SOLER IDE
GROUPE VERTICAL SEA

LIMOGES METROPOLE

NOUVELLE UNITE DE VALORISATION ENERGETIQUE

Limoges (87)

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

DOCUMENT N°4 - ETUDE DE DANGERS





Juillet 2026

Réf : SI TOU N°132208 - A1UVLIM

Agence de Toulouse
4, impasse René Couzinet – 31500 Toulouse - Tél. : 05 62 16 72 72 – occitanie@vertical-sea.com
Siège social SOLER IDE - 11, rue René Cassin - 91300 Massy - Tél. : 01 60 13 69 10
SAS au capital de 218 400 € - RCS Evry B 500 274 972 - TVA/FR 91500274972 – NAF 7112 B
vertical-sea.com

N° Dossier	Agence	Document	Rédigé par	Date	Version	Vérifié par
132208 – A1UVLIM	SI TOU	Document n 4 - Etude de dangers	Amandine CILLIER Céline BORDES	02/07/26	Version 8	Daniel TISSOT

SOMMAIRE

0 RESUME NON TECHNIQUE 14
0.1 OBJET DE L'ETUDE DE DANGERS 14
0.2 PRESENTATION GENERALE DES ACTIVITES 15
0.2.1 GENERALITES 15
0.2.2 SCHEMA DE FONCTIONNEMENT GLOBAL 16
0.2.3 IMPLANTATION DES INSTALLATIONS 17
0.3 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DU SITE ET DES INSTALLATIONS 18
0.3.1 OCCUPATION DES SOLS AUX ABORDS DU PROJET 18
0.3.2 ANALYSE DES SOURCES D'AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES 20
0.4 DANGERS IDENTIFIES SUR LE SITE ET ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES 21
0.5 ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES 22
0.5.1 PRINCIPE D'UNE ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES 22
0.5.2 SYNTHESE DE L'ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES 24
0.6 BILAN 27
1 GENERALITES 29
1.1 OBJET DE L'ETUDE 29
1.2 CONTEXTE REGLEMENTAIRE 30
1.3 METHODOLOGIE ET PRESENTATION DU DOCUMENT 31
1.4 AUTEURS DU DOSSIER 31
2 DESCRIPTION DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT 32
2.1 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE ET ENVIRONNEMENT LOCAL DU SITE 32
2.2 RECENSEMENT DES INTERETS A PROTEGER 34
2.2.1 FACTEURS HUMAINS 34
2.2.2 FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX 43
2.2.3 SYNTHESE DES INTERETS A PROTEGER 46
2.3 ANALYSE DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES 48
2.3.1 DOCUMENTS D'INFORMATIONS REGLEMENTAIRES 48
2.3.2 PHENOMENES NATURELS 48
2.3.3 PHENOMENES NON NATURELS 63
2.3.4 SYNTHESE DES SOURCES D'AGRESSIONS EXTERNES IDENTIFIES SUR LE SITE 70
3 DESCRIPTION DES INSTALLATIONS 71
3.1 PRESENTATION GENERALE DES ACTIVITES 71
3.2 SITUATION ADMINISTRATIVE 75
4 MOYENS DE PREVENTION / DETECTION / PROTECTION 76
4.1 CONDITIONS D'AMENAGEMENT ET D'EXPLOITATION DU SITE 76
4.1.1 ORGANISATION GENERALE DE LA SECURITE ET SURVEILLANCE DE SITE 76

4.1.2 FORMATION DU PERSONNEL 76
4.1.3 CONSIGNES ET PROCEDURES GENERALES 77
4.1.4 PREVENTION CONTRE LA MALVEILLANCE 78
4.1.5 CIRCULATION SUR LE SITE ET SES ABORDS 78
4.2 SURETE DES INSTALLATIONS DE L'UVE 80
4.2.1 SECURITE DES PROCEDES 80
4.2.2 PERTE DES UTILITES 86
4.2.3 STOCKAGE DES PRODUITS CHIMIQUES 90
4.3 MOYENS DE PREVENTION ET DE PROTECTION DU RISQUE D'INCENDIE 91
4.3.1 MESURES GENERALES DE PREVENTION 91
4.3.2 DISPOSITIONS ORGANISATIONNELLES ET PROCEDURES EN CAS D'URGENCE 91
4.3.3 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES, DISPOSITIFS DE SURVEILLANCE ET MOYENS DE DETECTION 92
4.3.4 MOYENS DE LUTTE INTERNES CONTRE L'INCENDIE ET RETENTION DES EAUX D'EXTINCTION INCENDIE 97
4.3.5 MOYENS D'INTERVENTION 106
4.4 MOYENS DE PREVENTION ET DE PROTECTION DU RISQUE D'EXPLOSION 108
4.4.1 MESURES GENERALES DE PREVENTION 108
4.4.2 DISPOSITIONS ORGANISATIONNELLES 108
4.4.3 DISPOSITIONS TECHNIQUES AU NIVEAU DES DIFFERENTS EQUIPEMENTS 109
4.4.4 MOYENS DE DETECTION ET D'ALARME 111
4.4.5 MOYENS DE PROTECTION 111
4.5 MOYENS DE PREVENTION ET DE PROTECTION DU RISQUE DE POLLUTION 112
4.5.1 PREVENTION DU RISQUE DE POLLUTION DE L'AIR – EQUIPEMENTS DE TRAITEMENT DES FUMEES 112
4.5.2 MESURES DE PREVENTION DU RISQUE DE POLLUTION DES EAUX ET DES SOLS 113
4.5.3 MESURES DE PROTECTION VIS-A-VIS DU RISQUE DE POLLUTION DES EAUX ET DES SOLS 114
5 ACCIDENTOLOGIE 115
5.1 ACCIDENTS ET INCIDENTS INTERNES 115
5.2 ACCIDENTS SUR D'AUTRES SITES COMPARABLES 115
5.2.1 LES PRINCIPAUX TYPES D'ACCIDENTS SURVENUS 116
5.2.2 LES PRINCIPALES CONSEQUENCES DES ACCIDENTS 119
5.2.3 LES CIRCONSTANCES ET LES CAUSES 120
5.3 ANALYSE DU RETOUR D'EXPERIENCE 121
6 IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES POTENTIELS DE DANGERS 122
6.1 CARACTERISTIQUES DES PRODUITS PRESENTS SUR LE SITE 122
6.1.1 PRODUITS ENTRANTS, INTERMEDIAIRES ET FINAUX 122
6.1.2 LISTE DES PRODUITS DANGEREUX, CAPACITES DE STOCKAGE ET FINALITES 122
6.1.1 COMPATIBILITE DES PRODUITS 125
6.2 IDENTIFICATION DES OPERATIONS ET PROCEDES DANGEREUX 126
6.2.1 RECEPTION / STOCKAGE / ACHEMINEMENT VERS LE FOUR DES DECHETS NON DANGEREUX 127

6.2.2 INCINERATION DES DECHETS 131
6.2.3 RISQUES LIES AUX INSTALLATIONS ANNEXES 136
7 REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS 141
7.1 SUBSTITUTION 141
7.1.1 SUBSTITUTION DE SUBSTANCES 141
7.1.2 SUBSTITUTION DES TECHNIQUES D'EXPLOITATION 141
7.2 REDUCTION DES QUANTITES 142
8 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (APR) 143
8.1 PRINCIPE D'UNE ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES 143
8.1.1 METHODE AMDEC 143
8.1.2 GRILLE DE COTATION DE L'OCCURRENCE 144
8.1.3 GRILLE DE COTATION DE L'INTENSITE 144
8.1.4 GRILLE DE CRITICITE 145
8.2 RESULTAT DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES 146
8.2.1 DEROULEMENT DE L'APR 146
8.2.2 TABLEAUX D'ANALYSE DES RISQUES 148
8.2.3 GRILLE DE CRITICITE PROBABILITE X INTENSITE 148
8.2.4 IDENTIFICATION DES PHENOMENES DANGEREUX MAJEURS POTENTIELS 149
9 ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES (ADR) 150
9.1 PRINCIPE D'UNE ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES 150
9.1.1 GRILLE DE COTATION DE L'OCCURRENCE 151
9.1.2 GRILLE DE COTATION DE LA GRAVITE 151
9.1.3 GRILLE DE CRITICITE 152
9.2 ESTIMATION DES CONSEQUENCES DE LA MATERIALISATION DES DANGERS POUR LES SCENARIOS D'ACCIDENTS 153
9.2.1 DEFINITION DES SEUILS REGLEMENTAIRES 153
9.2.2 DESCRIPTION DES MODELES D'EVALUATION DES EFFETS 155
9.2.3 RISQUE INCENDIE 155
9.2.4 RISQUE EXPLOSION – VCE OU UVCE 157
9.2.5 RISQUE D'ECLATEMENT / DE BLEVE 160
9.2.6 CARTOGRAPHIE DES ZONES A RISQUES 165
9.2.7 IDENTIFICATION DES SCENARIOS MAJEURS 171
9.2.8 GRAVITE POTENTIELLE 171
9.2.9 EFFET DOMINO 172
9.3 CARACTERISATION DE LA PROBABILITE D'OCCURRENCE DES ACCIDENTS IDENTIFIES 174
9.4 CARACTERISATION DE LA CINETIQUE DES ACCIDENTS MAJEURS POTENTIELS 175
9.4.1 CINETIQUE DU PHENOMENE D'EXPLOSION DE GAZ 175
9.4.2 CINETIQUE DU PHENOMENE DE BLEVE / D'ECLATEMENT 176

9.5 CRITICITE DES SCENARIOS D'ACCIDENT MAJEURS 177
9.5.1 SYNTHESE DE L'ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES MAJEURS 177
9.5.2 GRILLES DE CRITICITE PROBABILITE X GRAVITE DES RISQUES D'ACCIDENTS 178
10 SYNTHESE ET CONCLUSION DE L'ETUDE DE DANGERS 179

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Processus de réalisation d'une étude de dangers....14
Figure 2 : Schéma de fonctionnement simplifié de l'UVE....16
Figure 3 : Plan général du site....17
Figure 4 : Plan des abords du site....19
Figure 5 : Cartographie de synthèse - Enveloppe des seuils d'effets thermiques réglementaires pour le scénario modélisé....25
Figure 6 : Cartographie de synthèse - Enveloppe des seuils d'effets de surpression réglementaires pour l'ensemble des 3 scénarios modélisés....26
Figure 7 : Carte de localisation....33
Figure 8 : Occupation du sol....34
Figure 9 : Extrait du PLU de Limoges....35
Figure 10 : Zones d'habitation aux abords du site....36
Figure 11 : ERP accueillant des populations sensibles à proximité du projet....38
Figure 12 : ERP (hors ERP accueillant des populations sensibles) à proximité du site....39
Figure 13 : Localisation des ICPE à proximité du site....40
Figure 14 : Infrastructures de transport aux abords du site....42
Figure 15 : Cartographie du patrimoine naturel dans un périmètre de 5 km autour du site....44
Figure 16 : Plan des abords du site....47
Figure 17 : Extrait du plan de zonage du règlement graphique du PPRI de la Vienne....49
Figure 18 : Extrait du plan de zonage du règlement graphique du PPRI de l'Aurence....49
Figure 19 : Extrait du plan de zonage du règlement graphique du PPRI de l'Auzette....50
Figure 20 : Extrait du plan de zonage du règlement graphique du PPRI de la Valoine....50
Figure 21 : Aléa de remontée de nappes au droit du projet....52
Figure 22 : Localisation des mouvements de terrain les plus proches du site (source : Géorisques)....54
Figure 23 : Aléas de retrait-gonflement des argiles au droit de la zone du projet....55
Figure 24 : Localisation des cavités souterraines les plus proches du site....56
Figure 25 : Catégories de bâtiments (Source : www.developpement-durable.gouv)....58
Figure 26 : Exigences sur le bâti neuf (Source : www.developpement-durable.gouv)....59
Figure 27 : Localisation des ICPE à proximité du site....64
Figure 28 : Infrastructures de transport....65
Figure 29 : Localisation des canalisations de gaz naturel (extrait du plan des SUP du PLU de Limoges)....67
Figure 30 : Schéma de fonctionnement simplifié de l'UVE....73
Figure 31 : Plan général du site....74
Figure 32 : Fonctionnement du système de contrôle de la combustion....82
Figure 33 : Principe de fonctionnement du réseau d'eau....89
Figure 34 : Localisation des murs séparatifs coupe-feu 2h (REI 120)....92
Figure 35 : Vues en coupe de la fosse....93

Figure 36 : Localisation des murs coupe-feu 2h (REI 120) - Niveaux 0 et + 5 m 94
Figure 37 : Localisation des murs coupe-feu 2h (REI 120) – Niveau + 11 m 95
Figure 38 : Méthode de dimensionnement des rétentions des eaux d'extinction 103
Figure 39 : Localisation des casernes du SDIS 87 107
Figure 40 : Localisation des brûleurs auxiliaires 109
Figure 41 : Cotation de l'intensité (Source : INERIS, 2006, E*tude de dangers d'une installation classée – OMEGA 9*) 144
Figure 42 : Flux thermiques à l'extérieur de la fosse OM 156
Figure 43 : Cartographie des seuils d'effets thermiques – Scénario 1.1 – Incendie généralisé des déchets dans la fosse OM 167
Figure 44 : Cartographie des seuils d'effets de surpression – Scénario 2A.1 - Eclatement du four suite à l'éclatement d'une bouteille de gaz 168
Figure 45 : Cartographie des seuils d'effets de surpression – Scénario 2A.3 - Eclatement du four 169
Figure 46 : Cartographie des seuils d'effets de surpression – Scénario 2A.4 – Fuite de la canalisation aérienne de gaz naturel dans le hall four/chaudière 170

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des scénarii d'accidents retenus à l'issue de l'Analyse Préliminaire des Risques 21
Tableau 2 : Cotation de la gravité pour les effets sur les personnes 22
Tableau 3 : Cotation de l'occurrence 23
Tableau 4 : Usages des milieux (eaux souterraines et superficielles) 43
Tableau 5 : Patrimoine naturel à proximité du site 43
Tableau 6 : Synthèse des protection foudre (ARF, RG Consultant) 61
Tableau 7 : Caractéristiques des barrages 68
Tableau 8 : Classement ICPE projeté de la nouvelle UVE 75
Tableau 9 : Besoin en eau pour la lutte interne contre l'incendie 97
Tableau 10 : Détermination du débit requis pour la fosse OM 99
Tableau 11 : Détermination du débit requis pour le hall four/chaudière 101
Tableau 12 : Rétention des eaux d'extinction d'incendie pour la fosse OM 104
Tableau 13 : Rétention des eaux d'extinction d'incendie pour le hall four/chaudière 105
Tableau 14 : Type d'accidents survenus selon la base ARIA 116
Tableau 15 : Conséquences des accidents selon la base ARIA 119
Tableau 16 : Causes des accidents selon la base ARIA 120
Tableau 17 : Liste des produits entrants, intermédiaires et finaux 122
Tableau 18 : Liste des produits utilisés dans les installations 123
Tableau 19 : Substitution de substances 141
Tableau 20 : Substitution des techniques d'exploitation 141
Tableau 21 : Réduction des quantités stockées 142
Tableau 22 : Cotation de l'occurrence 144
Tableau 23 : Grille de criticité Probabilité x Intensité 148
Tableau 24 : Cotation de l'occurrence 151
Tableau 25 : Cotation de la gravité pour les effets sur les personnes 151
Tableau 26 : Valeurs de référence relatives aux seuils de surpression 153
Tableau 27 : Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques 154
Tableau 28 : Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets toxiques 154
Tableau 29 : Caractéristiques de l'incendie 156
Tableau 30 : Effets de surpression – Scénario 2A.4 (canalisation intérieur hall four/chaudière) 159
Tableau 31 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement bouteilles de protoxyde d'azote 161
Tableau 32 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement bouteilles butane ou propane 161
Tableau 33 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement pneumatique du four 162
Tableau 34 : Définition des rayons des zones de dangers – Explosion interne four 163
Tableau 35 : Effets de surpression – Scénario 2A.3 – Explosion secondaire 164
Tableau 36 : Définition des rayons des zones de dangers (à hauteur d'Homme) 165

Tableau 37 : Gravité des différents scénarios 171

Tableau 38 : Synthèse des effets dominos internes 172

Tableau 39 : Grille de criticité 178

Tableau 40 : Barrières de sécurité permettant de réduire significativement la gravité ou la probabilité du scénario d'éclatement du four-chaudière 178

Tableau 41 : Liste des scénarii d'accidents majeurs potentiels identifiés 179

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 Dossier « Plans » 182

ANNEXE 2 Analyse Préliminaire des Risques 183

ANNEXE 3 Modélisation des phénomènes dangereux (SOLER IDE, Février 2026) 184

ANNEXE 4 Analyse du risque Foudre et Etude Technique Foudre (RG Consultant, Décembre 2025) 185

ANNEXE 5 ARIA, Synthèse « Explosions de bouteilles de protoxyde d'azote dans les incinérateurs de déchets non dangereux Bilan 2024 », Septembre 2025 186

Glossaire des abréviations

	Sigle	Signification
Organismes	ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
	BARPI	Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels
	BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
	DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
	INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
Déchets	BOM	Bennes d'Ordures Ménagères
	DAE	Déchets d'Activités Economiques
	DASRI	Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux
	DMA	Déchets Ménagers et Assimilés
	DND	Déchets Non Dangereux
	OM / OMR	Ordures Ménagères / Ordures Ménagères Résiduelles
	UVE	Unité de Valorisation Energétique
Divers	ARF	Analyse du Risque Foudre
	ARIA	Base de données « Analyse, Recherche et Information sur les Accidents »
	ATEX	ATmosphère Explosive
	BLEVE	Boiling liquid expanding vapor explosion Explosion par vaporisation violente d'un liquide
	BREF	Best available technique REFerence document Document de référence sur les meilleures techniques disponibles
	BREF WI	Best available technique REFerence document for Waste Incineration Document de référence sur les meilleures techniques disponibles pour l'incinération des déchets
	CACES	Certificat d'Aptitude à la Conduite en Sécurité
	DDAE	Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale
	DDRM	Dossier Départemental des Risques Majeurs
	EPI	Equipement de Protection Individuelle
	ERP	Etablissement Recevant du Public
	FDS	Fiche de données de sécurité
	IED	Industrial Emission Directive = Directive relative aux Emissions Industrielles
	ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
	INPN	Inventaire National du Patrimoine Naturel
	MMR	Moyens de Maîtrise des Risques
	MTD	Meilleures Techniques Disponibles
	PL	Poids-Lourds
	PLU	Plan Local d'Urbanisme

	Sigle	Signification
	PPRN	Plan de Prévention des Risques Naturels
	PPRT	Plan de Prévention des Risques Technologiques
	RIA	Robinet d'Incendie Armé
	SEI	Seuil des Effets Irréversibles
	SEL	Seuil des Effets Létaux
	SELS	Seuil des Effets Létaux Significatifs
	SIC	Site d'Importance Communautaire (réseau NATURA 2000)
	SST	Sauveteur Secouriste du Travail
	TMD	Transport de Matières Dangereuses
	VCE / UVCE	Vapour Cloud Explosion / Unconfined Vapour Cloud Explosion Explosion en milieu confiné / Explosion en milieu non confiné
	VL	Véhicules Légers
	VLE	Valeur Limite d'Emission
	ZICO	Zone d'Importance pour la Conservation des Oiseaux
	ZNIEFF	Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique
	ZPS	Zone de Protection Spéciale (réseau NATURA 2000)
	ZSC	Zone Spéciale de Conservation (réseau NATURA 2000)

0 RESUME NON TECHNIQUE

0.1 OBJET DE L'ETUDE DE DANGERS

La réalisation d'une étude de dangers est une obligation réglementaire pour tous les sites industriels classés sous le régime de l'autorisation au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans le Code de l'Environnement :

- selon l'article L. 181-25, l'étude de dangers « *précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation. Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation.* » ;
- « *Cette étude précise, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le pétitionnaire dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre.* » (article R.181-15-2).

L'étude de dangers comporte également un « résumé non technique de l'étude de dangers » explicitant la probabilité et la cinétique des accidents potentiels ainsi qu'une cartographie par type d'effet des zones de risques significatifs conformément au point III de l'article R.181-15-2 du Code de l'Environnement.

La présente partie constitue le résumé non technique de l'étude de dangers.

Le processus de réalisation d'une étude de dangers sous forme de logigramme est présenté ci-après.

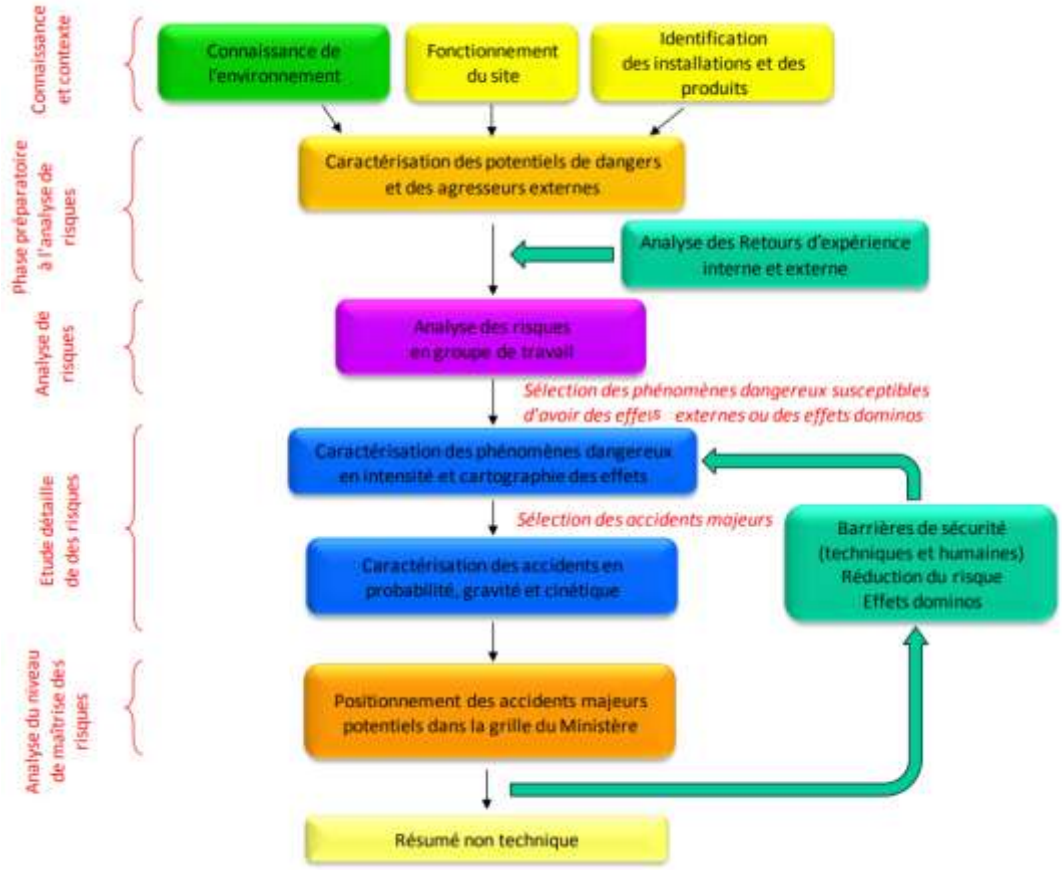


Figure 1 : Processus de réalisation d'une étude de dangers

0.2 PRESENTATION GENERALE DES ACTIVITES

0.2.1 GENERALITES

Le projet porte sur la construction d'une nouvelle Unité de Valorisation Energétique (UVE) sur le site de l'actuelle UVE de Limoges. La future UVE disposera d'une capacité totale annuelle d'incinération de 95 000 t/an de déchets non dangereux.

Le procédé mis en place sur la future UVE comprendra les principales étapes suivantes :

1. Les déchets ménagers et assimilés non dangereux seront réceptionnés en vrac dans **une fosse de réception** présentant un volume total utile de 6 800 m^3. Déchets qui seront repris à l'aide d'un grappin pour alimenter la ligne de traitement.
2. La **ligne d'incinération** comprend **un four** d'une capacité de 11,9 t/h (avec 2 brûleurs de démarrage/soutien fonctionnant au gaz naturel) ainsi **qu'une chaudière de récupération de chaleur** de 31,8 MW permet **la combustion des déchets et la production de vapeur**.
   Les **mâchefers**, résidus incombustibles, sont collectés en partie basse des fours et évacués pour valorisation.
3. Le **traitement des fumées** produites à la sortie des fours par un système de traitement **par voie sèche** permet le **respect des Valeurs Limites d'Emission** définies dans le BREF WI[1] applicable sur le site. Ce système de traitement comprend les principaux éléments suivants : réacteurs secs (injection de réactifs : bicarbonate de sodium / chaux + charbon actif), double filtration par filtres à manches et réacteur catalytique SCR.

   Les **cendres** issues du traitement des fumées sont évacuées vers des installations de stockage de déchets dangereux.
4. La **chaleur produite par la combustion est valorisée** par production de vapeur alimentant différents réseaux de chaleur urbains et un Groupe Turbo-Alternateurs (GTA) produisant de l'électricité.

[1] Le BREF constitue le document de référence sur les meilleures techniques disponibles sur un secteur d'activité.

0.2.2 SCHEMA DE FONCTIONNEMENT GLOBAL

Le schéma ci-après présente le fonctionnement global de l'installation :

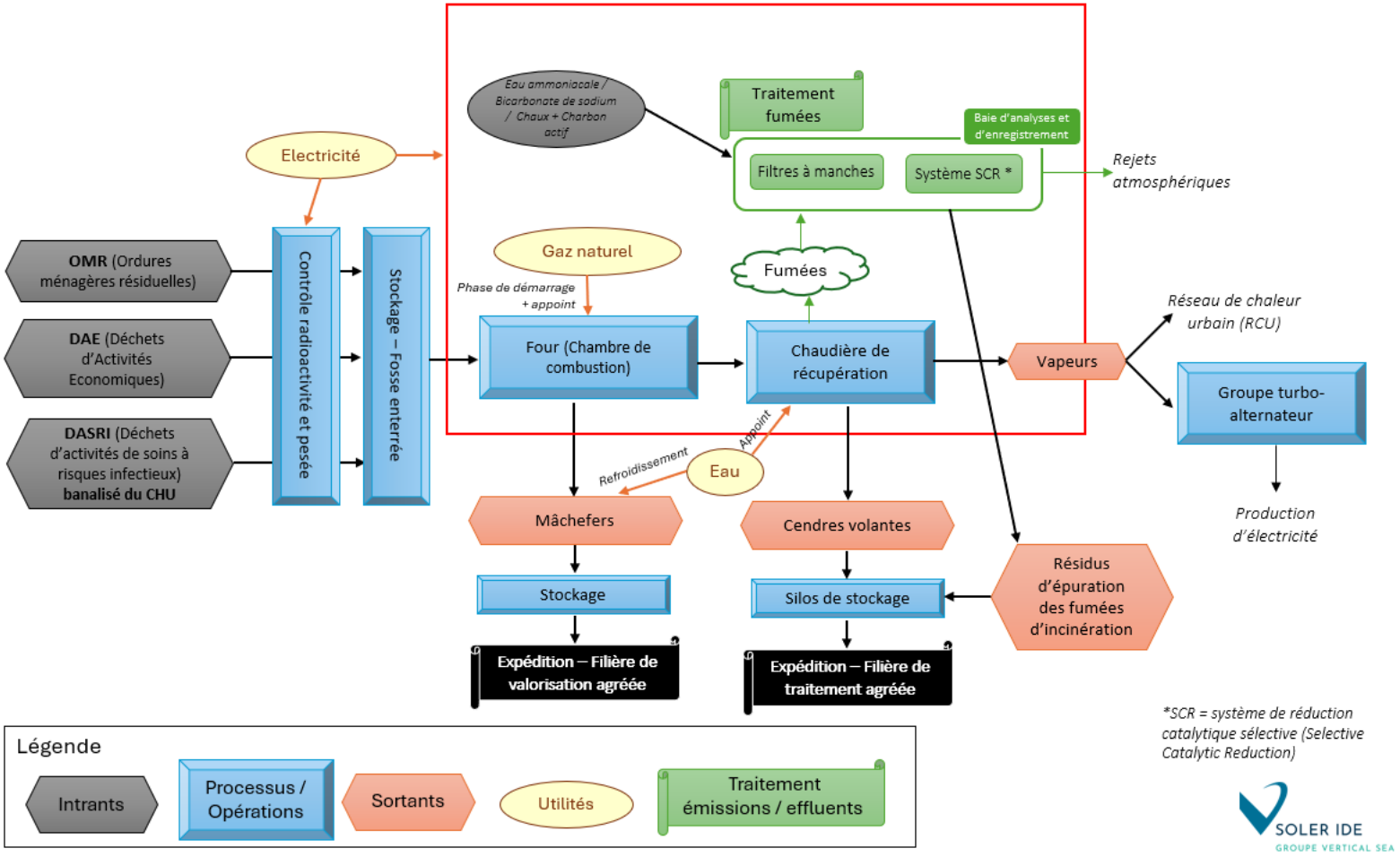


Figure 2 : Schéma de fonctionnement simplifié de l'UVE

0.2.3 IMPLANTATION DES INSTALLATIONS

Un plan général de l'implantation des différentes activités de l'UVE est présenté ci-après :

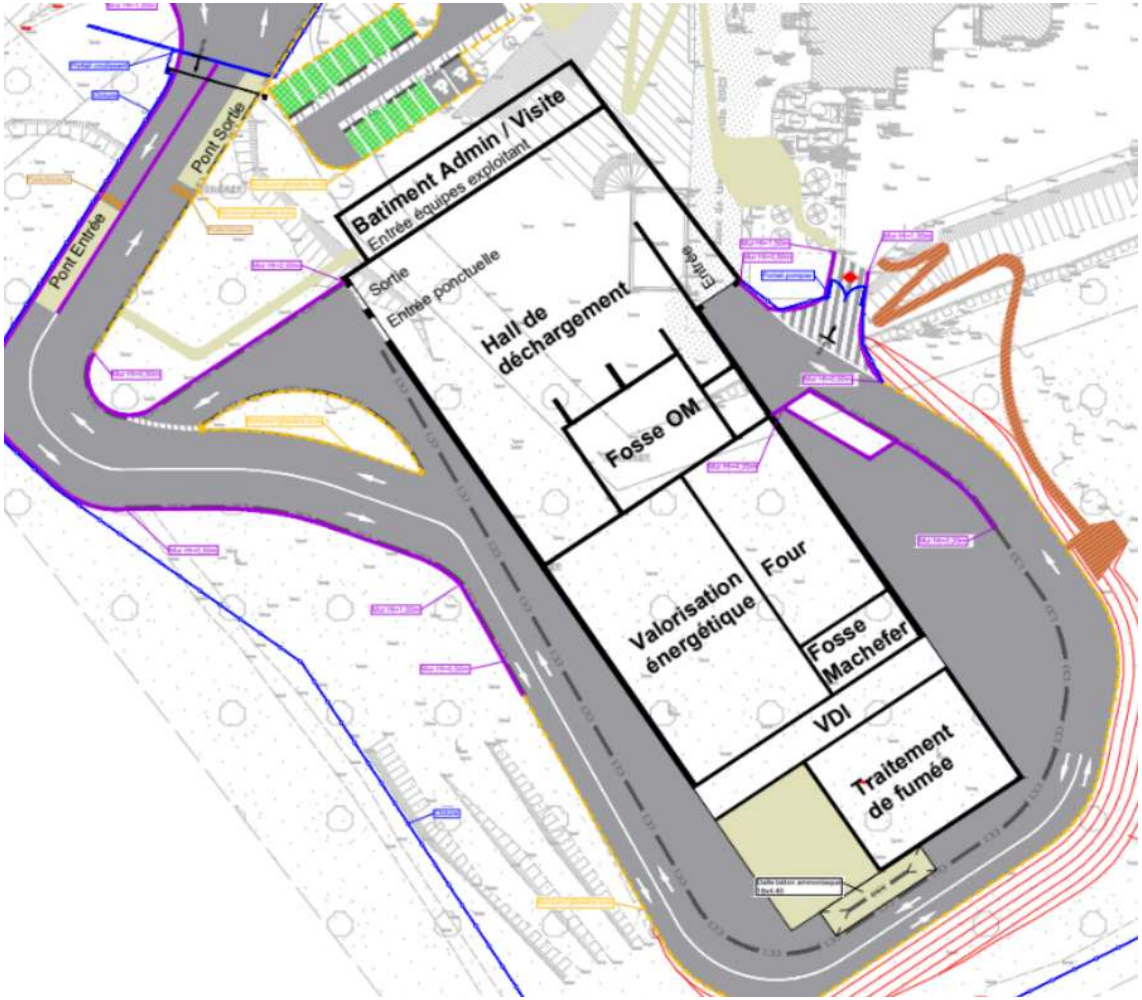


Figure 3 : Plan général du site

0.3 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DU SITE ET DES INSTALLATIONS

0.3.1 OCCUPATION DES SOLS AUX ABORDS DU PROJET

L'unité de valorisation énergétique (UVE) de Limoges est implantée :

- dans le département de la Haute-Vienne (87),
- sur la commune de Limoges,
- à 5 km au Nord-Est du centre-ville,
- sur la rue de Fougeras.

Sont recensés dans un rayon de 300 m (1/10ème du rayon d'affichage ICPE) autour de la future installation, les intérêts à protéger suivants :

- La zone d'habitations située à 60 m au Nord-Ouest ;
- Les établissements recevant du public :
  - Le laboratoire de biologie médicale INOVIE à 160 m au Nord-Est,
  - L'association ARSL venant en aide aux personnes en difficultés sociales à 210 m au Nord ;
- 1 Installation Classée pour la Protection de l'Environnement :
  - l'établissement LEGRAND SITEL (équipements électriques) à 250 m au Sud-Ouest soumis à déclaration ICPE,
- Les usagers des voies de circulation aux abords, principalement : la route départementale D142 (ou rue de Fougeras).

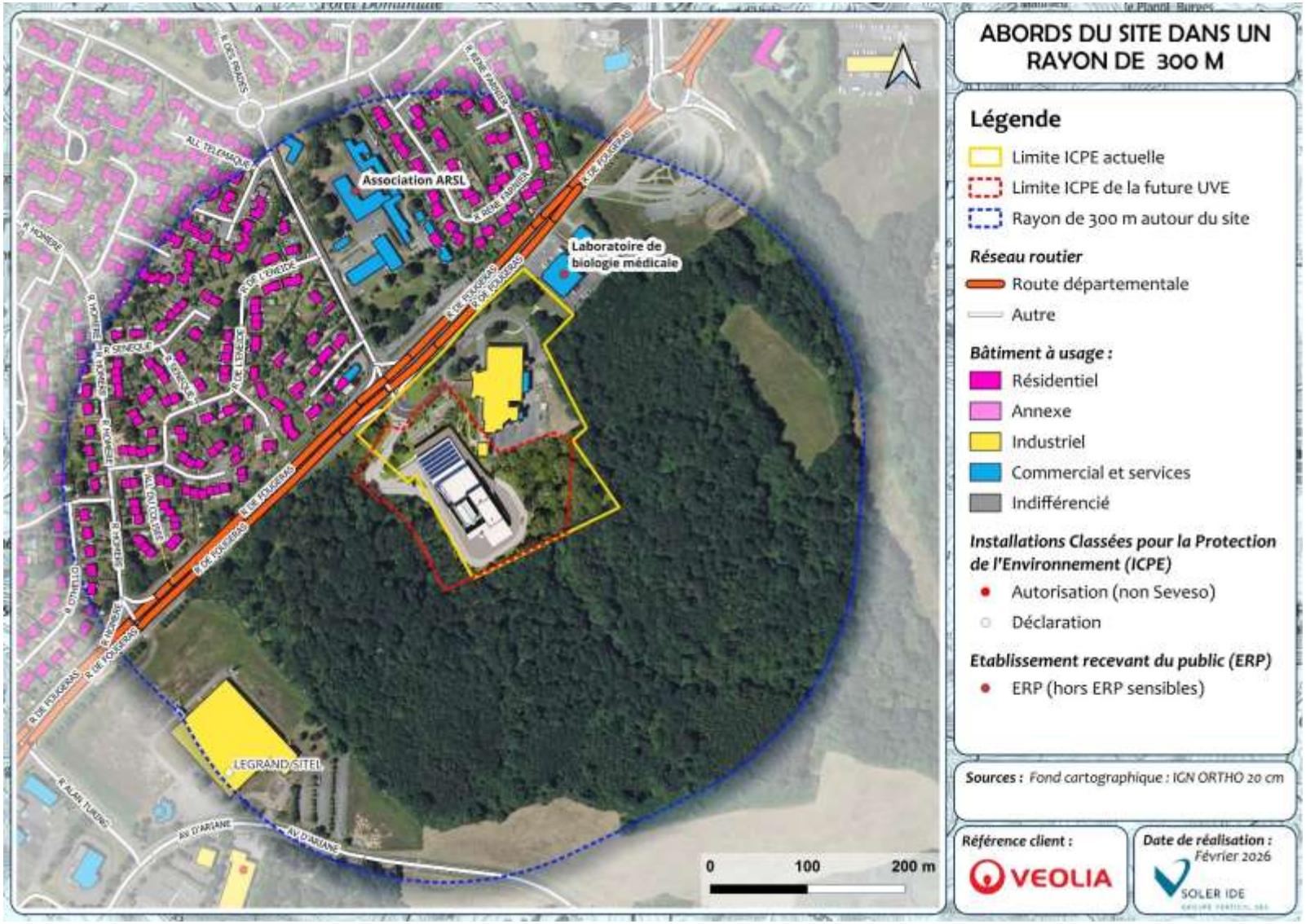


Figure 4 : Plan des abords du site

0.3.2 ANALYSE DES SOURCES D'AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

0.3.2.1 Plans de prévention des risques

La commune de Limoges est incluse dans le périmètre :

- De 4 Plans de Prévention des Risques Naturels :
  - PPR Inondation de la Vienne approuvé le 18 mai 2005,
  - PPR Inondation de l'Aurence approuvé le 23 aout 2007,
  - PPR Inondation de l'Auzette approuvé le 23 janvier 2009,
  - PPR Inondation de la Valoine approuvé le 23 janvier 2009 ;
- D'aucun Plan de Prévention des Risques Technologiques.

Toutefois, le site de l'UVE n'est pas inclus dans le zonage réglementaire d'aucun de ces 4 Plans de Prévention des Risques.

0.3.2.2 Autres sources d'agressions externes

Outre les PPRN et les PPRT, les sources potentielles d'agressions externes ont également été recensées aux abords du site et les sources pouvant constituer un évènement initiateur d'un phénomène dangereux sur le site sont les suivantes :

- la foudre,
- le risque sismique,
- la rupture de barrage,
- la malveillance.

0.4 DANGERS IDENTIFIES SUR LE SITE ET ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Les différents dangers pouvant exister à l'extérieur et au sein des installations ont été étudiés. Les risques liés aux produits présents sur l'installation ont ainsi été pris en compte. Les retours d'expérience sur les installations comparables, identifiés notamment par le Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels (BARPI), la base de données du ministère, ont également été analysés.

Ainsi, une première étape d'analyse des risques a conduit à l'identification et la **classification des phénomènes dangereux susceptibles de se produire** suite à un évènement ou une succession d'évènements causé(s) par des défaillances internes et / ou des agressions extérieures.

A l'issue de cette **Analyse Préliminaire des Risques**, sont retenus les évènements redoutés centraux (ERC) pour lesquels des effets d'intensité importante peuvent être attendus et pour lesquels une modélisation doit être réalisée pour évaluer précisément les zones d'effets dans le cadre de l'Analyse Détaillée des Risques.

Il apparaît que **4 scénarios ont été retenus et ont fait l'objet d'une modélisation des effets de façon à évaluer leur gravité** (voir partie suivante). Le tableau ci-après présente, pour chacun des scénarios retenus, l'Evènement redouté central (ERC) et les phénomènes dangereux (PhD) associés :

Tableau 1 : Liste des scénarii d'accidents retenus à l'issue de l'Analyse Préliminaire des Risques

Opérations / Equipements		Evènement redouté central (ERC)	Phénomène dangereux (PhD)	N° sc.
Sous-ensemble 1 : Réception, stockage et acheminement des déchets non dangereux (OMR)				
Fosse OMR		Départ de feu dans la fosse	Incendie généralisé des OMR dans la fosse Effet thermique	1.1
Sous-ensemble 2 – Incinération des déchets				
A. Zone d'incinération et de post-combustion	Grille de combustion et chambre de combustion primaire	Introduction accidentelle d'une bouteille de gaz dans le four	Explosion dans le four – Effets de surpression	2A.1
	Chambre de combustion et parcours 1 post-combustion – Alimentation des brûleurs au gaz	Non allumage des brûleurs de démarrage => Accumulation de gaz dans la chambre de combustion avant re-démarrage => Formation d'une ATEX	Explosion de la chambre de combustion : Effet de surpression	2A.3
	Canalisation intérieure d'alimentation fours UVE	Perte de confinement des tuyauteries gaz à l'intérieur du bâtiment (phase de démarrage GN des fours)	Inflammation de l'ATEX – UVCE Effet de surpression	2A.4
B. Système de récupération de chaleur	*Aucun scénario majeur identifié*			
C. Traitement des fumées (incluant stockage des réactifs)	*Aucun scénario majeur identifié*			

Opérations / Equipements		Evènement redouté central (ERC)	Phénomène dangereux (PhD)	N° sc.
D. Acheminement et stockage des résidus d'incinération	*Aucun scénario majeur identifié*			
Sous-ensemble 3 – Activités connexes				
Aucun scénario majeur identifié				

0.5 ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES

0.5.1 PRINCIPE D'UNE ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES

0.5.1.1 Etape 1 : Estimation des conséquences des phénomènes dangereux, cotation de la gravité et identification des scénarios d'accidents majeurs

L'analyse détaillée des risques vise dans un premier temps **à caractériser la gravité des accidents majeurs potentiels.**

Les accidents majeurs sont définis comme des accidents susceptibles d'avoir des effets irréversibles sur les tiers à l'extérieur du site. Le niveau de gravité d'un tel accident est évalué par le nombre de personnes extérieures à l'installation potentiellement impactées.

Cette analyse se fait grâce à diverses modélisations qui permettent d'évaluer les distances d'effet des phénomènes dangereux.

Le niveau de gravité est ensuite déterminé d'après l'échelle[2] présentée ci-après :

Tableau 2 : Cotation de la gravité pour les effets sur les personnes

	niveau de gravité	Zone délimitée par le seuil des effets létaux significatifs	Zone délimitée par le seuil des effets létaux	Zone délimitée par le seuil des effets irréversibles
5	**désastreux**	> 10 personnes exposées	> 100 personnes exposées	>1000 personnes exposées
4	**catastrophique**	< 10 personnes exposées	entre 10 et 100 personnes	entre 100 et 1 000 personnes exposées
3	**important**	au plus 1 personne exposée	entre 1 et 100 personnes	entre 10 et 100 personnes exposées
2	**sérieux**	aucune personne exposée	au plus 1 personne	< 10 personnes exposées
1	**modéré**	pas de zone de létalité hors de l'établissement		présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à "une personne"

[2] Echelle d'appréciation de la gravité des conséquences humaines d'un accident à l'extérieur des installations, présentée en annexe 3 de l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation

0.5.1.2 Etape 2 : Caractérisation de la probabilité d'occurrence et de la cinétique

Dans un 2ème temps, les phénomènes dangereux susceptibles de conduire à un accident majeur sont **caractérisés en probabilité d'occurrence ainsi qu'en terme de cinétique** (vitesse).

La probabilité d'occurrence, traduisant l'estimation du caractère plus ou moins probable d'un scénario d'accident, est déterminée notamment au regard des barrières de sécurité mises en place et en s'appuyant sur la grille[3] ci-après :

Tableau 3 : Cotation de l'occurrence

	E	D	C	B	A
	événement possible mais extrêmement peu probable	**événement très improbable**	**événement improbable**	**événement probable**	**événement courant**
appréciation qualitative	*n'est pas impossible au vu des connaissances actuelles mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années et d'installations*	*s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité*	*un événement similaire déjà rencontré dans ce secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité*	*s'est produit et / ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation*	*s'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation, malgré d'éventuelles mesures correctives*

En ce qui concerne la cinétique, elle est également définie par l'arrêté du 29 septembre 2005.

La cinétique de déroulement d'un accident est qualifiée de lente si elle permet la mise en œuvre de mesures de sécurité suffisantes, dans le cadre d'un plan d'urgence externe, pour protéger les personnes exposées à l'extérieur des installations objet du plan d'urgence avant qu'elles ne soient atteintes par les effets du phénomène dangereux[4].

Ainsi, la cinétique renseigne sur la vitesse d'évolution du phénomène dangereux et sur le temps disponible pour détecter, agir et protéger les personnes, l'environnement et les biens. La caractérisation de la cinétique permet, par ailleurs, de vérifier si les mesures de sécurité (détection, alerte, arrêts d'urgence) sont bien adaptées à la cinétique du phénomène et au besoin d'adapter les dispositifs de sécurité et les plans d'urgence.

0.5.1.3 Etape 3 : Positionnement dans la grille de criticité

Les phénomènes dangereux **susceptibles de conduire à un accident majeur** (pour rappel accident présentant au moins des effets irréversibles à l'extérieur de l'établissement) sont ensuite clairement positionnés dans la grille de criticité suivante, selon leur probabilité d'occurrence et gravité.

[3] Grille d'échelle de probabilité fournie en annexe I de l'arrêté du 29 septembre 2005

[4] article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005

Cette **grille distingue trois zones de risques accidentels**[5] :

- Zone de risque élevé correspondant aux scénarios non acceptables ;
- Zone de risque intermédiaire correspondant aux scénarios acceptables sous condition (si des barrières de sécurité adaptées sont mises en œuvre sur le site) ;
- Zone de risque moindre : correspondant aux scénarios acceptables.

Probabilité Gravité	E	D	C	B	A
5					
4					
3					
2					
1					

0.5.2 SYNTHESE DE L'ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES

0.5.2.1 Modélisation des phénomènes dangereux et cartographie des effets

Les 4 scénarios retenus suite à l'analyse préliminaire des risques ont fait l'objet de modélisations afin d'évaluer les distances des effets associés et de vérifier si les seuils de l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005 sortent ou non du site.

Les modélisations réalisées ont mis en évidence :

- **L'absence d'effets dominos à l'extérieur du site ;**
- **L'absence de seuils d'effets graves et très graves pour la vie humaine (correspondant aux effets létaux) à l'extérieur du site pour l'ensemble des scénarios ;**
- **L'atteinte du seuil des effets significatifs en dehors des limites de propriété pour 1 des 4 scénarios modélisés.**

Ainsi, parmi les 4 scénarios modélisés, **1 seul scénario majeur (ayant des effets sur des tiers hors des limites ICPE) a donc été identifié sur le site** :

- Scénario 2A.3 : Explosion de la chambre de combustion et du parcours 1 post-combustion.

Les cartographies de synthèse des périmètres de dangers par type d'effets sont fournies ci-après.

A noter que la cartographie des effets thermiques de l'incendie généralisé de la fosse a été jointe pour information, bien que ne présentant pas d'effet à l'extérieur du site.

[5] circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers

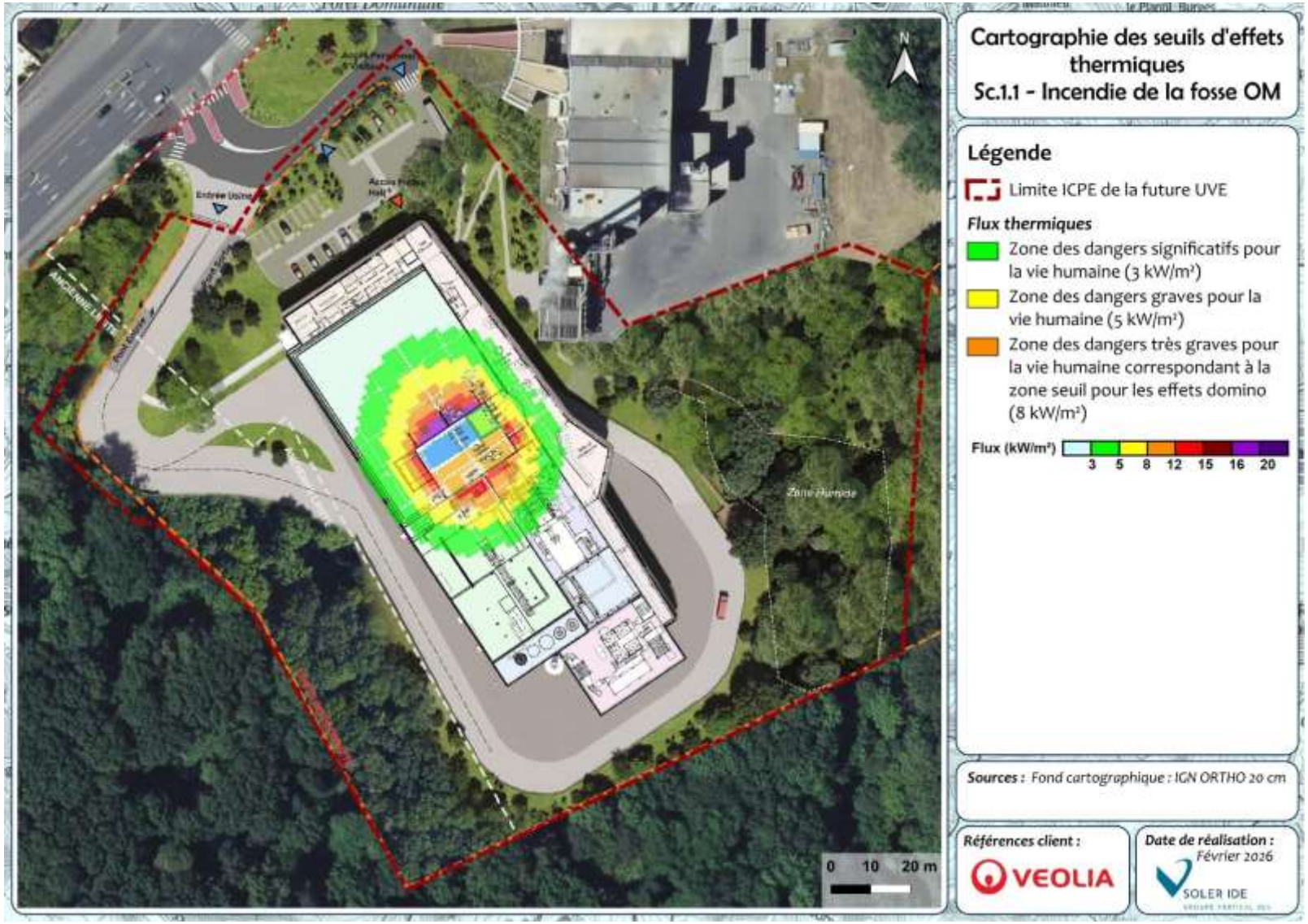


Figure 5 : Cartographie de synthèse - Enveloppe des seuils d'effets thermiques réglementaires pour le scénario modélisé

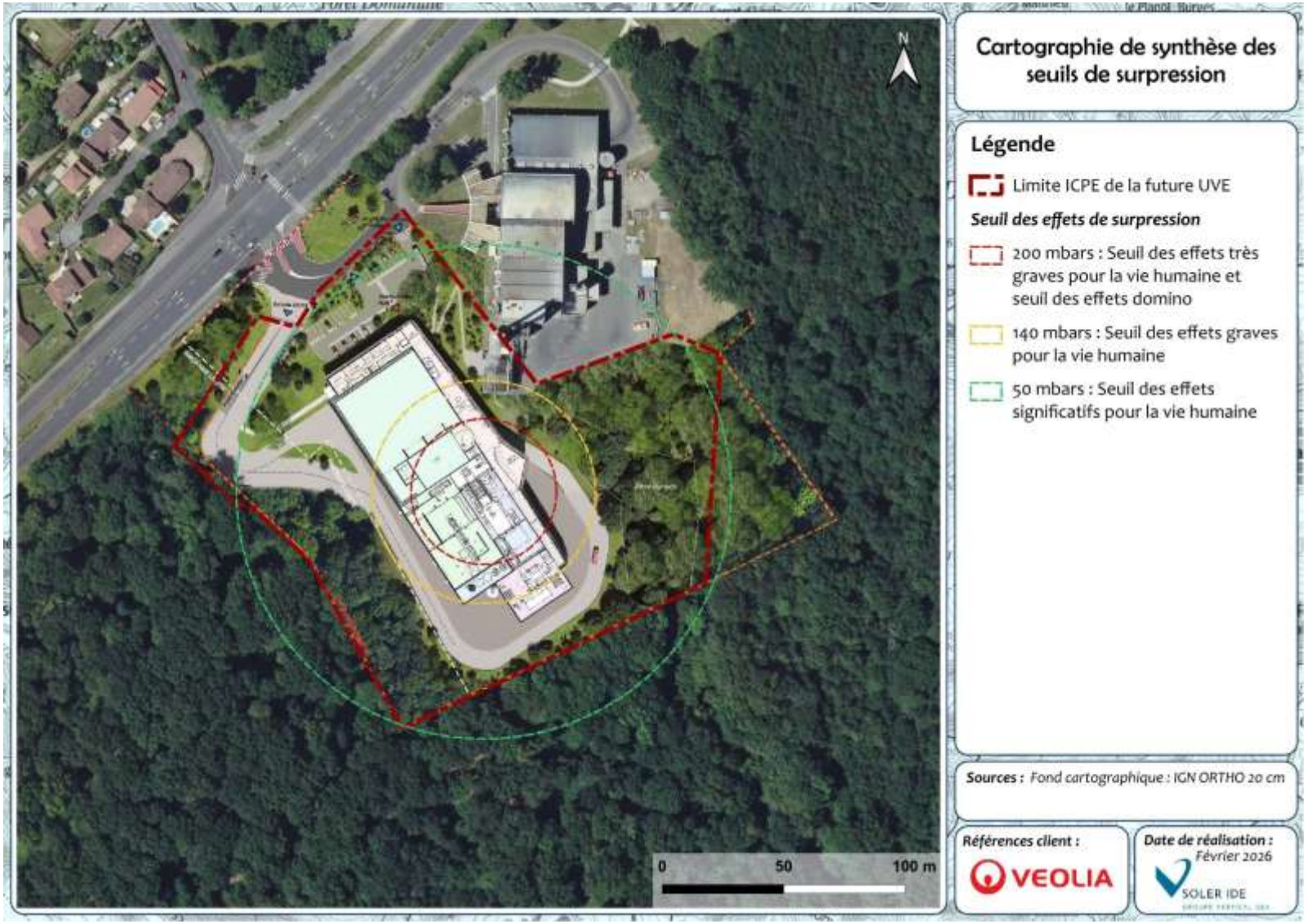


Figure 6 : Cartographie de synthèse - Enveloppe des seuils d'effets de surpression réglementaires pour l'ensemble des 3 scénarios modélisés

0.5.2.2 Positionnement dans la grille de criticité

Les scénarios identifiés comme majeurs (ayant des effets à l'extérieur du site) ont ensuite fait l'objet d'une évaluation de la gravité, de la probabilité et de la cinétique, comme indiqué au le chapitre 0.5.1 précédent, afin de les positionner dans la grille de criticité et d'évaluer leur acceptabilité au sens de la réglementation.

La gravité a été établie en considérant les cartographies des effets.

La probabilité a été évaluée en tenant compte de l'ensemble des mesures de prévention, détection, protection et d'intervention, ainsi que du retour d'expérience sur des installations similaires. **La probabilité a ainsi été évaluée comme extrêmement faible (E) pour l'ensemble des scénarios majeurs.**

La cinétique a été considérée comme **rapide**, une explosion étant par définition soudaine.

