dernières simulations régionales à l'état de l'art des

¹⁸ <https://www.promethee.com/>

¹⁹ Source : Drias Les futurs du climat – Projections climatiques pour l'adaptation de nos sociétés – site web : <http://www.drias-climat.fr/>

connaissances et également un enrichissement des indices climatiques, des produits relatifs aux incertitudes.

Ce nouveau jeu de données, a été produit à partir des simulations Euro-Cordex pour mieux couvrir la variabilité attendue des températures et précipitations en climat futur sur la Métropole.

Ce nouveau jeu de données est basé sur douze couples GCM/RCM, provenant de l'ensemble Euro-Cordex disponibles sur l'Europe à la résolution de 12 km et au pas de temps quotidien.

Les projections climatiques sont disponibles pour 3 scénarios d'émission :

- 12 projections selon le scénario RCP8.5,
- 10 pour le RCP4.5
- 8 pour le RCP2.6.

Les données sont projetées sur une grille de 8 km de résolution, et corrigées de leur biais par la méthode ADAMONT étendue sur la France (mise en œuvre par Météo-France) à partir de l'analyse de données d'observation SAFRAN (version > 2016).

■ Choix des points

Les 7 points sélectionnés sous DRIAS englobent la totalité du tracé et sont présentés sur la carte ci-dessous en rouge.