Le positionnement du scénario majeur dans la grille de criticité est le suivant :

Probabilité / Gravité	E	D	C	B	A
5					
4					
3					
2	2A.3				
1					

Aucun des scénarios majeurs identifiés n'est classé en zone rouge (correspondant à un risque élevé et non acceptable) ou **dans la zone de risque intermédiaire.**

Le scénario est classé dans la zone de risque moindre, il s'agit du risque d'éclatement du four (suite à une explosion interne de gaz naturel en cas de défaut d'allumage des brûleurs au démarrage du four).

0.6 BILAN

L'étude de dangers de la nouvelle Unité de Valorisation Energétique (UVE) a mis en évidence les éléments suivants :

- 4 scénarios ont fait l'objet d'une modélisation des effets ;
- Parmi ces 4 scénarios :
  - Aucun n'atteint des seuils d'effets graves et très graves pour la vie humaine à l'extérieur du site ;
  - 1 scénario a le seuil des effets significatifs en dehors des limites du site (scénario explosion de la chambre de combustion et du parcours 1 post-combustion) ; il a donc fait l'objet d'une cotation de gravité, de probabilité et de cinétique ;
  - ce scénario se trouve en zone de risque moindre (zone verte de la grille de criticité).

De nombreuses mesures de prévention, détection et protection sont prévues par l'exploitant et s'avèrent adaptées et pertinentes pour les installations projetées.

Ces mesures permettent :

- De limiter les effets des phénomènes dangereux ;
- De diminuer leur probabilité (ex : détecteurs de flamme au niveau des brûleurs).

En conclusion, l'étude de dangers du projet démontre la maîtrise des risques industriels et technologiques de la future UVE.

1 GENERALITES

1.1 OBJET DE L'ETUDE

Evolis 23, le Syndicat départemental d'élimination des déchets de la Haute-Vienne (Syded 87) et Limoges Métropole sont trois entités possédant la compétence traitement des déchets non dangereux sur le département de la Haute-Vienne et sur une partie du département de la Creuse. Depuis 2017, les trois structures publiques se sont rapprochées et ont créé une Entente Intercommunale en date du 11 février 2020 concernant la gestion des trois installations de traitement des déchets : l'Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND) à Bellac, le centre de recyclage et la centrale énergie déchets à Limoges.

Alors que l'exploitation de la centrale énergie déchets de Limoges Métropole (CEDLM) sera rendue difficile au-delà de 2029 en raison notamment de sa vétusté, l'Entente intercommunale a engagé une réflexion sur l'avenir du traitement des déchets résiduels sur son territoire avec le projet de créer une nouvelle Unité de valorisation énergétique (UVE).

A l'issue d'une concertation, Limoges Métropole a lancé un appel public à la concurrence, publié le 18 août 2023, pour le compte de l'entente intercommunale, portant sur l'attribution d'un Marché Public Global de Performance ayant pour objet la conception, la construction et l'exploitation d'une nouvelle Unité de Valorisation Energétique des Déchets et destinée à remplacer l'actuelle centrale énergie déchets de Limoges Métropole.

Le Groupement des sociétés SOVAL (filiale du groupe VEOLIA), EIFFAGE GENIE CIVIL, et le cabinet d'architecte HOBO ARCHITECTURE ont été déclarées attributaire du Marché Global de Performances (MGP) qui a été signé le 8 août 2025 et lui a été notifié le 13 août 2025. La Société SOVAL est mandataire solidaire du Groupement.

C'est ainsi que le Groupement porte le projet de construction de la nouvelle UVE de Limoges en contrebas de l'UVE existante.

Du point de vue de la nomenclature ICPE, la nouvelle UVE de Limoges sera classée à Autorisation au titre des mêmes rubriques que l'UVE existante, rappelées ci-après :

- n° 2771 « Installation de traitement thermique de déchets non dangereux » ;
- n° 3520-a « Elimination ou valorisation dans des installations d'incinération des déchets ou des installations de co-incinération des déchets » : capacité de traitement des déchets non dangereux supérieure à 3 t/h.

Le présent document constitue l'étude de dangers à joindre au dossier de demande d'autorisation environnementale.

La présente étude des dangers a été élaborée de façon à :

- exposer les dangers que peut présenter l'installation en cas d'accident,
- décrire les accidents susceptibles de survenir, que leurs causes soient internes ou externes,
- décrire la nature et déterminer l'extension des conséquences des risques majeurs,
- exposer les mesures préventives et d'intervention en cas d'accident.

Chacun de ces points fait l'objet d'un chapitre spécifique.

1.2 CONTEXTE REGLEMENTAIRE

Le tableau suivant indique les principaux textes en relation avec les études de dangers et la maîtrise des risques et qui concernent le site étudié :

Installations classées	
Code de l'environnement, Livre V, Titre Ier	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)
Etude de dangers	
Code de l'environnement, Art. D.181-15-2	Contenu de l'étude de dangers
Arrêté du 29 septembre 2005	Evaluation et prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation
Circulaire du 10 mai 2010	Règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003
Risques accidentels	
Arrêté du 4 octobre 2010	Prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation
Risques sismiques	
Décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010 (codifié art. R.563-1 à R.563-8 du Code de l'Environnement)	Prévention du risque sismique
Décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010	Délimitation des zones de sismicité du territoire français
Arrêté du 22 octobre 2010	Classification et règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »

1.3 METHODOLOGIE ET PRESENTATION DU DOCUMENT

Rappelons que « l'étude de dangers précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts visés à l'article L.511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation. Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation. En tant que de besoin, cette étude donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite. Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents » (art. L.181.25 du Code de l'Environnement).

Le contenu de l'étude de dangers est défini dans l'article D.181-15-2-III du Code de l'Environnement.

La présente étude a été conduite selon les règles édictées par la circulaire du 10 mai 2010. Le plan de ce document reprend donc les différentes parties telles qu'indiquées dans la partie 2 de la circulaire du 10 mai 2010 « Guide d'élaboration des études de dangers pour les établissements soumis au régime de l'autorisation avec servitudes ».

1.4 AUTEURS DU DOSSIER

Ce dossier est élaboré par : SOLER IDE

4, impasse René COUZINET

31500 Toulouse

Il a été rédigé par :

- Amandine CILLIER – Ingénieure de projets – Pôle Industrie et Environnement ;
- Céline BORDES – Ingénieure Experte Risques Sanitaires et Industriels – Pôle Industrie et Environnement ;
- Daniel TISSOT – Chef de projets – Directeur adjoint du Pôle Industrie et Environnement.

Toutefois, tous les renseignements consignés dans ce document émanent de SOVAL, mandataire du Groupement, qui en assure l'authenticité et en assume la responsabilité.

2 DESCRIPTION DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT

2.1 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE ET ENVIRONNEMENT LOCAL DU SITE

L'unité de valorisation énergétique (UVE) de Limoges est implantée :

- dans le département de la Haute-Vienne (87),
- sur la commune de Limoges,
- à 5 km au Nord-Est du centre-ville,
- sur la rue de Fougeras.

L'accès au site se fait par la route départementale RD142 (aussi nommée rue de Fougeras).

La carte de localisation du site est fournie en page suivante.

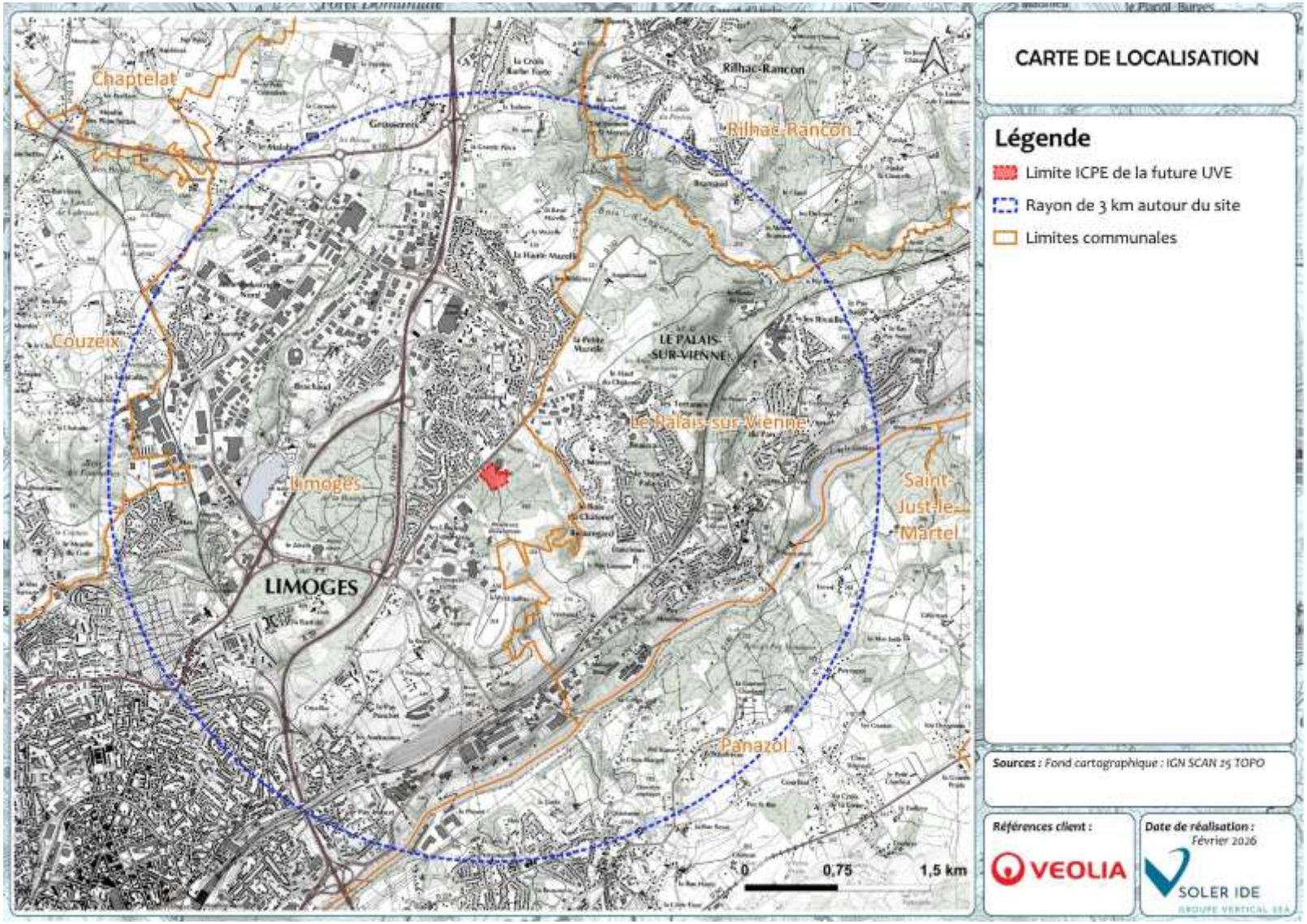


Figure 7 : Carte de localisation

2.2 RECENSEMENT DES INTERETS A PROTEGER

2.2.1 FACTEURS HUMAINS

2.2.1.1 Occupation des sols aux abords du site

L'UVE vient s'implanter au droit de la parcelle de l'UVE actuelle de Limoges, le long de la rue de Fougeras.

D'après la carte Corine Land Cover 2018, l'UVE est implantée sur 2 types d'occupation du sol :

- Tissu urbain discontinu pour sa partie Nord aménagée,
- Forêts de feuillus pour ses espaces verts arborés au Sud.

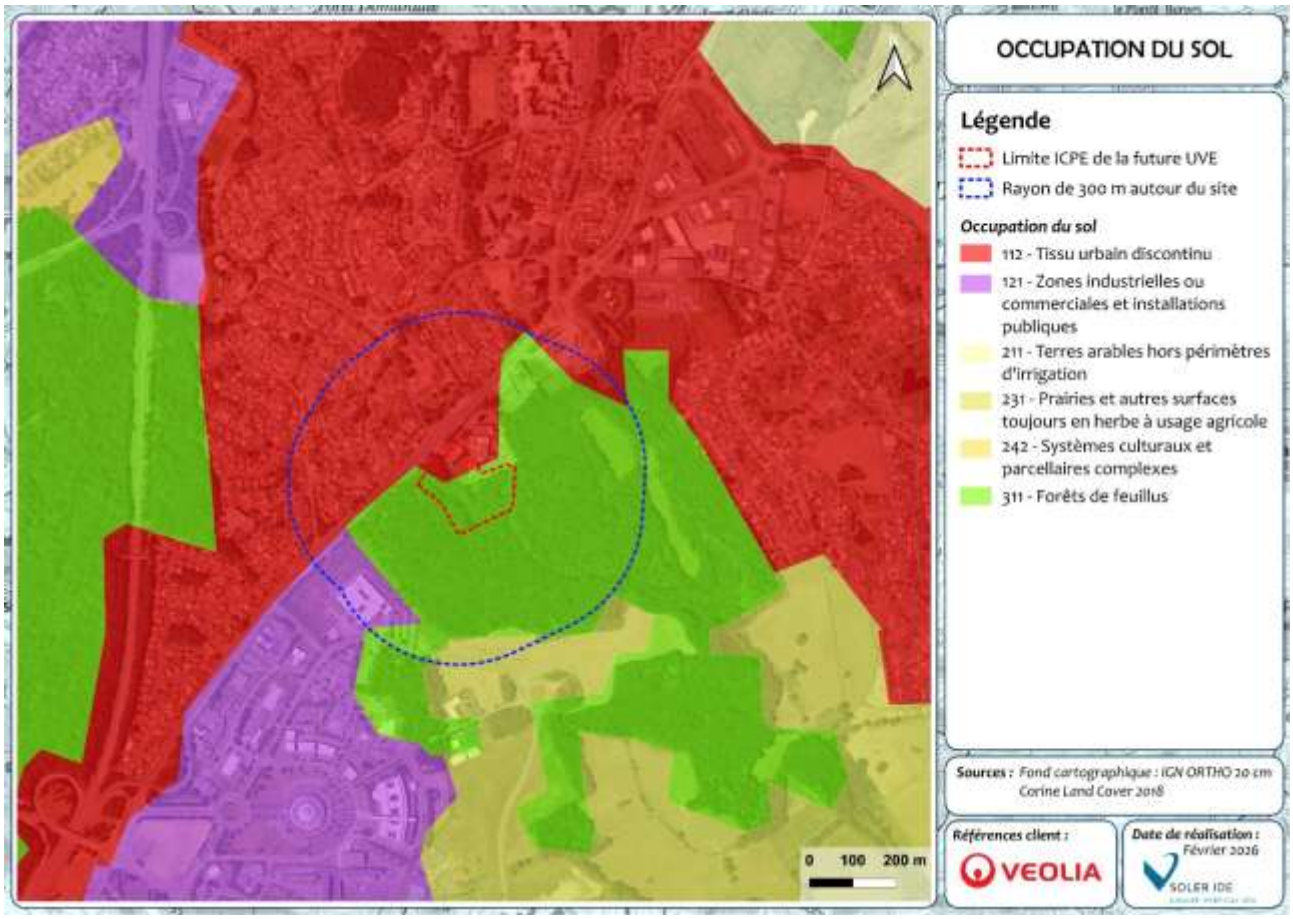


Figure 8 : Occupation du sol

De plus, d'après le PLU de la ville de Limoges, l'UVE se situe dans un secteur à vocation d'activité économique (zonage UE 3 correspondant à la zone technopolitaine ESTER).

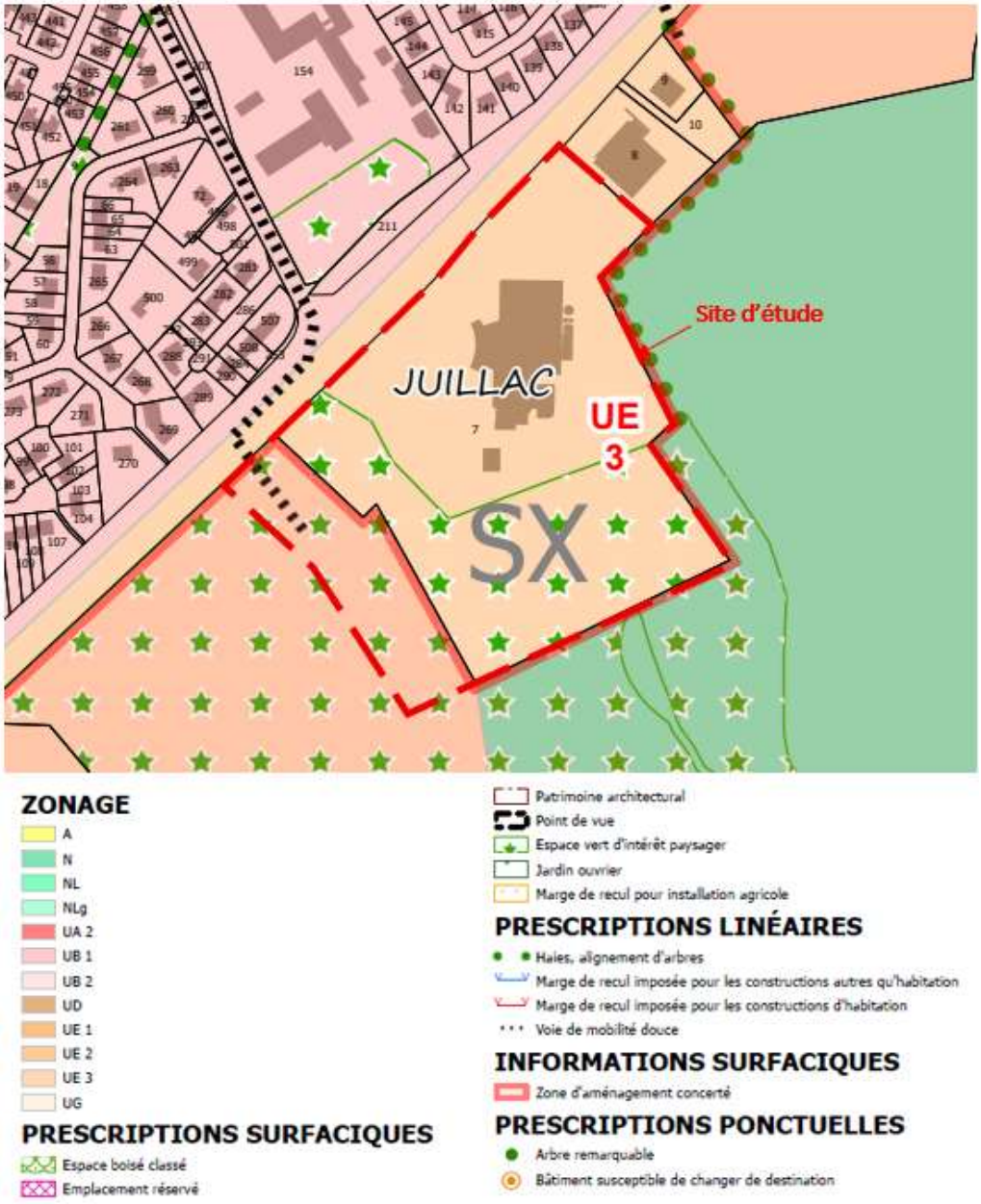


Figure 9 : Extrait du PLU de Limoges

2.2.1.2 Habitats

Les habitations les plus proches sont situées à 40 m au Nord, de l'autre côté due la rue de Fougeras.

Dans un rayon de 1 km autour du site, sont recensées 2 zones d'habitat dense :

- Au Nord-Nord-Ouest du site à 60 m,
- A l'Est du site à 415 m.

La carte ci-après montre la localisation des habitations par rapport au projet :

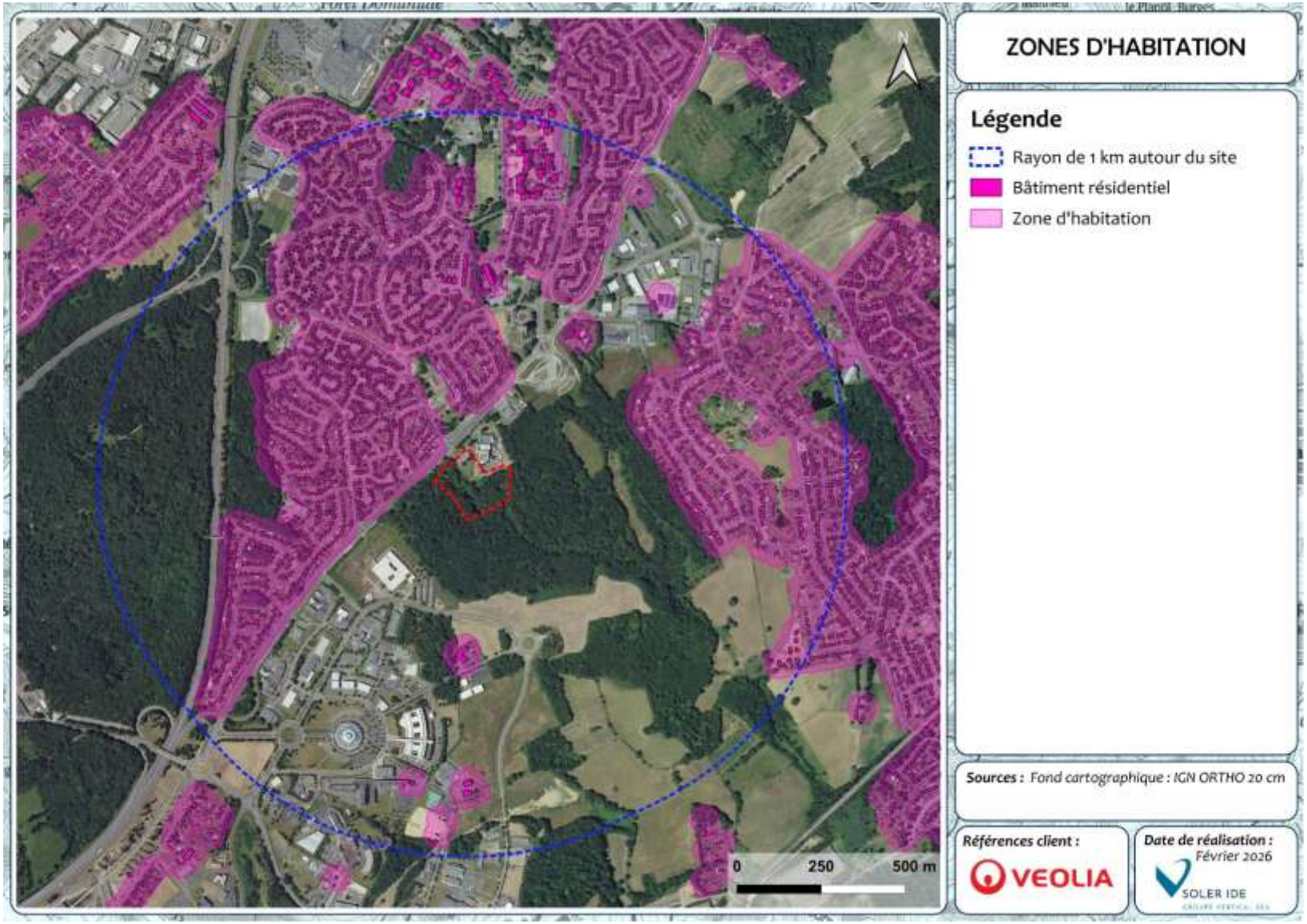


Figure 10 : Zones d'habitation aux abords du site

2.2.1.3 Etablissements recevant du public

a) Populations sensibles

Sont également recensées autour du site :

- les populations sensibles et vulnérables (enfants, personnes âgées, malades) : crèches, établissements scolaires, maisons de retraite, centre de soins ;
- les installations de plein air recevant du public (terrains de sport, …), les équipements de loisir …

Aucun ERP accueillant des populations sensibles et vulnérables n'est recensé dans un rayon de 300 m.

Dans un rayon de 1 km autour de l'installation, sont recensés les installations sensibles ci-dessous :

- Aucun équipement de santé, les plus proches sont :
  - Le Centre Médico-Psychologique (C.M.P.) Beaubreuil à 1,5 km au Nord,
  - La résidence pour personnes âgées dépendantes Puy Martin à 1,8 km à l'Est ;
- 8 établissements scolaires :
  - Le collège Firmin Roz à 420 m à l'Ouest,
  - L'école maternelle et l'école primaire Les Homérides à 600 m au Nord-Ouest,
  - L'ENSIL à 570 m au Sud,
  - L'école nationale supérieure de céramique industrielle à 780 m au Sud,
  - L'école maternelle et l'école primaire Jean Montalat Sud à 940 m au Nord,
  - Le groupe scolaire Jean Giraudoux à 1 km au Nord-Est ;
- 7 terrains de sport extérieurs, le plus localisés à 560 m au Nord ;
- Aucun équipement de culture/loisirs, le plus proche étant le Zénith à 1,4 km à l'Ouest.

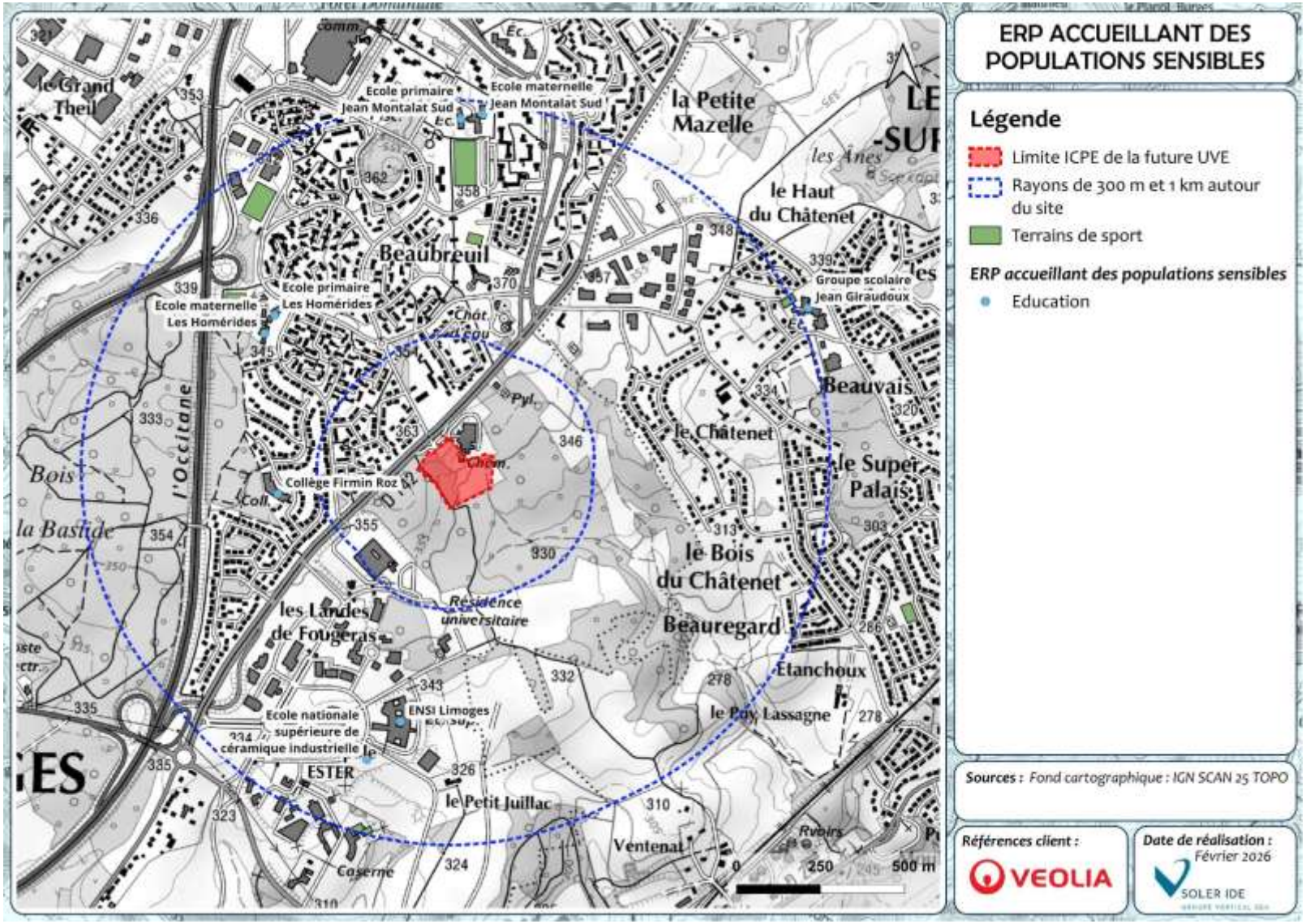


Figure 11 : ERP accueillant des populations sensibles à proximité du projet

b) Autres établissements recevant du public

Dans un rayon de 300 m, 2 ERP (hors ERP accueillant des populations sensibles) ont été recensés, il s'agit de :

- Le laboratoire de biologie médicale INOVIE à 160 m au Nord-Est du site,
- L'association ARSL venant en aide aux personnes en difficultés sociales située à 210 m au Nord du site.

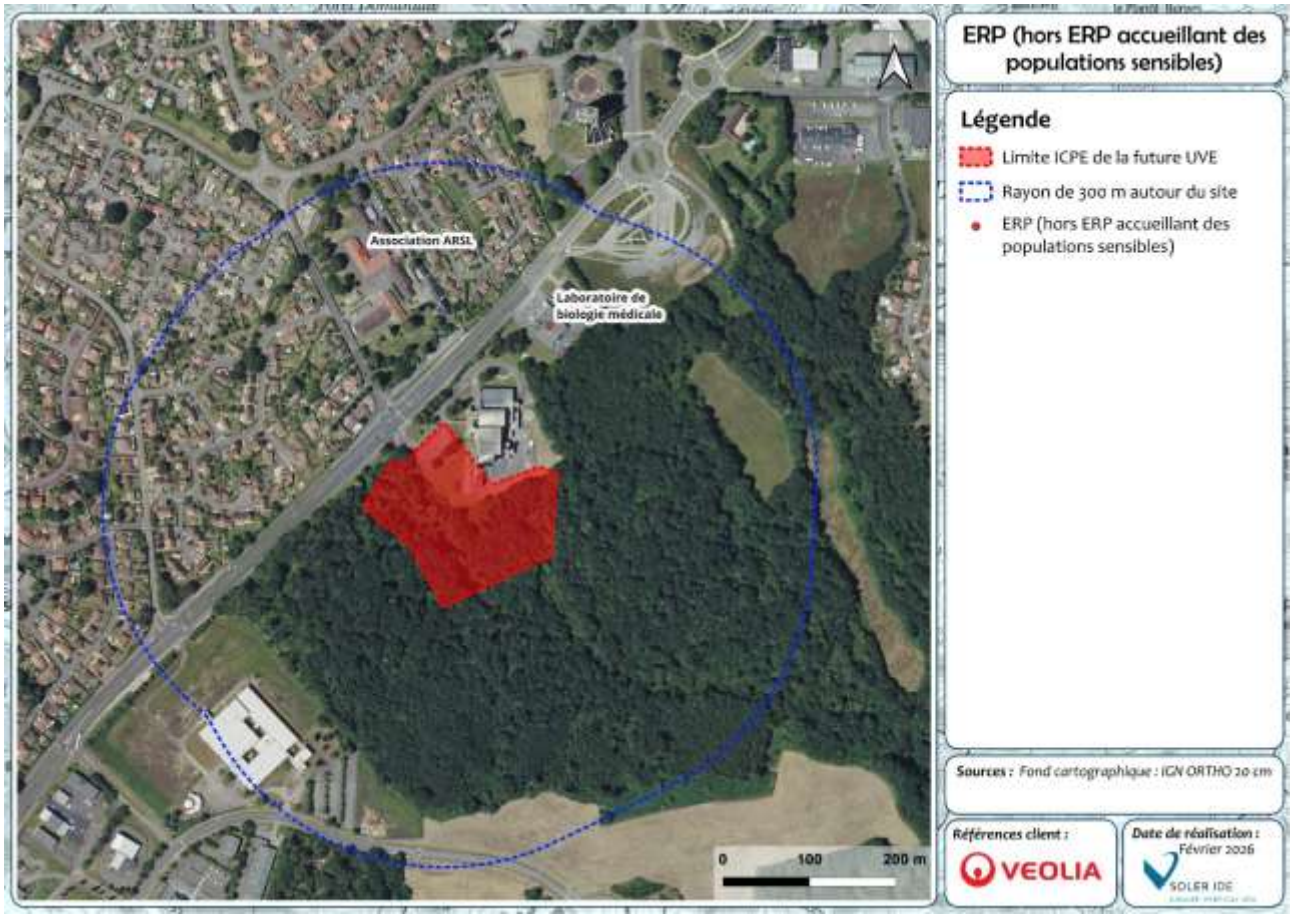


Figure 12 : ERP (hors ERP accueillant des populations sensibles) à proximité du site

2.2.1.4 Installations industrielles voisines

a) Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

Dans un rayon de 1 km, sont recensées :

- une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) classée à autorisation non SEVESO : il s'agit de l'établissement **Hydro Service Concept** classé pour une activité de traitement de déchets dangereux (installation de régénération par filtration des huiles industrielles usagées). Il est situé à 350 m au Sud-Ouest du site, à l'adresse : Parc d'Ester - 24 avenue d'Ariane - 87068 Limoges.
- 2 ICPE relevant du régime de la déclaration, il s'agit des établissements :
  - LEGRAND SITEL qui fabrique des équipements électriques, localisé à 250 m au Sud-Ouest du site.
  - Dalkia France qui exploite le réseau de distribution de chaleur de Limoges, localisé à 380 m au Nord du site.

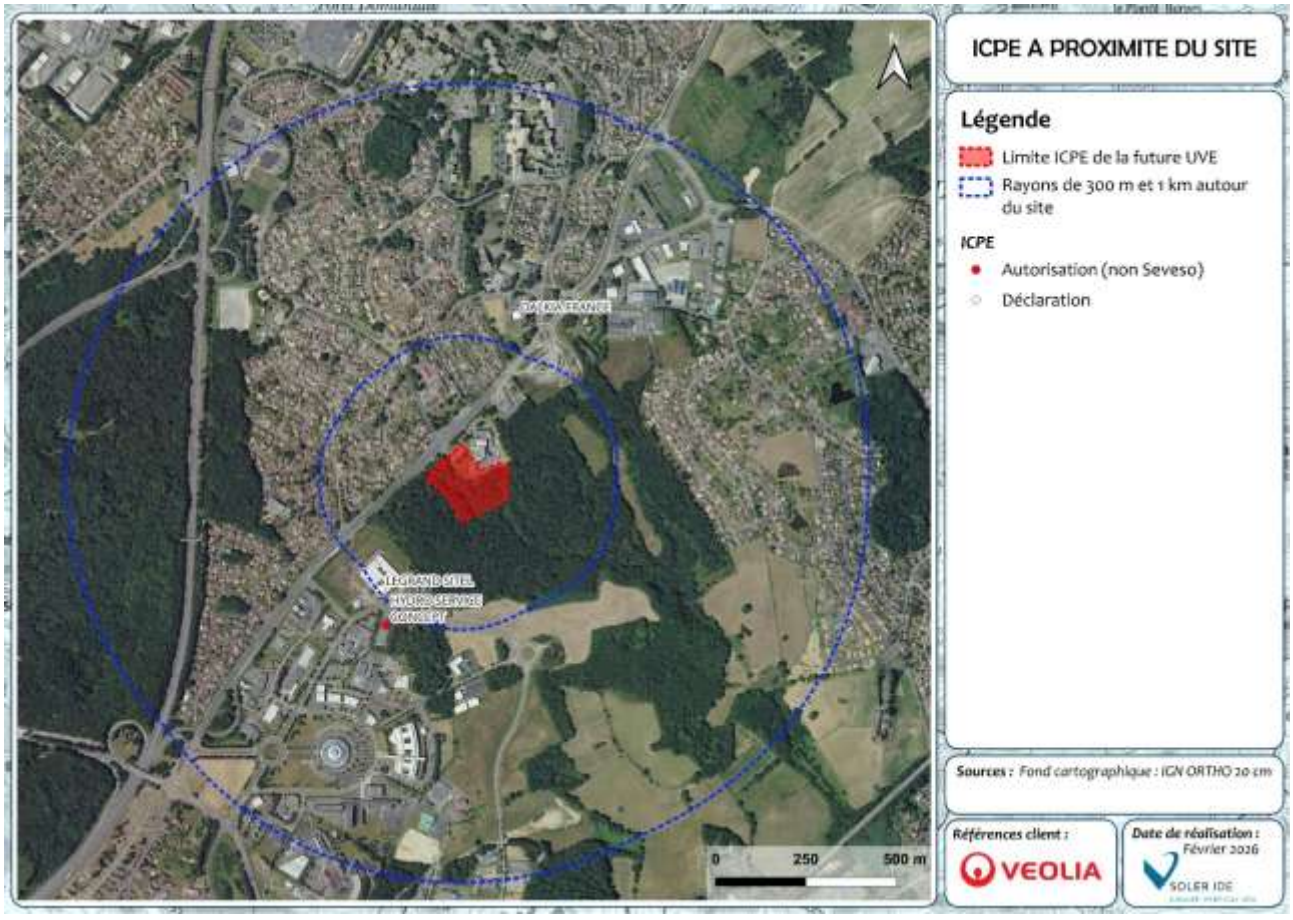


Figure 13 : Localisation des ICPE à proximité du site

b) Autres établissements

La ZAC de Beaubreuil localisée au Sud-Ouest du site accueille de nombreux établissements commerciaux et industriels. Les premiers établissements sont situés à 400 m du site.

2.2.1.5 Infrastructures de transport

a) Routes

Le site longe la route départementale RD142 (aussi nommée rue de Fougeras).

L'autoroute A20 passe à 650 m à l'Ouest du site.

b) Voies ferrées

Aucune voie ferrée n'est présente dans un rayon de 1 km autour du site.

La voie ferrée la plus proche passe à 1,3 km au Sud du site.

La gare la plus proche est une gare de fret localisée à 2,4 km au Sud-Ouest du site.

c) Aérodromes et aéroports

L'aéroport/aérodrome le plus proche est l'aéroport de Limoges situé à 8,1 km à l'Ouest du site.

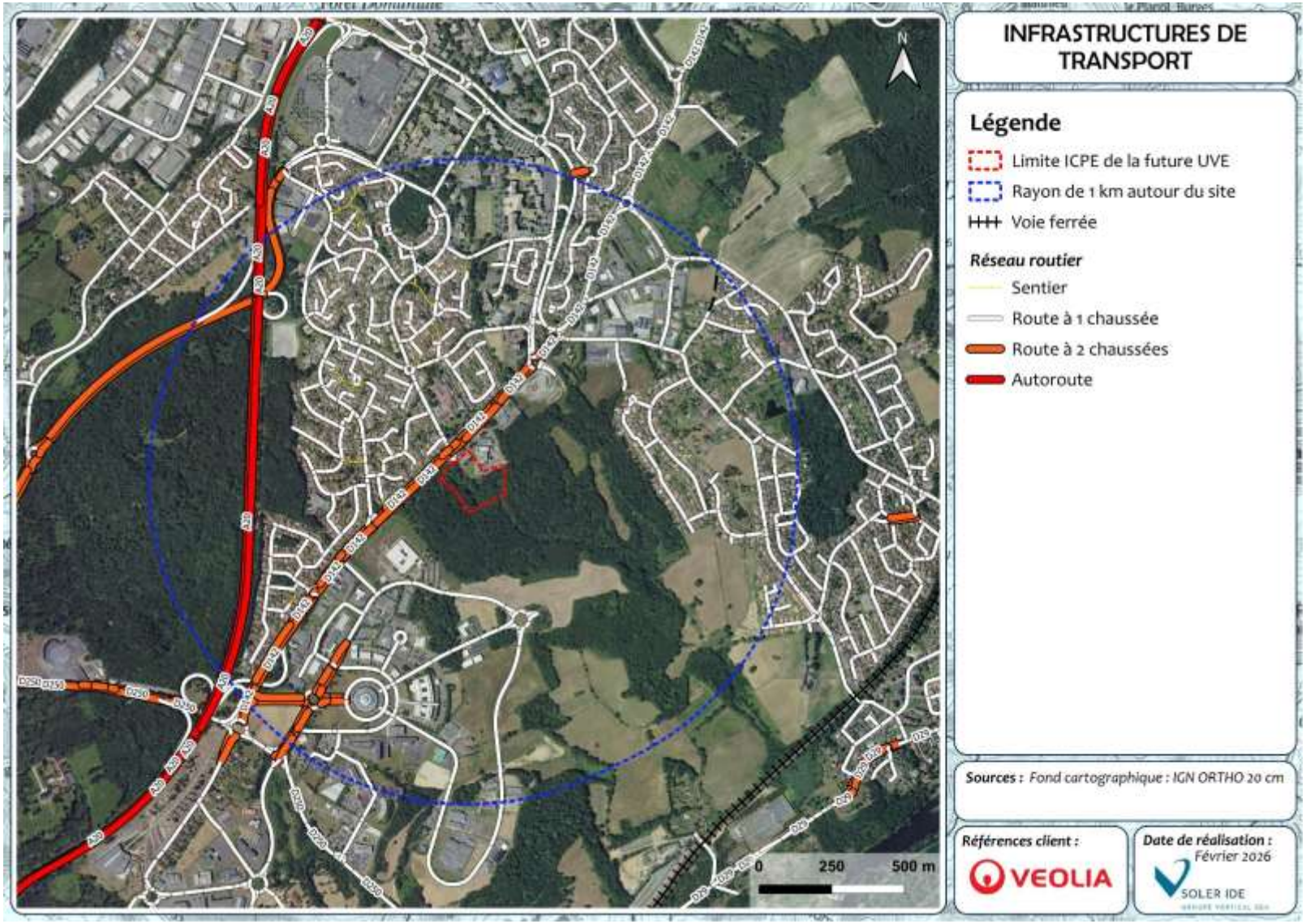


Figure 14 : Infrastructures de transport aux abords du site

2.2.2 FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

2.2.2.1 Réseau hydrographique / hydrogéologique

Le tableau présenté ci-après synthétise les données sur l'hydrogéologie et l'hydrologie du secteur d'étude :

Tableau 4 : Usages des milieux (eaux souterraines et superficielles)

	Données générales	Usages
Hydrogéologie	Le terrain d'implantation de l'UVE est situé au niveau de la masse d'eau souterraine n° FRGG057 «Bassin versant de la Vienne», nappe d'eau en bon état quantitatif et chimique.	Le site n'est concerné par aucun périmètre de protection de captage d'eau potable et ne présente aucun risque pour les ressources utilisées pour l'alimentation en eau potable.
Hydrologie	La nouvelle UVE se situe à 2 km au Nord du cours d'eau n°FRGR0359B « La Vienne depuis le Palais-sur-Vienne jusqu'à Saint-Junien », affluent de la Loire. Ce cours d'eau présente un bon état chimique et écologique.	La Vienne est utilisée à des fins de prélèvements divers (agricole, industriel, eau potable). Néanmoins, il n'y a pas de captage AEP en eaux superficielles à proximité du site.

2.2.2.2 Patrimoine naturel

Trois Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) de type I se situent dans un périmètre de 5 km autour du site. Toutefois, elles ne sont ni dans la zone d'influence des travaux ni dans la zone des effets induits ou éloignés.

Tableau 5 : Patrimoine naturel à proximité du site

Code	Nom	Distance par rapport au site
ZNIEFF type I		
740120214	Zones humides de Grossereix et Tourbiere De Bouty	1,6 km au Nord-Est
740120230	Bois du Grand Beaune	4,2 km au Nord
740120152	Ruisseau de l'Auzette à l'amont de l'étang de Cordelas	4,7 km au Sud-Est

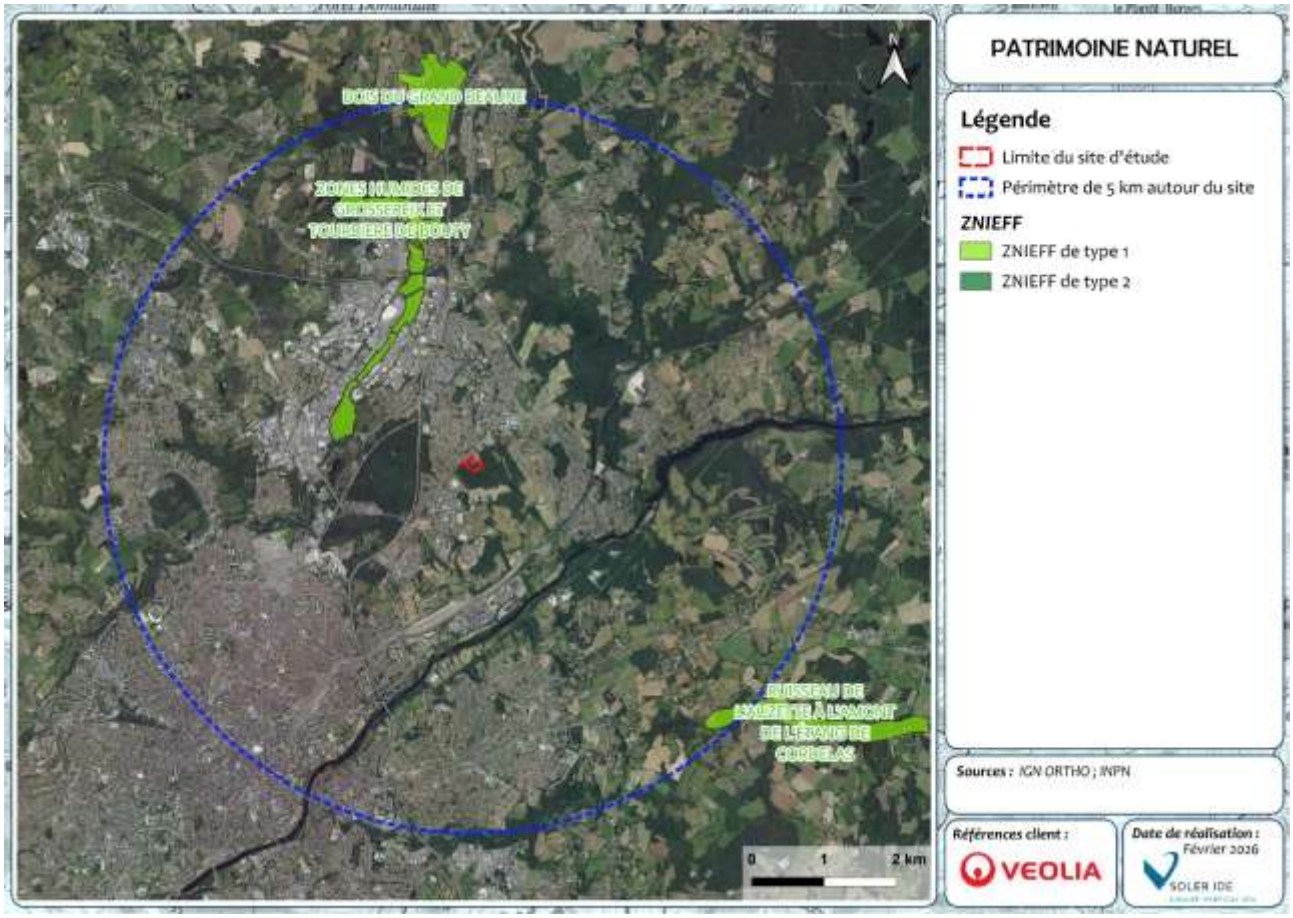


Figure 15 : Cartographie du patrimoine naturel dans un périmètre de 5 km autour du site

2.2.2.3 Patrimoine culturel, archéologique et paysager

a) Patrimoine archéologique

Le site n'est pas concerné par une zone de protection archéologique ou un site patrimonial remarquable (SPR). On notera toutefois la présence d'une zone de présomption de prescription archéologique à 340 m à l'Est de l'UVE.

b) Patrimoine culturel

Le secteur d'étude immédiat (300 m autour du site) ne présente pas d'intérêt culturel particulier.

Aucun monument historique n'est localisé à moins d'un kilomètre du site. Le site d'étude est éloigné de 1,7 km du monument historique le plus proche.

c) Patrimoine paysager

Aucun site inscrit ou classé n'est localisé à proximité immédiate du projet, le plus proche est un site inscrit localisé à 1,3 km.

A noter que le bois localisé au Sud-Sud-Ouest du terrain d'étude est identifié comme Espace Vert d'Intérêt Paysager (EVIP) au PLU de Limoges. Ce bois n'est néanmoins pas classé comme site inscrit ou classé.

2.2.3 SYNTHESE DES INTERETS A PROTEGER

Au vu des paragraphes précédents, les intérêts à protéger dans un rayon de 300 m (1/10ème du rayon d'affichage ICPE) autour de la future installation sont les suivants :

- La zone d'habitations située à 60 m au Nord-Ouest ;
- Les établissements recevant du public :
  - Le laboratoire de biologie médicale INOVIE à 160 m au Nord-Est,
  - L'association ARSL venant en aide aux personnes en difficultés sociales à 210 m au Nord ;
- 1 Installation Classée pour la Protection de l'Environnement :
  - L'établissement LEGRAND SITEL (équipements électriques) à 250 m au Sud-Ouest soumis à déclaration ICPE,
- Les usagers des voies de circulation aux abords, principalement : la route départementale D142 (ou rue de Fougeras).

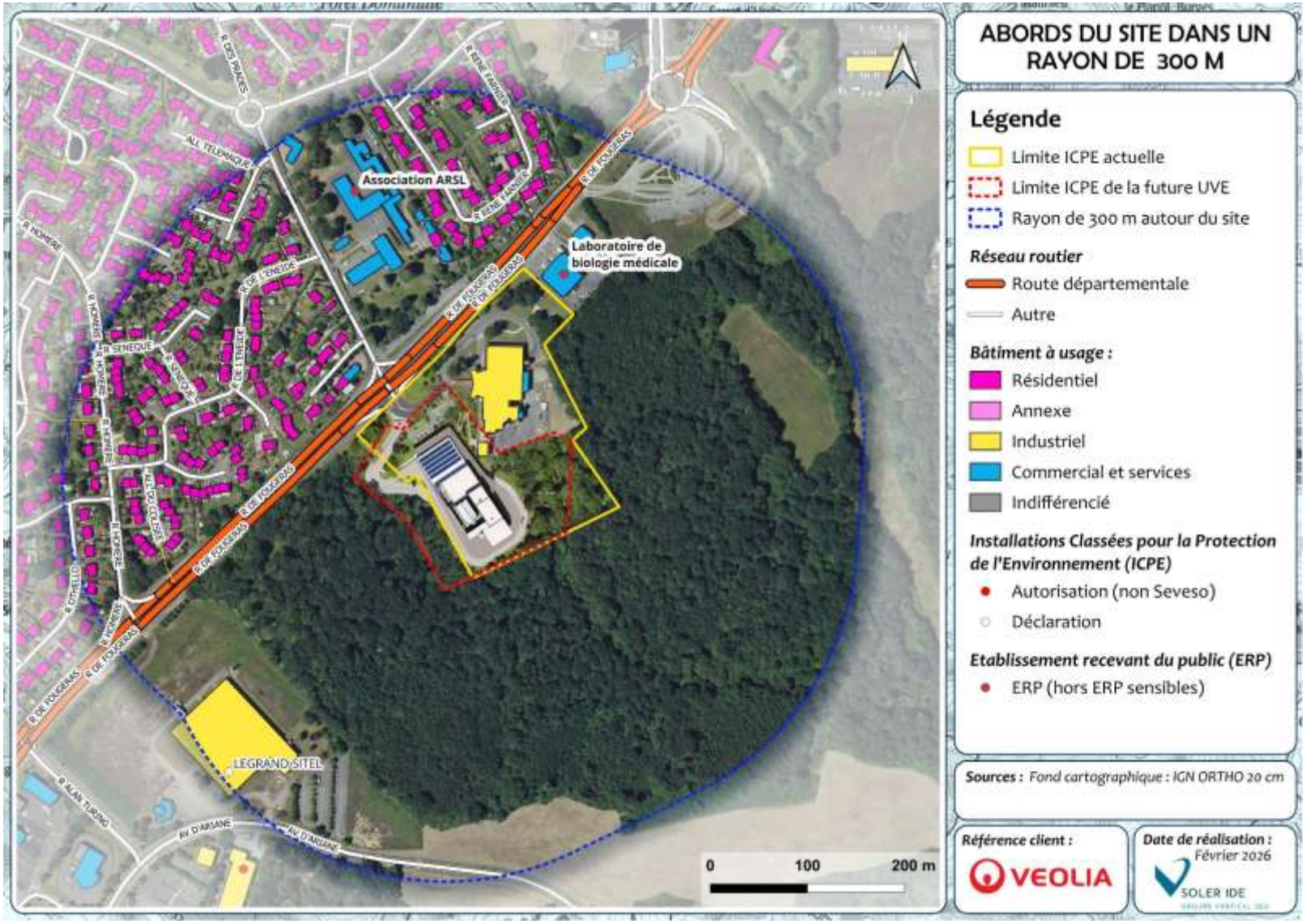


Figure 16 : Plan des abords du site

2.3 ANALYSE DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

2.3.1 DOCUMENTS D'INFORMATIONS REGLEMENTAIRES

La commune de Limoges est incluse dans le périmètre :

- De 4 Plans de Prévention des Risques Naturels :
  - PPR Inondation de la Vienne approuvé le 18 mai 2005,
  - PPR Inondation de l'Aurence approuvé le 23 aout 2007,
  - PPR Inondation de l'Auzette approuvé le 23 janvier 2009,
  - PPR Inondation de la Valoine approuvé le 23 janvier 2009 ;
- D'aucun Plan de Prévention des Risques Technologiques.

En dehors des risques déjà pris en considération au travers des PPRN et PPRT, le dossier départemental des risques majeurs (DDRM) de Haute-Vienne, datant de 2022, est utilisé pour identifier les risques majeurs existants sur la commune de Limoges, à savoir :

- le risque de mouvements de terrain,
- le risque nucléaire,
- le risque de rupture de barrage,
- le risque lié au transport de matières dangereuses,
- le risque minier.

Comme toutes les communes du département, Limoges est soumise aux risques météorologiques et au risque d'attentats.

2.3.2 PHENOMENES NATURELS

2.3.2.1 Plan de prévention des risques naturels

La commune de Limoges dispose de 4 Plans de Prévention du Risque Inondation (PPRI) :

- PPR Inondation de la Vienne approuvé le 18 mai 2005,
- PPR Inondation de l'Aurence approuvé le 23 aout 2007,
- PPR Inondation de l'Auzette approuvé le 23 janvier 2009,
- PPR Inondation de la Valoine approuvé le 23 janvier 2009.

Toutefois, l'UVE n'est incluse dans aucun des zonages réglementaires de ces 4 PPRI (voir plans ci-après).