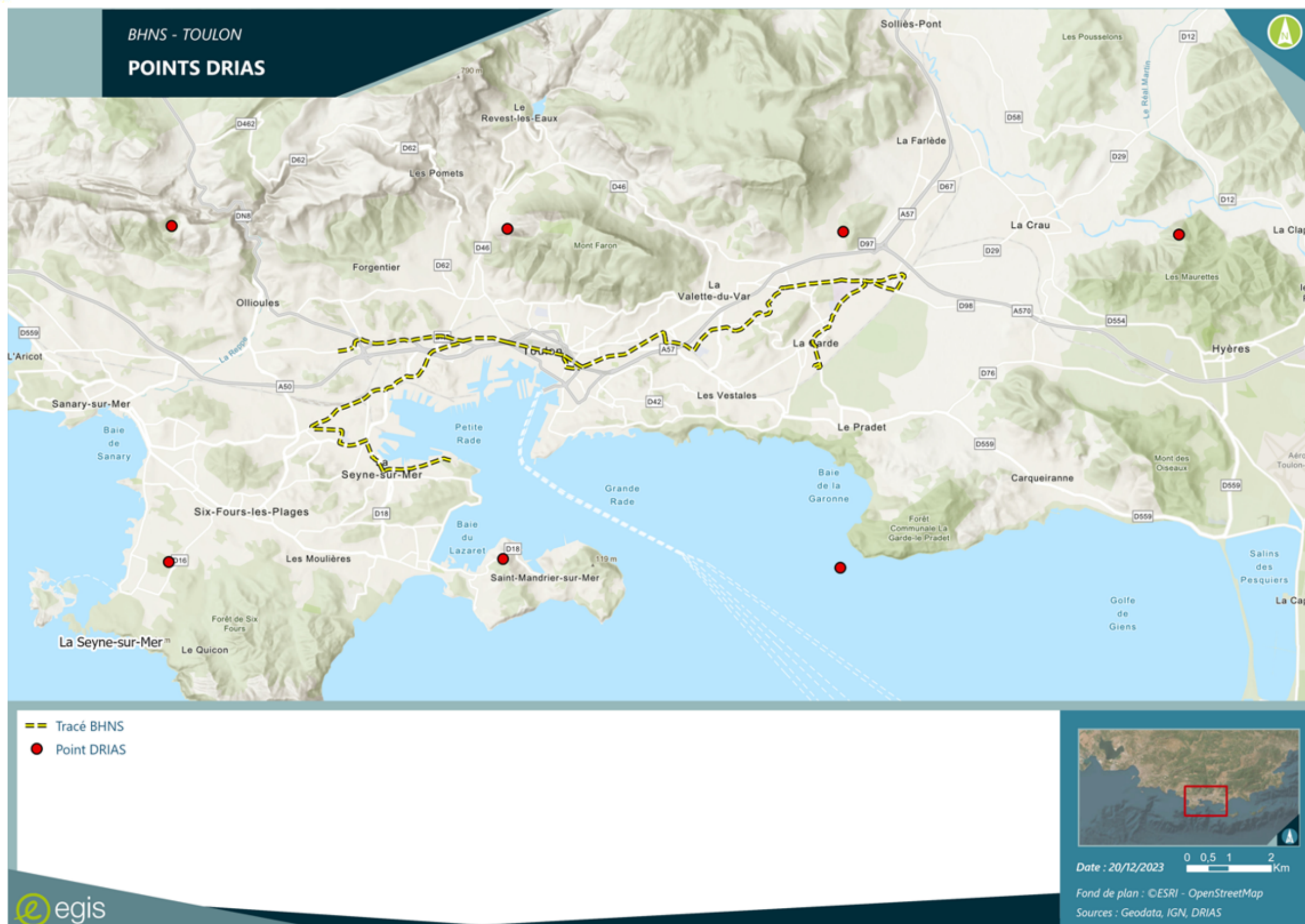


FIGURE 28: POINTS SELECTIONNES SOUS DRIAS



Ils correspondent aux coordonnées suivantes :

TABLEAU 30: POINTS SELECTIONNES SOUS DRIAS

Point	Latitude	Longitude
3249	43,0831	5,8186
3250	43,0799	5,9165
3251	43,0766	6,0145
3392	43,1549	5,8229
3393	43,1517	5,921
3394	43,1484	6,0191
3395	43,145	6,1171

■ Choix des indicateurs

A l'échelle du projet de BHNS de TPM, des indicateurs liés à la température, aux précipitations, au vent, aux feux de forêt et à la sécheresse des sols sont précisés ci-après :

Indicateur	Description	Unité	Code DRIAS
Température			
Température moyenne journalière		°C	NORTAV
Nombre de jours de fortes chaleur (TX>35°C) (jour(s))	Nombre de jours de fortes chaleur (TXi>35°C) (jour(s))	jours	NORTX35
Nombre de jours d'une vague de froid	Nombre de jours où $T_{Ni} \leq T_{Nri} - 5^{\circ}\text{C}$ dans une séquence de plus de 5 jours consécutifs ;	jours	NORTNCWD
Nombre de jours de gel		jours	NORTNFD
Extrême chaud de la température maximale journalière	Extrême chaud de la température maximale quotidienne [°C]: 90 ^{ème} centile des TXi ;	°C	NORTXQ90
Température minimale journalière		°C	NORTNAV
Température maximale journalière		°C	NORTXAV
Précipitations			
Précipitations journalières moyennes	Précipitations moyennes des jours pluvieux [mm/jour] : $RRM = \text{Moyenne des précipitations des jours de pluie} : RRP = \frac{1}{N_w} \sum_{i=1}^N R Ri \text{ si } R Ri \geq 1 \text{ mm/j}$;	mm	NORPAV
Cumul de précipitations		mm	NORRR

Indicateur	Description	Unité	Code DRIAS
Précipitation moyenne les jours pluvieux		mm	NORPINT
Précipitations extrêmes (Q99)		mm	NORPQ99
Nombre de jours de précipitations intenses (nombre de jours où on dépasse le Q99)		jours	NORRR99
Feux de forêt			
Indice Feux Météo (IFM)	Danger météorologique d'incendie au pas de temps quotidien en synthétisant le danger d'éclosion et le danger de propagation	/	IFM
Humidité des sols			
Soil Witness Index (SWI)	Ratio entre le contenu en eau disponible d'une plante dans le sol un jour donné et sa valeur maximum.	/	SWI

L'Indice Feux Météo (IFM) : Cet indice caractérise, grâce à une valeur numérique, le danger météorologique d'incendie au pas de temps quotidien en synthétisant le danger d'éclosion et le danger de propagation. Le calcul de l'IFM s'appuie sur le calcul de différents sous-indices. L'état de la végétation est pris en compte par le biais d'une modélisation de son état grâce au suivi des conditions météorologiques durant toute l'année. Il n'y a pas de calibration différente en fonction du type de forêt. Plus la valeur de l'IFM est élevée, plus les conditions météorologiques sont propices aux incendies.²⁰