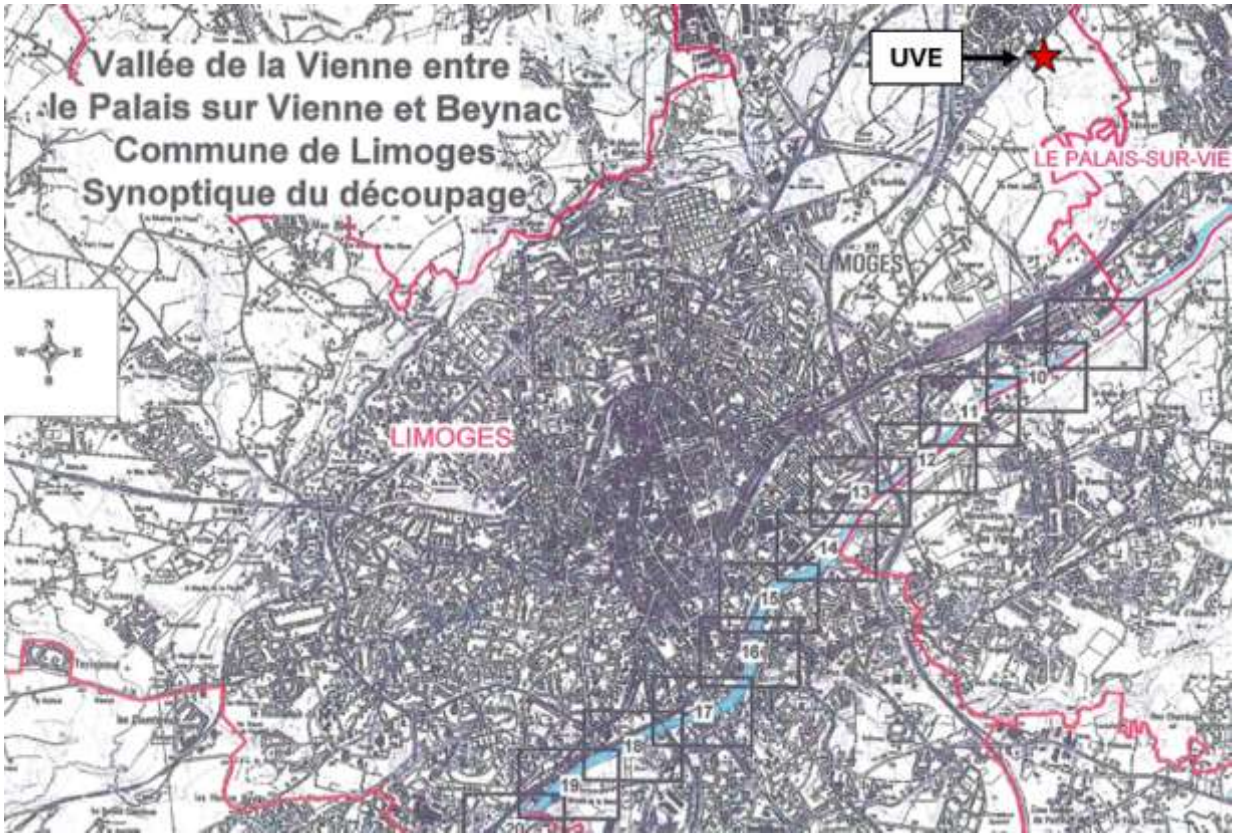


Figure 17 : Extrait du plan de zonage du règlement graphique du PPRI de la Vienne

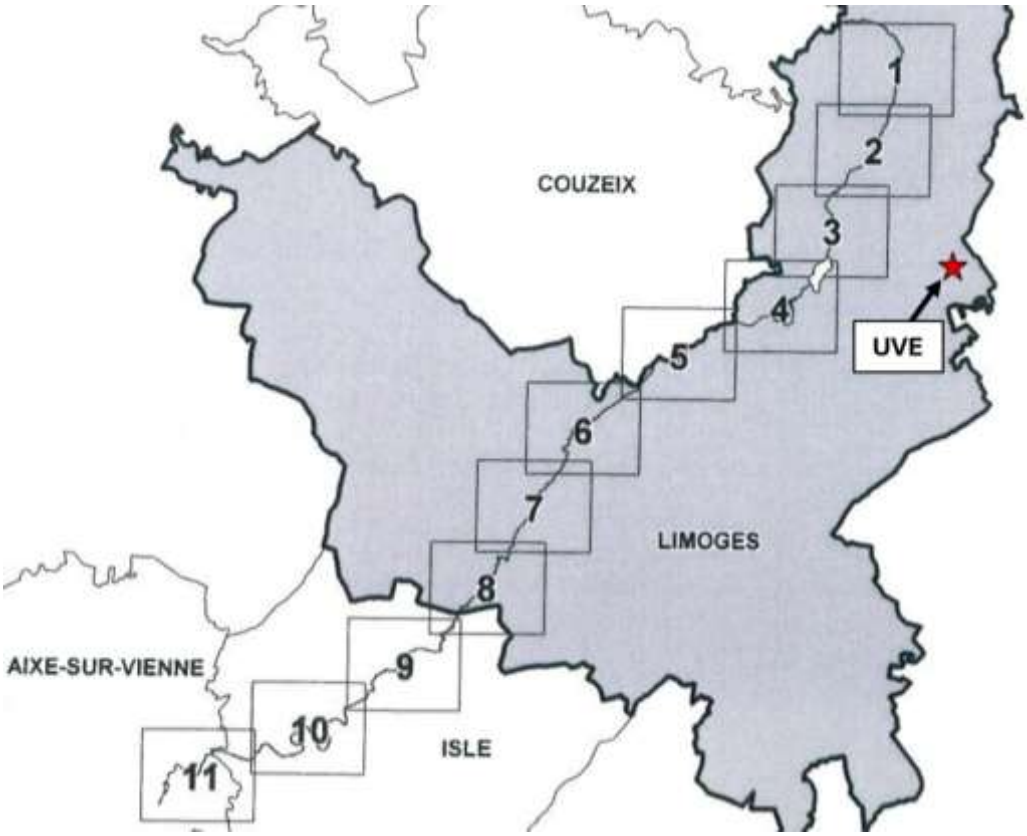


Figure 18 : Extrait du plan de zonage du règlement graphique du PPRI de l'Aurence

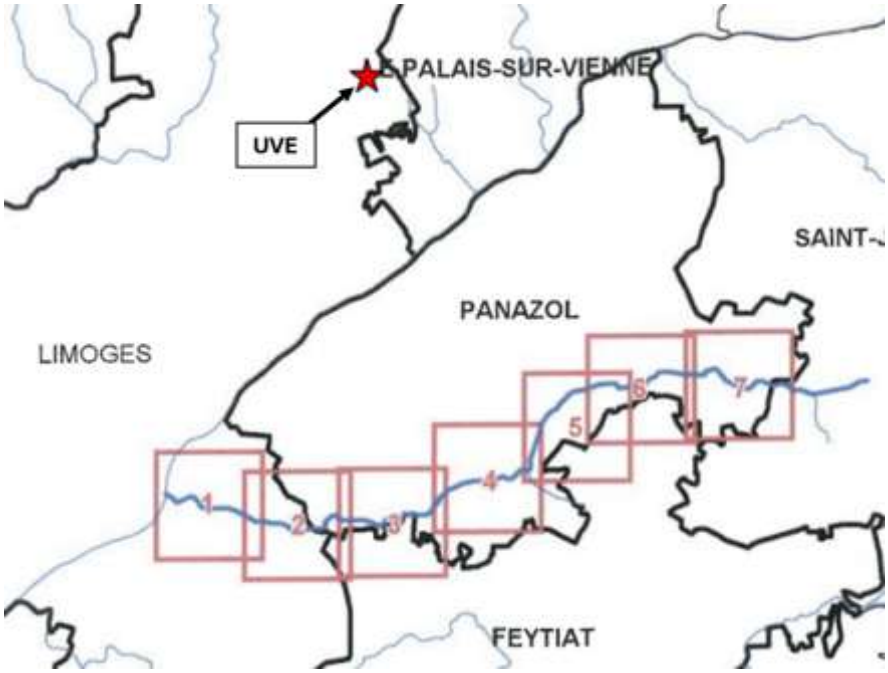


Figure 19 : Extrait du plan de zonage du règlement graphique du PPRI de l'Auzette

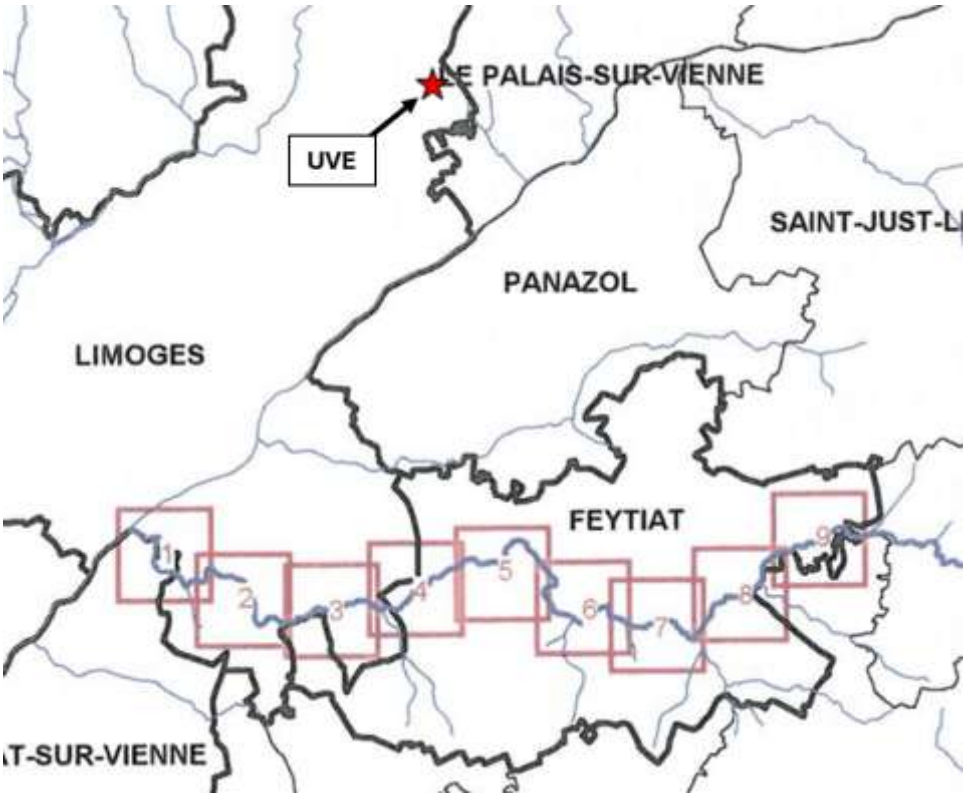


Figure 20 : Extrait du plan de zonage du règlement graphique du PPRI de la Valoine

Au regard des éléments présentés ci-avant, le risque d'inondation n'est donc pas retenu dans l'analyse des risques.

2.3.2.2 Inondabilité

Une inondation est une submersion plus ou moins rapide d'une zone, avec des hauteurs d'eau et des vitesses de courant variables. Elle est due à une augmentation du débit d'un cours d'eau provoquée par des pluies importantes et durables. Il existe différents types de crues :

- des inondations de plaine (ou crues lentes) provoquées par un débordement direct du cours d'eau plus ou moins rapide ;
- des crues torrentielles qui charrient des boues et/ou des matériaux solides dont la densité peut être importante. Elles sont en général rapides et très destructrices, provoquées par des précipitations extrêmes qui s'abattent sur de petits bassins versants fortement pentus ;
- des crues dues aux ruissellements en secteur urbain (saturation des aménagements urbains d'évacuation des eaux) ;
- des remontées de nappe ;
- la submersion de zones littorales (phénomène fluviomaritime) : de fortes marées submergent les zones littorales. Outre l'action propre de la mer, ce phénomène peut provoquer le débordement des cours d'eau qui débouchent à la mer.

Le site n'est pas concerné par le risque de submersion des zones littorales. Les autres types d'inondation (par le réseau hydrographique, les remontées de nappes) sont traités en parties suivantes.

Remarque : Concernant les ruissellements, il sera mis en place sur le site une gestion adaptée des eaux pluviales (cf. détails et dimensionnement des ouvrages dans le document n°2 « Etude d'impact »).

a) Réseau hydrographique

Les risques liés au réseau hydrographique ont été pris en considération dans les 4 PPR Inondation qui concernent la commune de Limoges

Comme précisé en partie précédente, le site n'est pas inclus dans les zonages réglementaires des PPRI, **le risque d'inondation (par le réseau hydrographique) n'est donc pas retenu dans l'analyse des risques.**

b) Remontée de nappe

Source : Géorisques

Une partie du terrain d'étude se situe dans une zone potentiellement sujette aux inondations de caves (voir cartographie en page suivante).

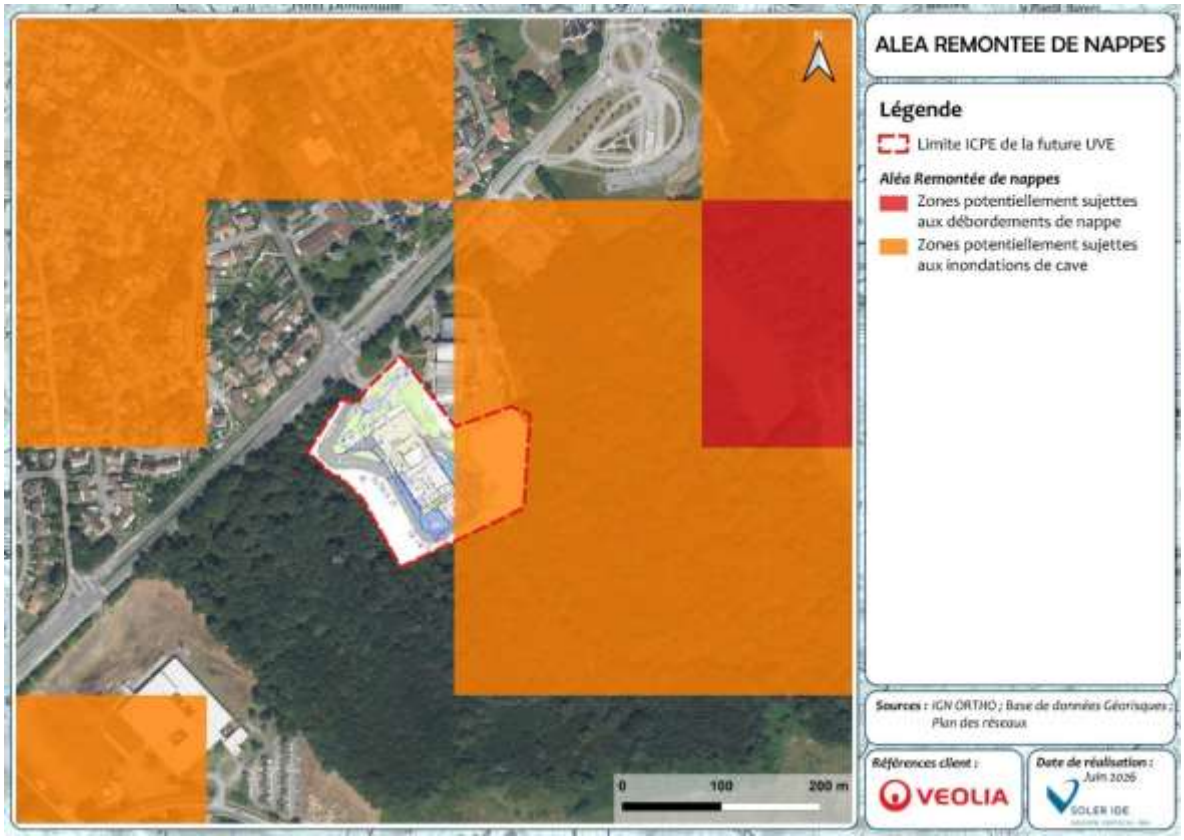
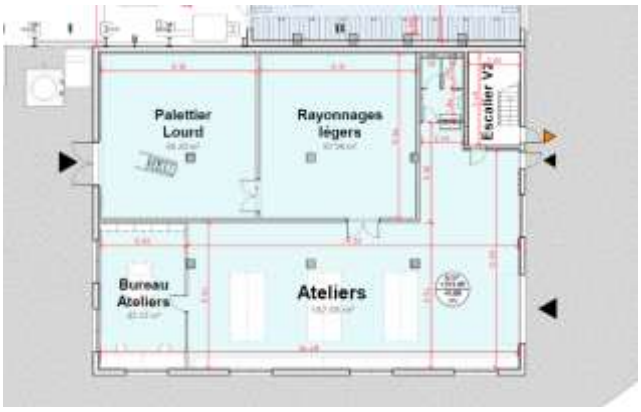


Figure 21 : Aléa de remontée de nappes au droit du projet



La partie du bâtiment concernée par le risque d'inondation de cave (angle Sud-Est) ne dispose d'aucune installation en sous-sol et comprend la zone « ateliers » et les zones de stockages associées au niveau du rez-de-chaussée.

De plus, concernant la fosse de réception de déchets non dangereux, elle est située à l'opposé du bâtiment dans une zone non identifiée comme concernée par le risque d'inondation de caves.

On notera également qu'une étude géotechnique a été réalisée sur le site (voir annexe de l'étude d'impact) qui a pris en compte ce risque et permis de définir les prescriptions en termes de construction.

Ainsi, **des mesures ont été prévues dès la conception des installations pour prendre en compte le risque de remontée d'eaux dans les sous-sols** notamment au niveau des installations en sous-sol (dont la fosse déchets).

Considérant qu'aucune installation en sous-sol n'est localisée dans la zone identifiée sur Géorisques comme sujettes aux inondations de caves et considérant les dispositions constructives qui seront mises en œuvre sur l'ensemble du site, **le risque de remontée de nappes n'est pas retenu dans l'analyse des risques.**

On rappellera également que l'aléa de remontée de nappes a été pris en compte lors de la conception de la gestion des eaux du projet.

2.3.2.3 Mouvements de terrain

Le risque mouvement de terrain peut se traduire par :

- des éboulements de falaises regroupant :
  - des glissements de terrain ;
  - des éboulements, chutes de blocs et de pierres ;
- des coulées boueuses et torrentielles ;
- des affaissements plus ou moins brutaux de cavités souterraines naturelles ou artificielles (mines, carrières, karst…) ; on parle d'effondrement pour les phénomènes les plus brutaux ;
- des phénomènes littoraux : avancée dunaire et retrait de côte ;
- des phénomènes de tassement par retrait ou de gonflement : déformation de la surface du sol liée aux variations d'humidité des sols argileux, qui intervient après une sécheresse prononcée et/ou durable. Ces phénomènes sont à l'origine de fissures du bâti.

a) Eboulement – Glissement de terrain

La Base de Données Nationale Mouvements de Terrain, communiquée par le site internet georisques.gouv.fr, permet de recenser les mouvements de terrain d'origine naturelle et anthropique tels que les glissements, chutes de blocs - éboulements, coulées, effondrements, érosions de berges…).

Dans un rayon de 3 km autour du site, sont comptabilisés 4 mouvements de terrain ponctuels reportés sur la cartographie suivante. Le mouvement de terrain inventorié le plus proche se trouve 840 m à l'Est, il s'agissait d'un effondrement de terrain.

Le risque de glissements de terrain n'est donc pas retenu dans l'analyse des risques.

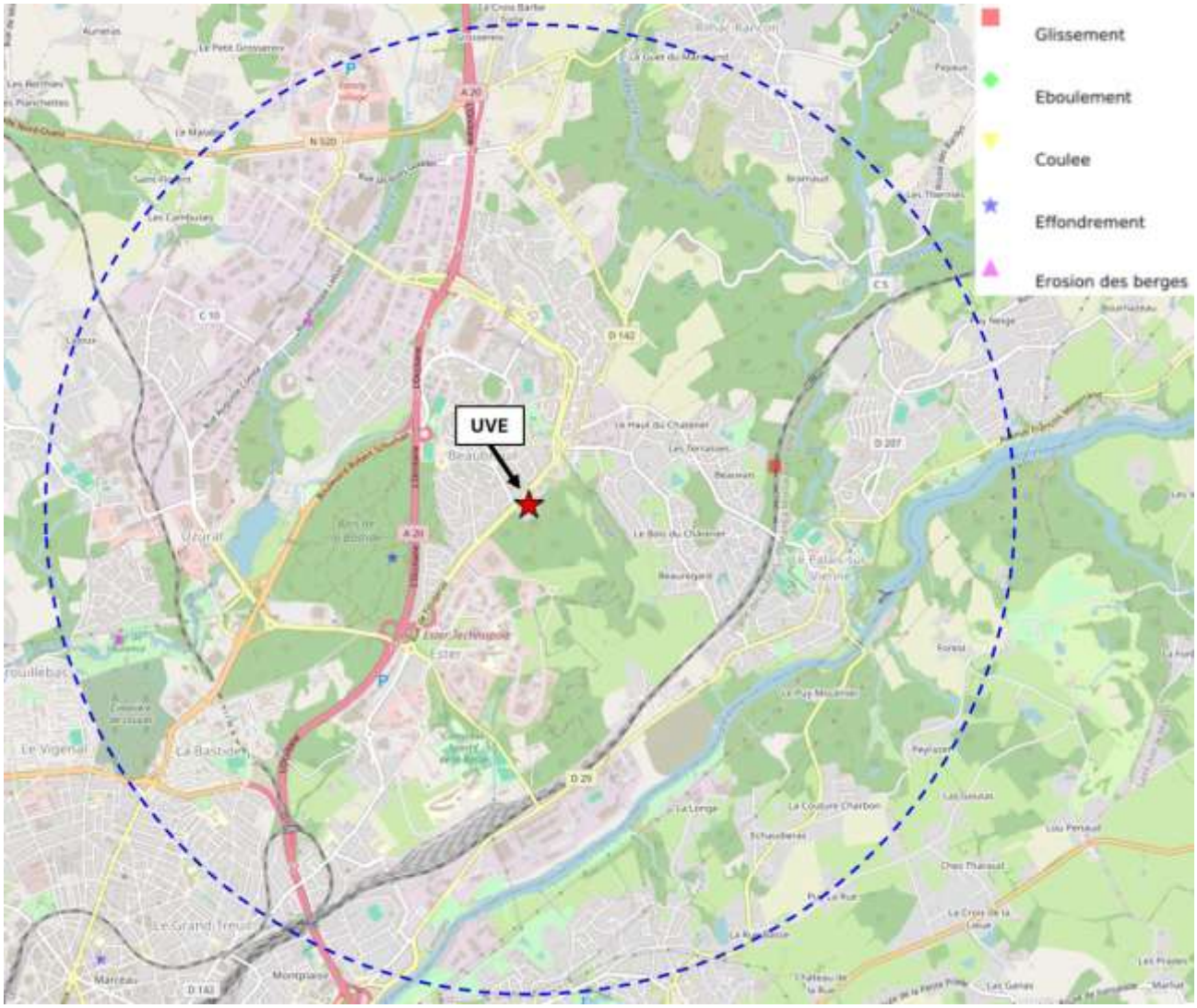


Figure 22 : Localisation des mouvements de terrain les plus proches du site (source : Géorisques)

b) Retrait - gonflement des argiles

Selon le BRGM, le site du projet présente un aléa faible de retrait-gonflement des argiles, comme l'illustre la carte ci-dessous.

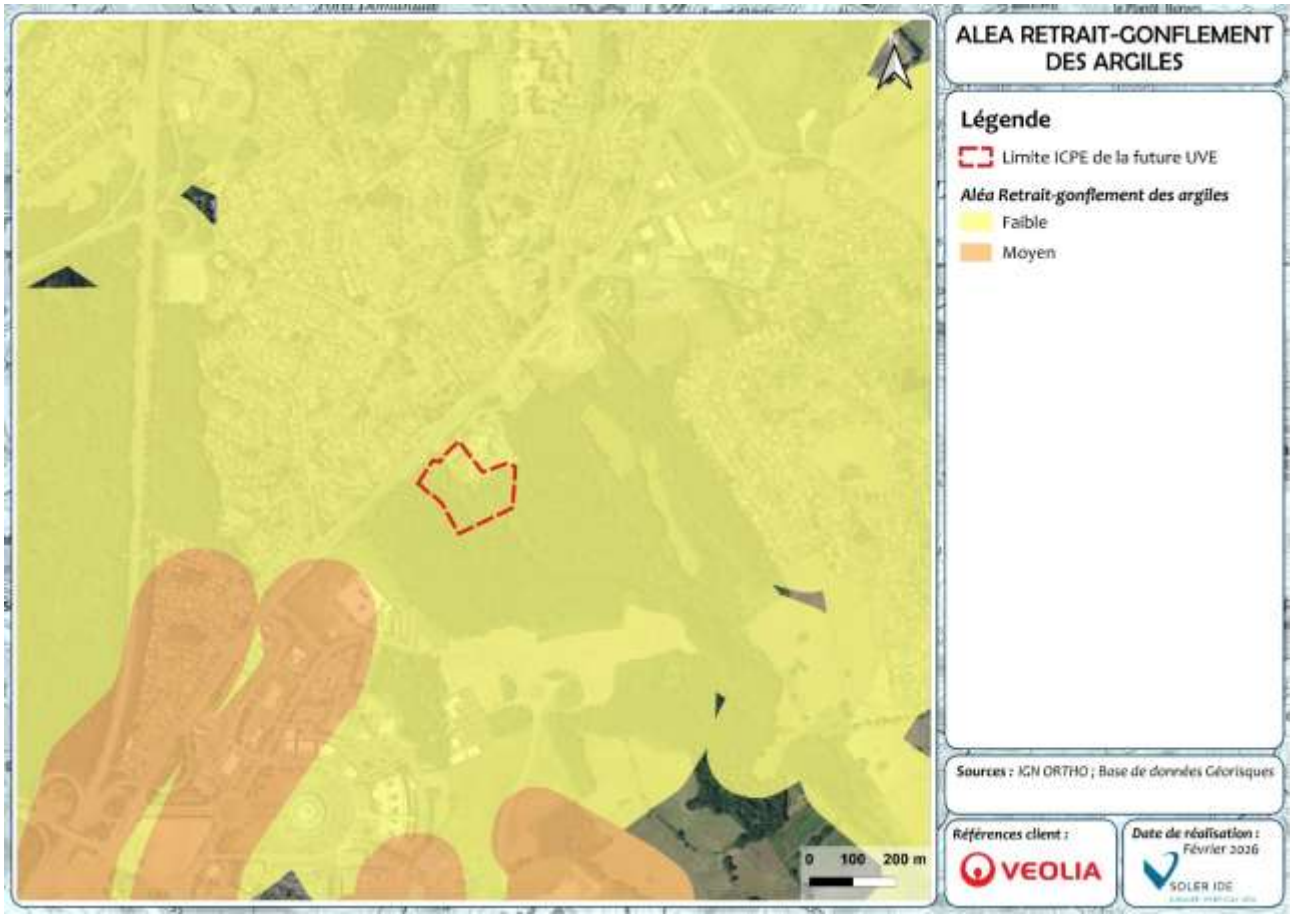


Figure 23 : Aléas de retrait-gonflement des argiles au droit de la zone du projet

De plus, le rapport géotechnique G2-AVP a confirmé le risque faible d'exposition au retrait-gonflement des argiles. Néanmoins si des argiles sont identifiés au cours des missions G2-PRO et G3 suivi, des solutions techniques seront mises en œuvre dans la conception des installations (purges, adaptations des fondations…). Rappelons que les ouvrages les plus lourds seront fondés directement au substratum rocheux.

Considérant le faible risque de retrait-gonflement des argiles au niveau du site d'étude, **le risque de retrait-gonflement des argiles n'est pas retenu dans l'analyse des risques.**

c) Cavités souterraines

Dans un rayon de 3 km autour du site, sont comptabilisés 3 cavités souterraines reportées sur la cartographie suivante. La cavité la plus proche se trouve 1 600 m au Sud-Est.

Le risque de cavités souterraines n'est donc pas retenu dans l'analyse des risques.

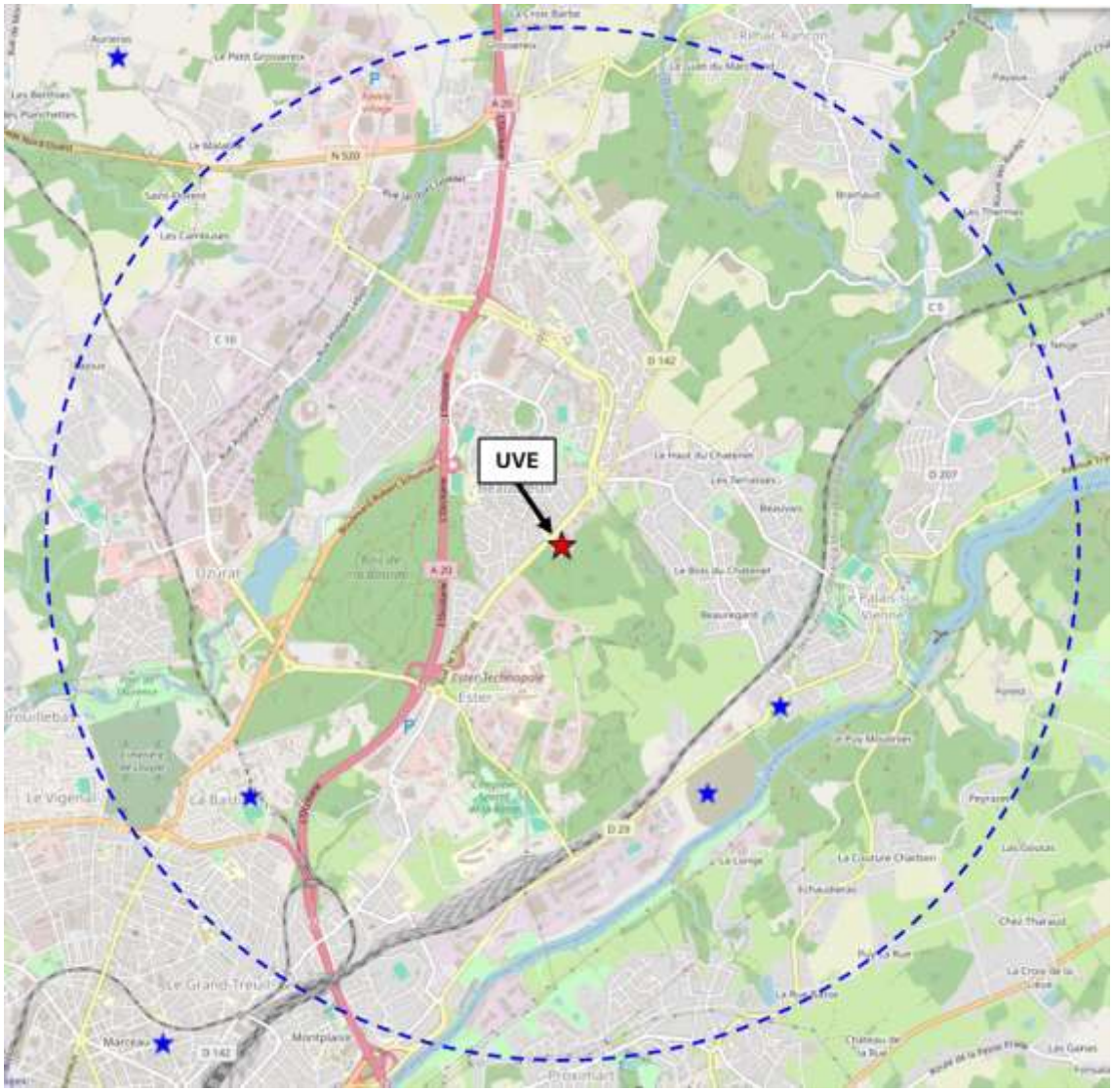


Figure 24 : Localisation des cavités souterraines les plus proches du site

2.3.2.4 Sismicité

Le zonage sismique français en vigueur à compter du 1er mai 2011 est défini dans les décrets n° 2010-1254 et 2010-1255 du 22 octobre 2010, codifiés dans les articles R.563-1 à 8 et D.563-8-1 du Code de l'Environnement. Ce zonage, reposant sur une analyse probabiliste de l'aléa, divise la France en 5 zones de sismicité :

- zone 1 : sismicité très faible
- zone 2 : sismicité faible
- zone 3 : sismicité modérée
- zone 4 : sismicité moyenne
- zone 5 : sismicité forte.

Les risques sismiques sur le territoire français sont décrits par les décrets n°2010-1254 et n°2010-1255 du 22 octobre 2010 relatifs au risque sismique, qui définissent respectivement :

- D'une part les catégories de bâtiments, équipements et installations, répartis en deux catégories dites « à risque normal » et « à risque spécial » ;
- D'autre part les zones de sismicité sur le territoire national.

D'après les dispositions de l'arrêté du 22 octobre 2010 :

- L'UVE fait partie des **installations à risque normal, dont la catégorie est déterminée ci-après ;**
- La commune de Limoges est classée en **zone de sismicité faible (2)**.

Catégorie de bâtiment :

Selon la réglementation parasismique, les bâtiments à risque normal sont classés en quatre catégories d'importance croissante, de la catégorie I à faible enjeu à la catégorie IV qui regroupe les structures stratégiques et indispensables à la gestion de crise.

Catégorie d'importance		Description
I		▪ Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée.
II		▪ Habitations individuelles. ▪ Établissements recevant du public (ERP) de catégories 4 et 5. ▪ Habitations collectives de hauteur inférieure à 28 m. ▪ Bureaux ou établissements commerciaux non ERP, h ≤ 28 m, max. 300 pers. ▪ Bâtiments industriels pouvant accueillir au plus 300 personnes. ▪ Parcs de stationnement ouverts au public.
III		▪ ERP de catégories 1, 2 et 3. ▪ Habitations collectives et bureaux, h > 28 m. ▪ Bâtiments pouvant accueillir plus de 300 personnes. ▪ Établissements sanitaires et sociaux. ▪ Centres de production collective d'énergie. ▪ Établissements scolaires.
IV		▪ Bâtiments indispensables à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre public. ▪ Bâtiments assurant le maintien des communications, la production et le stockage d'eau potable, la distribution publique de l'énergie. ▪ Bâtiments assurant le contrôle de la sécurité aérienne. ▪ Établissements de santé nécessaires à la gestion de crise. ▪ Centres météorologiques.

Figure 25 : Catégories de bâtiments (Source : www.developpement-durable.gouv)

L'installation industrielle est susceptible d'être de catégorie d'importance II ou III. Afin de trancher entre ces 2 catégories, chaque point est évalué :

- L'UVE ne correspond pas à une habitation individuelle ou collective, ni à un parc de stationnement ouvert au public, ni à un établissement sanitaire et social, ni à un établissement scolaire ;
- L'UVE sera également un ERP pouvant accueillir au maximum 130 personnes. En effet, le circuit de visite accueillera des groupes pour une visite de l'espace d'exposition à vocation culturelle (activité ERP type Y) et des présentations dans l'espace de conférence (activité ERP type L). L'effectif du public admissible au rez-de-chaussée de l'établissement étant inférieur à 200 personnes, **l'établissement est classé en ERP de type Y et L de 5ème catégorie** ;
- Les bureaux du bâtiments auront une hauteur maximale de 20 m (h < 28 m) ;
- **L'UVE est un bâtiment industriel pouvant accueillir au plus 300 personnes** ;
- L'UVE est une installation industrielle ayant pour objectif de traiter des déchets non dangereux d'ordures ménagères et assimilés. Comme imposé par les MTD de traitement des déchets, l'unité valorisera l'énergie produite lors de la combustion des déchets en produisant de la chaleur et de l'électricité. Il ne s'agit néanmoins pas d'un centre de production collective d'énergie.

Le bâtiment de l'UVE sera donc un bâtiment de catégorie d'importance II (voir tableau ci-avant). Cependant, dans le cadre du projet, l'UVE a été considéré comme un bâtiment de catégorie III, catégorisation plus défavorable puisque dans ce cas, des dispositions constructives seront obligatoires (voir ci-après).

Exigences sur le bâti neuf :

Les exigences sur le bâti neuf dépendent de la catégorie du bâtiment et de la zone de sismicité.

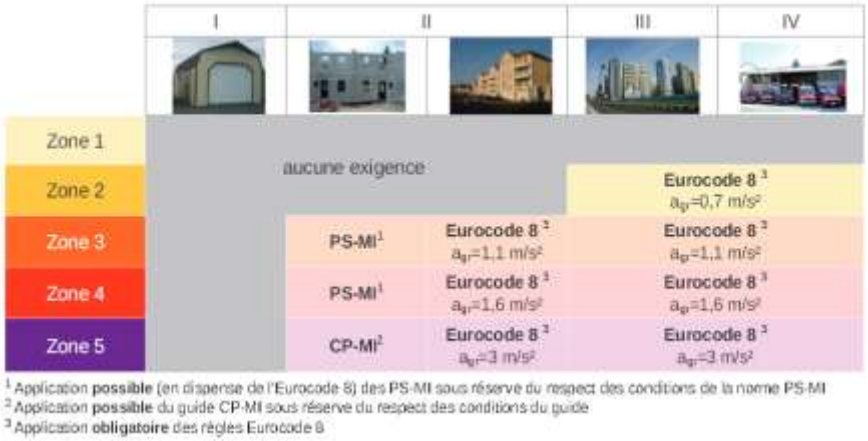


Figure 26 : Exigences sur le bâti neuf (Source : www.developpement-durable.gouv)

Limoges étant située en zone de sismicité 2 et l'UVE étant considérée dans le cadre du projet comme un bâtiment de catégorie d'importance III, l'installation est soumise à des règles de construction, d'aménagement et d'exploitation spécifiques (arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »).

Les principes de conception, de calcul et de dimensionnement applicables au site sont ceux des normes NF EN 1998-1 septembre 2005, NF EN 1998-3 décembre 2005, NF EN 1998-5 septembre 2005, dites " règles Eurocode 8 " accompagnées des documents dits " annexes nationales " des normes NF EN 1998-1/ NA décembre 2007, NF EN 1998-3/ NA janvier 2008, NF EN 1998-5/ NA octobre 2007 s'y rapportant (cf. article 4 de l'arrêté du 22 octobre 2010).

Le bâtiment chaufferie respectera les règles de construction parasismiques adéquates.

Toutefois, un séisme constitue toujours un potentiel de dangers externe ainsi **le séisme sera pris en compte comme potentiel évènement initiateur dans l'analyse des risques.** En revanche, comme indiqué dans la circulaire du 10 mai 2010 : « la probabilité d'occurrence de l'évènement initiateur ne sera pas évaluée et il ne sera pas tenu compte de cet évènement initiateur dans la probabilité du phénomène dangereux, de l'aléa ou de l'accident correspondant. ».

2.3.2.5 Feux de forêts

La commune de Limoges n'est pas classée comme une commune présentant un risque de feux de forêt dans le Dossier Départemental de Risque Majeur. La commune ne dispose pas d'un Plan de Prévention des Risques pour les incendies de forêts (PPRif).

A noter que l'installation est entourée par un boisement, excepté le long de sa limite Nord-Ouest (longeant la RD142). Néanmoins, l'installation sera éloignée du boisement par une distance minimale de 10 m.

Le risque lié aux feux de forêt ne sera donc pas pris en compte dans l'analyse des risques.

2.3.2.6 Risque d'origine météorologique

a) Vent / Tempêtes

Le risque tempête est aléatoire et peut survenir dans n'importe quelle commune du département.

Toutefois, à l'exception de la cheminée de l'UVE de 43 m, le site ne présente pas d'installations pouvant présenter un risque de destruction. De plus, le risque de vents violents est pris en compte lors de la construction des cheminées.

Par ailleurs, la fiche climatologique Météo-France de la station de Limoges-Bellegarde que la vitesse de vents moyennes est de 3,4 m/s. Les vents sont souvent faibles, ils ne dépassent que rarement (8,4 % du temps) la vitesse de 16 m/s (58 km/h) et exceptionnellement la vitesse de 28 m/s (0,08 % du temps).

Le risque lié au vent ne sera pas pris en compte dans l'analyse des risques.

b) Températures : vulnérabilité du site au froid et à la chaleur

Les effets du gel concernent les alimentations et distributions en eau (en particulier les réseaux d'eau de lutte contre l'incendie, réseau d'eau chaudière) et peuvent entraîner différentes défaillances (dysfonctionnement des dispositifs de lutte contre l'incendie, défaillance chaudière…).

Le risque lié au gel est réduit par l'ensemble des mesures prévues suivantes :

- Les canalisations sont conçues pour résister au gel (canalisations extérieures enterrées hors gel et/ou protégés thermiquement) ;
- Dispositif de maintien hors gel des installations sensibles.

Le gel ne présente donc pas de risque particulier pour l'installation.

Il n'existe pas de risque particulier pour le site lié à la canicule, si ce n'est le risque de développement d'incendies en période de sécheresse.

Le risque lié aux températures extrêmes (gel et canicule) ne sera pas pris en compte dans l'analyse des risques.

c) Pluie / Neige

Même en cas de très fortes pluies, il n'y a pas de risque particulier à craindre pour le fonctionnement des équipements.

Le risque lié aux fortes pluies ou à la neige ne sera donc pas pris en compte dans l'analyse des risques.

d) Foudre

Deux effets sont à envisager pour le cas de foudroiement :

- effets directs (coup direct sur les installations, les cheminées, …) ;
- effets indirects (surtensions, dysfonctionnement du matériel électronique…).

Sur le site de Limoges, deux activités sont soumises à autorisation au titre des installations classées, il s'agit :

- de la rubrique 3520-a « Incinération de déchets non dangereux » ;
- de la rubrique 2771 « Installation de traitement thermique de déchets non dangereux ».

Or, l'activité de traitement thermique de déchets non dangereux, rubrique 2771 est soumise à l'obligation de réaliser une étude de risque foudre (ARF) conformément aux prescriptions de la section III de l'arrêté du 4 octobre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation (modifié par l'arrêté du 28 février 2022).

Une Analyse du Risque Foudre (ARF) a donc été réalisée par RG Consultant en décembre 2025. Cette étude identifie les équipements et installations à protéger et détermine les niveaux de protection nécessaires aux installations, elle est fournie en annexe. Le tableau suivant synthétise les mesures de protection à mettre en place :

Tableau 6 : Synthèse des protection foudre (ARF, RG Consultant)

Structure	*Protection effets directs*	*Protection effets indirects*
UVE Bât. AGORA	Protection de **niveau I**	Protection de **niveau I sur l'alimention BT : TGBT ainsi que les lignes identifiées**
		Protection de **niveau I sur les courants faibles**

Sont également à protéger, les barrières de sécurité suivantes : centrales de détection incendie et gaz, systèmes d'extinction automatique, … (voir liste complète en annexe) et des liaisons équipotentielles sont à prévoir.

Une Étude Technique a ensuite été réalisée, définissant précisément les mesures de prévention et les dispositifs de protection, leurs implantations, ainsi que leurs modalités de vérifications et de maintenance (voir annexe).

Toutefois, la foudre constitue toujours un potentiel de dangers externe ainsi la **foudre sera prise en compte comme potentiel évènement initiateur dans l'analyse des risques.** En revanche, comme indiqué dans la circulaire du 10 mai 2010 : « la probabilité d'occurrence de l'évènement initiateur ne sera pas évaluée et il ne sera pas tenu compte de cet évènement initiateur dans la probabilité du phénomène dangereux, de l'aléa ou de l'accident correspondant ».

2.3.3 PHENOMENES NON NATURELS

2.3.3.1 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement / PPRT

a) Installations SEVESO / Plan de Prévention des Risques Technologiques

Sur le département de la Haute-Vienne, 6 établissements sont soumis aux dispositions de la réglementation SEVESO : 3 sont classés SEVESO Seuil Haut et 3 SEVESO Seuil Bas.

La commune de Limoges n'est concernée par aucun Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) et aucune installation SEVESO n'est localisée dans un rayon de 3km autour du site.

Le risque associé aux installations SEVESO n'est donc pas retenu dans la présente étude.

b) ICPE voisines

Dans un rayon de 1 km, est recensée une seule Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) soumises à autorisation ou à enregistrement aucune n'est classée SEVESO (voir carte de localisation en page suivante). Il s'agit de l'établissement **Hydro Service Concept classé à autorisation** non Seveso pour une activité de traitement de déchets dangereux (installation de régénération par filtration des huiles industrielles usagées). Il est situé à 340 m au Sud-Ouest du site, à l'adresse : Parc d'Ester - 24 avenue d'Ariane - 87068 Limoges.

En outre, **2 établissements ICPE à déclaration** sont également présents dans un rayon de 1 km autour du site, il s'agit :

- LEGRAND SITEL qui fabrique des équipements électriques, localisé à 360 m au Sud-Ouest du site.
- Dalkia France qui exploite le réseau de distribution de chaleur de Limoges, localisé à 250 m au Nord du site.

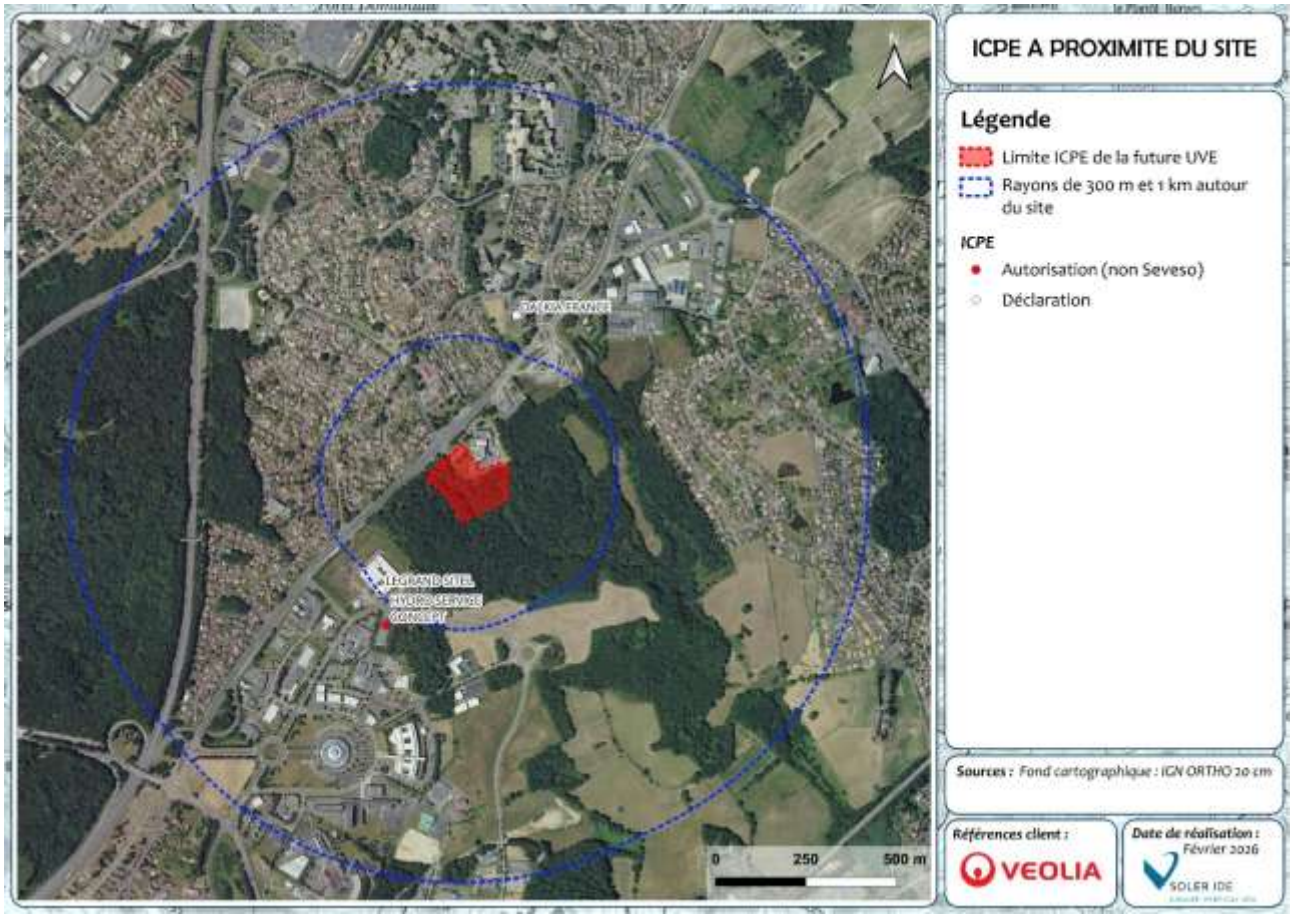


Figure 27 : Localisation des ICPE à proximité du site

Etant donné l'éloignement de la société HYDRO SERVICE CONCEPT, installation classée soumise à autorisation la plus proche de l'UVE, aucun effet domino n'est attendu sur le site.

Concernant les sites soumis à déclaration, les AMPG[6] en vigueur définissent des distances d'éloignement et / ou des dispositions constructives permettant de conserver les éventuels effets domino d'un accident à l'intérieur des limites de propriété.

Le risque lié aux établissements voisins est donc exclu de l'analyse des risques.

2.3.3.2 Risque nucléaire

La commune de Limoges est concernée par le risque nucléaire. Il correspond à un risque d'exposition à un nuage radioactif, il n'y a donc pas de risque de sur-accident lié au site, **le risque nucléaire ne sera pas considéré dans le cadre de cette étude de dangers.**

[6] AMPG = Arrêté Ministériel de Prescriptions Générales

2.3.3.3 Circulation extérieure au site et Transport de Matières Dangereuses

Pour rappel, la figure suivante localise les infrastructures de transports à proximité de l'UVE de Limoges :

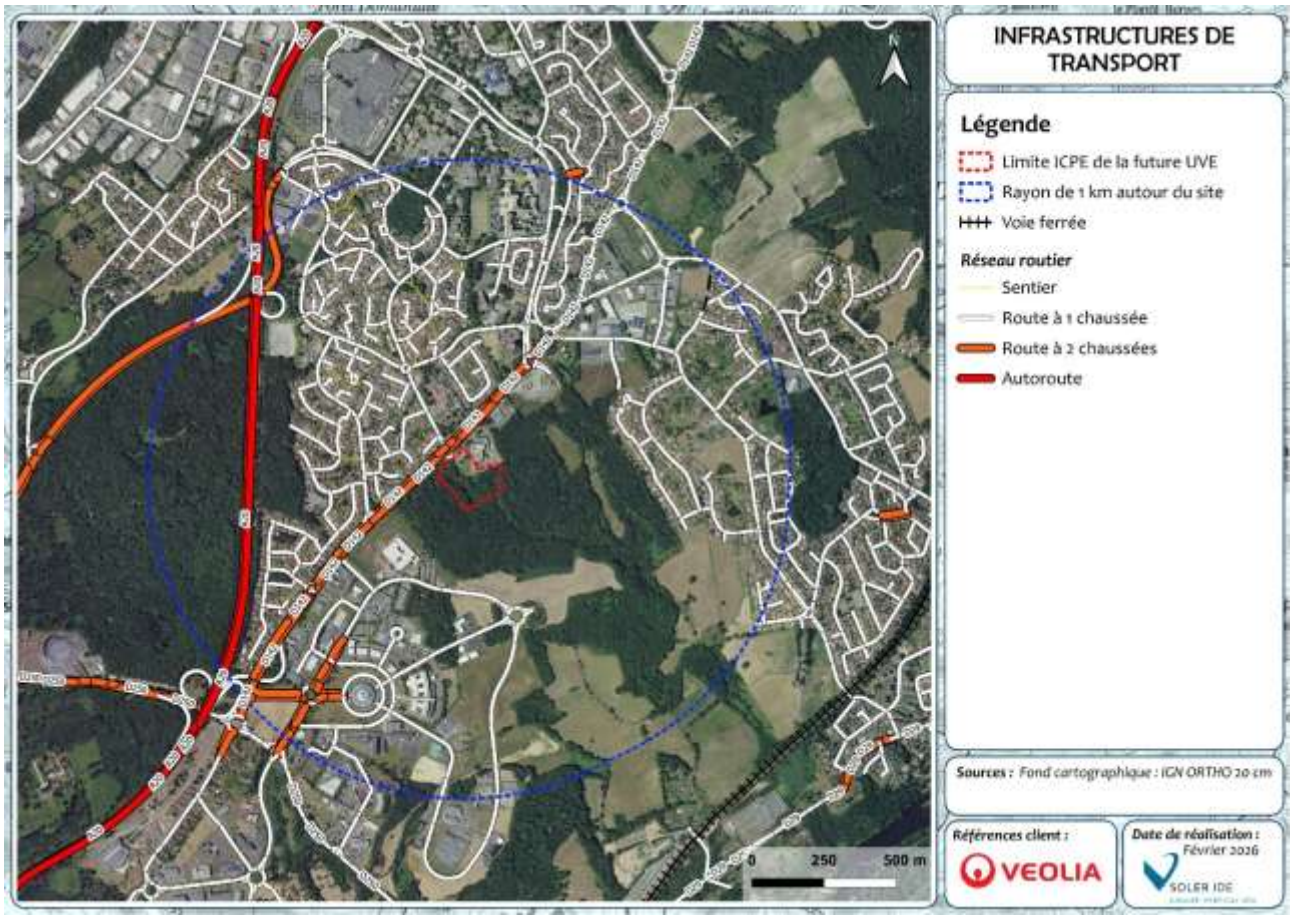


Figure 28 : Infrastructures de transport

a) Circulation aérienne

D'après la Protection civile, les risques les plus importants de chute d'aéronefs se situent au moment du décollage et de l'atterrissage. La zone admise comme étant la plus exposée est celle qui se trouve à l'intérieur d'un rectangle délimité par :

- une distance de 3 km de part et d'autre en bout de piste ;
- une distance de 1 km de part et d'autre dans le sens de la largeur de la piste.

La Direction Générale de l'Aviation Civile a estimé la probabilité de chute d'avions sur l'ensemble du territoire national à 2.10^{-6} par km^2, et ce, quelle que soit la nature du trafic aérien.

La circulaire du 10 mai 2010 ainsi que l'arrêté du 10 mai 2000 ont établi une liste des évènements externes pouvant ne pas être pris en considération dans les études de dangers. Ainsi, la circulaire du 10 mai 2010 exclut la prise en compte en tant qu'évènement initiateur de la chute d'aéronef sur le site lorsque le site se trouve à plus de 2 000 mètres en tout point de la piste de décollage ou d'atterrissage.

L'aéroport/aérodrome le plus proche est l'aéroport de Limoges situé à 8,1 km à l'Ouest du site. **Le risque de chutes d'avion ne sera donc pas pris en considération dans l'analyse des risques.**

b) Circulation ferroviaire

La voie ferrée la plus proche passe à 1,3 km au Sud du site. En raison de l'éloignement des installations par rapport à la voie ferrée, un accident sur cette dernière n'aura pas de conséquence particulière sur le fonctionnement du site.

Les risques liés aux accidents ferroviaires (et donc au risque Transport Ferroviaire de Matières Dangereuses) ne seront donc pas pris en compte dans l'analyse des risques.

c) Circulation routière (externe)

Les voies de circulation routière à proximité du site sont les suivantes :

- La route départementale RD142 (ou rue de Fougeras),
- L'autoroute A20.

1. Risque TMD

D'après le DDRM de Haute-Vienne, la commune de Limoges est concernée par le Transport de Matières Dangereuses sur les grands axes de circulation. Le DICRIM de la ville de Limoges précise que les voies les plus proches du site concernées par le risque TMD sont :

- l'autoroute A20 qui passe à 650 m à l'Ouest des limites de propriété et dont l'échangeur n°31 se situe à 1,1 km au Sud-Ouest du site.

Au vu de l'éloignement du site par rapport à l'autoroute A20, le risque TMD par voie routière ne sera pas pris en compte dans l'analyse des risques.

2. Risque d'accident de la circulation

Le site sera clôturé avec un portail d'accès et les installations seront positionnées en retrait par rapport aux routes environnantes. Les aménagements routiers seront cohérents avec le trafic de la zone et ne présenteront pas de dangers particuliers.

Ainsi, en raison de la disposition des installations par rapport aux routes environnantes extérieures, un accident sur la voie publique n'aura pas de conséquences particulières sur le fonctionnement du site hormis d'éventuelles contraintes d'accès au site.

Le risque lié à un accident routier ne sera donc pas pris en compte dans l'analyse des risques.

2.3.3.4 Transport de matières dangereuses (gazoducs – oléoducs)

D'après le DICRIM de Limoges, la commune est concernée par le Transport de Matière Dangereuse par canalisation pour des canalisations de transport de gaz naturel.

Toutefois, la canalisation de gaz naturel la plus proche passe à 2,6 km au Nord-Est du site. Le site n'est donc concerné par aucune servitude d'utilité publique concernant cette canalisation.

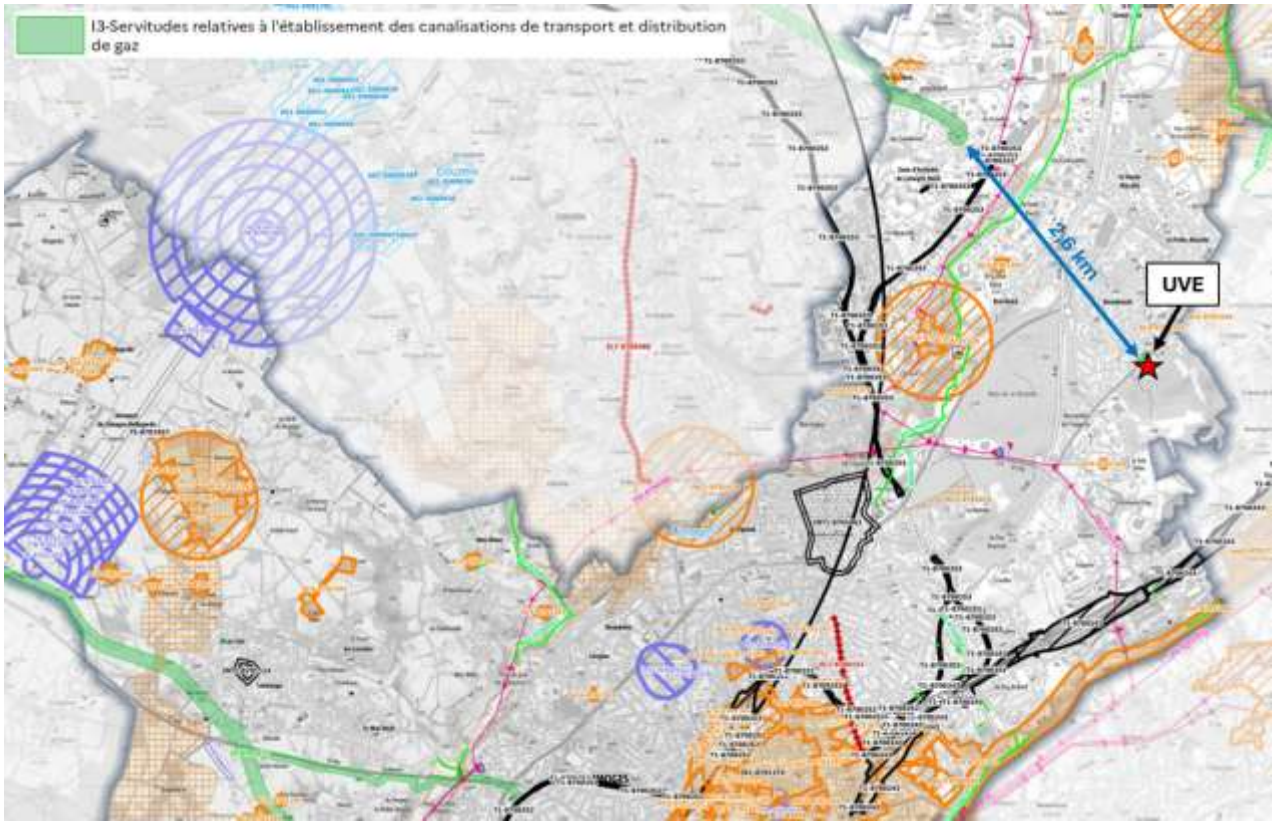


Figure 29 : Localisation des canalisations de gaz naturel (extrait du plan des SUP du PLU de Limoges)

Le risque lié au TMD par canalisation ne sera donc pas pris en considération dans l'analyse des risques.

2.3.3.5 Aménagement hydraulique

La commune de Limoges est classée dans le Dossier Départemental des Risques Majeurs comme une commune concernée par le risque rupture de barrage. Trois grands barrages constituent, en cas de rupture, un risque majeur pour la commune de Limoges :

- Vassivière sur la Maulde à 74,5 km,
- Saint-Marc sur le Taurion à 20 km,
- Lavaud Gelade, sur le Taurion, en amont.

Tableau 7 : Caractéristiques des barrages

Barrage	Département d'implantation	Cours d'eau d'implantation	Nature	Hauteur du barrage	Année de mise en service	Volume de la rétention
Vassivière	Creuse Haute-Vienne	La Maulde	Poids en béton	38 m	1950	106 Mm^3
Saint-Marc	Haute-Vienne	Le Taurion	Poids en béton	45 m	1930	20 Mm^3
Lavaud Gelade	Creuse	Le Taurion	En enrochement	21 m	1944	17,4 Mm^3

Le risque de rupture brusque et imprévue est aujourd'hui extrêmement faible ; la situation de rupture pourrait plutôt venir de l'évolution plus ou moins rapide d'une dégradation de l'ouvrage. Une rupture progressive laisserait le temps de mettre en place les procédures d'alerte et de secours des populations.

En revanche, une rupture partielle ou totale brusque produirait une onde de submersion très destructrice dont les caractéristiques (hauteur, vitesse, horaire de passage...) ont été étudiées en tout point des vallées concernées.

Pour le barrage de Vassivière, en cas de rupture du barrage et d'après les dernières études, le temps d'arrivée du front de l'onde de submersion à Limoges est estimé à 2 heures.

La rupture du barrage de Saint-Marc provoquerait une onde de submersion qui atteindrait Limoges en 30 mn, ce délai est relativement court et constitue l'exposition majeure au risque rupture de barrage du département.

Il convient enfin de noter que les séismes n'ont jamais provoqué de dégâts sérieux sur des barrages, qu'ils soient en remblai ou en maçonnerie.

Au regard des caractéristiques (voir Tableau 7) **les 3 barrages sont de classe A (selon l'article R.214-112 du Code de l'Environnement). ; ils disposent chacun d'un Plan Particulier d'Intervention (PPI).**

Or, le risque lié à la rupture de barrage de classe A fait partir des évènements initiateurs ayant fait l'objet d'une démarche de maîtrise des risques importante et conformément à la circulaire du 10 mai 2010, il ne sera pas pris en compte dans l'analyse des risques.

2.3.3.6 Actes de malveillance

Les actes de malveillance peuvent se caractériser par :

- des vols de matériels liés à la sécurité ou nécessaires au bon fonctionnement des installations ;
- des incendies volontaires ;
- des destructions de matériels nécessaires au bon fonctionnement des installations ;
- …

Ces actes, dépendant du facteur humain, se caractérisent par leur imprévisibilité.

L'ensemble du site sera ceinturé par une clôture métallique de manière à en interdire l'accès à toute personne non autorisée (enfant, curieux, malveillant, ...) et des mesures sont mises en place pour prévenir toute intrusion ou actes de malveillance sur le site. Toutes ces mesures sont présentées en partie « 4.1.4 Prévention contre la malveillance ».

Le risque lié aux actes de malveillance est limité et conformément à la circulaire du 10 mai 2010, il ne sera pas pris en compte comme évènement initiateur dans l'analyse des risques.

2.3.4 SYNTHESE DES SOURCES D'AGRESSIONS EXTERNES IDENTIFIES SUR LE SITE

Les sources potentielles d'agressions externes identifiées et pouvant constituer un événement initiateur d'un phénomène dangereux sur le site sont :

- la foudre,
- le risque sismique,
- la rupture de barrage,
- la malveillance.

Toutefois, conformément à la circulaire du 10 mai 2010 :

- le risque de rupture de barrage ne sera pas retenu comme événement initiateur ;
- la malveillance ne sera pas retenue comme événement initiateur ;
- le risque sismique ainsi que la foudre seront pris en compte comme évènement initiateur d'un phénomène dangereux mais elle ne sera pas prise en compte pour déterminer la probabilité de ce phénomène dangereux.

3 DESCRIPTION DES INSTALLATIONS

3.1 PRESENTATION GENERALE DES ACTIVITES

Une présentation détaillée des installations est présentée dans la partie « Demande » du présent Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale. Seule une synthèse en est présentée ci-après.

La future UVE disposera d'une capacité totale annuelle d'incinération de 95 000 t/an. Sa capacité horaire nominale de traitement sera de 11,9 t/h au PCI de 2 300 kcal/kg, produit au travers d'un four-chaudière équipé d'une chaudière de récupération d'énergie de 31,8 MW au point nominal.

Les déchets ménagers et assimilés non dangereux seront réceptionnés en vrac dans une fosse présentant un volume total utile de 6 800 m³ avec gerbage, pouvant être utilisée pour la reprise des DND en cas de besoin de transfert vers une autre installation de traitement.

Les mâchefers résultant de l'incinération seront débarrassés des éléments les plus grossiers, et rechargés sur des camions qui les achemineront vers une IME externe (Installation de Maturation et d'Elaboration de graves de mâchefers) pour être in fine valorisés en techniques routières.

Le four-chaudière produira 39 t/h de vapeur à 400°C sous 60 bar, valorisée via les 3 RCU suivants : Réseau du centre-ville, réseau de Beaubreuil, réseau du Val de l'Aurence. La vapeur résiduelle non valorisée sur les 3 RCU est turbinée dans un GTA pour produire de l'électricité.

Le four est équipé de deux brûleurs fonctionnant au gaz naturel permettant les montées et descentes en température lors des phases de démarrage et d'arrêt ainsi qu'au maintien de la température du four à 850°C.

La nouvelle UVE exploitera également l'énergie solaire, au travers d'un ensemble de capteurs photovoltaïques placés en toiture.

Cette unité sera constituée :

- Des équipements associés à la réception / contrôle / stockage et acheminement des déchets intrants :
  - Pont bascule et portique radioactivité,
  - Fosse de stockage des déchets non dangereux d'une capacité d'environ 6 800 m^3,
  - Trémie et goulotte d'alimentation des déchets,
  - Poussoir hydraulique d'introduction des déchets ;
- Un système de combustion dont les principaux éléments sont :
  - Grille de combustion à rouleaux refroidie par air,
  - Système de préchauffage et d'introduction d'air de combustion,
  - Transports des mâchefers et des cendres volantes,
  - Armoire de contrôle de la combustion (combustion control cabinet) ;
- Un système de valorisation énergétique (chaleur et électricité) dont les principaux éléments sont :
  - Chaudière horizontale de récupération d'énergie,
  - Groupe turbo-alternateur à condensation de 8,7 MWe environ,

        - Aérocondenseur sous vide,
        - Trois hydrocondenseurs TBP,
        - Bâche alimentaire dégazante,
        - Bâche à condensats,
        - Une production d'air comprimé,
        - Une production d'eaux déminéralisée et adoucie,
        - Aéroréfrigérants et circuit d'eau de refroidissement ;
    - Un système de traitement des fumées par voie sèche dont les principaux éléments sont :
        - Réacteur sec
        - Filtre à manches,
        - Réacteur catalytique SCR,
        - Economiseur externe,
        - Réacteur sec
        - Filtre à manches,
        - Silencieux,
        - Cheminée d'éjection des gaz ;
    - Un bâtiment administratif et divers locaux techniques.

Le schéma ci-après présente le fonctionnement global de l'installation :

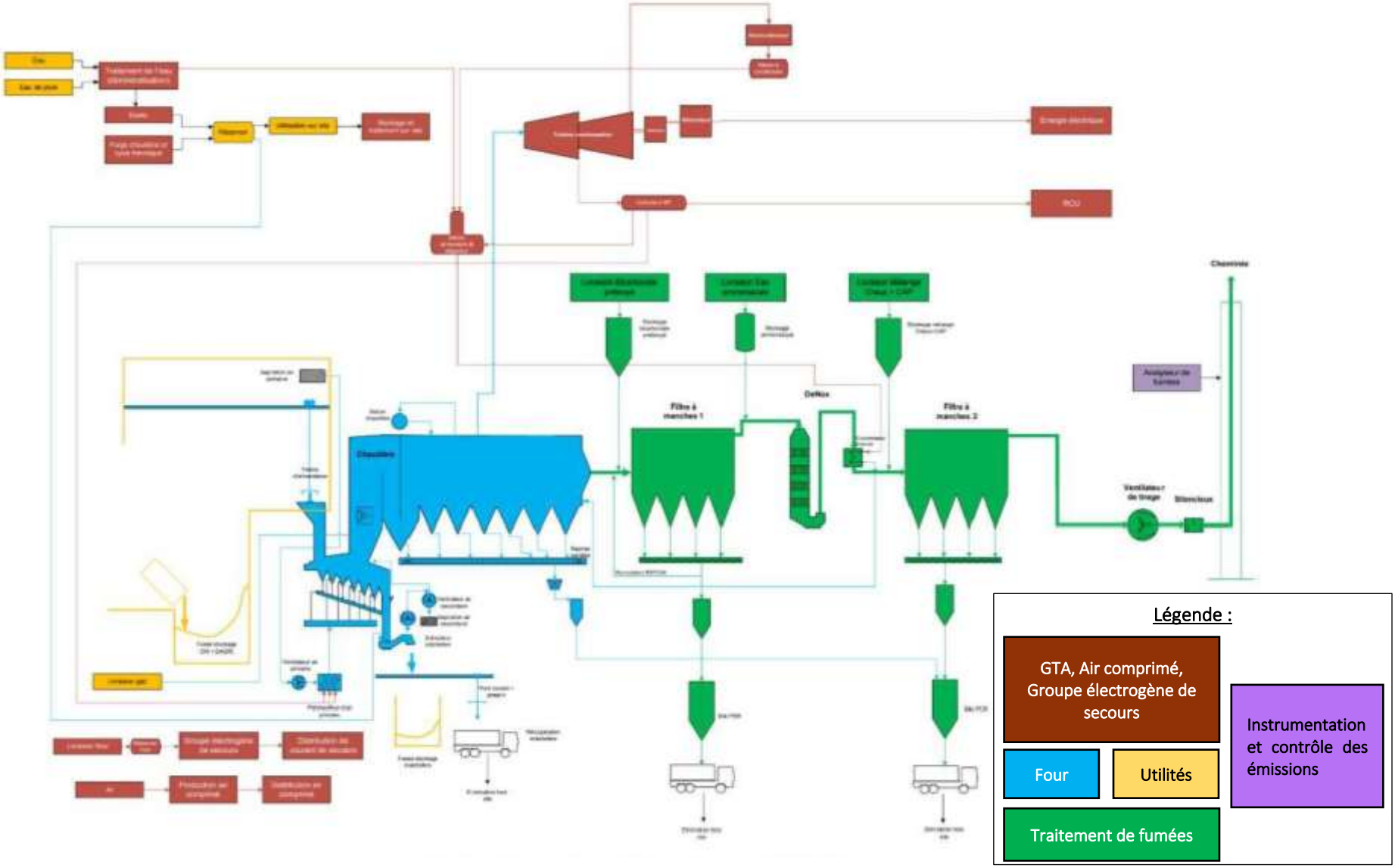


Figure 30 : Schéma de fonctionnement simplifié de l'UVE

Un plan général de l'implantation des différentes activités de l'UVE est présenté ci-après :

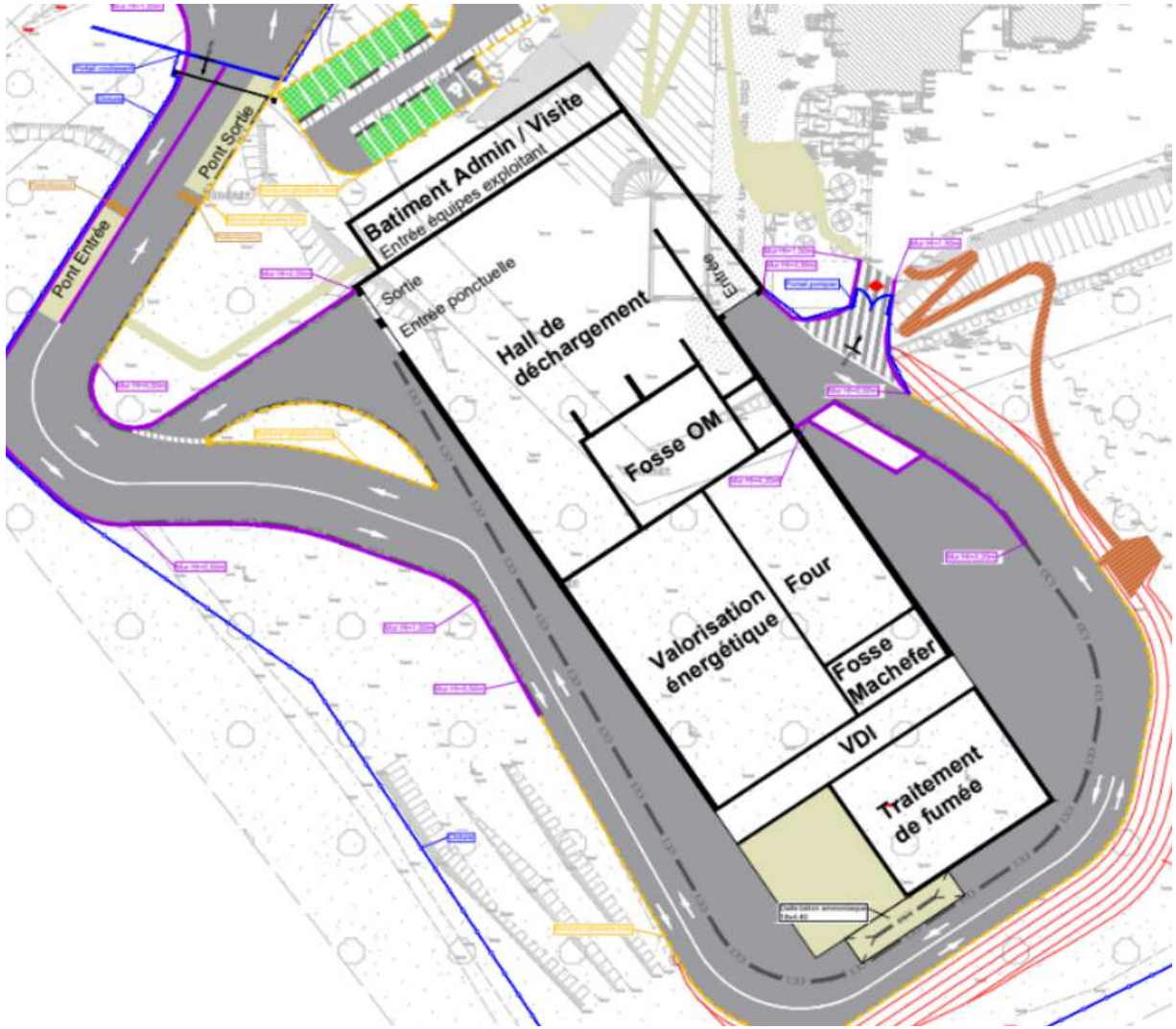


Figure 31 : Plan général du site

3.2 SITUATION ADMINISTRATIVE

Le classement du site selon la nomenclature des ICPE, détaillé dans la partie Demande du présent dossier de demande d'autorisation environnementale, est rappelé dans le tableau suivant.

Tableau 8 : Classement ICPE projeté de la nouvelle UVE

Numéro rubrique	Désignation des activités	Observations techniques	Classement
3520-a	**Elimination ou valorisation de déchets dans des installations d'incinération des déchets ou des installations de co-incinération des déchets.** a) Pour les déchets non dangereux avec une capacité supérieure à 3 tonnes par heure	Capacité annuelle totale : 95 000 t/an, <u>Four :</u> Capacité nominale unitaire = 11,9 t/h PCI sur brut = 2 300 kcal/kg Puissance thermique unitaire, Pth = 31,8 MW	A 3 km
2771	**Installation de traitement thermique de déchets non dangereux**, à l'exclusion des installations visées à la rubrique 2971 et des installations de combustion consommant comme déchets uniquement des déchets répondant à la définition de biomasse au sens de la rubrique 2910		A 2 km
2910.A2	**Combustion** à l'exclusion des activités visées par les rubriques 2770, 2771, 2971 ou 2931 et des installations classées au titre de la rubrique 3110 ou au titre d'autres rubriques de la nomenclature pour lesquelles la combustion participe à la fusion, la cuisson ou au traitement, en mélange avec les gaz de combustion, des matières entrantes A. Lorsque sont consommés exclusivement, seuls ou en mélange, […], du fioul domestique, du charbon, des fiouls lourds, […], si la puissance thermique nominale totale de l'installation de combustion est : 2. 2. Supérieure ou égale à 1 MW, mais inférieure à 20 MW	Puissance du groupe électrogène : 3 MW thermique à 100% de charge	DC

4 MOYENS DE PREVENTION / DETECTION / PROTECTION

Les moyens de prévention et de protection doivent être efficaces, avoir une cinétique de mise en œuvre en adéquation avec celle des évènements à maîtriser et être testés et maintenus de façon à garantir la pérennité de l'action.

Tous les moyens de prévention et de protection qui sont cités s'appliquent de la même façon au site et aux entreprises extérieures intervenant sur le site.

4.1 CONDITIONS D'AMENAGEMENT ET D'EXPLOITATION DU SITE

4.1.1 ORGANISATION GENERALE DE LA SECURITE ET SURVEILLANCE DE SITE

L'exploitation du site se fera sous la surveillance du directeur d'exploitation, personne nommément désignée ayant une connaissance de la conduite des installations.

La surveillance du site sera également assurée par le personnel présent. A noter qu'il y aura du personnel 24h/24 sur le site.

Le poste de sécurité du bâtiment sera la salle de commande de l'UVE. La salle de commande est située sur la façade Est de la fosse. Ceci permet une vue sur l'ensemble de la fosse, des déversoirs et également du quai de déchargement.

Dans la salle de commande, les commandes de sécurité suivantes y seront regroupées :

- le matériel central du SSI (Système de Sécurité Incendie),
- la commande de coupure générale des installations électriques,
- la commande d'arrêt d'urgence des installations de ventilation de confort,
- le système permettant d'alerter les secours.

Les 2 postes pontier sont intégrés dans cette salle afin d'optimiser la communication entre le chef de quart et le pontier. Ces postes permettent le pilotage des grappins et sont complétés par un ensemble de moniteurs reliés aux caméras de surveillance. Le site est télésurveillé, avec centralisation en salle de contrôle de manière à assurer la sécurité. Le personnel est présent sur site 7j/7 et 24h/24.

Les postes « pontiers » sont constitués d'un vitrage coupe-feu 2 heures (ou coupe-feu 1h + sprinklage) et bénéficient d'un système de rampes déluge pour lutter efficacement contre un éventuel incendie dans la fosse. Le vitrage est protégé, en cas de chocs des grappins, par des barreaux acier positionnés judicieusement afin de ne pas gêner la vue sur la fosse.

4.1.2 FORMATION DU PERSONNEL

Les formations à la sécurité ont pour objet d'instruire le salarié des précautions à prendre pour assurer sa propre sécurité et, le cas échéant, celle des autres personnes occupées dans l'établissement. Ces formations portent sur les risques chimiques, le bruit, l'hygiène, les risques électriques, …

Le personnel sera formé aux risques spécifiques liés à l'activité. Il sera particulièrement vigilant au niveau de l'acceptation des déchets et permettra l'entrée aux seuls déchets autorisés.

Le personnel présent sur le site possèdera les qualifications techniques précises correspondant à leur fonction et à leur niveau de responsabilité (agents de réception, conducteurs d'engins …).

Le personnel fera régulièrement des exercices incendie (maniement des extincteurs et RIA, évacuation).

Des employés du site auront reçu la formation et les instructions pour guider efficacement les secours extérieurs en cas d'incendie. Ils constituent les équipiers de première intervention en charge de l'alerte et de la mise en place des premiers moyens de lutte.

La proximité avec une caserne du SDIS située à 300 m du site facilitera les échanges et la coordination avec les services d'incendie et de secours.

De plus, des employés seront spécifiquement formés à l'accueil des visiteurs du site.

4.1.3 CONSIGNES ET PROCEDURES GENERALES

Des consignes générales et particulières de sécurité ont été instaurées pour éviter toute apparition de situation pouvant déboucher soit sur une augmentation de la probabilité d'occurrence d'un risque, soit sur l'aggravation d'un sinistre. Il existe des consignes, notamment :

- des consignes de sécurité : elles précisent l'interdiction de fumer ou d'apporter des points chauds dans les zones à risques, le respect des consignes de signalisation, des conditions d'accès … ;
- des consignes incendie et fiches d'alerte en cas d'urgence : elles précisent les conditions d'intervention en cas de sinistre ;
- des consignes d'exploitation : elles précisent le fonctionnement normal de l'activité afin d'exercer une activité en toute sécurité.

Des panneaux affichés sur l'ensemble du site rappellent les consignes à respecter et la localisation des moyens de lutte contre l'incendie.

Les points de rassemblements sont reportés sur les panneaux d'affichage.

Le personnel du site (CDI, CDD et intérimaires) doit faire l'objet d'une procédure d'accueil permettant d'attirer l'attention ou de rappeler les risques inhérents à l'activité.

Les entreprises extérieures intervenant sur le site devront respecter le plan de prévention du site en le signant, ainsi que les permis de feu, le cas échéant.

L'exploitant détient des documents lui permettant de connaître la nature et les risques des produits dangereux présents sur le centre, en particulier les fiches de données de sécurité prévues par l'article R. 231-53 du Code du Travail.

4.1.4 PREVENTION CONTRE LA MALVEILLANCE

Pour éviter toute pénétration illégale en dehors des heures d'ouverture, l'ensemble du site est ceinturé par une clôture métallique de manière à en interdire l'accès à toute personne non autorisée (enfant, curieux, malveillant, ...).

L'accès au site est contrôlé au niveau de l'arrivée des camions de transport par des portails qui ne sont ouverts que pendant les heures de travail. Ce contrôle est réalisé par l'intermédiaire de barrières avec interphone et caméras.

De plus, le site est surveillé par un réseau de caméras reportées en salle de contrôle qui permet au personnel de quart à l'UVE de s'assurer de l'absence d'intrusions ou d'apparition de tout problème sur les installations.

4.1.5 CIRCULATION SUR LE SITE ET SES ABORDS

4.1.5.1 Moyen de prévention des risques liés au transport

Le site disposera d'un plan de circulation affiché sur le site et afin de sécuriser les déplacements au sein du site, la vitesse sera limitée et divers équipements (panneaux et signalisation au sol) seront aménagés.

L'ensemble des voiries internes est conçu de façon à permettre l'évolution aisée des véhicules et à éviter tout croisement dangereux. Elles sont régulièrement entretenues.

La voie d'accès à l'UVE est dimensionnée afin de permettre le passage des poids lourds en double sens.

Le site dispose d'un plan de circulation affiché sur le site qui tient compte :

- des passages obligatoires au départ et à l'arrivée au poste de pesage,
- des restrictions liées au passage des véhicules par rapport aux installations,
- des différents types de transport (personnel, bennes et gros porteurs, etc.) ainsi le site dispose d'une entrée spécifique pour les véhicules légers.

Le plan de circulation est présenté dans le dossier « Plans » en annexe.

Les personnes étrangères à l'établissement n'auront pas un accès libre aux installations. Les visiteurs (voitures légères) n'auront pas accès aux installations avec leurs véhicules. Ils devront les laisser sur le parking prévu à cet effet à l'entrée du site (voir plan en annexe).

Les piétons portent les équipements de protection individuels permettant de les signaler et circulent sur les espaces dédiés aux piétons.

En ce qui concerne les camions et véhicules amenés à évoluer sur le site, ils sont conformes à la réglementation applicable et régulièrement entretenus et contrôlés.

4.1.5.2 Moyens de protection des risques liés au transport

En cas de collision et/ou de déversement accidentel de chargement, des mesures adaptées seront prises en fonction de la nature et de la gravité de l'accident (secours, enlèvement du chargement déversé, …). En cas d'impossibilité de relever ou de dégager le véhicule, il sera fait appel à des moyens extérieurs adaptés (grue, plateau …).

4.2 SURETE DES INSTALLATIONS DE L'UVE

4.2.1 SECURITE DES PROCEDES

4.2.1.1 Dispositions générales

Les installations seront conçues et exploitées en fonction des produits et des conditions d'utilisation, de manière à garantir une sécurité maximale.

Tout équipement, même secouru, sera réparé dans les plus brefs délais. Des pièces de rechange de première urgence ou à long délai de livraison seront stockées à cet effet dans un magasin de stockage.

Cependant, pour des équipements critiques comme notamment les sécurités de la chaudières tels que les pompes d'alimentation en eau, les équipements seront doublés.

En complément de la redondance des équipements critiques, les installations de traitement des fumées ont fait l'objet d'une conception spécifique pour permettre la continuité du fonctionnement du traitement des gaz issus de la combustion des déchets (voir détails en partie « 4.5.1 Prévention du risque de pollution de l'air – Equipements de traitement des fumées »).

Pour les autres équipements n'ayant pas un impact sur l'environnement mais permettant d'assurer la sûreté et la continuité de fonctionnement des installations, il est réalisé une étude de type HAZOP (HAZard and OPerability (analyse de risques et de sécurité de fonctionnement)) qui permet au moyen d'une analyse des risques systématiques de déterminer les problèmes potentiels et de mettre en œuvre des solutions adéquats.

Cette étude sera réalisée avec l'ensemble des constructeurs et pour l'ensemble des équipements, au travers d'une analyse systématique de la sécurité des procédés. En compléments des équipements redondants et des solutions déjà mises en œuvre, elle permettra d'identifier des éventuels compléments ou évolutions à apporter aux installations.

Un dysfonctionnement ou un arrêt pour maintenance doit être sans danger pour le personnel d'exploitation et dans toute la mesure du possible, éviter tout arrêt de la chaîne de traitement s'il s'agit d'un incident localisé.

4.2.1.2 Sécurité des procédés – Système de contrôle / commande

Le système de contrôle/commande remplira les fonctions principales suivantes :

- Surveillance continue des principales valeurs process (températures, taux d'oxygène des fumées, dépression dans le four) ;
- Des régulateurs pour un fonctionnement optimal des installations ;
- Un contrôle de sécurité continu des équipements ;
- Retour d'alarme continu ;
- Une historisation des données de conduite de l'installation.

Le système de contrôle-commande et de supervision mis en place sera adapté aux besoins de l'UVE, développé et testé afin de permettre la conduite des équipements en toute sécurité. L'ensemble des instruments de mesures sera en communication permanente avec des automates programmables industriels.

a) Déchargement des déchets

Le hall de déchargement sera équipé de 3 caméras AGEC permettant la surveillance des zones de déchargements avec une précision suffisante pour identifier le contenu du déchargement (qualité des déchets apportés) :

- 2 caméras face aux quais de vidage,
- 1 caméra pivotante et inclinable en fosse

La fosse de déchets est équipée d'une caméra thermique ainsi que de 2 détecteurs de flamme type infrarouge 3IR pour la détection des départs de feu.

La fosse de réception des déchets est protégée par deux canons incendie moniteurs à balayage automatique et à commande manuelle distante depuis la salle de contrôle. Ces canons sont localisés de chaque côté de la fosse, de préférence en diagonale. Tout point de la surface à protéger est couvert par au moins deux jets différents. Ils sont alimentés en eau additivée (agent mouillant compatible pour l'extinction des feux de combustible solide de classe A – concentration de 0,3%).

b) Alimentation des déchets

Des caméras de vidéosurveillance sont installées au-dessus de la trémie d'alimentation du four afin d'observer le niveau des déchets présents dans la trémie et la goulotte. Les caméras sont reliées à des écrans vidéos situés dans la salle de commande des 2 ponts roulants, à côté du pupitre des pontiers.

A noter qu'en fonctionnement normal, un seul pont est en marche.

La trémie est équipée d'un détecteur de flamme type infrarouge 3IR. Des capteurs de température sont également installés dans la trémie.

Un système d'extinction incendie doté de buses de pulvérisation. Le système peut être commandé à distance manuellement ou activé automatiquement.

Un système d'aspersion d'eau à l'intérieur de la trémie de chargement du four est prévu afin de parer à une éventuelle remontée de feu.

La partie inférieure de la goulotte ainsi que l'alimentateur sont équipés d'un système de refroidissement à l'eau industrielle non pressurisé de type « water jacket » qui disposent d'un système de contrôle de température de l'eau et d'un appoint via un bac en circuit ouvert.

La température de la goulotte d'alimentation mesurée et des alarmes permettent d'activer des systèmes de refroidissement si nécessaire. Si la température est trop élevée, la mise en route des buses d'extinction de la trémie est activée.

L'ensemble trémie / goulotte est équipé d'un système de détection de niveau bas des déchets qui déclenche une alarme en salle de contrôle le cas échéant. Il permet aussi de détecter la formation de voûte ou un blocage déchets.

La goulotte peut être fermée à l'aide d'un clapet de sécurité.

La goulotte est fermée lorsque le four ne fonctionne pas ainsi que pendant le démarrage et l'arrêt de l'installation, afin d'empêcher l'entrée d'air froid (issu de l'extérieur) dans le four.

c) Dispositif de contrôle automatique de la combustion

Le système de contrôle de la combustion a pour but d'assurer un débit de vapeur égal à la consigne opérateur tout en tenant compte de l'état du process de combustion. Ce système est opérationnel à l'intérieur du diagramme de combustion. Il ajuste la consigne de débit de vapeur si une surcharge thermique ou mécanique est détectée.

L'UVE de Limoges sera équipée d'un **système automatique de contrôle de combustion.** Les algorithmes du système de contrôle de combustion seront programmés dans un automate indépendant (appelé combustion control cabinet) qui communique avec le système de contrôle de l'usine, tel qu'illustré sur la figure suivante :

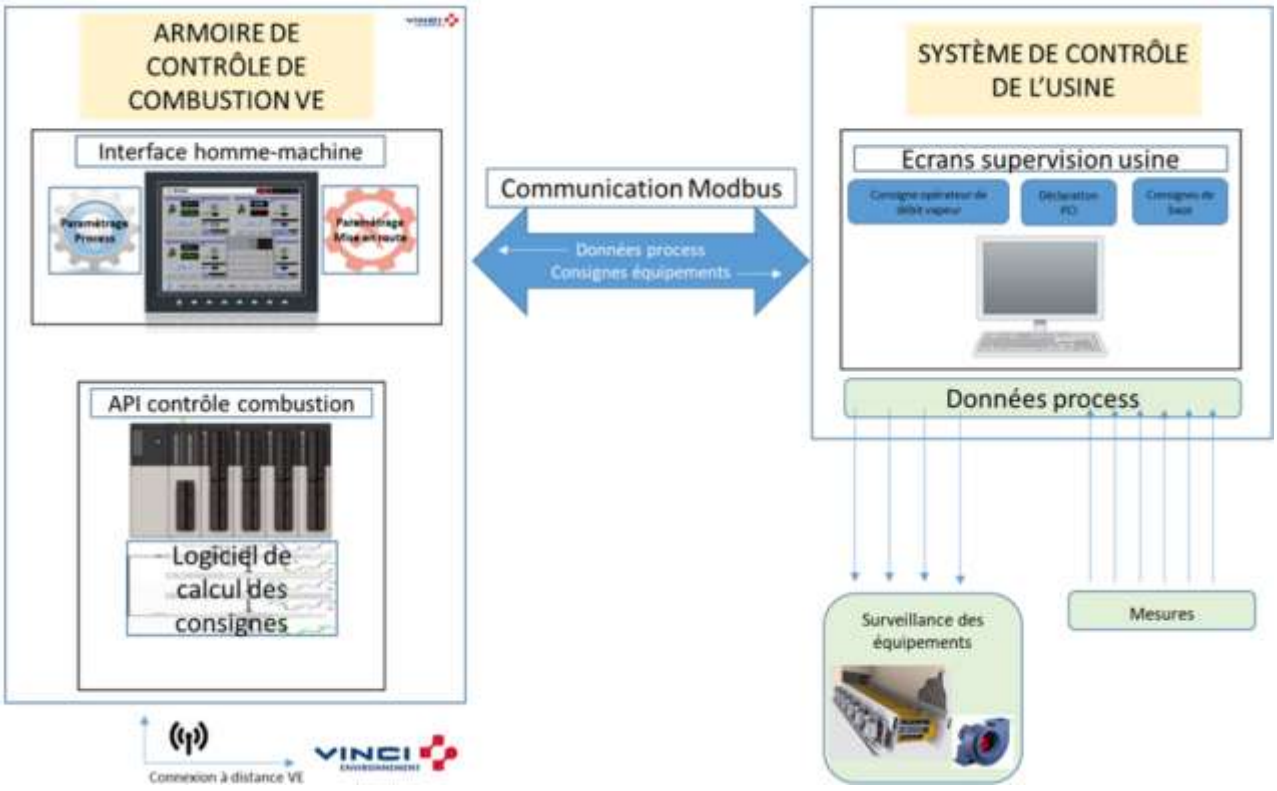


Figure 32 : Fonctionnement du système de contrôle de la combustion

Le système de contrôle permet de compenser les fluctuations de la teneur en humidité, de la densité et de la composition des déchets, qui sont dues à la nature hétérogène de ceux-ci.

Le système de contrôle automatique de la combustion a plusieurs objectifs :

- des Objectifs de puissance :
  - débit de vapeur constant : l'objectif principal consiste généralement à maintenir le débit de vapeur à un taux constant et aussi élevé que possible ;
  - haute disponibilité : diminuer la fréquence des arrêts ;
  - réduction de la maintenance : en évitant les conditions de combustion qui favorisent la corrosion, l'usure, les déformations thermiques.
- des Objectifs environnementaux :
  - destruction des composés dangereux, par exemple, les dioxines et les furanes ;
  - oxydation complète du CO ;
  - minimisation de la formation de certains polluants, tels que les NOx, les poussières, etc.

Les principaux paramètres pour le système de contrôle sont :

- le taux d'O_2 en sortie de chaudière,
- le débit de vapeur,
- le débit, la température et la concentration en oxygène des gaz de combustion,
- les mesures de CO/CO_2 dans le premier parcours vide ou en sortie de chaudière.

Les principaux moyens de régulation sont :

- la vitesse du poussoir d'alimentation,
- la vitesse de rotation des rouleaux,
- le débit et la répartition d'air primaire,
- le débit d'air et la distribution d'air secondaire.

A noter que la chambre du four de combustion est pourvue d'une grande porte d'inspection sur le côté froid de la chambre de combustion et une caméra est installée au niveau de la porte du four arrière afin de permettre de visualiser de façon très nette la combustion en cours depuis la salle de contrôle.

Brûleurs auxiliaires : capteurs de température dans le 1er passage à vide de la chaudière et dans le toit du 1er parcours. Une alarme avertit les opérateurs lorsqu'il y a un risque de non-respect de la réglementation (850°C, 2s).

Chaque brûleur auxiliaire est équipé d'un allumeur et d'un système de détection de flamme. La surveillance de l'état de la flamme, du taux d'allumage réel et de l'état du brûleur est possible depuis la salle de contrôle.

Les brûleurs sont dotés d'une fenêtre d'observation pour permettre une inspection visuelle de la flamme.

d) Système de contrôle chaudière

La chaudière est considérée comme étant "sous surveillance permanente".

La chaudière est régulée automatiquement par un Dispositif de Commandes avec Signalisation (DCS) mais les paramètres peuvent également être contrôlés manuellement par l'opérateur.

En outre, la chaudière est équipée d'un ensemble d'instruments pour surveiller les températures, les pressions ainsi que les débits des gaz de combustion et de l'eau/vapeur dans toute la chaudière.

La qualité de la vapeur et de l'eau est mesurée en plusieurs points d'échantillonnage.

Plusieurs systèmes de sécurité sont prévus pour la chaudière :

- Vis-à-vis de la pression :
  - Circuit fumées de combustion :
    - Mesure de dépression et arrêt de la combustion (arrêt des brûleurs, arrêt de l'air de combustion, arrêt de la grille) en cas de pression haute dans les parcours de la chaudière et très haute,
    - Verrouillage de sécurité en cas d'arrêt du ventilateur de tirage ou de restriction du chemin d'évacuation des gaz de combustion,
    - Soupape de sécurité à la sortie de la chaudière,
    - Trappe d'expansion à contrepoids à la fin du parcours horizontal pour l'évacuation d'une surpression éventuelle en cas d'éclatement d'un tube de chaudière,
  - Circuit vapeur d'eau :
    - Ballon chaudière équipé d'une chaîne de sécurité renforcée :
      - 2 soupapes de sécurité ;
      - mode de repli des vannes par manque d'air : deux possibilités étudiées, soit ouverture automatique par manque d'air, soit possibilité d'avoir un ballon tampon pour alimenter et sécuriser la vanne d'évent ;
      - mode de repli des pressostats par perte d'électricité : relai sur le réseau ondulé permettant de les conserver actif en cas de coupure électrique ;
      - mesure de la pression : détection de pression très haute (PSHH) provoquant « l'extinction des feux » en agissant sur le système de combustion ;
    - Sortie chaudière équipée d'un évent motorisé.
- Vis-à-vis de l'alimentation en eau :
  - Verrouillage de la combustion en cas de niveau d'eau très bas dans le ballon,
  - Verrouillage de sécurité en cas de défaillance de l'alimentation en eau de la chaudière.

Des alarmes visuelles et sonores sont programmées dans la supervision, ce qui permet à l'opérateur d'intervenir pour réduire la charge du four.

De plus, un bouton d'arrêt d'urgence de la combustion est positionné dans la salle de contrôle.

La chaudière est équipée d'un système de nettoyage automatique en continu :

- générateurs d'ondes de choc pour les parcours vides n°2 et 3,
- système de frappage pneumatique pour les faisceaux du parcours convectif.

Les sections de rayonnement et de convection de la chaudière sont équipées de portes d'accès et d'inspection (trous d'homme) sur les parois latérales ainsi que sur les côtés des trémies à cendres.

e) Extraction des mâchefers

Un ventilateur d'extraction motorisé est installé en partie haute de la gaine de sortie des mâchefers évitant tout risque de poche de CO.

4.2.1.3 Maintenance préventive, inspection et contrôle des installations

Les installations peuvent être détériorées notamment par l'usure ou l'apparition d'une anomalie.

Des contrôles réguliers et un entretien sont effectués sur les installations.

En effet, lors de chaque quart, il est réalisé des rondes des installations par le personnel en charge de la conduite des installations. A l'occasion de ces rondes, il est également effectué des contrôles et des vérifications sur les installations permettant de détecter et d'anticiper d'éventuelles dérives des systèmes.

En complément des interventions de maintenance préventive sont réalisées par les équipes de maintenance du site.

L'ensemble des procédures d'entretien et de maintenance sont définies de manière très stricte et rigoureuse. Les plans de maintenance sont issus des guides de d'Exploitation et de Maintenance qui seront fournis par le Constructeur à l'issue de l'installation et de la mise en service des équipements.

Toutes les anomalies constatées font systématiquement l'objet de mesures correctives, qui sont suivies et adaptées si cela est nécessaire.

Les plans de maintenance ainsi que la traçabilité des interventions sont réalisés avec l'aide d'un logiciel de GMAO (Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur)

Les opérations de maintenance des installations génèrent des déchets traités comme tel. Les déchets générés lors des réparations effectuées par des prestataires extérieurs sont évacués par le prestataire.

Les contrôles techniques concernent également :

- les appareils de levage,
- les appareils sous pression (par ex, réservoirs d'air comprimé, etc.),
- les équipements de sécurité (détection de fumée, installations d'extinction automatique, extincteurs, RIA, etc.).

Ces contrôles périodiques obligatoires seront réalisés par des organismes agréés.

Les dates de vérification, les résultats des contrôles périodiques sont consignés dans des registres spécifiques ouverts à cet effet et les rapports des organismes tenus à disposition de l'administration.

4.2.2 PERTE DES UTILITES

Les pertes d'utilités susceptibles de se produire sont une panne d'électricité, un arrêt de la fourniture de gaz naturel ou un arrêt de la fourniture d'eau.

4.2.2.1 Panne électrique

Le site sera raccordé au réseau ENEDIS pour son alimentation électrique. Il disposera d'un poste de transformation installé dans un local spécifique conforme à la législation en vigueur.

En premier lieu, le passage en mode ilotage du groupe GTA permettra la continuité de l'alimentation en électricité de l'UVE.

En cas de perte d'électricité (panne de la turbine et du réseau électrique), un groupe électrogène de secours (puissance de 1 250 kVA) prendra automatiquement le relais et permettra de fournir l'alimentation en ultime secours et pour la mise en sécurité des installations. Ce groupe est alimenté en GNR. Il dispose d'un stockage intégré (autonomie d'environ 1h) complété par une cuve externe offrant une autonomie de 24h à pleine charge et permettant une mise à l'arrêt en sécurité.

En cas de panne électrique, seront automatiquement prises les mesures suivantes :

- mise en service du réseau d'éclairage de secours ;
- fermeture de la trappe servant à obturer la trémie d'alimentation du four afin d'éviter la remontée du feu ;
- maintien du fonctionnement des équipements vitaux de l'installation par la mise en service du groupe électrogène pour alimenter les équipements sensibles tels que le ventilateur de tirage, les pompes alimentaires de la chaudière, ... jusqu'à l'arrêt en sécurité de l'installation ;
- alimentation des onduleurs permettent le maintien en fonctionnement du système d'automatisme et de contrôle-commande des installations, de l'instrumentation nécessaire à l'arrêt en sécurité de l'installations et des équipements de surveillance tels que les analyseurs en continu installés à la cheminée.

Concernant les onduleurs, ils sont également utilisés pour secourir les alimentations électriques des dispositifs de sécurité essentiels, à savoir les systèmes de détection et d'extinction incendie et de détection explosimétrique (gaz et ammoniac).
Ces équipements (automates de pilotage et onduleurs) font donc pleinement partie des équipements vitaux permettant de garantir la surveillance et la mise à l'arrêt en toute sécurité de l'installation.

Les alimentations électriques des dispositifs de détection de fumée, de détection explosimétrique et de détection incendie seront secourues par des onduleurs.

4.2.2.2 Perte de l'alimentation en gaz naturel

L'unité d'incinération sera raccordée au réseau gaz naturel. Toutefois, l'utilisation du gaz naturel n'interviendra qu'au démarrage de l'installation et en cas de nécessité pour le maintien en température (850°C, 2s).

Des mesures de pression sur l'alimentation en combustible gaz seront réalisées et permettront de détecter tout défaut d'alimentation en gaz.

En cas de problème d'alimentation en gaz, l'UVE serait mise à l'arrêt si le seuil des 850°C pendant 2 secondes pour les fumées n'est pas atteint.

4.2.2.3 Alimentation en eau

Le site est alimenté en eau par le réseau AEP communal.

L'installation dispose d'une réserve d'eau suffisamment conséquente pour assurer les besoins en eau du process pendant 24h. Son appoint est assuré soit par le réseau AEP (via une disconnexion) soit par l'eau pluviale des toitures ainsi réutilisée au maximum.

Une seconde réserve couvre les besoins d'extinction incendie [RIE + RII + RIA].

En fonctionnement normal, le process ainsi que le Réseau d'Extinction Interne (RII) sont alimentés en eau respectivement par un pompage en aval de la réserve 24h et par un pompage dans le réservoir incendie.

Le réseau extérieur de poteaux incendie (RIE) et le réseau des RIA sont, quant à eux, alimentés par le réseau AEP (via une disconnexion). Ils sont alimentés en secours par la réserve incendie en cas de perte de pression sur le réseau AEP.

Le schéma en page suivante présente le fonctionnement de l'alimentation en eau sur le site.

Le pompage en aval de la réserve 24h est sécurisé par le groupe électrogène du site.

En cas de perte de pression sur le réseau AEP, les besoins en eau pour le process (indépendant du réseau AEP) et pour l'extinction incendie sont ainsi assurés.

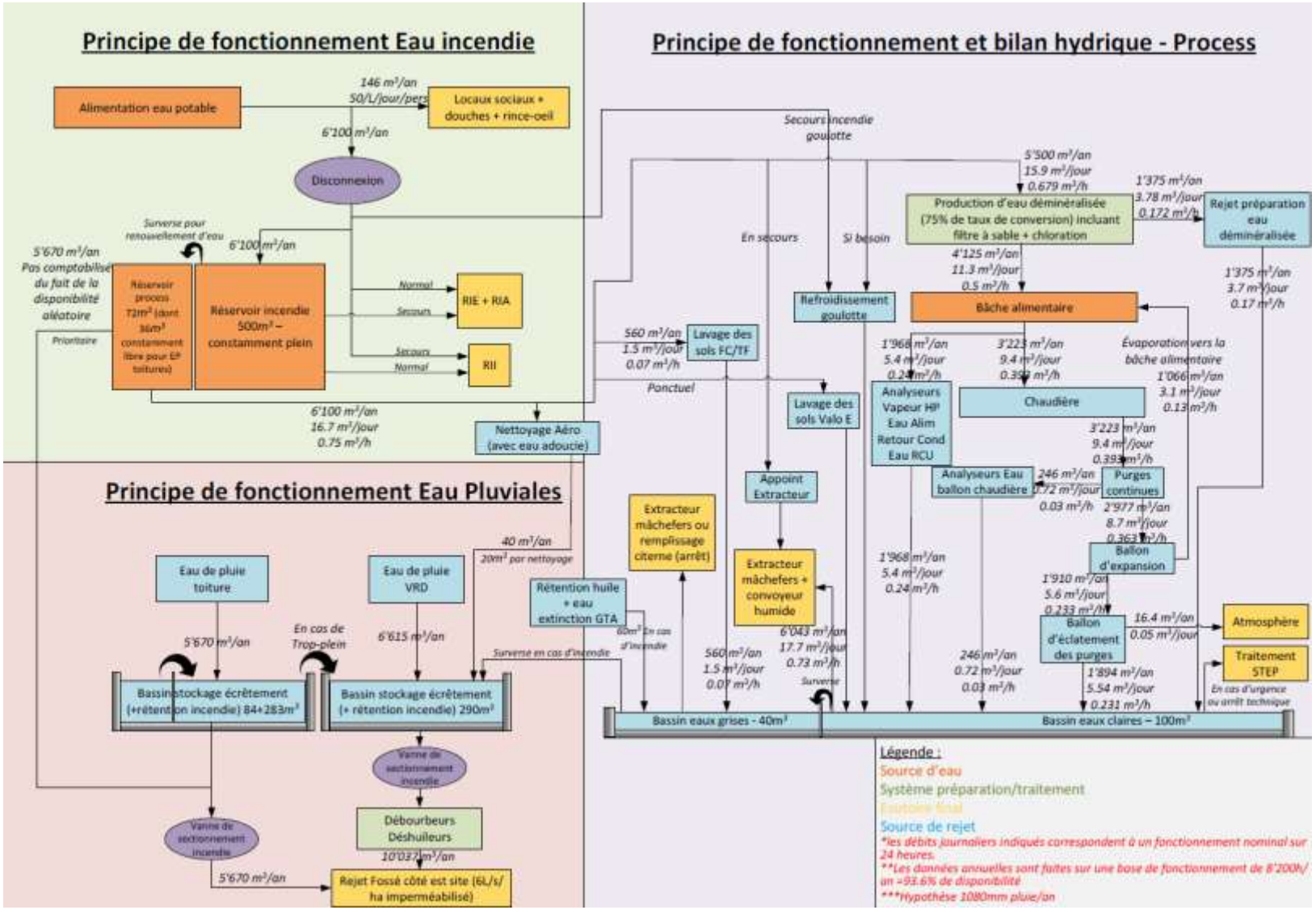


Figure 33 : Principe de fonctionnement du réseau d'eau

4.2.3 STOCKAGE DES PRODUITS CHIMIQUES

4.2.3.1 Solution d'ammoniaque

L'eau ammoniacale à 24,5% massique est stockée à l'intérieur dans un réservoir de 35 m^3 en acier inoxydable double peau. La cuve est située au-dessus de la Voirie de Desserte Interne (VDI) à l'intérieur du local mâchefers.

La cuve est équipée d'une détection de fuite de gaz et d'indicateur de niveau.

Le poste de dépotage est situé à l'intérieur de la VDI et est équipé de tous les accessoires nécessaires au déchargement du réactif. Les écoulements provenant du raccord d'admission sont collectés séparément des eaux de pluie.

4.2.3.2 Bicarbonate de sodium

Le stockage du bicarbonate de soude sera effectué dans un silo de 60 m^3 (volume correspondant à un peu plus de 7 jours d'autonomie) situé au-dessus de la VDI à l'intérieur du bâtiment.

Il est muni d'un détecteur de niveau haut et d'un détecteur de niveau bas.

4.2.3.3 Chaux + charbon actif

Le mélange chaux et charbon actif à hauteur de 25 % sera stocké dans un silo de 60 m^3 au sein du local mâchefers, au-dessus de la VDI dans l'alignement des autres silos et cuves de la VDI. Le silo sera équipé d'un indicateur de niveau et d'une soupape de sécurité.

4.2.3.4 Charbon actif dopé

Le site possèdera également une petite réserve de charbon actif dopé imprégné de 20% d'acide sulfurique. Il sera stocké en big-bags de 1 m^3 dans le local traitement de fumées, à proximité du réacteur du filtre à manches N°1.

Le site disposera de 10 big-bags au maximum, soit 10 m^3 de charbon actif dopé au total.

4.2.3.5 Fioul et GNR

Le fioul est utilisé pour l'alimentation de la motopompe et du groupe électrogène de secours (cuve enterrée de 8 m^3). La motopompe dispose d'un réservoir intégré de 1 m^3 assurant une autonomie de 6 heures pleine charge et d'un réservoir complémentaire de 160 litres équipé d'un pistolet de remplissage et d'une pompe.

Le GNR est utilisé pour l'alimentation des engins de manutention (cuve aérienne double-peau de 1 m^3).

Les cuves seront équipées de détecteurs de fuite.

4.3 MOYENS DE PREVENTION ET DE PROTECTION DU RISQUE D'INCENDIE

Tous les moyens de prévention et de protection qui sont cités s'appliquent de la même façon au site et aux entreprises extérieures intervenant sur le site.

4.3.1 MESURES GENERALES DE PREVENTION

Des dispositions organisationnelles seront mises en place afin de prévenir les sources d'ignition :

- l'interdiction de feu nu et des procédures de permis de feu ;
- l'interdiction de fumer mise en place sur l'ensemble du site permettant également d'éviter l'apport de feu nu (étincelle, mégot, …) ;
- la maintenance préventive des installations ;
- le contrôle périodique et la maintenance des équipements par des organismes agréés :
  - extincteurs, trappes de désenfumage, détecteurs d'incendie, alarmes incendie … (annuellement) ;
  - installations électriques (1 an) ;
  - équipements sous pression ….

Les rapports des contrôles périodiques seront tenus à la disposition de l'inspecteur des installations classées.

4.3.2 DISPOSITIONS ORGANISATIONNELLES ET PROCEDURES EN CAS D'URGENCE

D'une façon générale, les installations seront accessibles aux engins incendie et de secours. A cet effet, des voies seront maintenues libres à la circulation et permettront l'accès des engins des sapeurs-pompiers.

Les bâtiments et locaux seront conçus et aménagés de façon à s'opposer efficacement à la propagation d'un incendie (voir dispositions constructives en page suivante), à permettre une évacuation rapide du personnel (sorties de secours bien visibles) et à faciliter l'intervention des services d'incendie et de secours.

L'exploitant met en place sur le site des consignes reprenant les procédures à respecter en cas d'urgence. Les consignes en cas d'incendie seront affichées en évidence et en permanence à proximité des principaux accès. Elles indiqueront :

- les mesures d'urgence à prendre ;
- le numéro de téléphone à contacter en cas d'incendie ;
- le plan d'évacuation.

Des exercices incendie seront réalisés de manière périodique avec l'ensemble du personnel (selon la fréquence imposée par la réglementation en vigueur).

4.3.3 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES, DISPOSITIFS DE SURVEILLANCE ET MOYENS DE DETECTION

4.3.3.1 Dispositions constructives

Les locaux suivant possèdent des caractéristiques constructives de stabilité au feu et de degré coupe-feu : local groupe électrogène, locaux de transformation électrique, locaux HTA, locaux TGBT, locaux API.

Leurs caractéristiques constructives seront les suivantes :

- Structure béton R120 (stabilité au feu 2h),
- parois béton armé (sans revêtement) REI120 (coupe-feu 2h),
- portes EI120 (coupe-feu 2h).

L'accès à ces locaux se fait par des portes coupe-feu 2h à fermeture automatique et barre anti-panique. De manière générale, les portes et fenêtres doivent avoir le même degré coupe-feu que les parois.

De plus, les locaux identifiés à risque d'incendie seront isolés des autres locaux par des murs coupe- feu de degré 2 heures (ou REI 120) :

- Locaux GTA toutes parois,
- Locaux électriques (dont local groupe électrogène) toutes parois,
- Séparation entre le hall four chaudière et la fosse à déchets,
- Séparation entre la fosse à déchets et les locaux administratifs et sociaux,
- Séparation entre le hall four chaudière et les locaux administratifs et sociaux.