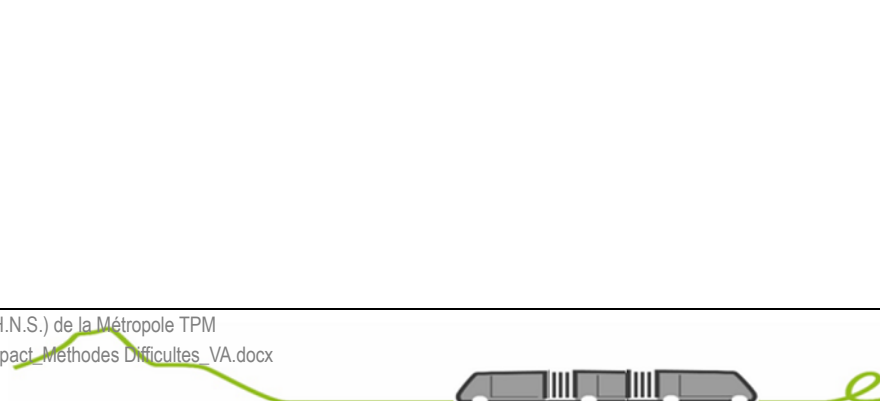
Le Soil Witness Index (SWI) est le ratio entre le contenu en eau disponible d'une plante dans le sol un jour donné et sa valeur maximum. Il varie principalement entre les valeurs 0 (sol extrêmement sec) et 1 (sol extrêmement humide). En dessous de 0,5 un sol est considéré comme sec et au-dessus de 0,8 comme très humide.

■ Incertitudes

L'incertitude liée à la modélisation climatique est complexe mais sa prise en compte dans l'interprétation des résultats est absolument fondamentale. La représentation des incertitudes apparaît ainsi comme un élément clé pour la communication des résultats de projections climatiques et doit rester facilement interprétable par l'ensemble des publics concernés, qu'il soit issu de milieu scientifique ou pas. Les principales sources d'incertitudes sont l'incertitude sur les modèles du climat (incertitude dite épistémique) et celle sur les scénarii (incertitude dite réflexive). Ainsi, une approche multi-modèles pour chaque scénario RCP sera utilisée. Cette approche permet de représenter la dispersion des modèles, c'est-à-dire l'ensemble des valeurs que peut prendre un paramètre donné, comme la température ou les précipitations. Ce spectre de valeurs représente l'incertitude liée à l'outil de modélisation : un même paramètre simulé par plusieurs modèles pourra par exemple avoir des valeurs différentes. Des outils statistiques simples permettent de quantifier et de décrire cette dispersion inter-modèles ; le plus courant

²⁰ <https://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/188>

d'entre eux est le quantile. Le quantile est un outil statistique permettant de décrire un ensemble de données (comme l'ensemble des valeurs d'un paramètre simulé par plusieurs modèles de climat) et notamment la répartition de cet ensemble. Les quantiles correspondent aux valeurs remarquables permettant de diviser le jeu de ces données ordonnées (i.e. triées) en intervalles consécutifs contenant le même nombre de données. Le bureau d'études EGIS utilise dans son analyse des projections climatiques le quantile Q50, valeur médiane. Cela correspond à la valeur seuil pour laquelle 50% des valeurs de la distribution sont plus élevées (la probabilité de dépasser la médiane est de 50%). Le bureau d'études EGIS utilise également le 5ème centile (Q05) et le 95ème centile (Q95) pour établir un intervalle de confiance des valeurs. Le 5ème centile correspond à la valeur seuil pour laquelle 95% des valeurs de la distribution sont plus élevées (la probabilité de dépasser le 5ème centile est de 95%). Le 95ème centile correspond à la valeur seuil pour laquelle 5% des valeurs de la distribution sont plus élevées (la probabilité de dépasser le 95ème centile est de 5%).



2 - GLOSSAIRE

AEP :	Alimentation en Eau Potable
AOC :	Appellation d’Origine Contrôlée
AOP :	Appellation d’Origine Protégée
APPB :	Arrêtés Préfectoral de Protection de Biotopes
ARS :	Agence Régionale de Santé
AVP :	Avant-Projet
BASIAS	Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Services
BASOL	Base des sols pollués
BRGM :	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CBS :	Carte de Bruit Stratégique
CEREMA :	Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement
CGDD :	Commissariat Général au Développement Durable
CLE :	Commission Locale de l’Eau
CO2	Dioxyde de carbone
COV :	Composés Organiques Volatiles
CSRPN :	Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel
CSTB :	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
CU :	Code de l’urbanisme
DCE :	Directive Cadre sur l’Eau
DDRM :	Dossier Départemental des Risques Majeurs
DDTM :	Direction Départementale des Territoires et de la Mer
DEEE :	Déchets d’Equipements Electriques et Electroniques
DESC :	Dossier d’Exploitation Sous Chantiers
DGAC :	Direction Générale de l’Aviation Civile
DGF :	Dotation Globale de Fonctionnement
DICT :	Déclaration d’Intention de Commencement de Travaux
DRAC :	Direction Régionale des Affaires Culturelles
DREAL :	Direction Régionale de l’Environnement, de l’Aménagement et du Logement
DOO :	Document d’Orientations et d’Objectifs
DTA :	Directive Territoriale d’Aménagement
DUP :	Déclaration d’Utilité Publique
EEE :	Espèce Exotique Envahissante
EH :	Equivalents-Habitants
EP :	Eau Pluviale
ERC :	Eviter Réduire Compenser