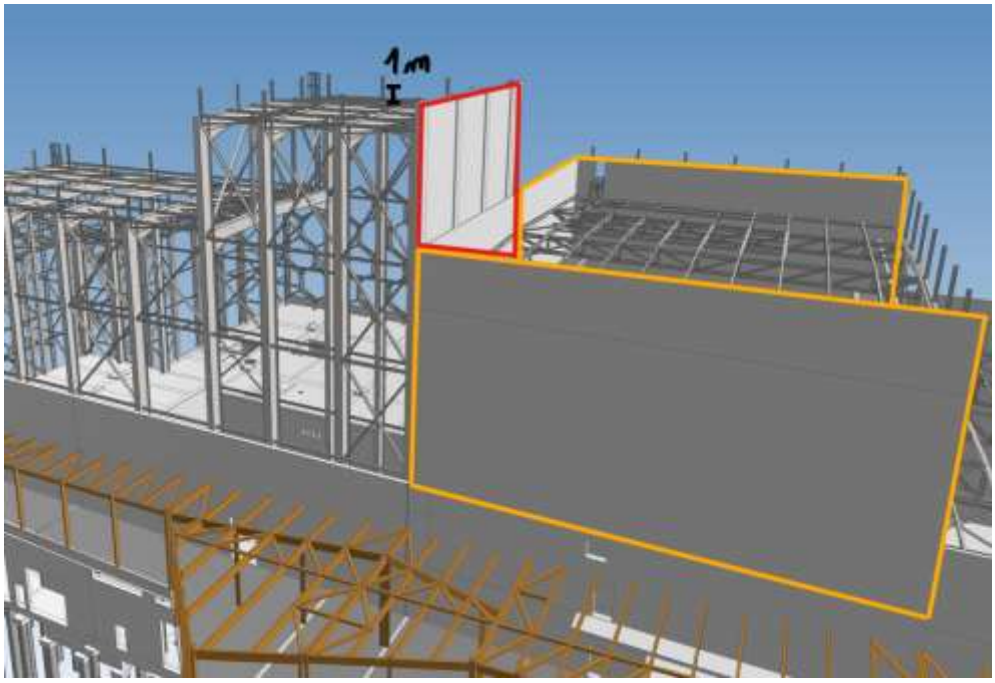


Figure 34 : Localisation des murs séparatifs coupe-feu 2h (REI 120)

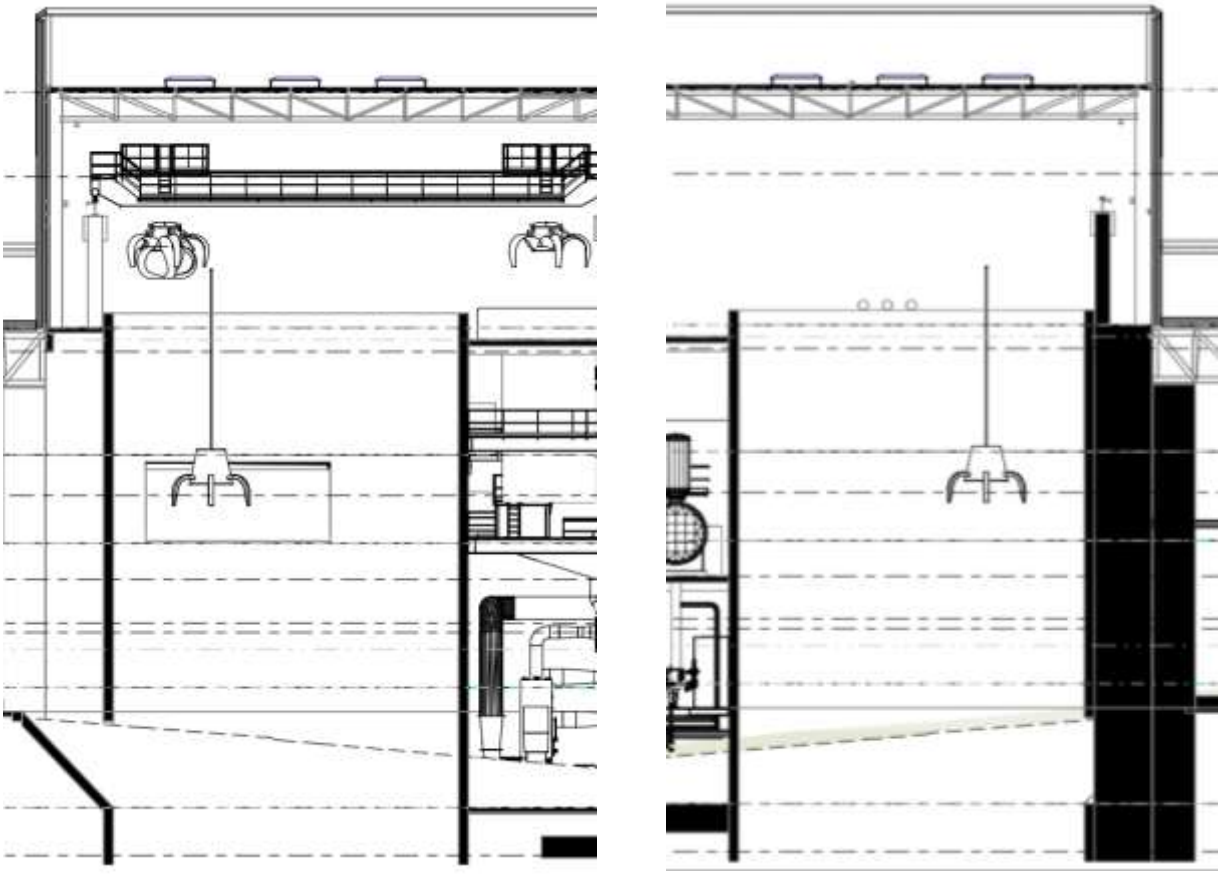
Les locaux sociaux possèderont les caractéristiques constructives suivantes :

- plancher REI60 (coupe-feu 1h),
- structure R60 (stabilité au feu 1h).

Enfin, la fosse OMR possède les dispositions constructives suivantes :

- Murs et planchers en béton armé de degré coupe-feu 2h (REI 120) minimum,
- Plafond : couverture sèche en bac acier.

La figure ci-dessous présente les vues en coupe de la fosse OM :

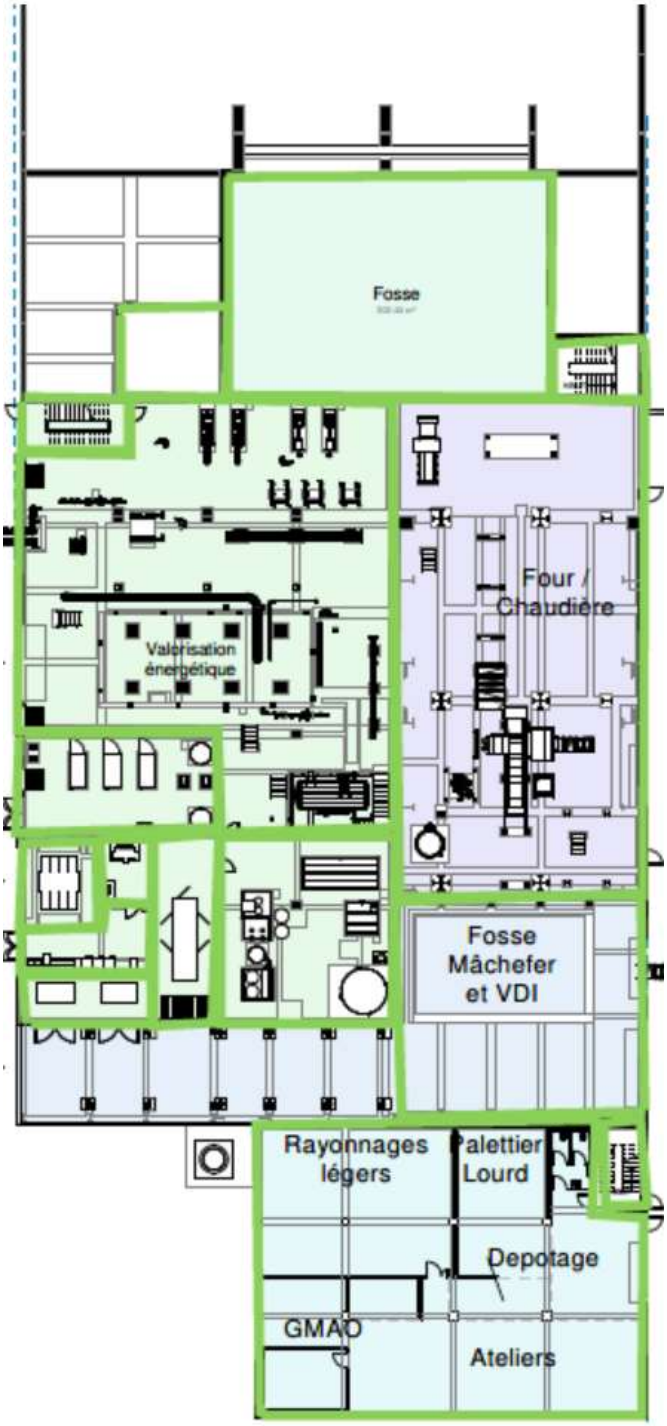


Vue face Est

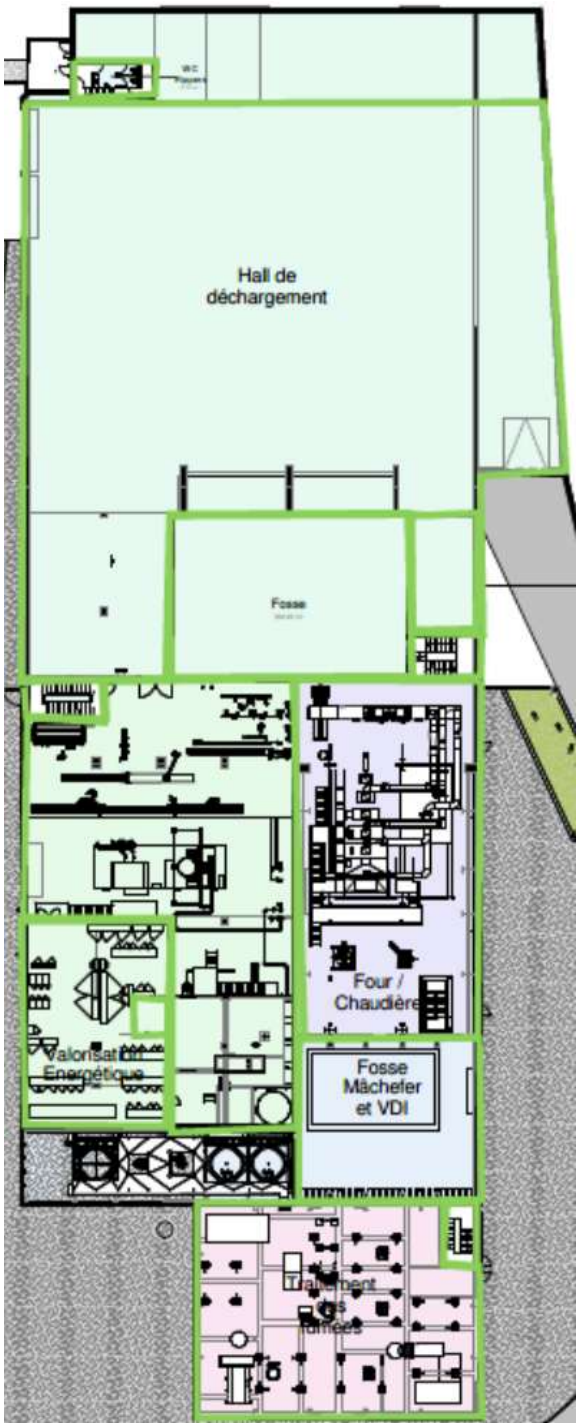
Vue face Ouest

Figure 35 : Vues en coupe de la fosse

Les murs coupe-feu 2h de l'installation sont représentés en vert sur les figures ci-dessous :

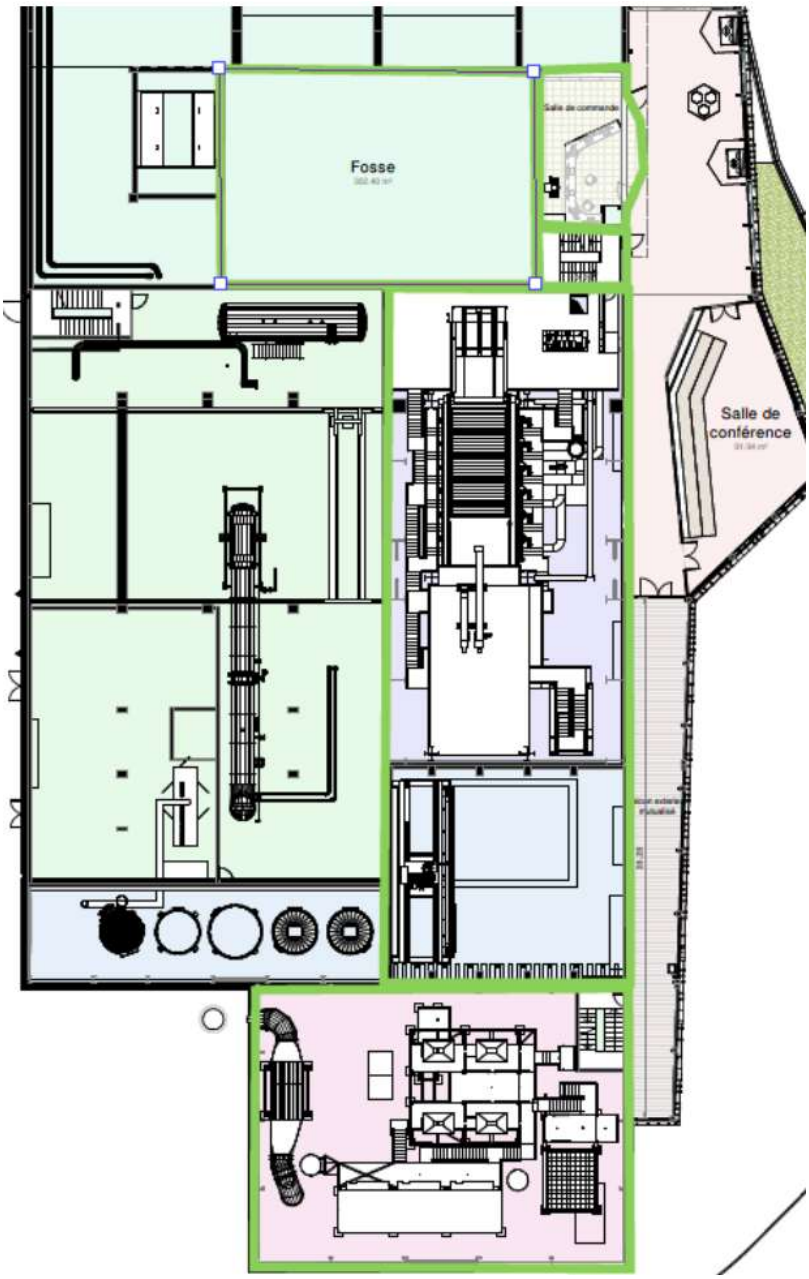


Niveau 0



Niveau + 5 m

Figure 36 : Localisation des murs coupe-feu 2h (REI 120) - Niveaux 0 et + 5 m



Niveau + 11 m

Figure 37 : Localisation des murs coupe-feu 2h (REI 120) – Niveau + 11 m

4.3.3.2 Dispositif de désenfumage

Le désenfumage sera réalisé par un désenfumage naturel à commande locale (cartouche CO_2).

La surface utile d'ouverture des exutoires sera au moins égale à 2% de la superficie des locaux.

Des amenées d'air frais d'une surface libre égale à la surface géométrique de l'ensemble des dispositifs d'évacuation du plus grand canton seront réalisées cellule par cellule.

4.3.3.3 Dispositifs de surveillance et de détection incendie

Un système centralisé avec un report d'alarme en salle de contrôle / commande sera mis en place sur le site avec :

- des détecteurs incendie de type ponctuelle optique de fumées (partie bureau, ERP, administration et locaux techniques),
- des détecteurs de flamme type infrarouge 3IR qui seront notamment positionnés dans les zones à risque incendie très important (fosse OM, GTA, centrales hydrauliques, etc.).

Par ailleurs, des alarmes incendie de type « coups de poing » seront réparties sur le site.

Ces dispositifs de détection seront associés avec des alarmes sonores et visuelles sur le site.

Ces matériels feront l'objet d'une maintenance annuelle.

4.3.4 MOYENS DE LUTTE INTERNES CONTRE L'INCENDIE ET RETENTION DES EAUX D'EXTINCTION INCENDIE

Le site est relié au réseau de télécommunication. Les moyens de communication permettront d'alerter les services d'incendie et de secours.

4.3.4.1 Moyens internes de lutte contre l'incendie sur le site

L'installation est équipée de différents moyens de lutte contre l'incendie, répartis dans tout le site :

- des extincteurs placés dans les lieux les plus exposés, selon la réglementation en vigueur ;
- un réseau de 24 Robinets d'Incendie Armés (RIA), disposés selon les exigences réglementaires ;
- des moyens spécifiques de lutte contre l'incendie seront installés dans des parties spécifiques de l'installation :
  - 2 colonnes sèches dans le hall process ;
  - Réseau de sprinklage au niveau des centrales hydrauliques du four et du GTA ainsi que de la trémie d'alimentation du four et de la vitre pontier ;
  - 2 canons d'aspersion à eau à balayage pour la fosse OMR (eau additivée d'agent mouillant à 0,3 % - réserve de 2 m^3),
  - Protection par déluge de la zone du Groupe Turbo Alternateur (GTA) dopé avec un émulseur sans fluor à 3 % (réserve de 4 m^3 d'émulseur) (sprinklers de type déluge).

Les moyens de lutte incendie sont disposés de façon visible et leur accès est maintenu constamment dégagé. Ils sont vérifiés annuellement par un organisme indépendant.

Un stockage de 500 m^3 d'eau permettra l'alimentation du Réseau d'Incendie Interne (RII) comprenant le réseau de sprinklage, les canons, le déluge. En cas de perte de pression sur le réseau AEP, cette réserve d'eau permettra de secourir les réseaux extérieur de poteaux incendie. Ce stockage sera muni d'un groupe motopompe diesel de 260 m^3/h sécurisé par le groupe électrogène du site et sera pourvu d'une épingle chauffante afin d'éviter le gel.

Cette réserve a été dimensionnée sur la base des besoins pour le scénario le plus défavorable selon la règle APSAD R1 (Fascicule « Revalorisation des déchets – Unité de Valorisation Energétique ».

Tableau 9 : Besoin en eau pour la lutte interne contre l'incendie

Scénario feu Zone fosse – cumul des risques suivants = scénario dimensionnant en base :

Désignation	Données de calculs	Calcul avec application d'un coef. d'équilibrage estimé	Débits m^3/h	Autonomie au débit maximum de l'installation	Capacités Réserve d'eau (m^3)
2 canons sur fosse + AM 0,3 %	10 l/min/m^2 sur 300 m^2	10 x 300 x 1,1 x 60 mn / 1000	198 m3/h	120 mn	396 m3
Trémie four (non dopée)	10 l/min/m^2 sur 25 m^2	10 x 25 x 1,8 x 60 mn / 1000	27 m3/h	120 mn	54 m3
Rideau d'eau aspiration air primaire (non dopé)	37 l/min/ml sur 2 ml	37 x 2 x 1,8 x 60 mn / 1000	8 m3/h	120 mn	16 m3
		Débit total	233 m3/h	Capacité utile	466 m3

En cas de perte de pression sur le réseau AEP, les besoins en eau du site seront assurés par cette réserve d'eau.

Les RIA seront alimentés par le réseau d'eau de ville par défaut comme sur l'usine actuelle, avec une alimentation de secours en cas d'absence d'eau de ville sur la réserve incendie (cf. Figure 33 : Principe de fonctionnement du réseau d'eau en page 89).

Remarque : Une 2nde réserve de 72 m^3 servira aux besoins en eau de process.

4.3.4.2 Dimensionnement des besoins en eau pour les opérations de lutte contre l'incendie

La présente étude a mis en évidence le risque d'incendie au sein de l'établissement. Afin de prévoir les besoins en eau maximum des secours extérieurs en cas d'incendie, les besoins en eau d'extinction doivent être déterminés.

Le dimensionnement des besoins en eau est effectué selon la méthode décrite dans le guide « D9 – Guide pratique d'appui au dimensionnement des besoins en eau pour la défense extérieure contre l'incendie » de juin 2020 élaboré par le CNPP, la FFA, le Ministère de la Transition Ecologique et le Ministère de l'Intérieur.

Remarque : le dimensionnement des besoins en eau est effectué conformément au guide D9 à partir de la catégorie du risque (lui-même fonction de la nature de l'activité) et à partir de la plus grande surface en jeu ; ce dimensionnement est réalisé indépendamment de toute analyse de risque relative aux charges calorifiques réelles ; il peut donc s'avérer très majorant.

a/ Détermination de la catégorie du risque

La catégorie du risque varie de RF (risque faible) à 3. Le classement potentiel des installations de l'UVE se rapprochant le plus des activités exercées sur le site, en application de l'annexe 1 du document technique D9, est le **fascicule S01 et S02, respectivement collecte et traitement dont incinération de déchets ménagers et assimilés et collecte et traitement dont incinération de déchets industriels**. Les catégories risque sont **de 1 pour les activités** et de **2 pour les stockages.**

b/ Détermination de la surface de référence du risque

D'après le guide D9, la surface de référence du risque est la surface qui sert de base à la détermination du débit requis :

- Elle est au minimum délimitée, soit par des murs coupe-feu 2 heures, soit par un espace libre de tout encombrement, non couvert, de 10 m minimum.
- Elle est considérée comme développée lorsque les planchers ne présentent pas un degré coupe-feu 2 heures minimum.
- Elle correspond soit à la plus grande surface non recoupée du site lorsque celui-ci présente une classification homogène, soit à la surface non recoupée, conduisant, du fait de la classification du risque, à la demande en eau la plus importante.

Les zones présentant un risque incendie important sont la fosse OM et le hall d'activité four/chaudière.

Ce sont ces 2 zones qui seront considérées comme les surfaces de référence du risque, à savoir :

- **Fosse OM : 300 m²,**
- **Hall four/chaudière : 675 m².**

c/ Calcul des besoins en eau

Besoins en eau pour la fosse OM

Tableau 10 : Détermination du débit requis pour la fosse OM

Critère	Coef. Ad.	Coefficient retenus	Commentaires / Justifications
Hauteur de stockage (1) (2) (3)			
- Jusqu'à 3 m - Jusqu'à 8 m - Jusqu'à 12 m - Jusqu'à 30 m - Jusqu'à 40 m - Au-delà de 40 m	0 + 0,1 +0,2 +0,5 +0,7 +0,8	0,5	Stockage jusqu'à 22,5 m maximum dans la fosse OM (= hauteur des murs)
Type de construction (4)			
- Ossature stable Au feu ≥ R60 - Ossature stable Au feu ≥ R30 - Ossature stable au feu < R30	-0,1 0 + 0,1	-0,1	Stockage OM protégé par des murs coupe-feu 2h
Matériaux aggravants			
Présence d'au-moins un matériau aggravant (5)	+0,1		/
Types d'interventions internes			
- Accueil 24 h/24 (présence permanente à l'entrée)	- 0,1	- 0,1	Présence permanente sur site
- DAI généralisée reportée 24 h/24 7 J/7 en télésurveillance ou au poste de secours 24 h/24 lorsqu'il existe, avec des consignes d'appels (6)	- 0,1		
- Service de sécurité incendie ou équipe de seconde intervention avec moyens appropriés en mesure d'intervenir 24 h/24 (7)	-0,3		
Σ coefficient		**0,3**	
1 + Σ coefficient		1,3	
Surface de référence (S en m²)		**300**	Fosse OM : 300 m²
Qi = 30 x S/500 x (1 + Σ coefficient) (8)		23,4	
Catégorie de risque (9)		**2**	Fascicule S01-S02
Risque faible = Q_{RF} = Qi x 0,5			
Risque 1 = Q1 = Qi x 1			
Risque 2 = Q2 = Qi x 1.5		35,1	
Risque 3 = Q3 = Qi x 2			
Risque protégé par une installation d'extinction automatique à eau (10) :		**OUI**	Sprinklage et canons à eau
Q_{RF}, Q1, Q2 ou Q3 ÷ 2		17,6	
Débit calculé (11) (en m³/h)		**18**	
Débit retenu : Q en m³/h (12) (13) (14)		**60**	Multiple de 30 m³/h Compris entre 60 m³/h (12) et 720 m³/h (13)

(1) Sans autre précision, la hauteur de stockage doit être considérée comme étant égale à la hauteur du bâtiment moins 1 m (cas des bâtiments de stockage).
(2) En cas de présence exclusive de liquides inflammables ou combustibles (point d'éclair inférieur à 93 °C) dans des contenants de capacité unitaire > 1 m3, retenir un coefficient égal à 0 (valable pour les stockages et les activités).
(3) Pour les activités, retenir un coefficient égal à 0.
(4) Pour ce coefficient, ne pas tenir compte de l'installation d'extinction automatique à eau.
(5) Les matériaux aggravants à prendre en compte sont :
- fluide caloporteur organique combustible d'une capacité de plus de 1 m3 ;
- panneaux sandwichs à isolant combustible présentant un classement de réaction au feu B s1 d0 ou inférieur selon l'arrêté du 21 novembre 2002 ;
- bardage extérieur combustible (bois, matières plastiques) ;
- revêtement d'étanchéité bitumé sur couverture (sauf couverture en béton) ;
- aménagements intérieurs en bois (planchers, sous toiture, etc.) ;
- matériaux d'isolation thermique combustibles en façade et en toiture (matières plastiques, matériaux biosourcés, etc.) ;
- panneaux photovoltaïques.
Si la catégorie de risque retenue est déjà majorée du fait de la présence de panneaux sandwichs (voir chapitre 4.1.2), ceux-ci ne sont plus considérés comme des matériaux aggravants.
(6) Une installation d'extinction automatique à eau de type sprinkler peut faire office de détection automatique d'incendie.
(7) La présence seule d'équipiers de première intervention ou d'un service de sécurité utilisant uniquement des moyens de première intervention (extincteurs, RIA) ne permet pas de retenir cette minoration.(8) Qi : débit intermédiaire du calcul en m^3/h.
(9) La catégorie de risque RF, 1, 2 ou 3 est fonction du classement des activités et stockages référencés en annexe 1. Pour le risque RF, voir également le chapitre 4.1.2.
(10) Un risque est considéré comme protégé par une installation d'extinction automatique à eau si :
- protection autonome, complète (couvrant l'ensemble de la surface de référence) et dimensionnée en fonction de la nature du stockage et de l'activité réellement présente en exploitation, en fonction des règles de l'art et des référentiels existants ;
- installation entretenue et vérifiée régulièrement ;
- installation en service en permanence.
(11) Le débit calculé correspond à la somme des débits liés aux activités et aux stockages dans la surface de référence considérée.
(12) Aucun débit ne peut être inférieur à 60 m^3/h.
(13) Le débit retenu sera limité à 720 m^3/h en cas de risque protégé par un système d'extinction automatique à eau. Tout résultat supérieur sera ramené à cette valeur.
(14) La quantité d'eau nécessaire sur le réseau sous pression (voir chapitre 5, alinéa 9) doit être distribuée par des points d'eau incendie situés à moins de 100 m des accès principaux des bâtiments et distants entre eux de 150 m maximum.
Par ailleurs, les points d'eau incendie seront positionnés dans la mesure du possible de telle sorte que l'exposition au flux thermique du personnel amené à intervenir ne puisse excéder 5 kW/m^2.

En application du document D9, le débit minimum requis pour la fosse OM est de **60 m^3/h** soit **120 m^3 pendant deux heures**.

Ce débit sera assuré par le réseau externe de poteaux incendie : 4 poteaux incendie de 60 m^3/h.

En cas de défaillance du réseau AEP alimentant ces poteaux, c'est la réserve d'eau du site qui assurera le débit d'eau nécessaire : 500 m^3 stockés avec un groupe motopompe fournissant un débit de 260 m^3/h.

A noter que la fosse OM est également équipée d'un sprinklage et de 2 canons à eau (pris en compte dans le calcul D9).

Besoins en eau pour le hall four/chaudière

Tableau 11 : Détermination du débit requis pour le hall four/chaudière

Critère	Coef. Ad.	Coefficient retenus	Commentaires / Justifications
Hauteur de stockage (1) (2) (3)			
- Jusqu'à 3 m - Jusqu'à 8 m - Jusqu'à 12 m - Jusqu'à 30 m - Jusqu'à 40 m - Au-delà de 40 m	0 + 0,1 +0,2 +0,5 +0,7 +0,8		Pas de stockage
Type de construction (4)			
- Ossature stable Au feu ≥ R60 - Ossature stable Au feu ≥ R30 - Ossature stable au feu < R30	-0,1 0 + 0,1	-0,1	Hall four/chaudière isolé des autres zones par des murs coupe-feu 2h
Matériaux aggravants			
Présence d'au-moins un matériau aggravant (5)	+0,1		/
Types d'interventions internes			
- Accueil 24 h/24 (présence permanente à l'entrée)	- 0,1	- 0,1	Présence permanente sur site
- DAI généralisée reportée 24 h/24 7 J/7 en télésurveillance ou au poste de secours 24 h/24 lorsqu'il existe, avec des consignes d'appels (6)	- 0,1		
- Service de sécurité incendie ou équipe de seconde intervention avec moyens appropriés en mesure d'intervenir 24 h/24 (7)	-0,3		
Σ coefficient		**- 0,2**	
1 + Σ coefficient		0,8	
Surface de référence (S en m²)		**675**	Hall four/chaudière : 675 m²
Qi = 30 x S/500 x (1 + Σ coefficient) (8)		32,4	
Catégorie de risque (9)		**1**	Fascicule S01-S02
Risque faible = Q_{RF} = Qi x 0,5			
Risque 1 = Q1 = Qi x 1		32,4	
Risque 2 = Q2 = Qi x 1.5			
Risque 3 = Q3 = Qi x 2			
Risque protégé par une installation d'extinction automatique à eau (10) :		**NON**	
Q_{RF}, Q1, Q2 ou Q3 ÷ 2		32,4	
Débit calculé (11) (en m³/h)		**32**	
Débit retenu : Q en m³/h (12) (13) (14)		**60**	Multiple de 30 m³/h Compris entre 60 m³/h (12) et 720 m³/h (13)

(1) Sans autre précision, la hauteur de stockage doit être considérée comme étant égale à la hauteur du bâtiment moins 1 m (cas des bâtiments de stockage).
(2) En cas de présence exclusive de liquides inflammables ou combustibles (point d'éclair inférieur à 93 °C) dans des contenants de capacité unitaire > 1 m3, retenir un coefficient égal à 0 (valable pour les stockages et les activités).
(3) Pour les activités, retenir un coefficient égal à 0.
(4) Pour ce coefficient, ne pas tenir compte de l'installation d'extinction automatique à eau.
(5) Les matériaux aggravants à prendre en compte sont :
- fluide caloporteur organique combustible d'une capacité de plus de 1 m3 ;
- panneaux sandwichs à isolant combustible présentant un classement de réaction au feu B s1 d0 ou inférieur selon l'arrêté du 21 novembre 2002 ;
- bardage extérieur combustible (bois, matières plastiques) ;
- revêtement d'étanchéité bitumé sur couverture (sauf couverture en béton) ;
- aménagements intérieurs en bois (planchers, sous toiture, etc.) ;
- matériaux d'isolation thermique combustibles en façade et en toiture (matières plastiques, matériaux biosourcés, etc.) ;

- panneaux photovoltaïques.
Si la catégorie de risque retenue est déjà majorée du fait de la présence de panneaux sandwichs (voir chapitre 4.1.2), ceux-ci ne sont plus considérés comme des matériaux aggravants.
(6) Une installation d'extinction automatique à eau de type sprinkler peut faire office de détection automatique d'incendie.
(7) La présence seule d'équipiers de première intervention ou d'un service de sécurité utilisant uniquement des moyens de première intervention (extincteurs, RIA) ne permet pas de retenir cette minoration.(8) Qi : débit intermédiaire du calcul en m^3/h.
(9) La catégorie de risque RF, 1, 2 ou 3 est fonction du classement des activités et stockages référencés en annexe 1. Pour le risque RF, voir également le chapitre 4.1.2.
(10) Un risque est considéré comme protégé par une installation d'extinction automatique à eau si :
- protection autonome, complète (couvrant l'ensemble de la surface de référence) et dimensionnée en fonction de la nature du stockage et de l'activité réellement présente en exploitation, en fonction des règles de l'art et des référentiels existants ;
- installation entretenue et vérifiée régulièrement ;
- installation en service en permanence.
(11) Le débit calculé correspond à la somme des débits liés aux activités et aux stockages dans la surface de référence considérée.
(12) Aucun débit ne peut être inférieur à 60 m^3/h.
(13) Le débit retenu sera limité à 720 m^3/h en cas de risque protégé par un système d'extinction automatique à eau. Tout résultat supérieur sera ramené à cette valeur.
(14) La quantité d'eau nécessaire sur le réseau sous pression (voir chapitre 5, alinéa 9) doit être distribuée par des points d'eau incendie situés à moins de 100 m des accès principaux des bâtiments et distants entre eux de 150 m maximum.
Par ailleurs, les points d'eau incendie seront positionnés dans la mesure du possible de telle sorte que l'exposition au flux thermique du personnel amené à intervenir ne puisse excéder 5 kW/m^2.

En application du document D9, le débit minimum requis pour le hall four/chaudière est de **60 m^3/h** soit **120 m^3 pendant deux heures**.

Ce débit sera assuré par le réseau externe de poteaux incendie : 4 poteaux incendie de 60 m^3/h.

En cas de défaillance du réseau AEP alimentant ces poteaux, c'est la réserve d'eau du site qui assurera le débit d'eau nécessaire : 500 m^3 stockés avec un groupe motopompe fournissant un débit de 260 m^3/h.

4.3.4.3 Rétention des eaux d'extinction d'incendie

a/ Présentation de la méthode

Le dimensionnement des besoins en eau est effectué selon la méthode décrite dans le guide « D9A – Défense extérieure contre l'incendie et rétentions – Guide pratique pour le dimensionnement des rétentions des eaux d'extinction » élaboré par l'INESC, la FFSA et le CNPP.

Besoins pour la lutte extérieure		Résultat guide pratique D9 : (besoins x 2 h au minimum)	
		+	+
Moyens de lutte intérieure contre l'incendie	Sprinkleurs	Volume réserve intégrale de la source principale ou : besoins x durée théorique maximale de fonctionnement	
		+	+
	Rideau d'eau	Besoins x 90 min	
		+	
	RIA	À négliger	0,00
		+	+
	Mousse HF et MF	Débit de solution moussante x temps de noyage (en général 15 -25 min)	
		+	+
	Brouillard d'eau et autres systèmes	Débit x temps de fonctionnement requis	
		+	
	Colonne humide	Débit x temps de fonctionnement requis	
		+	+
Volumes d'eau liés aux intempéries		10 l/m² de surface de drainage	
		+	+
Présence stock de liquides		20 % du volume contenu dans le local contenant le plus grand volume	
		=	=
Volume total de liquide à mettre en rétention			

Figure 38 : Méthode de dimensionnement des rétentions des eaux d'extinction

b/ Application au site

Fosse OM

Le volume de rétention nécessaire est précisé dans le tableau ci-dessous :

Tableau 12 : Rétention des eaux d'extinction d'incendie pour la fosse OM

Poste		Commentaires	Volume (m^3)	Justifications pour le site
Besoins pour la lutte extérieure		Besoin en eau d'incendie : D9 x 2 h au minimum	120	cf. calcul D9
Moyens de lutte intérieure contre l'incendie	Sprinklers	Volume réserve intégrale de la source principale ou besoins x durée théorique maximale de fonctionnement	500	Sprinklers alimentés par la réserve du site de 500 m^3
	Rideau d'eau	Besoins x 90 min	0	Site non concerné
	RIA	A négliger	0	
	Mousse HF et MF	Débit de solution moussante x temps de noyage (en général 15 - 25 min)	0	Site non concerné
	Brouillard d'eau et autres systèmes	Débit x temps de fonctionnement requis	0	Site non concerné
	Colonne humide	Débit x temps de fonctionnement requis	0	Site non concerné
Volume d'eau lié aux intempéries		10 l/m^2 de drainage	129	Ruissellement des EP sur les surfaces imperméabilisées : 12 907 m^2 dont 5 813 m^2 de toitures
Présence stock de liquides		20% du volume des liquides présents dans la surface de référence considérée	0	Pas de produits liquides
Volume total de liquides à mettre en rétention (en m^3)			**749**	

En application du document D9A, **le volume de rétention requis en cas d'incendie de la fosse OM est de 749 m^3.**

Cette rétention sera assurée par :

- **la fosse OM (en partie),**
- **les 2 bassins de rétention incendie du site.**

Il est considéré que 30 % du volume de la fosse (2 100 m^3) permettra de stocker des eaux d'incendie, soit **630 m^3 de rétention disponible dans la fosse.**

Les bassins de rétention devront donc stocker 119 m^3. Ils possèdent un **volume de 380 m^3 au total**, ce qui est **suffisant pour assurer la contention des eaux d'un incendie dans la fosse OM.**

Hall four/chaudière

Le volume de rétention nécessaire est précisé dans le tableau ci-dessous :

Tableau 13 : Rétention des eaux d'extinction d'incendie pour le hall four/chaudière

Poste		Commentaires	Volume (m^3)	Justifications pour le site
Besoins pour la lutte extérieure		Besoin en eau d'incendie : D9 x 2 h au minimum	120	cf. calcul D9
Moyens de lutte intérieure contre l'incendie	Sprinklers	Volume réserve intégrale de la source principale ou besoins x durée théorique maximale de fonctionnement	69	Taux d'application retenu de 12 l/min/m^2 sur zone GTA et groupe d'huile (env. 40 m^2) soit 35 m^3/h (marge de sécurité de +20%) Durée de fonctionnement de 2 h
	Rideau d'eau	Besoins x 90 min	0	Site non concerné
	RIA	A négliger	0	
	Mousse HF et MF	Débit de solution moussante x temps de noyage (en général 15 - 25 min)	0	Site non concerné
	Brouillard d'eau et autres systèmes	Débit x temps de fonctionnement requis	0	Site non concerné
	Colonne humide	Débit x temps de fonctionnement requis	0	Site non concerné
Volume d'eau lié aux intempéries		10 l/m^2 de drainage	129	Ruissellement des EP sur les surfaces imperméabilisées : 12 907 m^2 dont 5 813 m^2 de toitures
Présence stock de liquides		20% du volume des liquides présents dans la surface de référence considérée	9	45 m^3 de stock de liquides
Volume total de liquides à mettre en rétention (en m^3)			**327**	

En application du document D9A, **le volume de rétention requis en cas d'incendie dans le hall four/chaudière est de 327 m^3.**

Cette rétention sera assurée par les 2 bassins de rétention incendie du site qui possèdent un volume de 380 m^3 au total, ce qui est suffisant pour assurer la contention des eaux d'un incendie dans le hall four/chaudière.

4.3.5 MOYENS D'INTERVENTION

4.3.5.1 Moyens d'intervention internes

L'incendie sera attaqué avec les moyens disponibles sur site (extincteurs, RIA) par le personnel d'exploitation, formé à l'application des consignes de sécurité et à la lutte contre l'incendie. A ce stade, soit le foyer a été réduit, soit les services de secours seront appelés après constat de la gravité du sinistre.

Des exercices d'évacuation seront effectués et une formation au maniement des extincteurs sera réalisée régulièrement pour les personnes concernées.

4.3.5.2 Moyens d'intervention externes

En cas de sinistre, les pompiers seront prévenus par téléphone. Les appels sont centralisés au niveau du centre opérationnel du SDIS 87 (Service Départemental d'Incendie et de Secours).

Le SDIS déterminera les secours adaptés disponibles et les plus proches pour intervenir. Il se tiendra en liaison avec les autres services publics dont l'intervention pourrait être nécessaire (police, gendarmerie, SAMU…) et autres (ENEDIS, EDF, ERDF, GRTgaz, TEREGA, Service des Eaux) et assurera également le suivi des interventions afin d'engager les renforts qui pourraient être demandés par les secours sur place.

En cas d'incendie, 4 casernes sont localisées à moins de 10 km et peuvent être rapidement sur les lieux (voir carte en page suivante). La plus proche est le centre d'incendie et de secours de Beaubreuil situé à de 300 m au Nord à vol d'oiseaux du site.

Une aire de circulation sera disponible pour offrir la possibilité d'une intervention rapide au service de secours extérieur à la zone concernée par l'incendie.

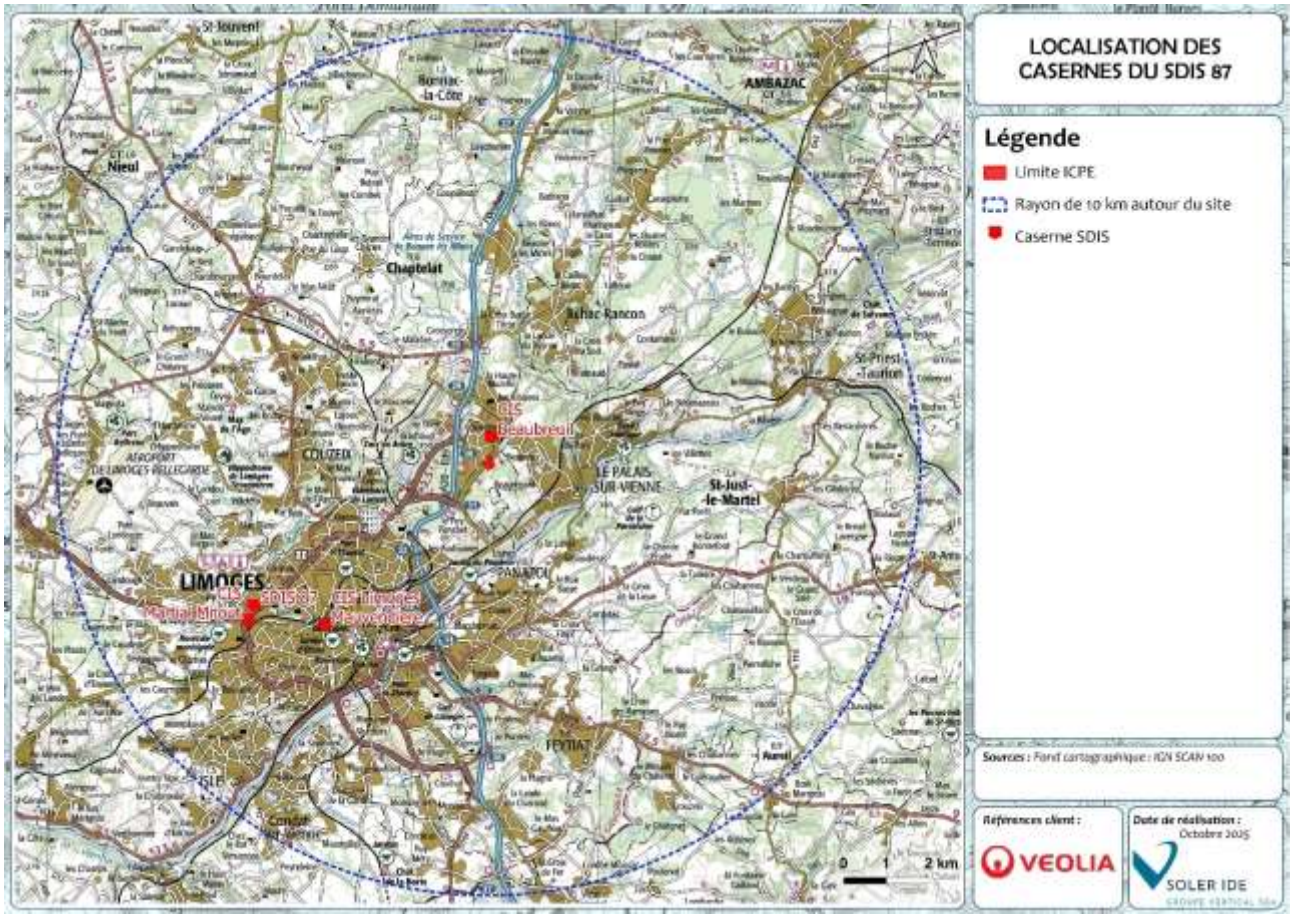


Figure 39 : Localisation des casernes du SDIS 87

4.4 MOYENS DE PREVENTION ET DE PROTECTION DU RISQUE D'EXPLOSION

4.4.1 MESURES GENERALES DE PREVENTION

Les moyens de prévention mis en place pour éviter les risques d'incendie seront également à prendre en compte comme moyens de prévention mis en place pour éviter les risques d'explosion.

Le personnel et les sous-traitants amenés à travailler en zone à risque d'explosion suivront une formation ou une sensibilisation concernant les risques liés aux atmosphères explosives et les mesures de prévention à prendre.

4.4.2 DISPOSITIONS ORGANISATIONNELLES

Afin de limiter le risque d'explosion, certaines conditions de base seront à respecter sur le site, au niveau des zones à risques, comme :

- réaliser une autorisation de travail et un permis de feu avant toute intervention en zone dangereuse au sens de l'ATEX pour les travaux nécessitant une flamme nue, l'émission d'étincelle ou la mise en œuvre de matériel non certifié pour une utilisation en atmosphère ATEX ;
- ne pas fumer dans les zones ATEX ;
- interdire l'utilisation de matériels électriques portables tels que téléphones portables dans la zone ATEX.

Les équipements électromécaniques implantés dans des zones où des atmosphères explosives peuvent se former répondront à un zonage ATEX conformément aux normes en vigueur.

Des dispositions organisationnelles supplémentaires seront également mises en place afin de prévenir les sources d'ignition :

- la maintenance préventive des installations notamment des installations mettant en œuvre du gaz ;
- le contrôle périodique et la maintenance des équipements par des organismes agréés extincteurs, alarmes incendie, équipements électriques.

La maintenance des équipements de combustion fera l'objet de procédures spécifiques de sécurité. Le nettoyage des poussières sera notamment assuré avec vigilance.

4.4.3 DISPOSITIONS TECHNIQUES AU NIVEAU DES DIFFERENTS EQUIPEMENTS

4.4.3.1 Dispositions techniques liées au réseau gaz

La canalisation de gaz cheminera en souterrain sur le site. Un poste de livraison et détente gaz sera installé en extérieur du bâtiment process pour détendre le réseau à la pression de fonctionnement des brûleurs.

La tuyauterie d'alimentation en gaz sera surveillée par détecteurs gaz. En cas de détection gaz, une électrovanne de sécurité située en extérieur du bâtiment sera automatiquement fermée. Une vanne de sectionnement manuelle sera également installée en complément de cette électrovanne.

4.4.3.2 Brûleurs auxiliaires

Le four est équipé de 2 brûleurs auxiliaires alimentés au gaz naturel. Ils permettent de satisfaire les fonctions suivantes :

- Chauffer le four à une température d'au moins 850°C pendant deux secondes lors du démarrage,
- Assurer la conformité avec la réglementation (850°C, 2s) pendant le fonctionnement de l'installation (démarrage et arrêt automatique des bruleurs),
- Assurer une combustion complète des gaz de combustion jusqu'à l'arrêt des installations.

Ils sont localisés au début du 1er parcours chaudière :

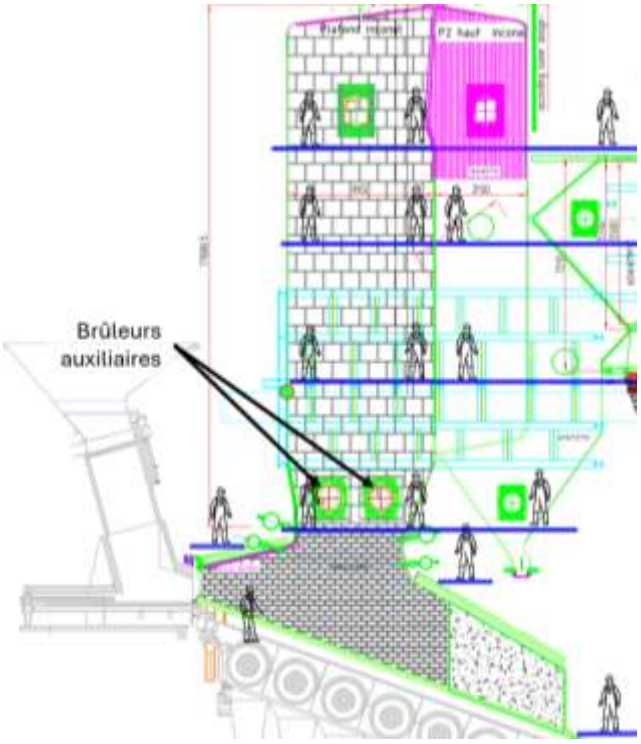


Figure 40 : Localisation des brûleurs auxiliaires

Chaque brûleur est équipé d'un allumeur et d'un système de détection de flamme et d'électrovannes coupant l'alimentation en gaz naturel.

L'état de la flamme, le taux d'allumage réel et l'état du brûleur sont surveillés depuis la salle de contrôle.

Chaque brûleur est balayé avec de l'air de refroidissement ce qui assure sa protection contre la chaleur rayonnante de la chambre de combustion lorsque le brûleur n'est pas en fonctionnement. Un ventilateur d'air de refroidissement dédié est prévu à cet effet.

Les brûleurs sont dotés d'une fenêtre d'observation pour permettre une inspection visuelle de la flamme.

Des mesures de pression sur l'alimentation en combustible gaz seront réalisées et permettraient de détecter tout défaut d'alimentation en gaz.

4.4.3.3 Chaudière et réseaux internes de vapeur

En aval du four, se trouve la chaudière de récupération de chaleur. Elle permet de produite de la vapeur surchauffée, valorisée énergétiquement.

La chaudière est conçue selon les critères définis par la norme EN 12952 et en respectant les exigences des réglementations applicables, en particulier celles définies par la DESP (Directive des Equipements Sous Pression).

Plusieurs systèmes de sécurité sont prévus pour la chaudière et notamment une chaîne de sécurité renforcée au niveau du ballon chaudière (voir détails en partie « 4.2.1.2d) Système de contrôle chaudière » en page 83).

Ces équipements seront suivis par un organisme agréé pour les contrôles de conformité initiale et les contrôles périodiques à l'arrêt.

4.4.3.4 Injection du charbon actif

Le charbon actif est injecté avec la chaux entre le réacteur SCR et le second filtre à manches.

Pour assurer le traitement de pics éventuels de mercure dans les fumées, du charbon actif boosté peut être injecté avec le mélange chaux + charbon actif en amont du deuxième filtre à manches.

4.4.4 MOYENS DE DETECTION ET D'ALARME

Les différents détecteurs fixes installés au niveau des divers équipements et listés en parties précédentes déclencheront en cas de dépassement des seuils prédéterminés :

- les dispositifs d'alarme sonore et visuelle destinées au personnel assurant la surveillance de l'installation ;
- une mise en sécurité de l'installation avec :
  - coupure de l'arrivée du combustible ;
  - coupure de l'alimentation électrique à l'exception de l'alimentation des matériels et des équipements destinés à fonctionner en atmosphère explosive, de l'alimentation en très basse tension et de l'éclairage de secours, sans que cette manœuvre puisse provoquer d'arc ou d'étincelle pouvant déclencher une explosion.

De même que la détection incendie, la détection gaz sera reliée à la salle de contrôle-commande. Elle fera l'objet d'une maintenance annuelle.

4.4.5 MOYENS DE PROTECTION

Si une explosion survenait, malgré les précautions prises en amont, les moyens d'intervention seraient identiques à ceux prévus pour un incendie et explicités précédemment.

4.5 MOYENS DE PREVENTION ET DE PROTECTION DU RISQUE DE POLLUTION

4.5.1 PREVENTION DU RISQUE DE POLLUTION DE L'AIR – EQUIPEMENTS DE TRAITEMENT DES FUMEES

De nombreux équipements de contrôle permettront de suivre en permanence le fonctionnement de l'évacuation et du traitement des gaz et poussières. Le circuit de traitement des fumées sera en dépression, régulé par le ventilateur de tirage des fumées.

Le traitement des fumées de combustion sera réalisé par voie sèche à double filtration. Il comportera les étapes suivantes :

- Injection d'une base sèche de bicarbonate de soude dans la gaine de liaison pour neutraliser les gaz acides (acide chlorhydrique, oxydes de soufres, fluorure d'hydrogène) ;
- Filtration dans un 1er filtre à manches ;
- Réduction des NOx en azote dans un réacteur catalytique SCR avec injection d'eau ammoniacale ;
- Injection d'une base sèche et d'un sorbant sec constitué de chaux et de charbon actif dans la gaine de liaison pour finir la neutralisation des gaz acides et agglomérer les composés organiques (dioxines/furanes et HAP) et les métaux lourds ;
- Injection de charbon actif dopé au soufre dans la même gaine de liaison pour éviter les pics de métaux lourds et de dioxines (PCDD) (**cette ligne d'injection permet de garantir une redondance totale du dispositif de neutralisation et de captation du mercure et des dioxines/furanes**) ;
- Filtration dans un 2nd filtre à manches ;
- Ejection des gaz épurés à la cheminée par un ventilateur de tirage.

Ce traitement des fumées de type sec se caractérise également par une grande fiabilité des installations et une facilité d'utilisation : les équipements installés sont simples, éprouvés et présentent peu de risques de dysfonctionnement et permettent de garantir une disponibilité maximale.

Le traitement est effectué sur 2 étages et au travers de 2 filtres à manches qui permettent de s'assurer d'un abattement des polluants, même en cas de dysfonctionnement de l'une des installations.

Le contrôle de l'ensemble de la ligne de traitement des fumées et communs associés est incorporé dans le Système Numérique de Contrôle Commande (SNCC) qui comprendra les fonctions suivantes :

- surveillance de tous les moteurs et de toutes les vannes de contrôle,
- alarmes,
- démarrage / arrêt de l'équipement,
- ajustement du point de consigne.

De nombreux moyens de détection et de prévention seront mise en place pour éviter tout risque de rejet de fumées non ou insuffisamment traités :

- à la sortie de la chaudière, en amont du traitement de fumées, mesure des polluants traiter (NOx, HCl et SO_2) permettant ainsi d'anticiper l'injection de réactifs et de limiter l'impact des éventuels pics.

- au niveau du réacteur SCR :
  - système de contrôle de l'injection de réactifs (régulé par les analyseurs présents au niveau de la cheminée, ainsi qu'à la sortie de la chaudière) ;
  - pompes d'injection ammoniaque doublées ;
- au niveau des systèmes d'injection des autres réactifs (bicarbonate de sodium et chaux + charbon actif) :
  - les ventilateurs d'injection seront doublés (un en fonctionnement et l'autre en secours),
  - les vis de dosage sont doublées (une en fonctionnement et l'autre en secours) ;
  - le taux d'injection de bicarbonate de soude est asservi aux concentrations de HCl et SO_2 mesurées en cheminée et en sortie de la chaudière ;
  - le système de dosage et d'injection du charbon actif sont régulés en fonction du débit des fumées et de la mesure du Hg en cheminée et en sortie de la chaudière ;
  - débitmètre des produits injectés
- au niveau des filtres à manches :
  - système de surveillance continue comprenant des mesures de pression différentielle, de la température dans les filtres et du niveau de remplissage des trémie de collecte des poussières sous les filtres ;
  - système de décolmatage en ligne par air comprimé avec contrôleur de décolmatage ;
  - mesures en continu à la cheminée de la teneur en poussières permettant de détecter un dysfonctionnement.
- au niveau de la sortie des fumées : présence d'installations de mesures en continu des fumées, toutes équipées d'un système d'analyse redondant (sauf dioxines/furanes suivis semi-continu sans redondance) qui permettront de s'assurer du bon fonctionnement des installations et du respect des Valeurs Limites d'Emission (VLE).

Un poste spécifiquement dédié au traitement et à l'archivage des données est installé conformément à la réglementation en vigueur. Ce poste réglementaire est doublé et un basculement automatique de l'un vers l'autre est prévu en cas de défaillance.