ER :	Emplacement Réservé
GEPPA :	Groupe d’Études des Problèmes de Pédologie Appliquée
GES :	Gaz à Effet de Serre
Ha :	Hectare
HPM :	Heure de Pointe du Matin
HPS :	Heure de Pointe du Soir
HTA :	Haute tension A
ICPE :	Installation Classée pour la Protection de l’Environnement
ICU :	Ilot de Chaleur Urbain
IGP :	Indication Géographique Protégée
INAO :	Institut National des Appellation d’Origine
INRAP :	Institut National de Recherches Archéologiques Préventives
INSEE :	Institut National de la Statistique et des Études Économiques
IOTA :	Installations, Ouvrages, Travaux et Activités
IRSN :	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
JOB :	Jour Ouvrable de Base : Jour défini hors des jours de pointe de trafic (il correspond généralement aux mardi et jeudi).
Km :	Kilomètres
NGF :	Nivellement Général de la France
OAP :	Orientation d’Aménagement et de Programmation
OMR :	Ordure Ménagère Résiduelle
PADD :	Projet d’Aménagement et de Développement Durables
PAGD :	Plan d’Aménagement et de Gestion Durable
PCAET :	Plan Climat Air Énergie Territorial
PCET :	Plan Climat Énergie Territorial
PEB :	Plan d’Exposition au Bruit
PL :	Poids Lourds
PLH :	Plan Local Habitat
PLU :	Plan Local d’Urbanisme
PMR :	Personne à Mobilité Réduite
PNA :	Plan National d’Action
PPBE :	Plan de Prévention du Bruit dans l'Environnement
PPI :	Plan Particulier d’Intervention
PPRI :	Plan de Prévention des Risques Inondations
PPRT :	Plan de Prévention des Risques Technologiques
PT2 :	Assiette de servitude PT2 liée à la protection des centres d'émission et de réception radioélectriques contre les obstacles
QSL	Quartiers de Semi-Liberté
RD :	Route Départementale



RPG :	Registre Parcellaire Graphique
RPM :	Règlement de Police Municipale
RSD :	Règlement Sanitaire Départemental
RN :	Route Nationale
RT :	Réglementation Thermique
SAFER :	Société d'Aménagement Foncier et d'Établissement Rural
SAGE :	Schéma d’Aménagement et de Gestion des Eaux
SAU :	Surface Agricole Utile
SCoT :	Schéma de Cohérence Territoriale
SDAGE :	Schéma Directeur d’Aménagement et de Gestion des Eaux
SDIS :	Service Départemental d'Incendie et de Secours
SEVESO :	Une entreprise Seveso est celle qui a une activité liée à la manipulation, la fabrication, l'emploi ou le stockage de substances dangereuses
SIC :	Site d’Importance Communautaire
SIG :	Système d’Information Géographique
SNCF :	Société Nationale des Chemins de Fer français
SPIP	Service Pénitentiaire d’Insertion et de Probation
SRCE :	Schéma Régional de Cohérence Écologique
SYSEM	Syndicat du Sud-Est du Morbihan
TC	Transports en Commun
TMD :	Transport de Matières Dangereuses
TMJO :	Trafic Moyen Journalier Ouvrable
TN :	Terrain Naturel
TVB :	Trame Verte et Bleue
ULM :	Planeur Ultra Léger Motorisé
UVP :	Unité de Véhicule Particulier
VL :	Véhicule Léger
VP :	Véhicules Privés
ZAC :	Zone d’Aménagement Concerté
ZAE :	Zone d’Activités Économiques
ZH :	Zone Humide
ZICO :	Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux
ZNIEFF :	Zone Naturelle d’Intérêt Écologique Faunistique et Floristique
ZPPA	Zone de Présomption de Prescriptions Archéologiques
ZPS :	Zone de Protection Spéciale
ZRE :	Zone de répartition des eaux
ZSC :	Zone Spéciale de Conservation