4.5.2 MESURES DE PREVENTION DU RISQUE DE POLLUTION DES EAUX ET DES SOLS

4.5.2.1 Rétention des produits

A tout stockage de liquide, susceptible de créer une pollution des eaux ou des sols, sera associé à une capacité de rétention dont le volume sera au moins égal à la plus grande des deux valeurs :

- 100 % de la capacité du plus grand réservoir ;
- 50 % de la capacité totale des réservoirs associés.

La cuve d'eau ammoniacale de 35 m^3 en acier inoxydable sera double peau et sera équipée d'une détection de fuite et d'indicateur de niveau.

La cuve de GNR sera double peau et équipée d'un détecteur de fuite.

Le stockage et la manipulation des produits dangereux ou polluants, solides, liquides ou liquéfiés seront effectués sur des aires étanches et aménagées pour la récupération des fuites éventuelles.

4.5.2.2 Prévention d'une erreur de manipulation

Les opérations de remplissage des cuves de stockage et les opérations de chargement/déchargement seront réalisées conformément aux procédures et consignes. Le dépotage et le chargement des camions se feront notamment sous la surveillance d'une personne de l'exploitation.

Notons qu'il n'y aura pas de stockage des déchets hors des zones spécifiques.

En cas de déversement accidentel, les produits seront récupérés par pompage et envoyés en centre de traitement agréé pour destruction si leur utilisation normale n'est plus possible.

4.5.3 MESURES DE PROTECTION VIS-A-VIS DU RISQUE DE POLLUTION DES EAUX ET DES SOLS

Le site disposera de matériaux absorbants permettant la récupération des éventuelles fuites de produits.

Si, malgré l'ensemble des précautions et moyens mis en œuvre par l'exploitant sur le site, un transfert de polluants liquides se faisait avec des risques directs ou indirects sur l'environnement (milieux aquatiques environnants), les services de l'état et les pompiers seraient rapidement informés et les moyens extérieurs nécessaires seraient déployés afin de contenir la pollution et/ou éviter sa propagation. Des moyens de protection tels que la dépollution des sols, le renforcement du confinement, le pompage, seront mis en œuvre. Cette situation reste toutefois peu probable.

5 ACCIDENTOLOGIE

5.1 ACCIDENTS ET INCIDENTS INTERNES

Sans objet – Installation nouvelle.

5.2 ACCIDENTS SUR D'AUTRES SITES COMPARABLES

La base de données A.R.I.A. (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) du Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles (BARPI), exploitée par le Ministère de l'Ecologie du Développement et de l'Aménagement Durables, recense, depuis 1992, les événements accidentels qui ont, ou qui auraient pu, porter atteinte à la santé ou à la sécurité publique, à l'agriculture, à la nature et à l'environnement (www.aria.ecologie.gouv.fr).

Les accidents ont été sélectionnés dans la base de données ARIA sur la base des données suivantes :

- Localisation : France entière ;
- Rubriques ICPE : 3520 + 2771 « Installation d'incinération de déchets non dangereux ».

La base ARIA, qui ne prétend pas à l'exhaustivité, recense au 4 août 2025 :

- 507 accidents concernant aux rubriques 2771 et 3520.

La consultation de la Base ARIA a donc permis d'obtenir des informations concernant les accidents survenus dans le passé dans les installations présentant des activités s'approchant des activités exercées sur le site, éléments utiles pour la poursuite de l'étude de dangers.

La synthèse, présentée ci-dessous, restitue et analyse successivement les informations enregistrées sur la nature de ces accidents français et leurs conséquences dans la base de données ARIA.

5.2.1 LES PRINCIPAUX TYPES D'ACCIDENTS SURVENUS

Le tableau suivant montre la répartition des accidents examinés en fonction de leur typologie.

Tableau 14 : Type d'accidents survenus selon la base ARIA

Typologie de l'événement	Nombre d'accidents
	Rubrique 2771
Tous types	**507**
Incendie	**204**
Explosion	209 (dont 190 concomitante avec un incendie)
Rejet de matières dangereuses ou polluantes	127 (dont 62 concomitant avec un incendie)
Accident du travail en carrière ou en mine	0
Mise en cause de la sécurité hydraulique	0
Autre phénomène (presque accident, défaillance MMR …)	58
Agression externe naturelle (inondation, mouvement de terrain …)	0

* Les scénarios d'explosion comprennent également les explosions de bouteilles de gaz dans les fours notamment de bouteilles de protoxyde d'azote (qui ont nettement augmentées ces dernières années) dont les conséquences sont limitées (principalement des dégâts matériels ayant entraînés un arrêt technique des installations – voir fiche ARIA de septembre 20025 en annexe « Explosions de bouteilles de protoxyde d'azote dans les incinérateurs de déchets non dangereux »).

Parmi l'ensemble des événements recensés, les accidents majoritaires sont des incendies et des rejets de matières dangereuses ou polluantes. Ainsi, au niveau des installations d'incinération (rubriques 2771 / 3520), près de 40% des évènements recensés sont des incendies dont 30% sont concomitants avec un rejet de matières dangereuses ou polluantes.

En effet, les incendies s'accompagnent parfois de rejets dangereux ou polluants à l'atmosphère (fumées toxiques, malodorantes...) et parfois de rejets dans les eaux et les sols du fait de l'absence ou de l'insuffisance des dispositifs de gestion des eaux d'extinction.

En ce qui concerne l'incinération de déchets non dangereux (OM, DIB, DASRI, DIS, boues de station d'épuration), le BARPI a réalisé une synthèse des accidents survenue sur ce type d'installations. Cette synthèse a été publiée en 2006 et porte sur les 135 accidents recensés à ce moment-là dans la base de données ; les enseignements qu'elle contient sont toujours d'actualité.

Les enseignements que la synthèse de 2005 contient sur les installations d'incinération de déchets non dangereux, sont donc reportés ci-après.

* Incendie

Les incendies se déclinent en feux de fosse pour un grand nombre (n°ARIA 4439, 5070, 10340, 13017, 19164, 18971, 19389, 20940, 22683, 22883, 24066, 25578, 28982, 29968,30524, 31308, 31626, 31678), départs de feu dans les broyeurs (n°ARIA 31308), convoyeurs et trémies d'alimentation en déchets des fours d'incinération (n°ARIA 3343, 12725, 18947, 18269, 27181, 28421), dans les fours eux-mêmes (n°ARIA 22683, 27721, 29728) et dans les conduites d'évacuation des fumées (n°ARIA 19443, 31761).

Les incendies frappent également les installations de fabrication de lait de chaux (n°ARIA 10912), de dépoussiérage (n°ARIA 21271) et de traitements des fumées issues de l'incinération des déchets (n°ARIA 16079).

Un départ de feu au niveau du poste de commande d'une UIOM (n°ARIA 4747), dans un transformateur (n°ARIA 32042) et dans un chemin de câbles électriques (n°ARIA 16957) sont également enregistrés. Le passage de gaz chauds provoque la surchauffe du dévésiculeur et un début d'incendie dans des équipements de raccordement (n°ARIA 27325).

Non seulement l'installation d'incinération en elle-même peut être impliquée dans un incendie, mais les installations annexes comme le sécheur de boues sont des équipements tout autant exposés (n°ARIA 23320, 32441).

Conformément à l'article 15 des arrêtés du 20/09/2002 1,2, l'installation doit être pourvue de moyens de secours contre l'incendie appropriés à la nature et aux quantités de produits et de déchets entreposés. Les dispositifs de lutte contre l'incendie bien dimensionnés et adaptés (réseau sprinkler, RIA…) permettent de circonscrire rapidement un sinistre (n°ARIA 24832, 22683).

* Explosion

Les explosions concernent particulièrement les fours (n°ARIA 1372, 10953, 14365, 18940, 19945, 24911, 27700). Ce type d'événement peut affecter les fosses (n°ARIA 3196, 12158, 13017), les broyeurs (n°ARIA 436, 9300, 18392, 17505, 28981), les trémies d'alimentation (n°ARIA 10471, 15953, 18269), les sas d'introduction des déchets (n°ARIA 10206), les électrofiltres (n°ARIA 16351), les installations de traitement des gaz (n°ARIA 28649), les chaudières (n°ARIA 20205), les sécheurs de boues (n°ARIA 23320) et les transformateurs électriques (n°ARIA 31264).

Le bon dimensionnement des évents sur les fours permet d'évacuer au maximum le souffle de l'explosion et de réduire ainsi les dégâts.

* Rejets de substances dangereuses

L'incinération des déchets ne nécessite que peu de produits chimiques utilisés essentiellement pour traiter les fumées et les circuits de valorisation énergétique.

Le HCl (n°ARIA 5893, 26027, 27756), utilisé pour traiter les circuits de valorisation énergétique, et le NaOH (n°ARIA 13779), employé pour neutraliser les gaz acides, sont donc impliqués dans des fuites sur des canalisations ou sur des pompes.

Lors d'un dépotage, de la chaux utilisée pour neutraliser les gaz acides est répandue sur 1 ha autour du site (n°ARIA 17629).

Parmi les rejets de substances, il faut mentionner le fuel domestique utilisé comme combustible pour alimenter des utilités (n°ARIA 11612, 14099).

Le traitement des déchets par incinération est à l'origine de la production de différents effluents gazeux ou particulaires (poussières) qui sont traités avant leur rejet à l'atmosphère.

Même si des normes strictes réglementent les rejets atmosphériques, l'émission de substances plus ou moins toxiques peut se produire. C'est ainsi qu'une défaillance sur un laveur de gaz peut être responsable de l'émission de gouttelettes acides (n°ARIA 9162), du rejet de COV (n°ARIA 31482) et la mauvaise incinération d'une substance conduire au rejet d'acroléine (n°ARIA 5052). La fermeture d'une UIOM est décidée après détection de fortes teneurs en dioxines dans les alentours du site (n°ARIA 21333).

De l'HCl formé lors de l'incinération de PCB se répand sur le sol et dans les égouts (n°ARIA 9423).

* Projection d'équipements

Les explosions dans les fours conduisent à la projection ou l'effondrement de briques réfractaires (n°ARIA 10953, 27721), à l'endommagement d'un caisson de chargement des OM (n°ARIA 14635) ou à la perforation des tubes d'une chaudière (n°ARIA 27700).

Des explosions dans une chaudière provoquent la déformation d'équipement, la perforation de canalisations ou de projections de caillebotis tôles et laine de roche (n°ARIA 20205).

5.2.2 LES PRINCIPALES CONSEQUENCES DES ACCIDENTS

Si dans une majorité de cas les conséquences concernent des dommages matériels internes, ou des dommages à l'environnement (pollution de l'air, de l'eau et des sols), un certain nombre d'accidents ont occasionné des blessés (principalement parmi le personnel et les services de secours intervenant sur le site) et imposé la mise en œuvre de mesures particulières pour protéger le voisinage. Le tableau ci-après montre la répartition des accidents français examinés en fonction de leurs conséquences.

Tableau 15 : Conséquences des accidents selon la base ARIA

Conséquences		*Nombre d'accidents Rubrique 2771*
Conséquences humaines		***44***
Morts		5 (0 parmi les personnes extérieures)
Blessés graves		10 (0 parmi les personnes extérieures)
Blessés légers		32 (2 parmi les personnes extérieures)
Conséquences sociales		***39***
Tiers sans abris		0
Population confinée		2
Interruption de la circulation		7
Incapacité de travail (tiers)		0
Périmètre de sécurité		**20**
Nuisances sonores		7
Privation d'usage	Eau potable	1
	Electricité	1
	Gaz	1
	Téléphone	0
	Transport public	1
	Autre	4
Chômage technique		6
Population évacuée		6
Conséquences environnementales		***123***
Atteinte au milieu		**123**
	Sol	9
	Air	113
	Nappe	1
	Eau	4
Atteinte aux animaux d'élevage		0
Atteinte aux espèces cultivées ou exploitées		1
Atteinte de la faune sauvage		0
Atteinte de la flore sauvage		1
Conséquences économiques		***369***
Dégâts matériels internes		**360**
Dégâts matériels externes		8
Pertes d'exploitation internes		**244**
Pertes d'exploitation externes		2
Autres conséquences		*3*

5.2.3 LES CIRCONSTANCES ET LES CAUSES

Les causes premières des accidents sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 16 : Causes des accidents selon la base ARIA

Causes première	Nombre d'accidents en France - IC
	Rubrique 2771
Nombre d'évènements dont la cause est connue	*217 / 507*
Défaut matériel (rupture, panne, perte de confinement, déformation …) dont	**114**
Rupture	*15*
Perte de confinement, étanchéité (sans rupture)	*26*
Panne	*49*
Intervention humaine (erreur opératoire, …)	**71**
Perte de contrôle de procédé (mélange de produits incompatibles, décomposition, électricité statique…) dont	**67**
Décomposition de produits, réaction parasite	*10*
Engorgement, débordement	*5*
Mélange de produits incompatibles	*3*
Accident de la circulation (TMD seulement)	4
Malveillance (avérée ou suspectée)	5
Agression externe – Origine anthropique (perte d'utilité externe, chute de personne …) dont	16
Perte d'utilités	*5*
Agression externe - Phénomène météo (précipitation, foudre, chaleur ou froid intense) ou crue / inondation ou séisme ou mouvements de terrain	11
Dangers latents	49

Dans le cas des installations d'incinération de déchets non dangereux :

- 52,5% des accidents (dont la cause est identifiée) sont liés à un défaut matériel (principalement une panne) ;
- 33% des accidents dont la cause est identifiée sont liés à une intervention humaine ;
- 31% des accidents dont la cause est identifiée font suite à une perte de contrôle de procédé.

5.3 ANALYSE DU RETOUR D'EXPERIENCE

A partir du retour d'expérience tiré dans le secteur d'activité, il apparaît que le risque prépondérant est l'incendie. Quelques explosions sont également recensées parmi les accidents du BARPI concernant le secteur d'activité.

Le risque incendie est bien connu au niveau des installations de gestion des déchets et notamment des incinérateurs, des barrières de sécurité adaptées ont donc été prévues sur le site, les principales étant :

- Un mur coupe-feu toute hauteur entre la fosse de stockage de OMR et le hall four/chaudière ;
- Des moyens de lutte incendie adaptés au risque comprenant notamment des canons à eau au niveau de la fosse de stockage des OMR.

Le détail des barrières de sécurité associées au risque incendie est fourni en partie « 4.3 Moyens de prévention et de protection du risque d'incendie ».

Concernant le risque explosion, il est principalement lié à la présence de gaz naturel. A noter qu'au sein de l'installation, l'utilisation du gaz sera limitée à la phase de démarrage et à la phase d'arrêt de la chaudière pour le maintien en température du four.

Les UVE bénéficient d'un large retour d'expérience qui a permis de développer des barrières de sécurité adaptées. Les mesures mises en place au sein du site sont décrites en parties « 4.2 Sûreté des installations de l'UVE » et « 4.3 Moyens de prévention et de protection du risque d'incendie ».

6 IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES POTENTIELS DE DANGERS

6.1 CARACTERISTIQUES DES PRODUITS PRESENTS SUR LE SITE

6.1.1 PRODUITS ENTRANTS, INTERMEDIAIRES ET FINAUX

Dans les tableaux suivants, sont listés tous les produits présents sur le site ainsi que les risques et les quantités qui leur sont associés :

Tableau 17 : Liste des produits entrants, intermédiaires et finaux

	Type de produits	Quantité maximale sur site	Quantité maximales traitées / produites annuellement	Risques potentiels
Produits intrants	Ordures ménagères résiduelles (DND)	Fosse de dépotage de 6 800 m^3	95 000 t/an	Incendie
Produits sortants	Mâchefers	Fosse mâchefers 400 m^3 + bennette de 1 à 2 m^3	Maximum : 19 019 t / an	Pas de risques particuliers
	Cendres sous chaudières	1 silo PSR* de 100 m^3	Maximum : 3 857 t / an	Explosion de poussières
	Résidus d'épuration des fumées d'incinération (REFIOM)	1 silo PSR* + cendres de 35 m^3		

** PSR = Produits Sodiques Résiduels*

6.1.2 LISTE DES PRODUITS DANGEREUX, CAPACITES DE STOCKAGE ET FINALITES

Les seuls produits liquides dangereux présents sur le site sont

- les produits utilisés pour le traitement des fumées ;
- les produits utilisés pour le traitement des eaux et la production d'eau déminéralisée ;
- les produits d'entretien des installations ;
- le fioul utilisé pour l'alimentation du groupe motopompe et du groupe électrogène de secours,
- le gazole non routier (GNR) utilisé pour l'alimentation des engins de manutention.

Les produits utilisés et stockés au sein du site de sont présentés dans le tableau en page suivante.

Le site dispose d'une arrivée de gaz naturel. Le gaz naturel est utilisé pour :

- l'allumage et à la mise en température du four ;
- l'achèvement de la combustion des déchets présents dans le four lors des arrêts ;
- le soutien de la combustion en cas de baisse de la température de combustion.

Tableau 18 : Liste des produits utilisés dans les installations

Nom du produit	Etat physique	Utilisation	Lieu de stockage	Conditionnement	Quantité max sur site	Mentions de dangers H
Eau ammoniacale (24,5 %)	Liquide	Traitement des fumées (traitement catalytique des oxydes d'azote)	Voirie de Desserte Interne (VDI)	Cuve aérienne double peau de 35 m^3	35 m^3	H314 : Provoque de graves brûlures de la peau et des lésions oculaires H335 : Peut irriter les voies respiratoires H412 : Nocif pour les organismes aquatiques entraîne des effets néfastes à long terme
Bicarbonate de sodium	Solide	Traitement des fumées (neutralisation des gaz acides)	VDI	Silo de 60 m^3	60 m^3 (133 t)	Aucune
Chaux + charbon actif (25 %)	Solide	Traitement des fumées (neutralisation des gaz acides et fixation des dioxines, furannes et des métaux lourds)	VDI	Silo de 60 m^3	60 m^3 (42 t)	H315 : Provoque une irritation cutanée. H318 : Provoque des lésions oculaires graves H335 : Peut irriter les voies respiratoires.
Charbon actif dopé (imprégné de 20% d'acide sulfurique)	Solide	Traitement des fumées (mercure)	Local traitement de fumées	10 big-bags de 1 m^3	10 m^3	Aucune
Gazole non routier (GNR)	Liquide	Alimentation du groupe motopompe	Local motopompe	Nourrice de 160 l Réservoir intégré de 1 m^3	9,2 m^3	H226 : Liquides et vapeurs inflammables H304 : Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires H315 : Provoque une irritation cutanée H332 : Nocif par inhalation H351 : Matière auto-échauffante ; peut s'enflammer H373 : Risque présumé d'effets graves pour les organes H411 - Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
		Alimentation du groupe électrogène		Cuve enterrée double-peau de 8 m^3		
		Carburant engins de manutention	Extérieur	1 cuve aérienne double peau de 1 m^3		
Charbon actif en grain	Solide	Désodorisation de l'air	Local à côté de la fosse OM (niv. Supérieur)	2 filtres de 8 t (un en cours et l'autre en attente)	16 t	Aucune

Nom du produit	Etat physique	Utilisation	Lieu de stockage	Conditionnement	Quantité max sur site	Mentions de dangers H
Phosphates	Solide	Traitement des eaux de chaudière	Hall four chaudière	Stockage en petits contenants pour un volume total de quelques m^3		
Bisulfite de sodium	Liquide	Production d'eau déminéralisée	Local traitement d'eau			
Sel adoucisseur	Solide					
Acide sulfurique (96 %)	Liquide	Traitement des effluents				
Soude (30 %)	Liquide					
Gaz naturel	Gazeux	Allumage et mise en température du four Achèvement de la combustion des déchets présents dans le four lors des arrêts Soutien de la combustion en cas d'incinération de déchets à faible PCI	Pas de stockage sur site		/	/
Produits pour la maintenance des installations			Magasin Atelier	Stockage en petits contenants pour un volume total de quelques m^3		

Les risques liés au stockage des réactifs sont détaillés en partie « 6.2.2 Incinération des déchets ».

6.1.1 COMPATIBILITE DES PRODUITS

Tous les produits liquides seront placés sur rétention et les produits seront stockés de façon à éviter tout risque de réactions chimiques dangereuses.

Le risque de réactions chimiques dangereuses et/ou de fortes incompatibilités ne sera pas pris en compte dans l'analyse des risques.

Toutes les fiches de données de sécurité des produits dangereux utilisés sur le site seront regroupées et tenues à disposition du personnel et des services de secours.

6.2 IDENTIFICATION DES OPERATIONS ET PROCEDES DANGEREUX

L'étude détaillée du site permet de dégager un certain nombre de risques liés aux procédés et aux installations et pouvant porter atteinte à l'environnement et au public. D'autres risques existent sur l'ensemble du site, qui ne concernent que les opérateurs de l'unité : chute, coupure, choc avec des engins…

Les différentes activités et opérations exercées sur le site sont les suivantes :

- Réception et stockage des déchets non dangereux :
  - Déchargement des OMR
  - Stockage des déchets non dangereux
  - Acheminement des DND vers le four

- Incinération des déchets
  - Zone d'incinération et de post-combustion
  - Récupération de chaleur
  - Traitement des fumées
  - Stockage des réactifs et des résidus d'incinération

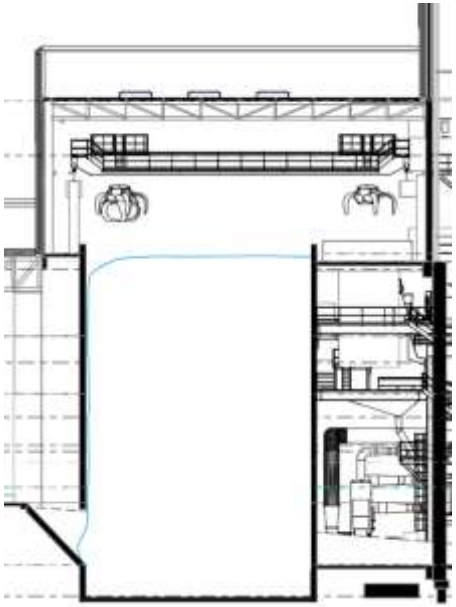
- Activités / installations annexes
  - Circulation sur le site / Contrôle réception
  - Canalisation d'usine de gaz naturel (alimentation four et chaudière)
  - Production d'air comprimé
  - Production d'eau déminéralisée
  - Locaux électriques
  - Stockage et distribution de carburant
  - Stockage des produits d'entretien

Dans les parties suivantes sont listés les risques inhérents à l'exploitation des différentes installations en fonction des différentes activités / opérations listées ci-dessus.

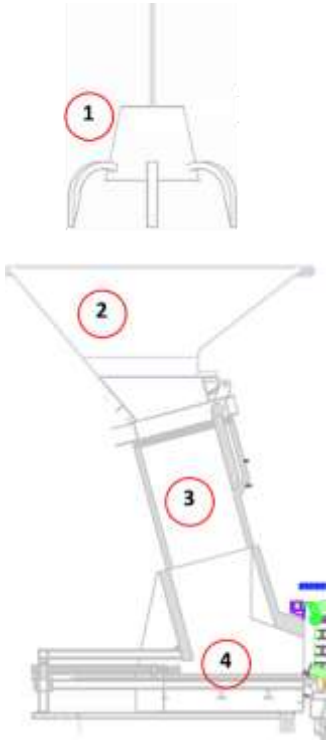
6.2.1 RECEPTION / STOCKAGE / ACHEMINEMENT VERS LE FOUR DES DECHETS NON DANGEREUX

Pour chaque opération, les dangers potentiels ont été identifiés :

Opération / Equipements		Description synthétique	Caractérisation des dangers
Sous-ensemble 1	Hall de déchargement	Bâtiment mis en dépression (gestion des odeurs) Quai de déchargement (4 postes de déchargement) : 40 mètres sur 35 mètres équipé de protections mécaniques (butées de roues) 	Les risques liés à la circulation des camions sur le site sont traités en partie 6.2.3.1 en page 136.
		En cas de détection de radioactivité sur un camion, il est dévié vers une zone d'isolement (située en façade ouest) où il est confiné dans l'attente de l'arrivée des autorités compétentes.	

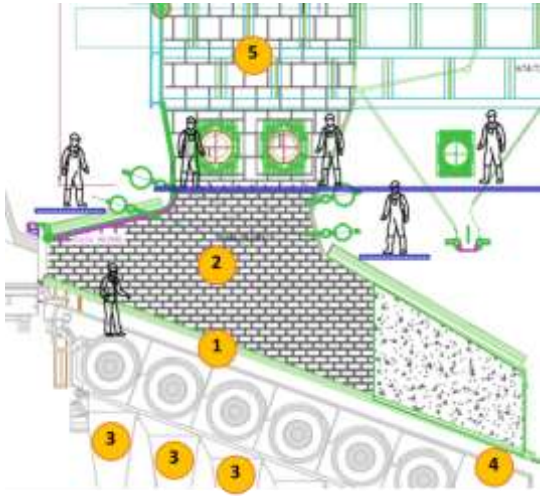
Opération / Equipements		Description synthétique	Caractérisation des dangers
Sous-ensemble 1	Fosse OMR	Fosse de 6 800 m^3 (5 jours d'autonomie) Fosse de 21 m sur 14,4 m – Profondeur 22,5 m avec gerbage sur environ 2/3 de la largeur ainsi que sur les 3/4 de la longueur (3 postes de déchargement inaccessibles à charge maximale) sur une hauteur de 18,7 m au maximum : 	Risque d'incendie : Pour les activités de réception et de stockage des déchets non dangereux, le risque majeur est l'ignition d'un incendie. Produits et substances combustibles : La présence de produits combustibles en quantité importante est le caractère le plus sensible au niveau des dangers liés aux produits. Le pouvoir calorifique moyen des ordures ménagères, couramment retenu, est d'environ 2 300 kcal/kg soit 9,63 MJ/kg. Source d'ignition : Un incendie sur les installations de réception et de stockage des déchets pourrait avoir plusieurs origines : ▪ une défaillance électrique, ▪ la foudre, ▪ un acte de malveillance, ▪ un apport de feu (mégot de cigarettes, étincelles …), ▪ la présence de déchets dangereux dans la zone de stockage, ▪ les engins d'exploitation qui peuvent être à l'origine d'une source d'incendie par les surfaces chaudes mises en contact avec des substances combustibles ou tout simplement par l'incendie du véhicule. Bilan : Les déchets ménagers et assimilés présentent des propriétés combustibles et sont donc identifiées comme le principal potentiel de dangers au niveau de la zone de déchargement des déchets ménagers. **Le risque de départ de feu dans la fosse de stockage sera donc pris en compte dans l'analyse préliminaire des risques.**

Opération / Equipements		Description synthétique	Caractérisation des dangers
Sous-ensemble 1	Fosse OMR	/	<u>Risque d'explosion :</u> Présence de déchets interdits (bouteilles de gaz, produits chimiques dangereux, …) => risque d'explosion dans la fosse Pour une explosion, il faut rappeler qu'en marche normale, les chauffeurs des bennes restent dans la cabine du camion, le déchargement se faisant sous la surveillance visuelle du pontier assurant la conduite du pont roulant et la manœuvre du grappin. A noter que, en cas d'explosion dans la fosse, les effets resteraient limités au site et plus vraisemblablement au hall de déchargement. De plus, le taux de renouvellement de l'atmosphère du hall est particulièrement important limitant les risques d'accumulations de gaz. Enfin, les consignes du pontier sont de mélanger fréquemment les déchets afin de limiter les stagnations de gaz dans les poches de fermentation. Ces consignes sont renforcées en cas d'arrêt du four et d'autant plus que les déchets vieillissent. Un poste de rechargement permet l'évacuation des déchets de la fosse si un délai important devait être constaté. **Bien que le risque demeure limité, le risque d'explosion dans la fosse sera également traité dans l'analyse préliminaire des risques.**
	Fosse OMR	/	<u>Risque de pollution des sols et des eaux</u> Les déchets non dangereux stockés sur le site peuvent présenter des risques pour l'environnement mais, la fosse de stockage est étanche et permet donc la rétention des éventuels jus formés par les déchets ménagers et assimilés. **Le risque de pollution des sols et des eaux ne sera pas pris en compte dans l'analyse des risques.**

Opération / Equipements		Description synthétique	Caractérisation des dangers
Sous-ensemble 1	Alimentation du four : grappin / trémie d'alimentation	Système d'alimentation du four : - Grappin (1) - Trémie d'alimentation (2) - Goulotte refroidie et équipée d'un clapet de fermeture (3) - Poussoir et table d'alimentation (assurant une alimentation uniforme vers la grille de combustion) (4) 	<u>Produits et substances combustibles</u> La présence de produits combustibles en quantité importante est le caractère le plus sensible au niveau des dangers liés aux produits. Dans le cas de l'alimentation du four, le volume de déchets sera limité. <u>Source d'ignition</u> Les sources d'ignition existantes sont les mêmes que celles recensées sur les installations de réception et de stockage des déchets. <u>Bilan :</u> **La goulotte d'alimentation d'un four constitue une zone propice au déclenchement d'un incendie lorsque des déchets restent coincés dans le clapet d'obturation et s'enflamment au contact des flammes risquant de sortir du four. Ce scénario accidentel sera pris en considération dans l'analyse préliminaire des risques.**

6.2.2 INCINERATION DES DECHETS

La nouvelle UVE sera équipée d'un four-chaudière d'une capacité unitaire nominale de 11,9 t/h et d'une puissance thermique de 31,8 MW compte tenu d'un PCI moyen de 2 300 kcal /kg pour les déchets enfournés. Pour chaque opération, les dangers potentiels ont été identifiés :

Opération / Equipements			Description synthétique	Caractérisation des dangers
Sous-ensemble 2	*Zone de combustion et post-combustion*  	Grille de combustion (1) et chambre de combustion (2)	Grille constituée de 6 rouleaux correspondant chacun à une zone de combustion : - zone de séchage : 1 rouleau (zone A), - zone de combustion : 3 rouleaux (zone B), - zone d'extinction des mâchefers : 2 rouleaux (zone C). Injection de l'air primaire préchauffé sous grille (prélevé au niveau de la fosse OMR) Brûleurs auxiliaires de démarrage alimentés au gaz naturel permettant d'accélérer le démarrage en chauffant la partie haute de l'ensemble four-chaudière.	Les scénarios identifiés pour une UVE au niveau de la zone d'incinération sont les suivants : - une explosion dans le cas où des produits indésirables de type bouteilles de gaz ou bidons de produits inflammables se trouveraient mêlés aux déchets ménagers, - un dysfonctionnement des brûleurs en phase de démarrage peut entraîner une accumulation de gaz qui pourraient former une ATEX pouvant exploser.
		Trémie de collecte des fines sous grille (3)	6 trémies de collecte des fines sous grille (une sous chaque rouleau) Transport des fines par convoyeur (situé sous toute la longueur de la grille) jusqu'à l'extracteur des mâchefers	Pas de risque particulier.
		Extracteur mâchefers (4)	Evacuation des mâchefers par le biais d'un extracteur rempli d'eau pour assurer un refroidissement efficace des mâchefers.	Pas de risque particulier.
		Parcours 1 post-combustion (5)	Combustion du mélange gazeux s'échappant des déchets sur la grille de combustion Injection de l'air secondaire (prélevé au niveau du hall four-chaudière). Présence de 2 brûleurs auxiliaires alimentés au gaz naturel	Au niveau du parcours 1 post-combustion, comme pour la chambre de combustion, le principal danger est un dysfonctionnement des brûleurs en phase de démarrage qui peut entraîner une accumulation de gaz qui pourraient former une ATEX pouvant exploser.

Opération / Equipements			Description synthétique	Caractérisation des dangers
Sous-ensemble 2	/	Tuyauterie gaz naturel intérieure	Le four intègre 2 brûleurs auxiliaires de démarrage gaz installés au-dessus du niveau d'injection d'air secondaire. Ces brûleurs fonctionnent automatiquement pour remplir les fonctions suivantes : - chauffage du four au démarrage - maintien en température des fumées - assurer la combustion complète des gaz lors de l'arrêt de l'installation.	Le risque majeur pour les installations de combustion de gaz est la formation d'une ATEX dans un local. Le domaine d'explosivité du gaz naturel se situe (données INRS) entre 5 et 15 % de méthane (CH_4) dans l'air en théorie. Dans le cas du site (four d'incinération), le gaz ne sera utilisé qu'occasionnellement. Une ATEX peut donc se présenter dans les locaux où le gaz naturel est mis en œuvre, elle résulte alors d'un dysfonctionnement quelconque des installations (une fuite notamment), car elle n'est pas censée se former en fonctionnement normal. Le volume de l'ATEX formée peut être très variable selon le délai qui s'écoule entre le moment où le dysfonctionnement se produit et permet la formation de l'ATEX et le moment où : - soit le dysfonctionnement est constaté et des mesures sont prises pour supprimer l'ATEX avant son inflammation ; - soit l'ATEX est enflammée après accumulation et avant que le dysfonctionnement soit constaté, ce qui déclenche une explosion à l'intérieur du local. **Le risque d'explosion dans le hall four-chaudière suite à une fuite de gaz sous pression (au niveau d'une bride ou d'une vanne) sur la canalisation située à l'intérieur de ce local est donc pris en considération dans l'analyse de risques.**

Opération / Equipements			Description synthétique	Caractérisation des dangers
Sous-ensemble 2	*Chaudière de récupération de chaleur* 	Chaudières à tubes d'eau Ballon chaudière	En aval du four, se trouve la chaudière de récupération de chaleur. Elle permet de produite de la vapeur surchauffée, valorisée énergétiquement. L'énergie produite par la combustion est récupérée par une chaudière horizontale de 31,8 MWth /PCI (charge thermique au point nominal). **La chaudière qui sera installée sur le site est une chaudière à tube d'eau**, parcourus intérieurement par l'eau et l'émulsion eau-vapeur.	Le tableau suivant présente une identification des dangers liés aux procédés obtenue pour la chaudière de récupération sur la base d'un travail préalable aux analyses de risques de l'INERIS[7]. **Les scénarii potentiels d'accident sont donc le BLEVE de la capacité d'eau (= ballon chaudière) ou l'éclatement du surchauffeur.** **On notera que le risque associé au surchauffeur n'a pas été retenu comme majeur par l'INERIS** **Concernant le 2nd scénario, les barrières de sécurité mises en place au niveau du ballon chaudière** (cf. détail en partie « 4.2.1.2d) Système de contrôle chaudière » en page 83) permettent d'évacuer toute surpression. **Ce scénario ne sera pas considéré dans l'analyse préliminaire des risques du site.**

Equipements	Substances	Conditions opératoires	Phénomènes dangereux redoutés
Capacités d'eau (ballon chaudière)	Eau, vapeur d'eau	Démarrage de la chaudière Fonctionnement de la chaudière	BLEVE de la capacité d'eau Eclatement de capacité
Fuite ou éclatement d'un tube d'eau / Surchauffeur	Eau, vapeur d'eau	Démarrage de la chaudière Fonctionnement de la chaudière	Eclatement du surchauffeur

[7] Rapport d'étude INERIS, décembre 2016, Guide pour la prise en compte des chaudières industrielles dans la rédaction des études de dangers.

Opération / Equipements			Description synthétique	Caractérisation des dangers
Sous-ensemble 2	*Traitement des fumées*	Circuit de traitement de fumées	Le circuit de traitement des fumées comportera les étapes suivantes : ▪ injection de bicarbonate de sodium ; ▪ première filtration par filtre à manches ; ▪ traitement des NOx dans un réacteur catalytique SCR avec de l'eau ammoniacal ; ▪ injection d'un mélange de chaux et de charbon actif ; ▪ deuxième filtration par filtre à manches ; ▪ échangeur après le traitement des fumées pour optimiser la récupération d'énergie ; ▪ ventilateur et une cheminée pour l'évacuation des fumées traitées.	Les scénarios identifiés pour les installations de traitement de fumées d'une unité de combustion sont les suivants : ▪ une fuite de NH_3 en cas de fuite au niveau de la réduction catalytique (SCR), ▪ une température trop élevée des fumées en entrée des filtres à manche entraînant leur inflammation. Remarque : Un dysfonctionnement des installations de traitement des fumées ou des eaux de lavage des gaz n'engendrerait aucun scénario d'accident majeur mais serait une source d'impact environnemental (pollution atmosphérique ou des eaux). Ce type de dysfonctionnement ne sera pas étudié dans l'analyse préliminaire des risques.
Sous-ensemble 2	*Traitement des fumées*	Stockage de réactifs	Eau Ammoniacale (24,5 %) : Cuve aérienne double peau de 35 m^3 Chaux + charbon actif (25 %) : Silo de 60 m^3 Bicarbonate de sodium : Silo de 60 m^3 Charbon actif dopé au soufre : 10 m^3en big-bags	Concernant le stockage d'eau ammoniacale, il n'est pas classé comme toxique et compte tenu de la concentration de NH_3 (24,5 % en poids), il ne présente aucun risque de dispersion toxique pour les riverains du site. Le charbon actif étant stocké sous forme de poudre, il présente un risque d'inflammation (mais produit difficilement inflammable) en présence d'une source d'ignition. Les autres réactifs n'étant pas inflammables, ils ne présentent aucun risque d'inflammation ou d'explosion.

Opération / Equipements			Description synthétique	Caractérisation des dangers
	Acheminement et stockage des résidus d'incinération	Tri mâchefers	En sortie d'extracteur les mâchefers sont déposés sur un convoyeur vibrant équipé d'un scalpeur qui permet de récupérer de manière séparée les mâchefers, qui sont par la suite transportés vers la fosse à mâchefers par un convoyeur à bande, et les « monstres », qui sont transférés vers une benne dédiée par un transporteur métallique vibrant.	Pas de risque particulier.
Sous-ensemble 2		Fosse mâchefers	Fosse mâchefers : 400 m^3	Les mâchefers sont des résidus issus de l'incinération des déchets ménagers laissés en fond de four. A la sortie du four, les mâchefers sont basiques (présence de chaux et de calcaire), abrasifs (environ 50 % de verre et de composés siliceux), légèrement colmatant (8 à 12 % de fines) et chargés en sels (chlorures, sulfates, etc.). **Les mâchefers ne présentent donc aucun risque majeur particulier.**
		Benne « monstres »	Benne « monstre » : 2 m^3	Tout comme les mâchefers, **les « monstres » collectés en fond de four ne présentent aucun risque particulier.**
		REFIOM et Cendres sous chaudière	Stockage dans 1 silo PSR* de 100 m^3 et 1 silo PSR* + cendres de 35 m^3 ** PSR = Produits Sodiques Résiduels*	Les REFIOM et cendres sous chaudières étant des résidus de combustion, ils ne présentent pas de risque de formation d'ATEX. **Ces produits ne présentent pas de risque majeur particulier.**

6.2.3 RISQUES LIES AUX INSTALLATIONS ANNEXES

6.2.3.1 Risques liés à la circulation et au transport de déchets

Les dangers potentiels identifiés sur les voies d'accès et la voirie interne desservant le site sont liés aux mouvements des véhicules pouvant générer :

- une collision et/ou un accident isolé avec ou non déversement du chargement ;
- un incendie sur un véhicule,
- une collision d'un véhicule sur les installations.

Le risque d'incendie sur un camion ou engin en circulation étant faible, il s'agit essentiellement de considérer sur la voirie publique le risque d'accident, impliquant ou non un second véhicule, comme risque principal.

1. Accident d'un véhicule ou collision entre deux véhicules

Le risque routier n'est pas spécifique à l'installation. Il répond aux caractéristiques habituelles de transport et de déplacements sur routes. Les conséquences d'un accident routier impliquant un véhicule relève de la même échelle de gravité que celle d'accidents routiers « classiques» : du simple dégât matériel au décès des personnes impliquées (conducteurs, passagers ou autres).

Au niveau des voies de circulation de l'établissement, les conséquences, outre des blessures au personnel, peuvent être une perte de confinement en cas de choc pouvant conduire à un épandage suivi éventuellement d'un incendie. La prévention est assurée par les mesures suivantes :

- existence d'un plan de circulation,
- vitesse limitée sur le site,
- voies de circulation dimensionnées pour permettre la manœuvre des véhicules sans difficulté,
- séparation du trafic PL et du trafic VL (entrée spécifique pour le personnel distincte de celle des camions).

Le risque d'accidents / collisions des engins est faible, il sera toutefois intégré, dans l'analyse préliminaire des risques.

2. Collision d'un véhicule sur les installations

Le risque de collision entre un véhicule et les installations fixes est minime en raison :

- de la vitesse limitée sur le site,
- de l'agencement des équipements sur le site,
- de la communication du protocole de sécurité aux chauffeurs.

Le risque de collision d'un véhicule sur les installations n'est pas retenu dans l'analyse des risques.

6.2.3.2 Risques liés au réseau gaz extérieur

a) Canalisation aérienne

Risque explosion

Compte tenu de l'existence d'un domaine d'explosivité pour toute atmosphère constituée d'air, de gaz naturel, il est possible d'affirmer qu'il existe un risque de formation d'une ATEX dans chacune des installations mettant en œuvre du gaz naturel.

Deux types d'évènements sont à envisager en fonctionnement normal :

- rupture guillotine d'une canalisation provenant d'une agression mécanique (véhicules, travaux…) ;
- fuites au niveau des brides, de presse-étoupe de vannes ou des joints.

Le principal risque de formation d'une ATEX dans le cas étudié est lié à des défauts d'étanchéité des brides, de presse-étoupe de vannes ou des joints. Le scénario de type rupture guillotine est quant à lui très peu probable (protection de la canalisation, procédure de travaux, site ICPE clôturé à accès contrôlé …).

Le risque d'explosion suite à une fuite de gaz sous pression (au niveau d'une bride ou d'une vanne) sur la portion aérienne de la canalisation est donc pris en considération dans l'analyse de risques.

Risque incendie

Un feu de torche est provoqué par l'inflammation d'une fuite accidentelle de gaz (par une surface chaude, une étincelle …). Après inflammation du jet, le feu de torche s'établit et il en résulte une flamme de diffusion dont l'apparence dépend de la nature du combustible mais aussi de la vitesse du jet de gaz par rapport à l'air ambiant. Le feu torche sera alimenté tant qu'il restera du gaz.

Le risque d'incendie lié à un feu de type torche suite à une fuite de gaz sous pression (au niveau d'une bride ou d'une vanne) sur la portion aérienne de la canalisation est donc pris en considération dans l'analyse de risques.

b) Canalisation enterrée

La canalisation enterrée sera protégée :

- de toute agression mécanique : pose d'un grillage avertisseur, géolocalisation de la canalisation, conformité aux essais de résistance définis dans la norme NF DTU61 et à l'intérieur de l'ICPE : existence de procédures spécifiques pour tous travaux … ;
- de toute agression thermique : pose de la canalisation à au-moins un mètre de profondeur ; or, la couverture de terre est un bon isolant thermique et dès 20 cm, elle permet de protéger efficacement la canalisation de tout échauffement thermique (Source : GESIP, *guide méthodologique pour la réalisation d'une étude de dangers concernant une canalisation de transport*).

Ainsi, conformément à la circulaire du 10 mai 2010 (partie 1.1.12), le risque de rupture de canalisation et par voie de conséquence de formation d'une ATEX peut être considéré comme « physiquement impossible ».

6.2.3.3 Installation de compression d'air

La base de données ARIA recense près d'une centaine d'accidents en France mettant en cause des installations de compression. Parmi ceux-ci, les ¾ donnent lieu à des fuites de produits toxiques ou inflammables, 25% à des fuites enflammées voire des incendies et 10% à des explosions. Enfin, quelques accidents ont conduit à une pollution des eaux superficielles.

Ces accidents résultent souvent de défaillances matérielles mettant directement en cause les compresseurs, leurs équipements annexes ou leurs circuits d'aspiration / refoulement (brides…).

Dans les accidents liés à la compression d'air recensés par l'INERIS , les origines données sont :

- les inflammations du brouillard d'huile sous l'effet de la température engendrée par la compression au niveau des étages de compression,
- la formation d'un dépôt d'huile de lubrification, puis son échauffement en aval du compresseur,
- les erreurs de maintenance ou dégradation des installations permettant une fuite du mélange air + huile sous pression, donc création d'un aérosol et inflammation en cas de présence d'une source d'ignition (surface chaude, flamme, étincelle, …),
- les défaillances mécaniques à l'intérieur du compresseur entraînant un retour du mélange comprimé et donc chaud dans la chambre de compression, et dont la chaleur va à nouveau augmenter lors de la compression suivante,
- la surchauffe des compresseurs, donc la création d'une surface chaude entraînant un risque d'inflammation d'un éventuel mélange inflammable présent dans l'environnement du compresseur (environnement ATEX),
- les ruptures de canalisations dues aux vibrations émises par les compresseurs, entraînant une fuite du mélange air + huile vers le milieu extérieur,
- l'inflammation des résidus carbonés d'huile de lubrification qui se sont déposés dans les canalisations ou au niveau des déshuileurs, vannes de surpression, puis auto-enflammés sous l'effet de la température,
- la propagation de l'incendie due à des fines pellicules d'huile présentes dans les canalisations, autour du compresseur, sur les murs, ...

Les phénomènes dangereux identifiés pour ce type d'installation sont donc :

- la fuite enflammée, le combustible étant généralement constitué par des brouillards d'huiles ou des résidus de lubrifiants oxydés ;
- des explosions peuvent se produire en raison de l'inflammation par compression des brouillards d'huile de lubrification dans les réseaux sous pression des compresseurs d'air (ou gaz) et dans les enceintes reliées à ces réseaux,
- la fuite de produits (huiles) pouvant entraîner une pollution atmosphérique et/ou une pollution des sols.

Toutefois, les compresseurs d'air installés au sein de l'usine sont de faible puissance (total de 3 x 75 kW pour les 3 compresseurs du site), les effets sont donc limités et ne constituent pas un phénomène majeur dont les effets peuvent sortir des limites de propriété.

6.2.3.4 Unité de production d'eau déminéralisée

La production d'eau déminéralisée est effectuée à partir des eaux de toiture et un appoint peut être réalisé avec de l'eau de ville provenant du réseau AEP de la métropole de Limoges.

Cette installation ne présente aucun risque particulier.

6.2.3.5 Transformateurs électriques

Pour répondre aux besoins des équipements, le site sera raccordé au réseau haute tension (HTA). Un poste de transformation permettra le passage de haute tension en basse tension. Ce poste sera situé dans une zone fermée grillagée à l'extérieur.

Les phénomènes dangereux associés aux transformateurs peuvent être les suivants :

- incendie du produit (huile) contenu dans le transformateur ;
- pollution suite à un déversement de l'huile contenu dans le transformateur.

A noter que, dans les différents locaux, l'équipement électrique est conforme à la réglementation en vigueur et fera l'objet de contrôles périodiques de sécurité par un organisme extérieur agréé.

Les risques associés aux transformateurs et plus largement aux installations électriques existent dans tout type de bâtiment et ne constituent pas un phénomène dangereux majeur pour l'UVE. Par contre, une défaillance électrique peut constituer un évènement initiateur potentiel (notamment une source d'ignition) à prendre en considération dans les analyses des risques.

6.2.3.6 Stockage de carburant et des produits d'entretien

a) Risque incendie

<u>Produits et substances inflammables</u>

Le carburant représente le potentiel de danger le plus important en raison de la facilité avec laquelle il peut s'enflammer. Le GNR et le fioul sont des liquides inflammables de 2ème catégorie (catégorie C) selon la réglementation des ICPE. Son point éclair[8] est compris entre 55 et 100 °C.

Le fioul est utilisé pour l'alimentation de la motopompe et du groupe électrogène de secours (cuve enterrée de 8 m^3). La motopompe dispose d'un réservoir intégré de 1 m^3 assurant une autonomie de 6 heures pleine charge et d'un réservoir complémentaire de 160 litres équipé d'un pistolet de remplissage et d'une pompe.

Le GNR est utilisé pour l'alimentation des engins de manutention (cuve aérienne double-peau de 1 m^3).

[8] Point éclair : Température minimum à laquelle, selon des conditions déterminées, un liquide produit suffisamment de vapeurs inflammables pour produire une flamme à l'application d'une source d'allumage.

Les huiles constituent également des produits inflammables et appartiennent à la catégorie D (liquides peu inflammables) de la réglementation des ICPE : leur point éclair étant supérieur à 100°C. De plus, ces produits sont stockés en faible quantité et sur rétention.

Source d'ignition

La liste non exhaustive ci-dessous présente les différentes sources d'ignition envisageables sur le site :

- la foudre,
- un acte de malveillance,
- une défaillance électrique,
- les engins qui peuvent être à l'origine d'une source d'incendie par les surfaces chaudes mises en contact avec des substances combustibles ou tout simplement par l'incendie du véhicule (lié à un défaut mécanique).

Bilan

Au vu des volumes mis en jeu et du type de produits, le risque d'incendie demeure très limité et ne sera donc pas pris en considération dans l'analyse de risque.

Le risque de feu de cuvette, de feu de bac et de feu de nappe sur les aires de déchargement des carburants sera pris en compte dans l'analyse des risques ; de même qu'au poste de distribution de carburant.

b) Risque de pollution des sols et des eaux

Les produits liquides stockés sur le site peuvent présenter des risques pour l'environnement mais, tous les produits sont stockés sur des rétentions.

La cuve d'eau ammoniacal disposera d'une rétention bétonnée adaptée positionnée sous la Voie de Desserte Interne (VDI).

Le GNR et le fioul disposeront d'une rétention intégrée (cuve double-peau).

Une erreur de manipulation lors des opérations d'entretien des véhicules ou de vidanges des bacs d'huiles peut engendrer une pollution du sol.

Toutefois, les volumes mis en jeu demeurent faibles et les manipulations de liquides sont réalisées sur des aires imperméabilisées, **le risque de pollution des sols et des eaux ne sera donc pas pris en compte dans l'analyse des risques**.

7 REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS

Ce chapitre vise à explorer les possibilités de réduire le potentiel de danger à la source.

La réduction des potentiels de dangers est un examen technico-économique visant à :

1. supprimer ou substituer aux procédés et aux produits dangereux, à l'origine de ces dangers potentiels, des procédés ou produits présentant des risques moindres;
2. réduire autant qu'il est possible les quantités de matières en cause.

7.1 SUBSTITUTION

7.1.1 SUBSTITUTION DE SUBSTANCES

Les alternatives disponibles pour réduire le potentiel danger en substituant les substances source de risque sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 19 : Substitution de substances

Source	Alternative visant à réduire le potentiel danger
Déchets non dangereux (OMR)	Substances présentes sur le site inhérentes à l'activité
Stockage des réactifs pour le traitement des fumées	Les techniques de traitement mises en œuvre sur le site permettent de tenir les dispositions associées aux Meilleures Techniques Disponible. Le stockage des réactifs associés est donc nécessaire.
Stockage de liquides (lubrifiants, huiles …)	Pas d'alternatives mais stockage en quantité limitée et sur rétention.

7.1.2 SUBSTITUTION DES TECHNIQUES D'EXPLOITATION

Les alternatives disponibles pour réduire le potentiel danger en modifiant les techniques d'exploitation sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 20 : Substitution des techniques d'exploitation

Technique d'exploitation	Alternative visant à réduire le potentiel danger
Réception – Expédition	Le trafic des véhicules ne peut être remplacé.
Stockage des déchets	Les différentes opérations réalisées au sein des différentes installations sont bien connues et maîtrisées par le personnel. Tout nouvel employé suivra une formation adaptée à son poste de travail et sera informé des risques inhérents au site. Des procédures seront établies et diffusées auprès du personnel : interdiction de fumer, surveillance au vidage des camions …
Acheminement des déchets vers le four	
Combustion / Post-combustion	
Récupération de chaleur	
Traitement des fumées	
Stockage des résidus d'incinération (mâchefers, REFIOM)	

7.2 REDUCTION DES QUANTITES

L'autre solution pour réduire le potentiel de danger est de limiter les quantités des substances sources de danger (voir tableau ci-dessous).

Tableau 21 : Réduction des quantités stockées

Source	Limitation des quantités visant à réduire le potentiel danger
Stockage des déchets non dangereux	Capacité de stockage des OM requises par l'organisation générale de l'activité. Capacité calculée de la fosse pour permettre le stockage pendant 5 jours en cas d'arrêt total de l'U.V.E. (sans transfert).
Stockage des réactifs pour le traitement des fumées	Capacité de stockage nécessaire pour permettre le traitement en continu des fumées.
Stockage de liquides pour la maintenance des équipements (huiles, …)	Stockage limité au besoin minimum du site.

8 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (APR)

8.1 PRINCIPE D'UNE ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

8.1.1 METHODE AMDEC

Cette première étape de l'analyse des risques conduit notamment à l'identification des phénomènes dangereux susceptibles de se produire suite à l'occurrence d'évènements non désirés, eux-mêmes résultants de la combinaison de dysfonctionnements, dérives ou agressions extérieures sur le système. Elle permet également une hiérarchisation de ces situations accidentelles et une sélection des phénomènes dangereux pouvant conduire un accident majeur.

L'analyse préliminaire des risques est un processus itératif qui consiste à :

- identifier de la façon la plus exhaustive possible les phénomènes dangereux susceptibles de se produire, suite au déroulement de scénarios accidentels identifiés par la mise en œuvre d'une méthode adaptée aux installations, conduite le plus souvent en groupe de travail ;
- pour chaque phénomène dangereux, déterminer l'intensité des effets et la probabilité d'occurrence en tenant compte des barrières de sécurité techniques ou organisationnelles mises en place par l'exploitant lorsque celles-ci sont performantes et en adéquation avec le risque.

A l'issue de cette démarche, l'analyse permettra de définir les scénarios devant faire l'objet d'un calcul de seuils d'effets et d'une analyse détaillée des risques.

La méthode retenue d'analyse des risques est l'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) qui est une méthode inductive, utilisée en Sécurité des Systèmes. Elle permet d'identifier tous les modes de défaillance pouvant générer un accident grave. Elle est basée sur un recensement exhaustif des modes de défaillance des composants d'un système pouvant conduire directement ou par réaction en chaîne à une situation de risque. Par sa nature, elle est adaptée à l'étude de sous-ensembles identifiés comme significatifs pour la sécurité lors d'une évaluation des risques.

8.1.2 GRILLE DE COTATION DE L'OCCURRENCE

La probabilité d'occurrence va être déterminée selon une méthode qualitative en s'appuyant sur la grille d'échelles de probabilité fournie en annexe I de l'arrêté du 29 septembre 2005 et reproduite ci-dessous :

Tableau 22 : Cotation de l'occurrence

	E	D	C	B	A
	événement possible mais extrêmement peu probable	**événement très improbable**	**événement improbable**	**événement probable**	**événement courant**
appréciation qualitative	*n'est pas impossible au vu des connaissances actuelles mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années et d'installations*	*s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité*	*un événement similaire déjà rencontré dans ce secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité*	*s'est produit et / ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation*	*s'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation, malgré d'éventuelles mesures correctives*

8.1.3 GRILLE DE COTATION DE L'INTENSITE

Au stade de l'analyse préliminaire des risques, le niveau de gravité ne nécessite pas d'être calculé finement pour chaque phénomène dangereux. Une cotation à l'aide d'une échelle simple doit permettre d'estimer si les effets du phénomène dangereux peuvent potentiellement atteindre des enjeux situés au-delà des limites de l'établissement, directement ou par effets dominos.

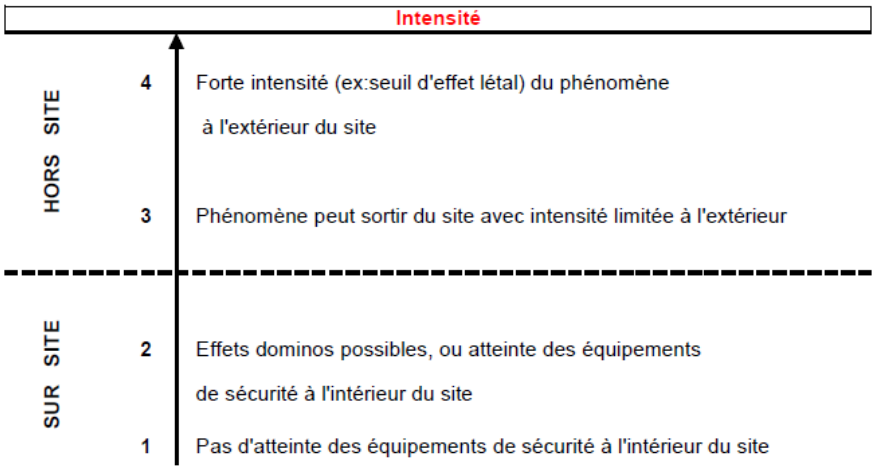


Figure 41 : Cotation de l'intensité (Source : INERIS, 2006, *Etude de dangers d'une installation classée – OMEGA 9*)

La cotation en intensité des effets sur les personnes est réalisée selon l'échelle de l'INERIS :

- intensité 1 : pas d'atteinte des équipements de sécurité à l'intérieur du site ;
- intensité 2 : effets dominos possibles ou atteinte des équipements de sécurité à l'intérieur du site ;
- intensité 3 : le phénomène peut sortir du site avec une intensité limitée à l'extérieur ;
- intensité 4 : forte intensité du phénomène ;
- intensité 5 : absente de l'échelle de l'INERIS, mais assimilée ici à une intensité exceptionnelle (ex : BLEVE d'une grande sphère de propane).

8.1.4 GRILLE DE CRITICITE

Toutes les situations étudiées seront clairement représentées dans une grille de criticité intégrant les dimensions de probabilité d'occurrence et de gravité des conséquences.

Intensité \ Probabilité	E	D	C	B	A
5	NA / MMR2 (*)	NA1	NA2	NA3	NA4
4	MMR1	MMR2	NA1	NA2	NA3
3	MMR1	MMR1	MMR2	NA1	NA2
2	SA	SA	MMR1	MMR2	NA1
1	SA	SA	SA	SA	MMR1

Non Acceptable

Acceptable avec Moyens de Maîtrise du Risque

Situation Acceptable

(*) NON partiel (sites nouveaux) / MMR rang 2 (sites existants)

Cette grille est un outil d'aide à la décision. Elle sert à prioriser les mesures de réductions des risques.

Seuls les scénarios situés dans les cases MMR1, MMR2, NA1 et NA2 de la grille de criticité ci-dessus à l'issus de l'analyse préliminaire font l'objet d'une analyse détaillée des risques et d'un calcul d'effets.

8.2 RESULTAT DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

8.2.1 DEROULEMENT DE L'APR

8.2.1.1 Equipes de travail

La réalisation de l'APR a été réalisée par SOLER IDE en concertation avec l'exploitant :

- M. GASSE Jérôme, Chargé de projet travaux, Activité Recyclage & Valorisation des Déchets, VEOLIA ;
- M. TRONCHE Pierre-André, Direction Technique et Grands Projets – Région Sud-Ouest, Activité Recyclage & Valorisation des Déchets, VEOLIA ;
- M. TISSOT Daniel, Directeur Adjoint du Pôle Industrie Environnement, SOLER IDE ;
- Mme. CILLIER Amandine, Ingénieure chargée d'études, Pôle Industrie et Environnement, SOLER IDE.

Les sous-ensembles définis sont :

1. Réception, stockage et acheminement vers le four des déchets non dangereux (OMR)
2. Incinération des déchets
    A. Zone d'incinération et de post-combustion
    B. Système de récupération de chaleur
    C. Traitement des fumées (incluant le stockage des réactifs)
    D. Acheminement et stockage des résidus d'incinération
3. Activités connexes
    A. Circulation sur le site
    B. Réseau gaz naturel (extérieur bâtiments)
    C. Installations électriques
    D. Installations de compression
    E. Alimentation en eau
    F. Carburant

8.2.1.2 Support utilisé pour les APR

Le support utilisé pour la mise en œuvre de la méthode est un tableau qui a été rempli, en partie, en séances d'Analyse Préliminaire des Risques :

Activités / Opérations	Equipements	Evènements initiateurs	Evènement redouté central	Observations	Mesures de prévention et de détection	Phénomène dangereux	Mesures de protection	Probabilité	Intensité

A partir du tableau distribué en séance, la démarche suivante a été adoptée :

1. Sélection du sous-ensemble à étudier sur la base de la description fonctionnelle réalisée au préalable.
2. Choix d'un équipement ou produit pour cette activité ou cette opération.
3. Pour cet équipement, prise en compte d'une première situation de dangers (colonne « Evénement Redouté Central » ou ERC),
4. Pour cet ERC, identification de toutes les causes (colonnes « Evènements initiateurs ») et des phénomènes dangereux (colonne « Phénomène Dangereux ») susceptibles de se produire directement (cause interne) ou par agression externe (effets dominos, événement naturel …),
5. Pour un enchaînement Cause-ERC-Phénomène Dangereux donné, identification des barrières de sécurité existantes sur l'installation,
6. Lorsque toutes les situations de dangers ont été passées en revue pour l'équipement considéré, choix d'un nouvel équipement et retour au point 3 précédent.
7. Le cas échéant, lorsque tous les équipements ont été examinés, choix d'un nouveau sous-ensemble et retour au point 2.

La cotation en probabilité / intensité a été réalisée par la suite et soumise à l'approbation du groupe de travail.

8.2.2 TABLEAUX D'ANALYSE DES RISQUES

L'intégralité du tableau de l'analyse préliminaire des risques est présentée en annexe de cette étude.

8.2.3 GRILLE DE CRITICITE PROBABILITE X INTENSITE

Le code de couleur pour la lecture des grilles de criticité est rappelé ci-dessous :

- Conséquences de l'évènement redouté inacceptable
- Conséquences de l'accident acceptable avec moyen de maîtrise du risque
- Conséquences de l'accident acceptable

Le tableau ci-dessous présente les différentes criticités obtenues pour les scénarios, se reporter en annexe dans les tableaux d'analyse de risques pour l'identification des différents scénarios :

Tableau 23 : Grille de criticité Probabilité x Intensité

Intensité \ Probabilité	E	D	C	B	A
5					
4					
3		**2A.4**			
2	3F.2 ; 3F.5 ; 3G.2 ; 3G.9	2A.2 ; 2A.5 ; 3B.1 ; 3B.2 ; 3G.7 ; 3G.8	**1.1 ; 2A.3**		**2A.1**
1	2C.2 ; 3F.1 ; 3F.6 ; 3G.1	1.2 ; 1.3 ; 2B.1 ; 2C.1 ; 2C.3 ; 3F.4 ; 3G.4 ; 3G.6	2D.1 ; 2D.2 ; 3F.3 ; 3G.3 ; 3G.5		

Seuls les scénarios situés dans les cases MMR1, MMR2, NA1 et NA2 de la grille de criticité ci-dessus à l'issus de l'analyse préliminaire font l'objet d'une analyse détaillée des risques et d'un calcul d'effets.

8.2.4 IDENTIFICATION DES PHENOMENES DANGEREUX MAJEURS POTENTIELS

L'analyse des risques aboutit à retenir la liste des scénarios suivants dont les conséquences présentent un risque considéré majeur pour les personnes extérieures au site :

- Sous-ensemble 1 :
  - Scénario 1.1 : Incendie généralisé de la fosse de stockage des déchets non dangereux (OMR)

- Sous-ensemble 2 :
  - Scénario 2A.1 : Explosion dans le four (bouteilles de gaz)
  - Scénario 2A.3 : Explosion de la chambre de combustion et du parcours 1 post-combustion
  - Scénario 2A.4 : Fuite de la canalisation de gaz dans le hall four/chaudière et inflammation de l'ATEX

9 ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES (ADR)

9.1 PRINCIPE D'UNE ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES

Cette étape va consister en un examen approfondi des accidents majeurs potentiels identifiés lors de l'APR, des séquences d'évènements susceptibles d'y conduire et des mesures de maîtrise des risques associées.

L'analyse est réalisée selon la démarche suivante : pour chaque scénario d'accidents potentiellement majeurs, on indique :

- les causes possibles,
- les conséquences de l'événement redouté sur la vie humaine et sur l'environnement,
- les moyens de prévention et de détection,
- les moyens de protection,
- la cinétique d'apparition des phénomènes dangereux susceptibles de conduire à un accident majeur,
- le niveau de probabilité et de gravité avec prise en compte des moyens de prévention et de protection actuels et futurs si nécessaire.

Les niveaux d'occurrence et de gravité d'un événement peuvent être cotés selon les grilles de cotation de l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

A l'issue de l'étape d'étude détaillée des risques, l'exploitant dispose :

- de la caractérisation en probabilité, gravité et cinétique des phénomènes dangereux susceptibles de conduire à un accident majeur ;
- d'une démonstration du niveau de maîtrise des risques d'accidents majeurs par la mise en place de barrières de sécurité adaptées et performantes, prenant en compte toutes les combinaisons d'événements envisagées ; le cas échéant, des mesures complémentaires de réduction des risques auront été suggérées.

9.1.1 GRILLE DE COTATION DE L'OCCURRENCE

La probabilité d'occurrence va être déterminée en s'appuyant sur la grille d'échelles de probabilité fournie en annexe I de l'arrêté du 29 septembre 2005 et reproduite ci-dessous :

Tableau 24 : Cotation de l'occurrence

	E	D	C	B	A
	événement possible mais extrêmement peu probable	**événement très improbable**	**événement improbable**	**événement probable**	**événement courant**
appréciation qualitative	*n'est pas impossible au vu des connaissances actuelles mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années et d'installations*	*s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité*	*un événement similaire déjà rencontré dans ce secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité*	*s'est produit et / ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation*	*s'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation, malgré d'éventuelles mesures correctives*
Appréciation semi-quantitative	*Cette échelle est intermédiaire entre les échelles qualitative et quantitative, et permet de tenir compte des mesures de maîtrise des risques mises en place, conformément à l'article 4 du présent arrêté*				
Appréciation quantitative	*< 10^{-5}*	*< 10^{-4}*	*< 10^{-3}*	*< 10^{-2}*	*> 10^{-2}*

9.1.2 GRILLE DE COTATION DE LA GRAVITE

Le niveau de gravité sera déterminé d'après l'échelle d'appréciation de la gravité des conséquences humaines d'un accident à l'extérieur des installations, présentée en annexe 3 de l'arrêté du 29 septembre 2005 et reproduite ci-dessous :

Tableau 25 : Cotation de la gravité pour les effets sur les personnes

	niveau de gravité	Zone délimitée par le seuil des effets létaux significatifs	Zone délimitée par le seuil des effets létaux	Zone délimitée par le seuil des effets irréversibles
5	**désastreux**	> 10 personnes exposées	> 100 personnes exposées	>1000 personnes exposées
4	**catastrophique**	< 10 personnes exposées	entre 10 et 100 personnes	entre 100 et 1 000 personnes exposées
3	**important**	au plus 1 personne exposée	entre 1 et 100 personnes	entre 10 et 100 personnes exposées
2	**sérieux**	aucune personne exposée	au plus 1 personne	< 10 personnes exposées
1	**modéré**	pas de zone de létalité hors de l'établissement		présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à "une personne"

Pour les scénarios dont l'ensemble des rayons d'effet sont contenu dans les limites du site, la gravité sera notée 1*.

9.1.3 GRILLE DE CRITICITE

Toutes les situations étudiées seront clairement représentées dans une grille de criticité intégrant les dimensions de probabilité d'occurrence et de gravité des conséquences.

dimensions de probabilité d'occurrence et de gravité des conséquences.

Gravité \ Probabilité	E	D	C	B	A
5	NA / MMR2 (*)	NA1	NA2	NA3	NA4
4	MMR1	MMR2	NA1	NA2	NA3
3	MMR1	MMR1	MMR2	NA1	NA2
2	SA	SA	MMR1	MMR2	NA1
1	SA	SA	SA	SA	MMR1

Non Acceptable

Acceptable avec Moyens de Maîtrise du Risque

Situation Acceptable

(*) NON partiel (sites nouveaux) / MMR rang 2 (sites existants)

Cette grille est un outil d'aide à la décision. Elle sert à prioriser les mesures de réductions des risques.

9.2 ESTIMATION DES CONSEQUENCES DE LA MATERIALISATION DES DANGERS POUR LES SCENARIOS D'ACCIDENTS

9.2.1 DEFINITION DES SEUILS REGLEMENTAIRES

Les valeurs de référence des seuils d'effets ont été fixées par arrêté du Ministère de l'Ecologie et du Développement durable (arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation).

Les seuils, correspondent à des effets attendus sur les hommes et les structures.

Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de surpression

Les valeurs de référence des seuils d'effets permettant de caractériser les effets de surpression sont les suivants :

Tableau 26 : Valeurs de référence relatives aux seuils de surpression

Surpression	Effets sur l'homme	Effets sur les structures
20 mbar	Seuil des effets délimitant la zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme	Seuil des destructions significatives de vitres
50 mbar	Seuil des effets irréversibles délimitant la « zone de dangers significatifs pour la vie humaine »	Seuil des dégâts légers sur les structures
140 mbar	Seuil des effets létaux délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine »	Seuil des dégâts graves sur les structures
200 mbar	Seuil des effets létaux significatifs délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine »	Seuil des effets dominos
300 mbar		Seuil des dégâts très graves sur les structures

Concernant les valeurs relatives aux seuils **d'effets liés à l'impact d'un projectile ou effets de projection**, compte tenu des connaissances limitées en matière de détermination et de modélisation des effets de projection, pour la délimitation des zones d'effets sur l'homme ou sur les structures des installations classées, il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur de référence.

Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques

Les valeurs de référence permettant de caractériser les effets thermiques sont les suivants :

Tableau 27 : Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques

Flux thermiques		Effets sur l'homme	Effets sur les structures
3 kW/m²	600 (kW/m²)$^{4/3}$.s	Seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine.	
5 kW/m²	1 000 (kW/m²)$^{4/3}$.s	Seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine.	Seuil des destructions de vitres significatives.
8 kW/m²	1 800 (kW/m²)$^{4/3}$.s	Seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine.	Seuil des effets domino et correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures.
16 kW/m²			Seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton.
20 kW/m²			Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton.
200 kW/m²			Seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes.

Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets toxique (par inhalation)

Pour la délimitation des zones d'effets significatifs sur la vie humaine, les seuils d'effets de référence pour les installations classées sont les suivants :

Tableau 28 : Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets toxiques

Temps d'exposition	Types d'effets constatés	Concentration d'exposition	Types de zone de dangers
Exposition de 1 à 60 minutes	Létaux	Seuil des Effets Létaux Significatifs SELS	Zone de dangers très grave pour la vie humaine
		Seuil des Premiers Effets Létaux SPEL	Zone de dangers graves pour la vie humaine
	Irréversibles	Seuil des Effets Irréversibles SEI	Zone de dangers significatifs pour la vie humaine
	Réversibles	Seuil des Effets Réversibles SER	-

9.2.2 DESCRIPTION DES MODELES D'EVALUATION DES EFFETS

La modélisation des phénomènes dangereux est présentée en annexe (« Modélisation des phénomènes dangereux », SOLER IDE, février 2026). Sont notamment détaillés dans cette annexe :

- Le type de modèle utilisé ;
- Les hypothèses de modélisation ;
- Les résultats obtenus.

N'est présentée ci-après qu'une synthèse des périmètres de dangers obtenus pour chacun des scénarios.

9.2.3 RISQUE INCENDIE

9.2.3.1 Description du modèle d'évaluation des effets thermiques – Logiciel FLUMILOG

La méthode de calcul utilisée permet à la base d'évaluer des effets thermiques produits par un feu d'entrepôt. Il s'agit du logiciel FLUMILOG (FLUx éMIs par un incendie d'entrepôt LOGistique), dont l'INERIS est à l'origine. Cette méthode permet de calculer l'incendie d'une cellule de stockage et d'étudier la propagation aux cellules voisines. Les distances d'effets des flux thermiques sont calculées en considérant :

- l'absence totale de moyens de secours et d'extinction ;
- la propagation de l'incendie et sa puissance au cours du temps ;
- les protections passives (murs coupe-feu, …).

Le logiciel Flumilog permet également d'évaluer les effets thermiques produit par un stockage en masse de combustible solide ou un stockage de liquides inflammables.

Par ailleurs, cette méthode est explicitement mentionnée dans plusieurs arrêtés ministériels notamment, dans l'arrêté enregistrement pour la rubrique entrepôt 1510. C'est donc cette méthode de calcul que nous proposons de retenir pour modéliser les conséquences de feu sur le site.

Une description détaillée du logiciel est fournie en annexe.

9.2.3.2 Calcul des effets thermiques pour les différents scénarios d'incendie

Les hypothèses de modélisation (caractéristiques des combustibles, des bâtiments …) sont présentées en annexe (« Modélisation des phénomènes dangereux », SOLER IDE). En annexe de ce document sont également fournies l'ensemble des notes de calculs issues des différentes simulations FLUMILOG.

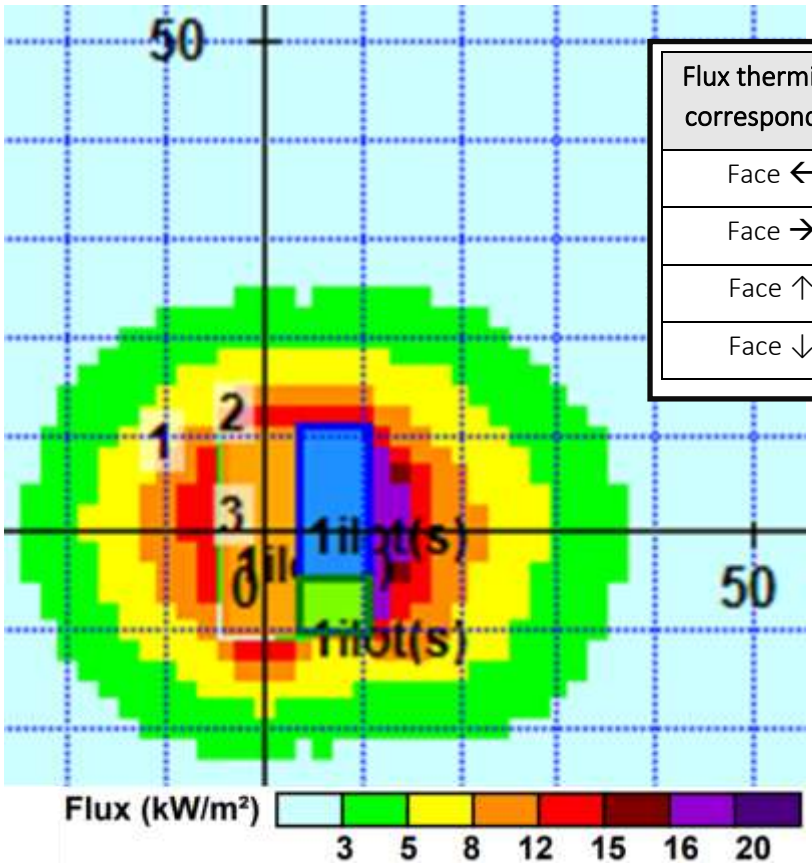
Ne sont présentés ci-après que les distances d'effet et les cartographies des zones de dangers.

9.2.3.3 Effets thermiques associés à l'incendie de la fosse OMR (sc.1.1)

Les caractéristiques de l'incendie, obtenues avec les hypothèses considérées, sont les suivantes.

Tableau 29 : Caractéristiques de l'incendie

	Durée de l'incendie	Puissance maximale de l'incendie	Emissivité max de la flamme	Hauteur maximale de flamme
Cellule 1 (côté four)	302 min	51,0 MW	14,5 kW/m²	18,5 m
Cellule 2 (côté quai)	254 min	43,2 MW	11,6 kW/m²	19,3 m
Cellule 3 (côté quai pontier)	115 min	1,6 MW	10,7 kW/m²	2,0 m



Flux thermique correspondant	8 kW/m²	5 kW/m²	3 kW/m²
Face ←	8 m	14 m	20 m
Face →	12 m	18 m	26 m
Face ↑	4 m	8 m	14 m
Face ↓	4 m	8 m	12 m

Figure 42 : Flux thermiques à l'extérieur de la fosse OM

Cette figure représente les flux thermiques maximum obtenus dans la configuration modélisée, c'est-à-dire pour un incendie d'une durée de 5 heures et où, par conséquent, les murs coupe-feu autour de la fosse ne jouent plus leur rôle de protection.

Cependant, notons **qu'au regard des moyens de protection incendie projetés au niveau de la fosse de réception des OMR, ce scénario est extrêmement peu probable**, l'extinction de l'incendie pouvant se réaliser en une durée bien inférieure à deux heures et, dans ce contexte, les flux ne sortiraient qu'au niveau des quais.

Dans tous les cas, l'ensemble des flux reste à l'intérieur des limites de propriété comme le montre la cartographie en partie 9.2.6.

9.2.4 RISQUE EXPLOSION – VCE OU UVCE

9.2.4.1 Description du modèle d'évaluation des effets de surpression – Modèle Multi-Energie

a) Préliminaires – Choix du modèle

Les méthodes simples d'évaluation des conséquences des explosions ne sont jamais prévues pour traiter à la fois des aspects à la fois mécaniques (ondes de pression) et thermiques. Ainsi, dans cette étude ne seront abordés que les calculs dédiés aux ondes de pression.

La méthode permettant de déterminer les effets de pression dans le cas d'une explosion repose sur :

- la détermination de l'énergie disponible lors de l'explosion ;
- la méthode multi-énergie pour évaluer l'atténuation des effets de pression.

Cette démarche a l'avantage d'être applicable aussi bien pour les explosions à l'air libre (UVCE) que pour l'évaluation des effets de surpression liés à l'éclatement d'un réservoir (atmosphère confiné).

b) Description du modèle multi-énergie

Les principes de base sur lesquels repose cette méthode sont directement inspirés des mécanismes qui gouvernent le déroulement des explosions de gaz.

L'idée centrale des méthodes basées sur le concept multi-énergie est qu'une explosion de gaz produit des effets d'autant plus important qu'elle se développe dans un environnement encombré ou turbulent dans lequel la flamme peut se propager rapidement et qu'en dehors de ces zones, les effets de pression associés à la propagation de flamme sont minimes.

Ainsi, pour comprendre la méthode Multi-Energie, il convient tout d'abord de garder à l'esprit qu'une explosion de gaz n'est susceptible d'engendrer de fortes surpressions que si :

- les flammes atteignent une vitesse de propagation importante (plusieurs dizaines de m/s) ;
- ou si les gaz sont confinés par des parois solides.

Pour cela, il convient de tenir compte des nombreux paramètres qui ont une influence sur la vitesse de propagation des flammes, parmi lesquels peuvent être cités :

- la densité d'obstacles ;
- le degré de confinement ;
- la forme et les dimensions du nuage inflammable ;
- la réactivité du combustible ;
- l'énergie et la position de la source d'inflammation ;
- et la turbulence du mélange réactif avant allumage.

Dans le cadre d'une application de la méthode Multi-Energie, la « violence » de chaque explosion élémentaire peut ensuite être caractérisée par un indice compris entre 1 et 10. A chaque indice correspond un niveau de surpression maximum.

Les niveaux maximum et les courbes d'atténuation de la surpression en fonction de la distance sont donnés, pour chaque indice, sur des abaques.

Le principe de la méthode multi-énergie et la méthodologie appliquée pour la détermination de l'énergie disponible d'explosion sont détaillées en annexe.

9.2.4.2 Modélisation des effets de surpression pour le scénario d'explosion suite à une rupture de la canalisation gaz naturel dans le hall four/chaudière (sc. 2A.4)

a) Description du scénario d'explosion et hypothèses de calcul

Dans le cadre de l'étude, on considère le scénario 2A.4 : Fuite de la canalisation de gaz dans le hall process de l'UVE et inflammation de l'ATEX, canalisation cheminant à près de 15 m de hauteur.

Bien que non applicable à la tuyauterie d'usine, les hypothèses validées par le guide méthodologique GESIP pour les canalisations de transports seront utilisés. Ainsi, pour les canalisations aériennes, l'évènement initiateur à retenir est celui de la petite brèche[9] de 12 mm avec rejet horizontal[10].

Ensuite, la pression interne maximale dans la canalisation de gaz naturel sera considérée à **5 bars rel.** pour la partie à l'intérieur du hall four/chaudière.

Le délai d'allumage de la masse de gaz considéré est de 60 s. Ce délai est justifié par l'étude de Lannoy (Analyse des explosions air – hydrocarbures en champs libre, 1984), qui indique que statistiquement, le délai d'allumage est généralement court, c'est-à-dire inférieur à 1 min dans 69% des cas étudiés. Les fuites de gaz sont en effet souvent associées à des interventions ou à des travaux, ou bien ont lieu en zone urbaine, qui offrent autant de sources d'ignition potentielles. On notera également qu'un nombre significatif de fuites de gaz ne rencontre pas de source d'ignition et ne produit pas d'explosion.

[9] Les brèches de référence sont définies par une section circulaire du diamètre indiqué (soit, ici, 12 mm).

[10] Un rejet horizontal donne des effets plus importants. Pour une tuyauterie aérienne, sur laquelle il n'y a a priori aucune contrainte d'orientation de rejet, c'est donc le rejet horizontal qui est considéré (sauf cas particulier).

b) Détermination des zones de dangers – Fuite de la canalisation aérienne de gaz naturel dans le hall four/chaudière (Sc. 2A.4)

1. Détermination du débit de fuite, de la masse de gaz inflammable et de l'énergie de combustion

La masse de gaz accumulée après 60 secondes est de 3,64 kg pour une fuite de la canalisation aérienne de 5 bars (voir détails des calculs en annexe).

A partir de la masse de méthane inflammable de 3,64 kg, le volume du nuage de vapeurs à la limite inférieure d'inflammabilité est alors de 107 m^3 soit une énergie de combustion de près de 182,1 MJ (voir annexe).

2. Détermination de l'indice de violence

Etant donné le volume important du local d'une unité d'incinération, on ne peut parler d'explosion en atmosphère confinée, ainsi, en se basant sur les recommandations de Kinsella, **l'indice de violence retenu est de 5** correspondant à l'indice maximum pour une explosion non confinée et minimum pour une explosion confinée avec :

- une énergie d'inflammation = faible (vitesse de propagation de flamme subsonique – régime de déflagration),
- un degré d'encombrement dû aux obstacles solides = fort,
- un degré de confinement = inexistant.

3. Résultats de la modélisation des effets de surpression

Les résultats de la modélisation des effets de surpression obtenus avec les hypothèses spécifiées ci-dessus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 30 : Effets de surpression – Scénario 2A.4 (canalisation intérieur hall four/chaudière)

Energie d'explosion (en J)	**182 060 126**			
Pression atmosphérique (en Pa)	101 325			
Indice de violence	**5**			
Surpression (en mbar)	200 mbar	140 mbar	50 mbar	20 mbar[11]
Distance réduite (en m)	0,5	0,9	2,2	/
Distance R (en m) à la hauteur de la canalisation (h=15 m)	**6,1 m**	**10,9 m**	**26,7 m**	**53,5 m**
Distance R (en m) à h=1,8 m	/	/	**23,3 m**	**51,8 m**

[11] La distance d'effet au seuil de 20 mbar est fixée par la réglementation de façon forfaitaire au double de la distance d'effet à 50 mbar.

9.2.5 RISQUE D'ECLATEMENT / DE BLEVE

9.2.5.1 Présentation de l'outil PROJEX

Cet outil de calcul permet de calculer les effets de pression ainsi que les distances de projection de fragments d'enveloppe définis par l'utilisateur observé suite à l'éclatement d'un réservoir de gaz. L'éclatement peut être pneumatique ou la conséquence d'une explosion interne.

Le modèle de calcul validé par l'INERIS et mis en œuvre par l'outil de calcul « PROJEX » mis en ligne sur le site internet Primarisk permet de déterminer les conséquences d'un éclatement de réservoir :

- la pression de rupture du réservoir est une donnée et le mode de rupture est supposé connu et instantané ;
- dans le champ proche, la pression est égale à la pression de choc déterminée classiquement à partir de la théorie des tubes à choc ;
- dans le champ lointain, la surpression décroît selon la courbe indice 10 de la méthode multi-énergie ;
- la projection des fragments est déterminée à l'aide des équations classiques de la balistique dans lesquelles la vitesse initiale est déduite des conditions de décharge du réservoir. Les effets de compressibilité de l'atmosphère sont pris en compte.

Dans bien des situations cette méthode fournit des estimations très conservatives.

9.2.5.2 Analyse du risque d'explosion d'une bouteille de gaz dans le four (sc. 2A.1)

a) Description des scénario d'explosion

L'évènement redouté est l'introduction d'une bouteille de gaz dans le four d'incinération.

A l'heure actuelle, il est malheureusement courant de retrouver des petites bouteilles de protoxyde d'azote (≤ 2kg) dans les fours d'incinération.

Un autre évènement, beaucoup moins probable, serait d'avoir une bouteille de gaz domestique dans les déchets introduit dans le four.

Les deux cas de figure seront donc étudiés :

- L'éclatement d'une bouteille de 2 kg de protoxyde d'azote dans le four d'incinération,
- L'éclatement d'une bouteille de butane ou propane de 13 kg (taille de bouteille la plus utilisée pour un usage domestique) dans le four d'incinération.

b) Eclatement des bouteilles – Détermination des zones de dangers (sc. 2A.1)

Les feuilles de résultats établies par le modèle PROJEX - INERIS sont fournies en annexe. Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau ci-après :

Tableau 31 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement bouteilles de protoxyde d'azote

Zones	Zone des dangers très graves pour la vie humaine correspondant à la zone seuil pour les effets domino	Zone des dangers graves pour la vie humaine	Zone des dangers significatifs pour la vie humaine	Zone de dangers – Bris de vitre
Surpression correspondante	**200 mbar**	**140 mbar**	**50 mbar**	**20 mbar**
Bouteille N_2O vide	1 m	1 m	3 m	6 m
Bouteille N_2O pleine	1 m	2 m	4 m	8 m

On constate que pour le gaz des bouteilles de protoxyde d'azote, les seuils d'effets sont très faibles et le seuil des effets domino (1 mètre) est inclus dans le four. Une telle explosion génèrerait donc des dégâts matériels au niveau des équipements (pouvant nécessiter un arrêt du four) ce qui est confirmé au regard de l'important retour d'expérience sur ce type d'incident.

Ce scénario ne constitue donc pas un scénario majeur au sens d'une étude de dangers.

Tableau 32 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement bouteilles butane ou propane

Zones	Zone des dangers très graves pour la vie humaine correspondant à la zone seuil pour les effets domino	Zone des dangers graves pour la vie humaine	Zone des dangers significatifs pour la vie humaine	Zone de dangers – Bris de vitre
Surpression correspondante	**200 mbar**	**140 mbar**	**50 mbar**	**20 mbar**
Bouteille Butane vide	3 m	4 m	9 m	18 m
Bouteille Butane pleine	4 m	5 m	12 m	24 m
Bouteille Propane vide	3 m	4 m	9 m	17 m
Bouteille Propane pleine	4 m	5 m	12 m	23 m

Dans ces cas-là, considérant les dimensions du four, le risque d'éclatement du four par effet domino ne peut être exclus. Il est donc modélisé en partie suivante.

c) Eclatement du four par effet domino de l'éclatement d'une bouteille de butane ou propane

Les feuilles de résultats établies par le modèle PROJEX - INERIS sont fournies en annexe. Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau ci-après :

Tableau 33 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement pneumatique du four

Zones	Zone des dangers très graves pour la vie humaine correspondant à la zone seuil pour les effets domino	Zone des dangers graves pour la vie humaine	Zone des dangers significatifs pour la vie humaine	Zone de dangers – Bris de vitre
Surpression correspondante	**200 mbar**	**140 mbar**	**50 mbar**	**20 mbar**
Eclatement four	Non atteint	Non atteint	31 m	62 m

9.2.5.3 Analyse du risque d'explosion de gaz (chambre de combustion – sc. 2A.3)

a) Description des scénario d'explosion

L'évènement redouté est la formation d'un mélange inflammable dans le foyer de combustion au démarrage d'un four du fait d'une absence de flamme. L'explosion a lieu lorsque le brûleur se remet en fonctionnement en amenant de l'air et en apportant la source d'ignition alors que l'ensemble du volume contient le mélange gazeux ;il est considéré la formation d'une ATEX à la LIE d'un mélange d'air et de méthane (soit 5% de CH_4). Le volume à considérer est donc le volume total du four.

Le phénomène étudié va comporter deux phases d'explosion :

- L'explosion primaire : explosion de l'ATEX dans l'enceinte confinée puis évacuation de l'énergie d'explosion à l'atmosphère lors de l'ouverture de la surface soufflable), l'énergie libérée dépend de la pression maximale atteinte dans l'enceinte (Pred) pendant l'explosion ;
- l'explosion secondaire (inflammation à l'extérieur, du gaz non brûlé lors de l'explosion primaire et expulsé à l'atmosphère lors de l'ouverture de la soupape ou de l'évent ou de la surface soufflable).

b) Explosion primaire – Détermination des zones de dangers (sc. 2A.3)

Les feuilles de résultats établies par le modèle PROJEX - INERIS sont fournies en annexe. Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau ci-après :

Tableau 34 : Définition des rayons des zones de dangers – Explosion interne four

Zones	Zone des dangers très graves pour la vie humaine correspondant à la zone seuil pour les effets domino	Zone des dangers graves pour la vie humaine	Zone des dangers significatifs pour la vie humaine	Zone de dangers – Bris de vitre
Surpression correspondante	**200 mbar**	**140 mbar**	**50 mbar**	**20 mbar**
Four – Explosion primaire	Non atteint	Non atteint	34 m	68 m

L'énergie d'explosion déterminée par PROJEX est de $2{,}9030.10^7$ J.

c) Explosion secondaire – Détermination des zones de dangers (sc. 2A.3)

1. Détermination de l'énergie de combustion

L'explosion secondaire correspond à une explosion de type UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion) des gaz non brûlés par l'explosion primaire. L'énergie de l'explosion est calculée par la soustraction de l'énergie thermique disponible (énergie totale de combustion) par l'énergie de Brode participant à l'explosion primaire.

L'énergie disponible pour l'explosion secondaire est donc de près de 804 MJ.

2. Détermination de l'indice de violence

Etant donné le volume important du local d'une unité d'incinération, on ne peut parler d'explosion en atmosphère confinée, ainsi, en se basant sur les recommandations de Kinsella, **l'indice de violence retenu est de 8** correspondant à l'indice maximum pour une explosion non confinée et minimum pour une explosion confinée avec :

- mélange turbulent (éjecté par l'explosion primaire) => énergie d'inflammation forte ;
- un degré d'encombrement dû aux obstacles solides = fort ;
- un degré de confinement = inexistant (volume du hall four/chaudière trop important).

Remarque : Dans tous les cas, au-dessus de l'indice 6, les abaques sont confondus pour les seuils de surpression inférieurs à 200 mbars.

3. Résultats de la modélisation des effets de surpression

Les résultats de la modélisation des effets de surpression obtenus avec les hypothèses spécifiées ci-dessus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 35 : Effets de surpression – Scénario 2A.3 – Explosion secondaire

Energie d'explosion (en J)	**803 970 000**			
Pression atmosphérique (en Pa)	101 325			
Indice de violence	**8**			
Surpression (en mbar)	200 mbar	140 mbar	50 mbar	20 mbar[12]
Distance réduite (en m)	1,5	2,3	5,1	/
Distance R (en m)	**29,9 m**	**45,9 m**	**101,7 m**	**203,4 m**

[12] La distance d'effet au seuil de 20 mbar est fixée par la réglementation de façon forfaitaire au double de la distance d'effet à 50 mbar.

9.2.6 CARTOGRAPHIE DES ZONES A RISQUES

Le rayon des différentes zones de dangers est donc :

Tableau 36 : Définition des rayons des zones de dangers (à hauteur d'Homme)

Zones			Zone des dangers très graves pour la vie humaine correspondant à la zone seuil pour les effets domino	Zone des dangers graves pour la vie humaine	Zone des dangers significatifs pour la vie humaine	Zone des effets indirects par bris de vitre
Seuil effet de surpression			**200 mbar**	**140 mbar**	**50 mbar**	**20 mbar**
UVCE/VCE gaz	Canalisation intérieure d'alimentation four – Sc. 2A.4		*Non atteint*	*Non atteint*	23,3 m	51,8 m
BLEVE / Eclatement	Eclatement du four par effet domino éclatement bouteille de gaz – Sc. 2A.1		*Non atteint*	*Non atteint*	31 m	62 m
	Four – Chambre de combustion – Sc.2A.3	Phase 1	*Non atteint*	*Non atteint*	34 m	68 m
		Phase 2	29,9 m	45,9 m	101,7 m	203,4 m
Seuil des effets thermiques			**8 kW/m²**	**5 kW/m²**	**3 kW/m²**	/
Incendie[(1)]	Fosse OMR – Sc. 1.1	Face ←	10 m	14 m	20 m	/
		Face →	12 m	18 m	26 m	
		Face ↑	5 m	10 m	14 m	
		Face ↓	5 m	10 m	12 m	

(1) Le logiciel FLUMILOG préconise de retenir une distance de 5 m pour des distances d'effets inférieures à 5 m et de 10 m pour des distances d'effets comprises entre 6 m et 10 m.

Les cartographies des zones de risques significatifs concernant les risques majeurs figurent en page suivante.

Remarque :

- Dans le cas des phénomènes d'explosion comportant deux phases, ne sont représentés sur les cartographies en page suivante que les rayons obtenus pour la phase avec les rayons les plus importants.

- Concernant la canalisation d'alimentation en gaz naturel du four, une fuite accidentelle peut se produire à n'importe quel niveau de la canalisation, des périmètres enveloppe autour de la canalisation ont donc été réalisés sur la cartographie des zones de dangers.

- Concernant le scénario 2A.1 « Explosion d'une bouteille de gaz dans le four », il a été modélisé le **scénario d'éclatement de bouteilles de protoxyde d'azote** ce qui a permis de démontrer les seuils d'effets sont très faibles et le seuil des effets domino (1 mètre) est inclus dans le four. Une telle explosion génèrerait donc des dégâts matériels au niveau des équipements (pouvant nécessiter un arrêt du four) ce qui est confirmé au regard de l'important retour d'expérience sur ce type d'incident. **Ce scénario ne constitue donc pas un scénario majeur au sens d'une étude de dangers et ne sera pas cartographiés**.

- Concernant ce même scénario, il a ensuite été modélisé l'éclatement de bouteilles de butane ou propane, dans ces cas-là, le risque d'éclatement du four par effet domino ne peut être exclus et c'est ce phénomène qui est représenté sur la cartographie en page suivante

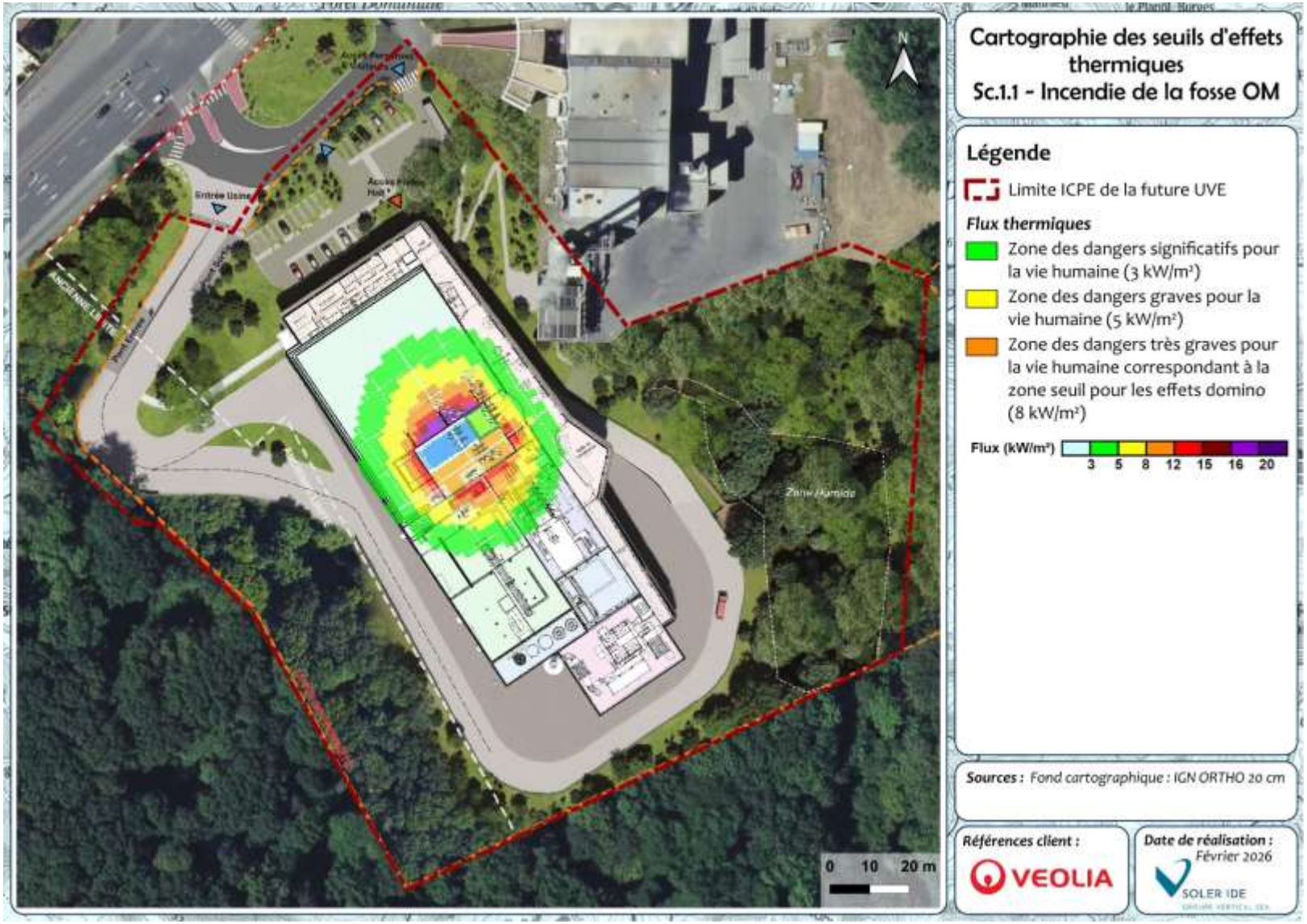


Figure 43 : Cartographie des seuils d'effets thermiques – Scénario 1.1 – Incendie généralisé des déchets dans la fosse OM

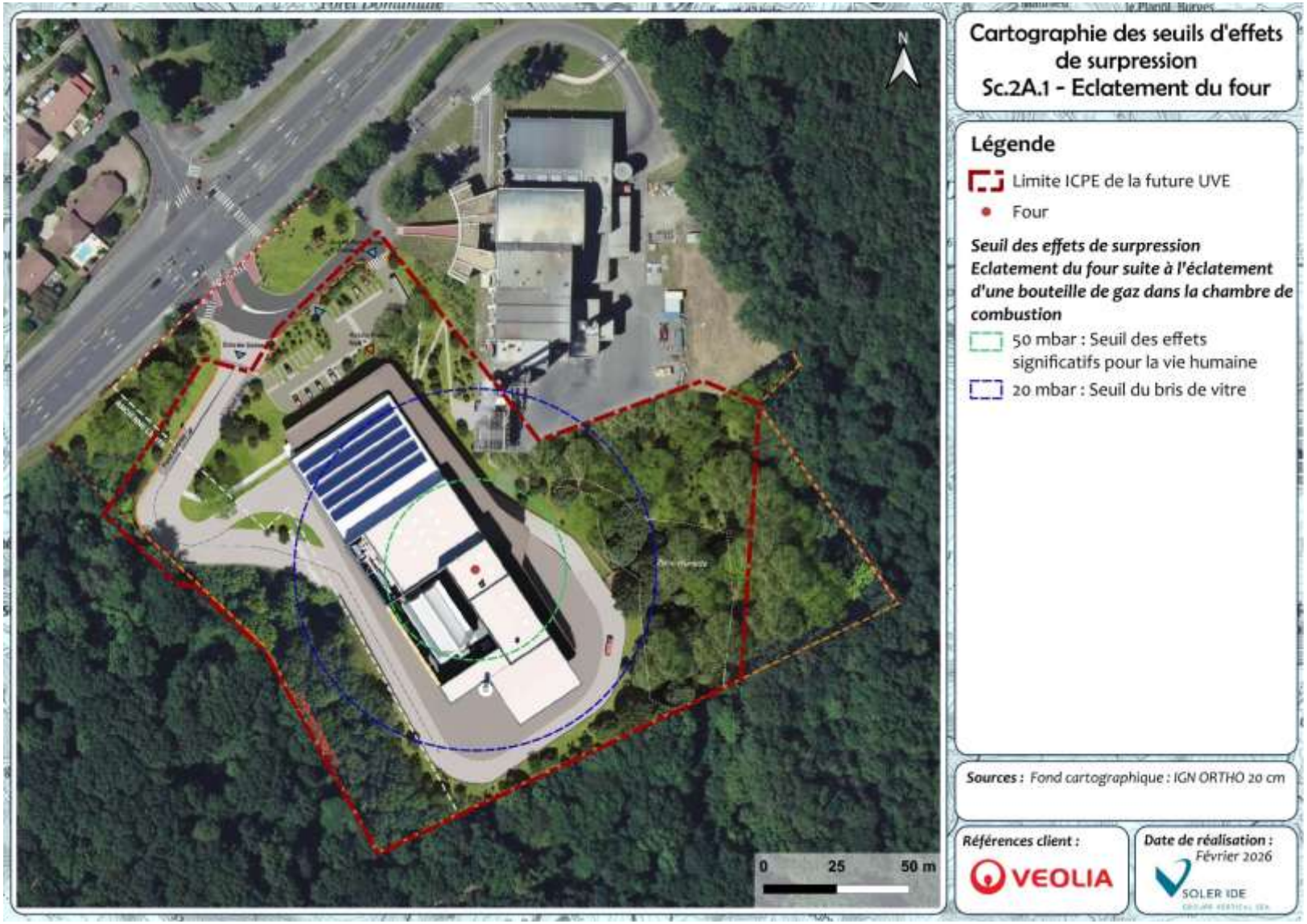


Figure 44 : Cartographie des seuils d'effets de surpression – Scénario 2A.1 - Eclatement du four suite à l'éclatement d'une bouteille de gaz

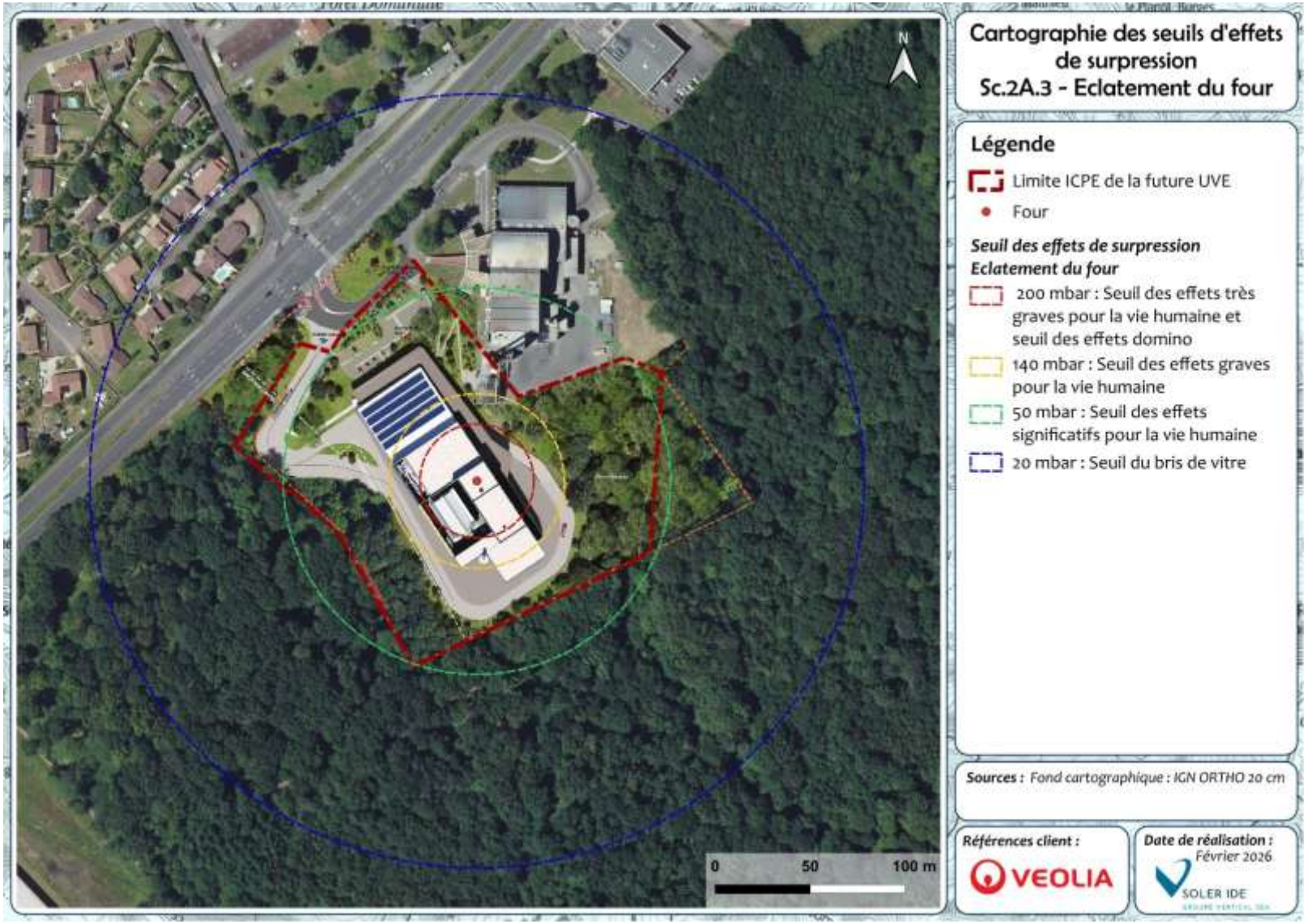


Figure 45 : Cartographie des seuils d'effets de surpression – Scénario 2A.3 - Eclatement du four

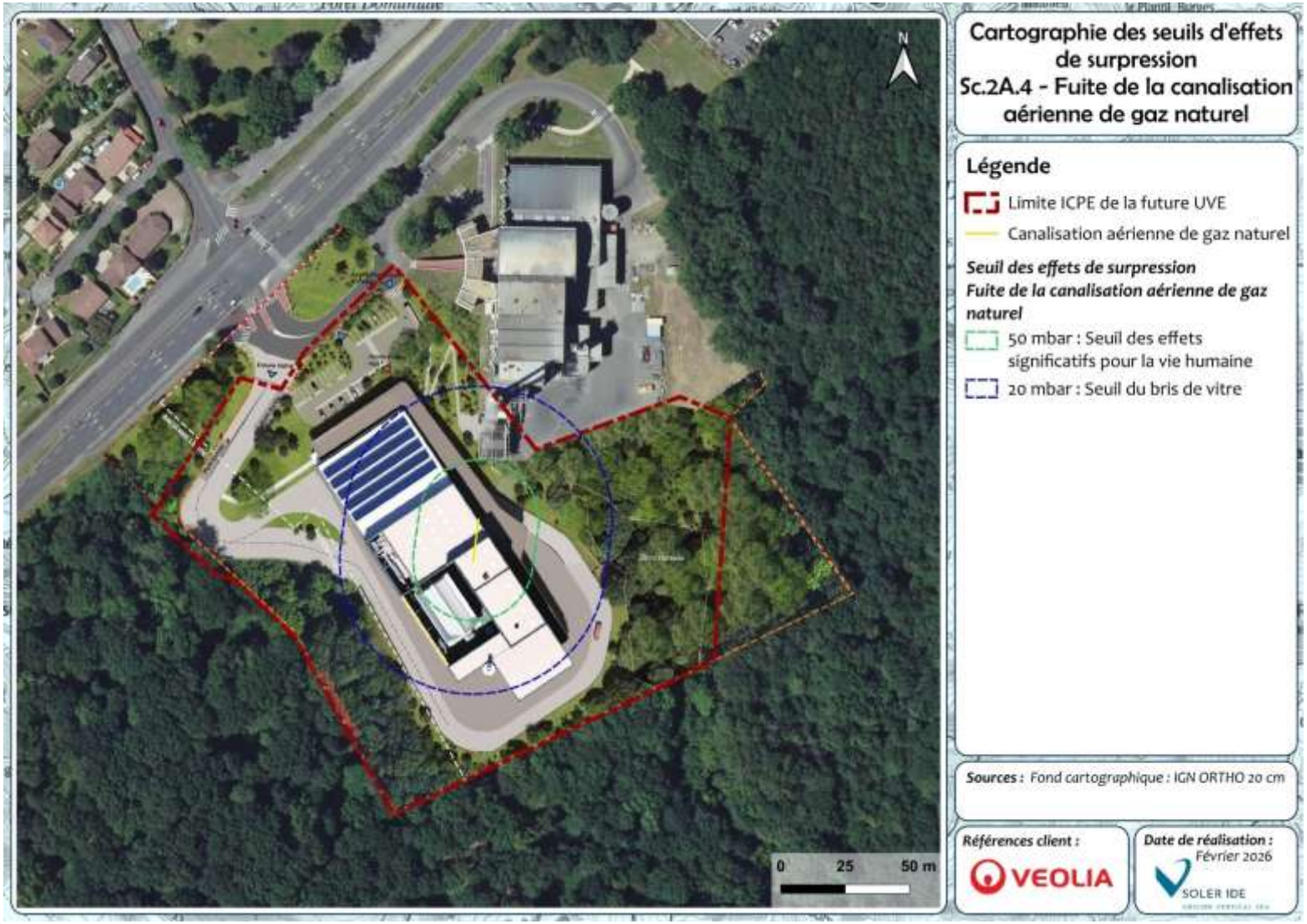


Figure 46 : Cartographie des seuils d'effets de surpression – Scénario 2A.4 – Fuite de la canalisation aérienne de gaz naturel dans le hall four/chaudière

9.2.7 IDENTIFICATION DES SCENARIOS MAJEURS

Les scénarios accidentels majeurs sont définis comme les scénarios ayant des effets sur des tiers hors des limites ICPE.

Au regard des modélisations réalisées (voir détails en annexe) et des cartographies présentées ci-avant, les scénarios majeurs sur le site sont les suivants :

- **Scénario 2A.3 : Explosion de la chambre de combustion et du parcours 1 post-combustion.**

9.2.8 GRAVITE POTENTIELLE

La fiche 1 de la circulaire du 10 mai 2010 (relative à la méthodologie de comptage des personnes pour la détermination de la gravité des accidents) permet de comptabiliser le nombre de personnes extérieures à proximité du site :

- pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friche …) : 1 personne par tranche de 100 ha ;
- pour les établissements recevant du public : prendre en compte leur capacité d'accueil ;
- pour les zones d'activités : prendre le nombre de salariés.

Ainsi, puisque la limite ICPE de la nouvelle UVE n'englobe pas l'UVE actuelle, il y a lieu de comptabiliser un effectif sur ce terrain. En l'absence de données sur l'affectation projetée de ce bâtiment et du terrain, il sera considéré un effectif maximum de 9 personnes.

Le détail de la cotation de la gravité est présenté dans l'annexe « Modélisation des phénomènes dangereux ».

Tableau 37 : Gravité des différents scénarios

Seuils d'effet		Caractéristique de la cible en dehors du site où l'effet serait observé	Nombre de personnes extérieures au site	Niveau de gravité
Sc. 2A.3 – Explosion du four	SELS	Seuil des effets contenu dans le site	0	**1***
	SEL	Seuil des effets contenu dans le site	0	**1***
	SEI	5 095 m² au sein du bois entourant les limites du site 3 036 m² au niveau de l'ancien UVE (non inclus dans le périmètre ICPE projeté)	Application de la règle de la circulaire du 10/05/2010 pour les **terrains non aménagés et très peu fréquentés** (1 pers. par tranche de 100 ha) : (1 935 + 3 160).10^{-4} /100 = 0,005 pers. Effectif maximum au niveau de l'ancienne UVE = 9 pers. => **< 10 personnes exposées**	**2**

9.2.9 EFFET DOMINO

Au regard de la cartographie, on constate que le seuil des effets domino est inclus dans les limites de propriété.

Par conséquent, aucun effet domino n'est à redouter à l'extérieur du périmètre ICPE.

Des effets dominos internes au périmètre de l'ICPE peuvent néanmoins survenir. Le tableau ci-après récapitule les équipements compris dans la zone des effets dominos ainsi que les phénomènes dangereux potentiels pouvant en résulter. Il est également précisé si les conséquences du phénomène dangereux initiateur sont aggravées par les conséquences du phénomène dangereux généré.

Tableau 38 : Synthèse des effets dominos internes

N° Sc.	Scénario	Installations ou équipements atteints par les effets domino	Effets domino potentiels
1.1	Incendie Fosse OMR	Seuil des effets domino sortant au niveau du quai de déchargement Seuil des effets domino atteignant également le four-chaudière ainsi qu'une partie des équipements du local « valorisation énergétique »	Au niveau du quai de déchargement, pas d'équipements atteints donc pas de risque d'effets domino Concernant les installations derrière la fosse, rappelons que la cartographie FLUMILOG représente les flux thermiques maximum obtenus dans la configuration modélisée, c'est-à-dire pour un incendie d'une durée de 5 heures et où, par conséquent, les murs coupe-feu autour de la fosse ne jouent plus leur rôle de protection. Cependant, notons qu'au regard des moyens de protection incendie projetés au niveau de la fosse de réception des OMR, ce scénario est extrêmement peu probable, l'extinction de l'incendie pouvant se réaliser en une durée bien inférieure à deux heures et, dans ce contexte, les flux ne sortiraient qu'au niveau des quais et sans effet domino potentiel lié aux autres installations.
2A.1	Eclatement du four par effet domino éclatement bouteille de gaz	Seuil des effets domino non atteint	/

N° Sc.	Scénario	Installations ou équipements atteints par les effets domino	Effets domino potentiels
2A.4	Fuite canalisation intérieure d'alimentation four + inflammation ATEX	Seuil des effets domino non atteint	/
2A.3	Eclatement chambre de combustion – Four-chaudière	Seuil des effets domino impactant l'ensemble des équipements du bâtiment fours-chaudières. Hors bâtiment four-chaudière, seuil des effets domino atteignant la fosse OMR, la fosse mâchefers, les locaux à l'Ouest « valorisation énergétique » à l'Ouest (locaux électriques, pompes alimentaire de la chaudière, local GTA) (cf. carte en amont du tableau dans l'annexe « modélisation »)	Rappelons, tout d'abord que les résultats ont été obtenus pour un éclatement à l'air libre ; l'effet d'atténuation du local n'a pas été pris en compte. Au niveau du périmètre « Fours-chaudières », un éclatement du four pourrait engendrer un endommagement important des équipements dans le bâtiment et de la structure du bâtiment. A noter qu'une partie de l'explosion sera absorbée par la structure du bâtiment. Concernant la fosse OMR et les locaux électriques, ils seront protégés par des murs béton (pas de risque d'effets domino). Pour la fosse mâchefers, il n'y a aucun risque de sur-accident. En cas d'endommagement des pompes alimentaires, l'effet à redouter à terme serait un manque d'eau dans le ballon. Cependant, en cas d'accident, les installations seraient mises à l'arrêt ; il n'y a donc pas de risques de sur-accident. Au niveau du bâtiment GTA, un éclatement du four-chaudière ou du ballon pourrait générer un endommagement du matériel voire un arrêt de la production électrique (secourus par un groupe électrogène et le réseau électrique ENEDIS en dernier secours) notons, toutefois que le groupe turbo-alternateur est protégé par une succession de murs entre le bâtiment four-chaudière et le local GTA qui absorberont, au moins en partie, les effets de surpression.

9.3 CARACTERISATION DE LA PROBABILITE D'OCCURRENCE DES ACCIDENTS IDENTIFIES

Dans le cadre de la réalisation de l'étude de dangers de l'établissement, seuls les phénomènes dangereux susceptibles de conduire à un accident majeur (et donc présentant au moins des effets irréversibles à l'extérieur de l'établissement) nécessitent d'être caractérisés en probabilité d'occurrence.

Pour rappel, dans le cadre de l'unité de valorisation énergétique, ces scénarios sont :

- Scénario 2A.3 : Explosion de la chambre de combustion et du parcours 1 post-combustion.

Scénario 2A.3 : Explosion de la chambre de combustion et du parcours 1 post-combustion

Vu le retour d'expérience existant sur ce type d'équipement, ce scénario a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité d'occurrence.

De plus, en raison du volume important de la chambre de combustion et du 1er parcours post-combustion (490 m^3) et du faible débit d'introduction du gaz, la formation d'une ATEX dans un tel volume nécessiterait un temps relativement important.

Ainsi, **la probabilité est évaluée à E dans une approche qualitative.**

9.4 CARACTERISATION DE LA CINETIQUE DES ACCIDENTS MAJEURS POTENTIELS

L'objet de ce chapitre est de caractériser la cinétique de développement des Phénomènes Dangereux, c'est-à-dire le délai entre un ERC (Evènement Redouté Central) jugé représentatif et le Phénomène Dangereux étudié.

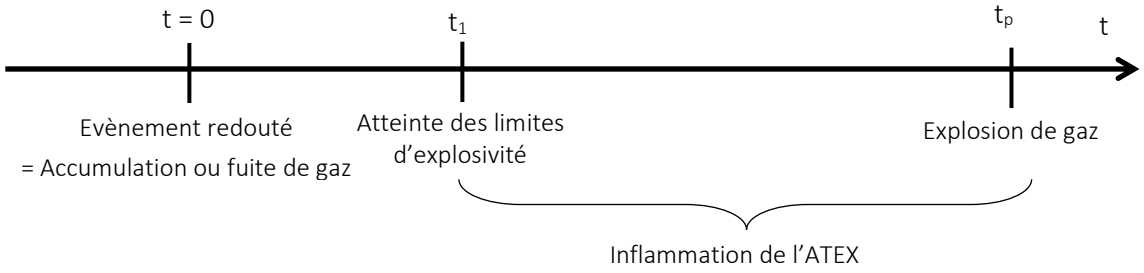
L'arrêté du 29 septembre 2005 évoque deux types de cinétiques :

- la cinétique d'apparition du phénomène dangereux, le temps de déclenchement d'un phénomène dangereux après apparition de l'ERC pouvant être qualifié d'instantané ou de différé ;
- la cinétique de déroulement d'un accident (phénomène lent ou rapide).

La cinétique de déroulement d'un accident est qualifiée de lente, dans son contexte, si elle permet la mise en œuvre de mesures de sécurité suffisantes, dans le cadre d'un plan d'urgence externe, pour protéger les personnes exposées à l'extérieur des installations objet du plan d'urgence avant qu'elles ne soient atteintes par les effets du phénomène dangereux (article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005).

9.4.1 CINETIQUE DU PHENOMENE D'EXPLOSION DE GAZ

Une explosion nécessite la concomitance d'une apparition préalable d'une atmosphère explosible et d'une source d'ignition.



L'inflammation peut survenir à tout moment après t_1.

Une explosion est par définition la transformation rapide d'une matière en une autre matière ayant un volume plus grand, généralement sous forme de gaz.

Plus cette transformation s'effectue rapidement, plus la matière résultante se trouve en surpression ; en se détendant jusqu'à l'équilibre avec la pression atmosphérique, elle crée un souffle déflagrant ou détonant, selon sa vitesse.

Ainsi, la cinétique d'une explosion est très rapide de l'ordre de quelques millisecondes.

9.4.2 CINETIQUE DU PHENOMENE DE BLEVE / D'ECLATEMENT

L'analyse du REX[13] montre que le délai qui s'écoule entre la manifestation de l'événement initiateur et le BLEVE varie généralement d'une dizaine de minutes à plus d'une heure environ. Le BLEVE n'est donc pas toujours un phénomène à dynamique lente de développement.

Ainsi, principalement dans les cas d'agression thermiques, la cinétique du BLEVE peut être qualifiée de rapide (quelques dizaines de minutes).

[13] INERIS, 21/09/2017, OMEGA-5, Le BLEVE, phénoménologie et modélisation des effets, Rapport n°DRA-17-164793-09921A

9.5 CRITICITE DES SCENARIOS D'ACCIDENT MAJEURS

9.5.1 SYNTHESE DE L'ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES MAJEURS

Sous-Ensemble	Opérations / Equipements		Evènements initiateurs (EI)	Evènement redouté central (ERC)	Mesures de prévention et de détection	Phénomène dangereux (PhD)	Cinétique	Mesures de protection	Rayons de dangers	Effets domino	Probabilité	Gravité	N° scénario
Sous-ensemble 2 – Incinération des déchets	A. Foyer de combustion et parcours 1 post-combustion	Chambre de combustion et parcours 1 post-combustion – Alimentation des brûleurs gaz	Panne du système d'allumage (défaut électrique d'allumage)	Non allumage des brûleurs de démarrage => Accumulation de gaz dans la chambre de combustion et le parcours 1 post-combustion avant re-démarrage => Formation d'une ATEX	Contrôle de la combustion dans le four par caméra + brûleurs dotés d'une fenêtre d'observation permettant une inspection visuelle de la flamme Détecteur de flamme au niveau de tous les brûleurs Entretien préventif Action de balayage du four et du parcours 1 post-combustion avant démarrage intégrée à la séquence d'allumage de l'installation	Explosion dans le four – Effets de surpression	Rapide	Type d'installation conçue pour résister sans dommage extérieur au four à des explosions causées par exemple par une bouteille de gaz Installation mise en dépression par extraction (ventilateur de tirage de ligne de traitement des fumées) d'air limitant donc les possibilités de surpression ou de retour de flamme Trappe d'explosion sur la 1ère trémie sous grille Explosion du four amortie le long du circuit des fumées + soupapes de sécurité et trappe d'expansion	SELS = 9,9 m SEL = 45,9 m SEI = 101,7 m	Aucun effet domino extérieur du site	E	2	2A.3

9.5.2 GRILLES DE CRITICITE PROBABILITE X GRAVITE DES RISQUES D'ACCIDENTS

Le code de couleur pour la lecture des grilles de criticité est rappelé ci-dessous :

- Conséquences de l'évènement redouté inacceptable
- Conséquences de l'évènement redouté inacceptable pour les sites nouveaux) / acceptable avec moyen de maîtrise du risque pour les sites existants
- Conséquences de l'accident acceptable avec moyen de maîtrise du risque
- Conséquences de l'accident acceptable

Pour mémoire, les scénarios majeurs associés à l'activité sur le site sont les suivants :

- Scénario 2A.3 : Explosion de la chambre de combustion et du parcours 1 post-combustion.

Conformément à l'arrêté ministériel du 26 mai 2014, ne sont inclus dans le tableau suivant que les scénarios qui ont des rayons d'effets qui sortent des limites du site ; or sur site, seuls 2 scénarios sont concernés, tous les autres scénarios ont l'ensemble des seuils d'effets contenus dans le site :

Tableau 39 : Grille de criticité

Gravité \ Probabilité	E	D	C	B	A
5					
4					
3					
2	2A.3				
1					

Les scénarios majeurs identifiés pour le site sont tous classés comme acceptables. La liste des barrières de sécurité retenue pour ces scénarios est, pour information, fournie ci-après.

Tableau 40 : Barrières de sécurité permettant de réduire significativement la gravité ou la probabilité du scénario d'éclatement du four-chaudière

Scénario	Réduction la probabilité d'occurrence	Réduction de la gravité des scénarios
Sc. 2A.3 – Explosion du four	Détecteur de flamme au niveau de tous les brûleurs Action de balayage du four et du parcours 1 post-combustion avant démarrage intégrée à la séquence d'allumage de l'installation	Conception de l'installation (résistance du four) Installation mise en dépression par extraction d'air (ventilateur de tirage de ligne de traitement des fumées) Trappe d'explosion sur la 1ère trémie sous grille Explosion du four amortie le long du circuit des fumées + soupapes de sécurité et trappe d'expansion

10 SYNTHESE ET CONCLUSION DE L'ETUDE DE DANGERS

Evolis 23, le Syndicat départemental d'élimination des déchets de la Haute-Vienne (Syded 87) et Limoges Métropole sont trois structures publiques regroupées dans une Entente Intercommunale qui a engagé le projet de créer une nouvelle Unité de valorisation énergétique (UVE) destinée à remplacer l'actuelle centrale énergie déchets de Limoges Métropole en raison notamment de sa vétusté.

La nouvelle Unité de Valorisation Énergétique (UVE) de Limoges sera édifiée en contrebas de la parcelle actuelle. Elle disposera d'une capacité totale annuelle d'incinération de 95 000 t/an. Sa capacité horaire nominale de traitement sera de 11,9 t/h au PCI de 2 300 kcal/kg, produit au travers d'un four-chaudière équipé d'une chaudière de récupération d'énergie de 31,8 MW au point nominal.

Les différents dangers pouvant exister autour et au sein des installations ont été étudiés. Une première étape d'analyse des risques a conduit notamment à la **hiérarchisation des phénomènes dangereux** susceptibles de se produire suite à l'occurrence d'évènements non désirés, eux-mêmes résultant de la combinaison de dysfonctionnements, dérives ou agressions extérieures sur le système.

A l'issue de cette **analyse préliminaire des risques**, les **scénarios d'accidents majeurs potentiels** identifiés sur le site sont :

Tableau 41 : Liste des scénarii d'accidents majeurs potentiels identifiés

Opérations / Equipements		Evènement redouté central (ERC)	Phénomène dangereux (PhD)	N° sc.
Sous-ensemble 1 : Réception, stockage et acheminement des déchets non dangereux (OMR)				
Fosse OMR		Départ de feu dans la fosse	Incendie généralisé des OMR dans la fosse Effet thermique	1.1
Sous-ensemble 2 – Incinération des déchets				
A. Zone d'incinération et de post-combustion	Grille de combustion et chambre de combustion primaire	Introduction accidentelle d'une bouteille de gaz dans le four	Explosion dans le four – Effets de surpression	2A.1
	Chambre de combustion et parcours 1 post-combustion – Alimentation des brûleurs au gaz	Non allumage des brûleurs de démarrage => Accumulation de gaz dans la chambre de combustion avant re-démarrage => Formation d'une ATEX	Explosion de la chambre de combustion : Effet de surpression	2A.3
	Canalisation intérieure d'alimentation fours UVE	Perte de confinement des tuyauteries gaz à l'intérieur du bâtiment (phase de démarrage GN des fours)	Inflammation de l'ATEX – UVCE Effet de surpression	2A.4
B. Système de récupération de chaleur	*Aucun scénario majeur identifié*			
C. Traitement des fumées (incluant stockage des réactifs)	*Aucun scénario majeur identifié*			

Opérations / Equipements		Evènement redouté central (ERC)	Phénomène dangereux (PhD)	N° sc.
D. Acheminement et stockage des résidus d'incinération	*Aucun scénario majeur identifié*			
Sous-ensemble 3 – Activités connexes				
Aucun scénario majeur identifié				

Ces scénarios font l'objet d'une étude détaillée des risques. Cette étape a tout d'abord permis de caractériser la gravité des accidents majeurs potentiels au travers de diverses modélisations.

Au regard des modélisations réalisées, les scénarios majeurs sur le site (ayant des effets sur des tiers hors des limites ICPE) sont les suivants :

- **Scénario 2A.3 : Explosion de la chambre de combustion et du parcours 1 post-combustion.**

Ensuite, seuls les phénomènes dangereux susceptibles de conduire à un accident majeur (et donc présentant au moins des effets irréversibles à l'extérieur de l'établissement) nécessitent d'être caractérisés en probabilité d'occurrence soit seul le scénario listé ci-avant.

Enfin, considérant les gravités et probabilités établies, ces scénarios sont positionnés dans la grille de criticité ci-dessous :

Gravité \ Probabilité	E	D	C	B	A
5					
4					
3					
2	**2A.3**				
1					

L'analyse détaillée des risques a ainsi mis en évidence :

- après mise en place des mesures préventives et avec des moyens de protection, on constate que l'ensemble des risques d'accidents majeurs identifiés sur le site est classé comme acceptable ;
- qu'il n'y a pas d'effets dominos à redouter à l'extérieur du site ;
- les modélisations des phénomènes de dangers ont permis de montrer que :
  - **l'ensemble des seuils d'effets graves et très graves pour la vie humaine sont inclus dans les limites de propriété** ;
  - seul le seuil des effets significatifs sort des limites de propriété et uniquement pour le scénario majeur identifié.

ANNEXES

ANNEXE 1 Dossier « Plans »

ANNEXE 2 Analyse Préliminaire des Risques

ANNEXE 3 Modélisation des phénomènes dangereux (SOLER IDE, Février 2026)

ANNEXE 4 Analyse du risque Foudre et Etude Technique Foudre (RG Consultant, Décembre 2025)

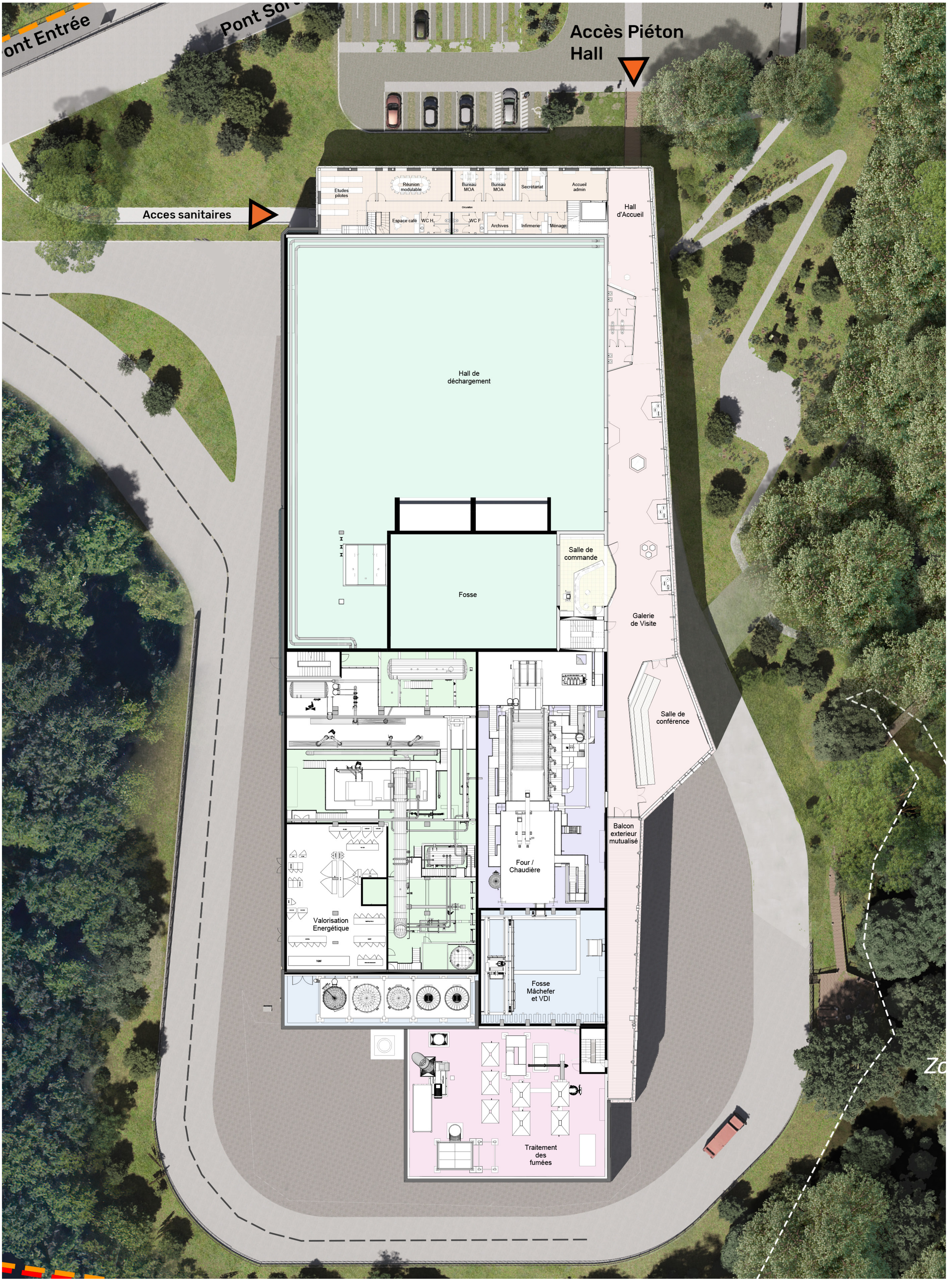
ANNEXE 5 ARIA, Synthèse « Explosions de bouteilles de protoxyde d'azote dans les incinérateurs de déchets non dangereux Bilan 2024 », Septembre 2025

ANNEXE 1 DOSSIER « PLANS »

1. Plan masse – Plan RDC ERP / Administration
2. Plan masse – Plan Hall de déchargement
3. Plan de circulation / Plan d'aménagement VRD
4. Plan masse – Localisation du local incendie et du bassin incendie
5. Plan des réseaux notamment réseau incendie – Localisation des poteaux incendie
6. Plan accès pompiers
7. Plan de circulation par typologie de véhicules

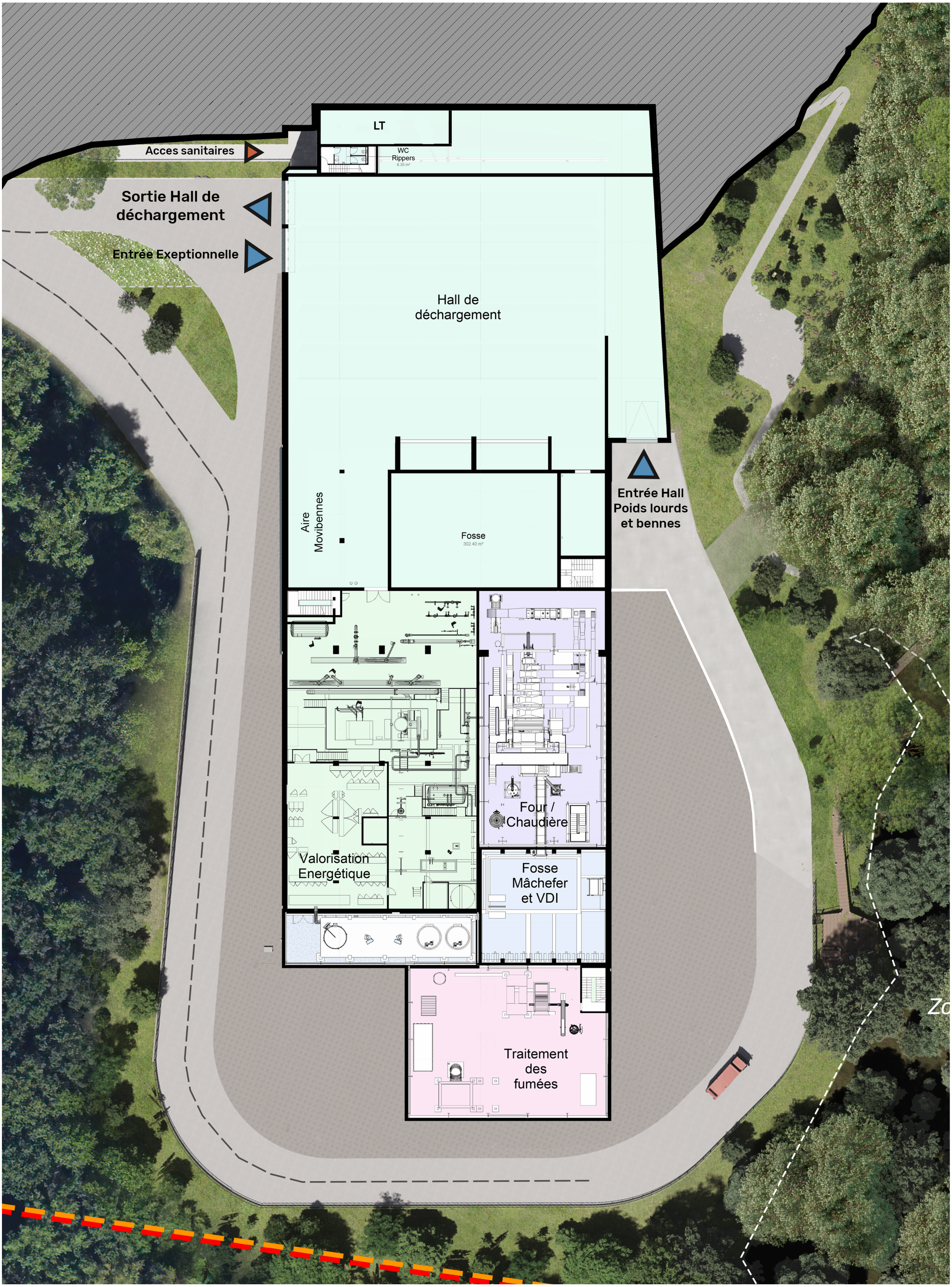
MARCHE GLOBAL DE PERFORMANCE (M.G.P) RELATIF A LA CONCEPTION, LA CONSTRUCTION ET L'EXPLOITATION
D'UNE UNITE DE VALORISATION ENERGETIQUE DES DECHETS

PLAN RDC ERP / ADMINISTRATION



MARCHE GLOBAL DE PERFORMANCE (M.G.P) RELATIF A LA CONCEPTION, LA CONSTRUCTION ET L'EXPLOITATION
D'UNE UNITE DE VALORISATION ENERGETIQUE DES DECHETS

PLAN RDC HALL DE DECHARGEMENT



Légende voirie :

- Enrobé
- Revêtement drainant
- Béton balayé
- Bois
- Mur de soutènement
- Clôture
- Bordure + glissière en bois
- CS1 CS1 — Caniveau CS1
- CC1 CC1 — Caniveau CC1

MARCHE GLOBAL DE PERFORMANCE (M.G.P) RELATIF A LA CONCEPTION, LA CONSTRUCTION ET L'EXPLOITATION D'UNE UNITE DE VALORISATION ENERGETIQUE DES DECHETS

évolis 23 — SYNDICAT MIXTE D'AMÉNAGEMENT DURABLE
Limoges Métropole — Communauté urbaine
SYDED HAUTE-VIENNE — tous écocitoyens !

Maître d'Ouvrage
Communauté Urbaine - Limoges Métropole
19 rue Bernard Palissy
87 000 Limoges
Tél : +33 5 55 45 79 00

Assistant Maître d'Ouvrage
Groupe Merlin
6 rue Grolée
69 002 Lyon
Tél : +33 4 72 32 56 00

Concessionnaire / Maître d'Ouvrage Délégué
VEOLIA Environnement
Siège social
30 rue Madeleine Vionnet
93 000 Aubervilliers

Maître d'Oeuvre
WSP | BG Ingénieurs Conseils SAS
40 avenue des Terroirs
75 012 Paris

Architecte
Hobo
150 avenue Thiers
33 100 Bordeaux

Bâtiment et Infrastructure
Eiffage Génie Civil
11 place de l'Europe
78 140 Vélizy-Villacoublay

Process

VINCI Construction Grands Projets
1973 boulevard de la Défense
92 757 Nanterre Cedex

Scheuch LIGNO GmbH
Mehrnbach 116
4941 Mehrnbach, Austria

Clévia Centre Est - Eiffage Energie Systèmes
10 boulevard Marcel Dassault
69 330 Jonage

PoL'en — PÔLE LIMOUSIN ÉNERGIES

Emetteur

Groupement Pôle Limousin Energies

Auteur

TPF Ingénierie
74 rue Georges Bonnac
Les Jardins de Gambetta - Tour 1
33 000 Bordeaux

Date	Indice	Rédacteur	Vérificateur	Modification
12/09/2025	F	DeD	PiN	Reprise pour APS
02/12/2024	C	DBI	PiN	Remarques MOA
28/11/2024	B	DBI	PiN	Remarques MOA
14/11/2024	A	DBI	PiN	Création du plan

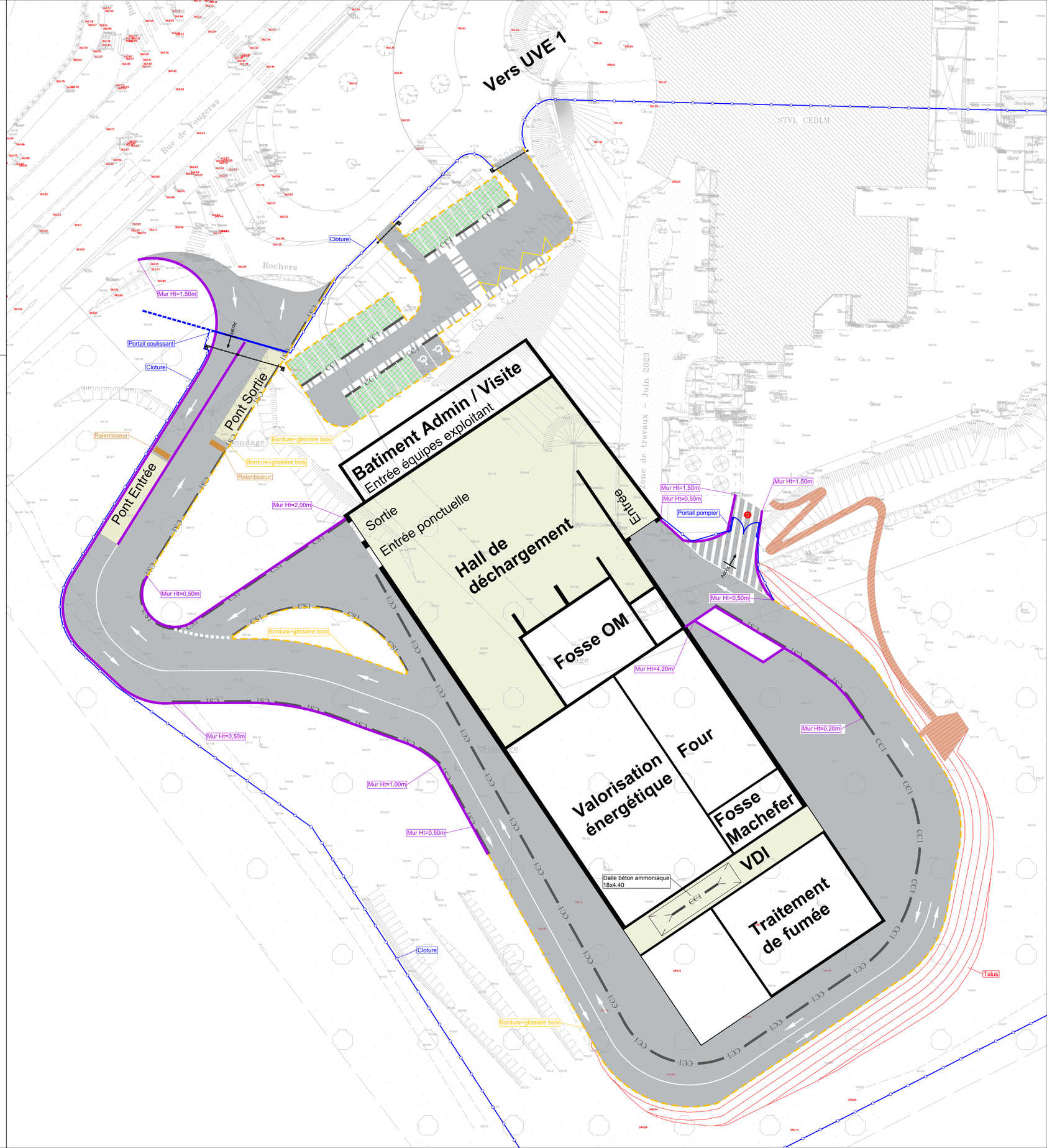
Modèle source :

Indice du modèle source :

Statut	PRE
Format:	600 x 430 mm
Echelle:	1:200

Plan d'aménagement VRD

AVP



Bassin incendie
149.54 m²
Bassin eau process
20.00 m²
Local incendie
83.18 m²
Fosse OM
302.40 m²
Escalier V1
Escalier V3
+352.08 NGF
Pompe alimentaire - Pompe RCU - Collecteur vapeur
265.82 m²
Hall Four / Chaudière
520.82 m²
Hall GTA
79.03 m²
Air comprimé
84.14 m²
Bâche condensats
25.97 m²
Transfo Elevateur
27.38 m²
Transfo et armoire FAS
13.74 m²
GES
50.09 m²
Production eau adoucie / eau déminée
129.47 m²
Cellule HTA
28.21 m²
Transformateurs abaisseurs
Fosse Mâchefer
93.16 m²
Hall Mâchefer
114.57 m²
VDI
160.64 m²
Palettier Lourd
88.20 m²
Rayonnages légers
87.98 m²
Escalier V2
Bureau Ateliers
42.12 m²
Ateliers
192.68 m²

NGF +348.00 -3.00 niv
NGF +351.00 +0.00 niv

MARCHE GLOBAL DE PERFORMANCE (M.P.G.P) RELATIF A LA CONCEPTION, LA CONSTRUCTION ET L'EXPLOITATION D'UNE UNITE DE VALORISATION ENERGETIQUE DES DECHETS

Indice	Etabli par	Approuvé par	Date	Objet de la révision
01			13.02.2026	diffusion PRO

A1 **N0 Usine**

PRO	1/200	HOB	PRJ	AR	1	003	A	01

Légende réseaux divers :

- Réseau HTA
- Transfo HTA
- Chambre de tirage HTA
- Réseau CFO
- Chambre CFO
- Réseau Cfa
- Chambre Cfa
- Réseau Telecom
- Chambre Telecom
- Réseau Eclairage
- Candélabres
- Chambre Eclairage
- Réseau IRVE
- Borne IRVE
- Réseau AEP Ø63
- Coffret AEP
- Réseau Incendie Ø200
- Poteau Incendie
- Réseau Chauffage Urbain
- Chambre Chauffage Urbain
- Réseau GAZ
- Détente GAZ

RCU raccordement à l'existant
GAZ point de raccordement non identifié
RCU raccordement sur attente réseau
Hall de déchargement
poste détente GAZ
VDI
Chambre Eclairage
Chambre 80x80 CFO
L1T CFO + Cfa
L2T CFO + Cfa
L2T Cfa
L2T Telecom
1/2L4T Cfa
1/2L4T CFO
1L2T CFO
K2C HTA
K1C CFO + Cfa
alim barrière Cfa 1Ø63
alim barrière CFO 1Ø100
1Ø63 Cfa Barrière + 1Ø63 Cfa Pesage BOM
1Ø100 CFO Barriere + 1Ø100 CFO Pesage BOM
1Ø63 Cfa Barrière + 1Ø63 Cfa Portail + 1Ø63 Cfa attente
1Ø100 CFO Barriere + 1Ø100 CFO Portail + 1Ø100 CFO attente
2Ø63 Cfa Barrières
2Ø100 CFO Barrières
2Ø100 CFO IRVE
2Ø63 Cfa Barrières + 2Ø63 Cfa pesage BOM + 1Ø63 Cfa Portail + 1Ø63 attente
1Ø63 Cfa Portail + 1Ø63 Cfa Poste de refoulement + 1Ø63 alarme séparateur hydrocarbure
1Ø63 Cfa Poste refoulement
1Ø63 Cfa alarme séparateur hydrocarbure
1Ø63 Cfa Portail
1Ø100 CFO Portail
1Ø100 CFO Poste refoulement
1Ø100 CFO Portail 1Ø100 CFO Poste refoulement
1Ø100 CFO pesage BOM + 4Ø100 CFO Barrieres + 1Ø100 CFO Portail + 1Ø100 CFO attente + 2Ø100 CFO IRVE
8Ø200 HTA
1Ø63 Cfa pesage BOM
5Ø42/45 Telecom
1Ø63 AEP
1Ø200 Incendie
Rue de Fougeras
Rue de la Recherche

MAÎTRE D'OUVRAGE - ENTENTE

Limoges Métropole Communauté urbaine · évolis 23 Syndicat Mixte d'Aménagement Durable · SYDED Haute-Vienne Tous écologiques !

MARCHE GLOBAL DE PERFORMANCE (M.P.G.P) RELATIF A LA CONCEPTION, LA CONSTRUCTION ET L"EXPLOITATION D'UNE UNITE DE VALORISATION ENERGETIQUE DES DECHETS

GROUPEMENT AMO

MANDATAIRE: Groupe MERLIN

Loire – Henochsberg Avocats · stratorial Conseil en gestion et finances locales · 2concert · BIMSKY

CONTRÔLEUR TECHNIQUE: apave

COORDINATEUR SPS: Qualiconsult

GROUPEMENT TITULAIRE DU MARCHÉ

MANDATAIRE: SOVAL — VEOLIA

CO-TRAITANTS GROUPEMENT — HOBO · EIFFAGE GÉNIE CIVIL

ÉMETTEUR: EIFFAGE GÉNIE CIVIL

Indice	Etabli par	Approuvé par	Date	Objet de la révision
01	PRe	DeO	05/02/26	Diffusion initiale

MODELE SOURCE:	BET_PRJ_DG_1_002_Fichier de référence
PHASE:	PRO
FORMAT:	A0
ECHELLE:	1/250

Nom du plan: Plan des réseaux divers

REF:	Emetteur	Domaine	Nature	Etat	Chrono	Destinataire	Indice
	EIF	EXT	RD	1	002	A	01


Parking VL
Parking Bus
Parking VL
Parking VL
Batiment Admin / Visite
Entrée
Nord
Pont Sortie
Pont Entrée
Voie Pompier
Voie Pompier
Voie Pompier
Voie Pompier
Voie des Residus
Dépotage Fioul
Ammoniac
Zone


Rue de Fougères
ANCIENNE LIMITE
Parking VL
Parking VL
Parking VL
Parking Bus
Nord
Batiment Admin / Visite
Entrée
Voie Pompier
Zone Humide
Voie des Résidus
Voie Pompier
Légende :
Circuit Déchets
Circuit Exploitation
Circuit mutualisé

ANNEXE 2 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

Analyse préliminaire des risques de l’Unité de Valorisation Energétique de Limoges

Sous-ensemble 1 : Réception, stockage et acheminement des déchets non dangereux (OMR)

Opérations / Equipements	Evènements initiateurs (EI)	Evènement redouté central (ERC)	Mesures de prévention et de détection	Phénomène dangereux (PhD)	Mesures de protection	Observations	Probabilité	Intensité	N° scénario
Fosse de stockage OMR	Présence de déchets dangereux Source d'ignition : choc métallique, effet loupe, étincelle issue du pot d'échappement Travaux de proximité Chute d'un camion au déchargement	Départ et propagation d'un feu	Hall de réception et fosse OMR dotés d'un système de détection incendie avec système d'extinction automatique ou manuel Surveillance vidéo de la fosse 24h/24 + caméras thermique et infrarouges sur la fosse Limitation de la durée de stockage dans la fosse + Mélange régulier des déchets = limitation du risque de fermentation et d'incendie Entreprise de travaux : plan de prévention, permis feu, inspection après travaux Système d'arrêtoir de déchargement du camion	Incendie généralisé de la fosse – Effets thermiques	Système de défense incendie du site – Moyens de lutte incendie spécifiques à la fosse OMR : * RIA * 2 canons à eau à balayage automatique et à commande manuelle Protection de la salle de contrôle et du pontier par une vitre épaisse, coupe-feu et arrosée Murs de séparation du hall de déchargement et du reste de l'installation = mur béton armé 40 cm = coupe-feu 2h Hall en dépression et air aspiré (et donc fumées) envoyé vers les installations d'incinération. Rétention des eaux d'extinction dans la fosse et dans les 2 ouvrages de rétention du site.	Fosse de 21 m sur 14,5 m – Profondeur 22 m Départ d'incendie de déchets est un évènement probable mais au regard des moyens de protection mis en place, sa propagation à l'ensemble des déchets stockés dans la fosse est improbable => probabilité C Déchets ménagers et assimilés = fort taux d'humidité et même en cas d'incendie, flux d'un incendie d'OM demeurant limités + Murs coupe-feu séparant le hall de déchargement des autres installations + Eloignement des limites de propriété => intensité = 2, risque d'effets domino à l'intérieur du site	C	2	1.1
				Incendie généralisé de la fosse – Fumées d'incendie	Hall en dépression et air aspiré (et donc fumées) envoyé vers les installations d'incinération.	Stockage de déchets non dangereux => risque de toxicité des fumées non majeur (cf. Etude de dangers)			
	Présence de déchets interdits (bouteilles de gaz, produits chimiques dangereux, …)	Explosion dans la fosse	Déchargement des camions sous la surveillance d'un pontier Surveillance vidéo de la fosse 24h/24 Mélange régulier des déchets => limitation des poches de gaz Hall en dépression et air aspiré (et donc fumées) envoyé vers les installations d'incinération	Effet de surpression	Murs de séparation du hall de déchargement et du reste de l'installation = mur béton armé 40 cm = coupe-feu 2h	Evènement très improbable => Probabilité = D Quantité de gaz inflammables limitée, effets limités au site et plus vraisemblablement au hall de déchargement => intensité = 1	D	1	1.2

Opérations / Equipements	Evènements initiateurs (EI)	Evènement redouté central (ERC)	Mesures de prévention et de détection	Phénomène dangereux (PhD)	Mesures de protection	Observations	Probabilité	Intensité	N° scénario
Trémie d'alimentation du four	Surchauffe du four et montée en température Déchets coincés dans le clapet d'obturation	Inflammation de déchets dans la goulotte d'alimentation	Caméras au-dessus de la trémie Contrôle des montées en température du four = base de type régulation de ce type d'installations Dépression maintenue dans le four limitant fortement la propagation de la chaleur vers la trémie Surveillance de la température par le système de contrôle-commande permettant : - d'activer des systèmes de refroidissement si nécessaire, - Si température trop élevée, mise en route des buses d'extinction de la trémie. Détection de niveau dans l'ensemble trémie / goulotte et de la formation de voûte ou d'une blocage déchets. Détection incendie au niveau de la trémie d'alimentation des fours (détecteurs infrarouges). Clapet de sécurité au niveau de la goulotte.	Incendie dans la trémie – Effets thermiques	Système d'extinction incendie doté de buses de pulvérisation et d'un système de surveillance de la température au niveau de la trémie d'alimentation	Propagation du feu dans la goulotte de la trémie peu probable car absence de déchets stockés à cet endroit => probabilité = D Volume de déchets limité dans la trémie Conséquences d'un tel incendie limitées à la trémie => intensité = 1	D	1	1.3

Sous-ensemble 2 : Incinération des déchets

A. Foyer de combustion et parcours 1 post-combustion

Equipements	Evènements initiateurs	Evènement redouté central	Mesures de prévention et de détection	Phénomène dangereux	Mesures de protection	Observations	Probabilité	Intensité	N° scénario
Chambre de combustion	Présence de déchets explosifs dans les déchets non détectés par les pontiers	Introduction accidentelle d'un explosif dans le four (bouteille de gaz, explosif contenu dans les déchets)	Déchargement des camions sous la surveillance d'un pontier Surveillance vidéo de la fosse 24h/24	Explosion dans le four – Effets de surpression	Type d'installation conçue pour résister sans dommage extérieur au four à des explosions causées par exemple par une bouteille de gaz Installation mise en dépression par extraction (ventilateur de tirage de ligne de traitement des fumées) d'air limitant donc les possibilités de surpression ou de retour de flamme Explosion du four amortie le long du circuit des fumées + soupapes de sécurité et trappe d'expansion	ERC constituant l'accident le plus redouté sur ce type d'installation Evénement pouvant se produire à plusieurs reprises dans la vie du site = probabilité A Conséquences demeurant limitées, four étant conçu pour résister à des explosions de bouteilles de gaz, il absorbera les surpressions produites, le circuit de fumées servant en quelques sortes d'évent Pour des engins explosifs plus importants : - canalisation de l'explosion par le volume des installations (four + circuit de fumées) permettant d'absorber la surpression dynamique en cas de besoin - circuit de vapeur du four-chaudière non situé à proximité de la grille où pourrait se produire l'explosion (limitant de ce fait le risque d'effet domino => conséquences = destruction d'une partie des réfractaires du four + risque d'endommagement des parties mobiles mais sans conséquences répercutables à l'extérieur => intensité = 2 (effets domino internes possibles)	A	2	2A.1
	Panne du ventilateur de tirage	Montée en température et en pression => Accumulation de gaz de combustion	Contrôle continu de la combustion (température, taux d'O_2 dans les fumées, dépression dans le four) Contrôle de la combustion dans le four par caméra + porte d'inspection sur le côté froid de la chambre de combustion, permettant une inspection visuelle de la chambre de combustion	Explosion dans le four – Effets de surpression	Type d'installation conçu pour résister sans dommage à des explosions Canalisation de l'explosion par le volume des installations permettant d'absorber la surpression dynamique en cas de besoin + soupapes de sécurité et trappe d'expansion	Moyens de détection permettant de déceler tous dysfonctionnements au niveau de la ligne d'incinération (notamment dysfonctionnement du ventilateur de tirage, augmentation incontrôlée de la température ou de la pression dans le four) => Probabilité D (grand REX sur ce type d'installation => scénario ayant fait l'objet de mesures permettant de réduire significativement sa probabilité) Conséquences demeurant limitées, four étant conçu pour résister à des explosions, il absorbera les surpressions produites + canalisation de l'explosion par le volume des installations (four + circuit de fumées) permettant d'absorber la surpression dynamique en cas de besoin Conséquences = destruction d'une partie des réfractaires du four + risque d'endommagement des parties mobiles mais sans conséquences répercutables à l'extérieur => intensité = 2 (effets domino internes possibles)	D	2	2A.2

Equipements	Evènements initiateurs	Evènement redouté central	Mesures de prévention et de détection	Phénomène dangereux	Mesures de protection	Observations	Probabilité	Intensité	N° scénario
Chambre de combustion et parcours 1 post-combustion – Alimentation des brûleurs au gaz	Panne du système d'allumage (défaut électrique d'allumage)	Non allumage des brûleurs de démarrage => Accumulation de gaz dans la chambre de combustion et le parcours 1 post-combustion avant re-démarrage => Formation d'une ATEX	Contrôle de la combustion dans le four par caméra + brûleurs dotés d'une fenêtre d'observation permettant une inspection visuelle de la flamme Détecteur de flamme au niveau de tous les brûleurs Entretien préventif Action de balayage du four et du parcours 1 post-combustion avant démarrage intégrée à la séquence d'allumage de l'installation	Explosion dans le four – Effets de surpression	Type d'installation conçue pour résister sans dommage extérieur au four à des explosions causées par exemple par une bouteille de gaz Installation mise en dépression par extraction (ventilateur de tirage de ligne de traitement des fumées) d'air limitant donc les possibilités de surpression ou de retour de flamme Trappe d'explosion sur la 1ère trémie sous grille Explosion du four amortie le long du circuit des fumées + soupapes de sécurité et trappe d'expansion	Moyens de détection permettant de déceler l'absence d'allumage des brûleurs et éviter l'accumulation suffisante de gaz dans le four => Probabilité C (évènement improbable) Conséquences = identiques aux scénarios précédents => Intensité = 2	C	2	2A.3
Trémie de collecte des fines sous grille	*Pas de risque retenu*								
Extracteur mâchefers	*Pas de risque retenu*								
Canalisation gaz naturel (partie extérieure)	*Cf. sous-ensemble 3 – Installations annexes*								
Canalisation gaz naturel partie intérieure aérienne Hall four / chaudière	Usure, fatigue, corrosion Surpression dans la tuyauterie de gaz suite à défaillance du détendeur Sources d'ignition : engins, cigarettes, foudre, étincelles …	Perte de confinement d'une tuyauterie gaz à l'intérieur du bâtiment	Maintenance préventive Contrôle régulier des canalisations Fermeture de la vanne d'alimentation sur détection de pression basse Détecteur incendie dans le bâtiment Dispositif de coupure du gaz naturel placé à l'extérieur Une façade et toiture fusibles dans le hall four/chaudière créant un chemin préférentiel pour l'onde de surpression.	Inflammation de l'ATEX – UVCE Effet de surpression	Procédure en cas d'urgence Système de défense incendie du site Intervention des services de secours externe	Fuite sur canalisation gaz naturel => événement similaire déjà rencontré sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité => Probabilité = C Toutefois, le fait que le débit soit suffisant pour former une ATEX (ou un feu torche) et l'apparition simultanée d'une source d'ignition (au regard des mesures de prévention du risque aura une probabilité plus faible => Probabilité D Eloignement des limites de propriété, toutefois, explosion semi-confinée => possibilité que les effets de surpression puissent sortir avec une intensité limitée du site => Intensité = 3	D	3	2A.4
				Feu torche - Effet thermique		Probabilité identique au scénario précédent Par contre, rayon d'effets thermiques plus faible qu'effets de surpression + éloignement des limites de propriété mais possibilité d'atteinte des équipements de sécurité au sein du site voire d'effets domino => Intensité = 2	D	2	2A.5

B. Système de récupération de chaleur

Equipements	Evènements initiateurs	Evènement redouté central	Mesures de prévention et de détection	Phénomène dangereux	Mesures de protection	Observations	Probabilité	Intensité	N° scénario
Chaudière à tubes à eau	Mauvais entretien du matériel Corrosion / Usure Défaillance d'une soupape de sécurité	Fuite ou éclatement d'un tube de chaudière ou des parties sous pressions (circuits vapeurs, collecteurs du circuit vapeur...)	Maintenance préventive et contrôle réglementaire des équipements Système de nettoyage automatique en continu par frappage pneumatique Ramonage de la chaudière Si pression de vapeur est trop élevée, => réduction par la mise en œuvre automatique de la vanne d'évent Dépassement du seuil de pression très haute => arrêt immédiat de l'installation	Nuage de vapeurs - Explosion par montée en pression	Trappe d'expansion	Type d'équipement disposant d'un grand REX et mesures de prévention mises en place en conséquence => Probabilité D Conséquences limitées = déformation de la paroi de la chambre voire arrachement du brûleur mais pas d'effets à l'extérieur => intensité = 1	D	1	2B.1
Ballon chaudière	*Pas de risque retenu*								

C. Traitement des fumées (incluant stockage des réactifs)

Opérations / Equipements	Evènements initiateurs (EI)	Evènement redouté central (ERC)	Mesures de prévention et de détection	Phénomène dangereux (PhD)	Mesures de protection	Observations	Probabilité	Intensité	N° scénario
Filtre à manches	Refroidissement insuffisant des fumées => Température des fumées trop élevées en entrée des équipements	Inflammation du filtre à manches	Dispositif de contrôle de la température => Déclenchement alarme si température trop élevée Présence d'un analyseur de poussière en continu	Incendie filtres à manche – Effets thermiques	Défense incendie du site	Type d'équipement disposant d'un grand REX et mesures de prévention mises en place en conséquence => probabilité D Conséquences = dégâts matériels mais sans incidence notable à l'extérieur des bâtiments => Intensité = 1	D	1	2C.1
Réacteur SCR	Défaillance d'un ou plusieurs organes appartenant au procédé catalytique	Dégagement d'ammoniac au niveau de l'équipement	2 pompes de dosage dont une redondante Supervision du débit des pompes doseuses permettant l'injection d'ammoniaque	Dégagement de NH_3 à l'atmosphère	Système de traitement des fumées maintenu en dépression permanente au moyen du ventilateur de tirage permettant de réduire fortement tout risque de fuite vers l'extérieur.	Ce type d'événement est très rare sur de telles installations, l'incident étant détecté immédiatement et le système étant en dépression, le risque de fuite vers l'extérieur est très faible. => probabilité E Compte tenu de la concentration de la solution ammoniaque injectée (24,5% en poids de NH3), elle ne présente aucun risque de dispersion toxique pour les riverains du site. => intensité = 1	E	1	2C.2
Equipements de traitement des fumées	*Percement du filtre à manches* *Dysfonctionnement au niveau de l'injection des réactifs par colmatage*	*Dysfonctionnement du système de traitement*				***RISQUE NON RETENU*** *Un dysfonctionnement des installations de traitement des fumées n'engendrerait aucun scénario d'accident majeur mais serait une source d'impact environnemental (pollution atmosphérique ou des eaux).* *=> Ce type de dysfonctionnement n'est donc pas dans l'analyse préliminaire des risques.*			
Silo de stockage de charbon actif (+chaux)	Erreur humaine	Sur-remplissage du silo	Système de niveau haut et très haut de remplissage du silo Présence d'un membre du personnel formé lors des opérations de remplissage	Pollution des milieux	Site imperméabilisé avec collecte des eaux de ruissellement dans un bassin imperméabilisé avec vanne d'obturation pour contenir une éventuelle pollution Procédure d'intervention mise en place sur le site en cas d'épandage	V = 60 m^3 Type d'équipement disposant d'un grand REX sur ce type d'installation et mise en place d'une surveillance des installations => Probabilité D Ce type de phénomène ne génère aucun risque pour les populations riveraines et aucun risque d'effet domino n'est à redouter => intensité = 1	D	1	2C.3
Silo d'eau ammoniacale	*Pas de risque retenu – Cf. étude de dangers*								
Autres réactifs	*Pas de risque retenu – Cf. étude de dangers*								

D. Acheminement et stockage des résidus d'incinération

Opérations / Equipements	Evènements initiateurs (EI)	Evènement redouté central (ERC)	Mesures de prévention et de détection	Phénomène dangereux (PhD)	Mesures de protection	Observations	Probabilité	Intensité	N° scénario
Cendres sous chaudière / REFIOM	Erreur humaine	Débordement au chargement des camions Arrachage du système de chargement par déplacement du camion	Détecteur de niveau haut de produit déclenchant une alarme Manche de chargement du camion-citerne équipé d'un dispositif d'arrêt en cas de débordement. Soupape de sécurité Fermeture guillotine du silo Présence du personnel de l'usine lors des opérations de chargement	Pollution des milieux	Procédure d'intervention mise en place sur le site en cas d'épandage	Evènement peu probable au regard des mesures de prévention = Probabilité C Type de phénomène ne générant aucun risque pour les populations riveraines et aucun risque d'effet domino n'est à redouter = > intensité = 1	C	1	2D.1
	Défaillance détection	Sur-remplissage du silo	Système de niveau haut de remplissage avec alarme				C	1	2D.2
Mâchefer	*Présence d'eau dans les mâchefers chauds*	Production H_2	Ventilation forcée Refroidissement des mâchefers en sortie de four	Inflammation H_2	/	**Pas de risque retenu :** Ce scénario ne présente un risque qu'aux abords immédiats de l'extracteur et la fosse à mâchefers => scénario non majeur au sens d'une étude de dangers			

Sous-ensemble 3 : Activités connexes

Opérations / Equipements		Evènements initiateurs (EI)	Evènement redouté central (ERC)	Mesures de prévention et de détection	Phénomène dangereux (PhD)	Mesures de protection	Observations	Probabilité	Intensité	N° scénario
A. Circulation sur le site	Camions	Collision entre deux véhicules	Epandage	Contrôle des véhicules à l'entrée sur le site Circulation sans croisement Existence d'un plan de circulation sur le site Vitesse limitée sur le site– Présence de panneaux signalétiques Communication du protocole de sécurité aux chauffeurs	Pollution des milieux	Site imperméabilisé avec collecte des eaux de ruissellement dans un bassin imperméabilisé avec vanne d'obturation pour contenir une éventuelle pollution Kits anti-pollution et absorbants sur le site Procédure d'intervention mise en place sur le site en cas d'épandage	***Scénario non retenu :*** *Comme explicité dans l'étude de dangers, le risque de collision entre deux véhicules n'est pas considéré comme majeur et ne sera donc pas considérés dans l'analyse des risques.*			
					Feu en présence d'une source d'ignition	Système de défense incendie du site				
B. Réseau gaz naturel	Alimentation gaz naturel	Coupure réseau gaz Incident inopinée sur la ligne gaz	Arrêt de l'alimentation en gaz				**Pas de risque retenu :** Utilisation du gaz naturel qu'au démarrage et à l'arrêt de l'installation et en cas de nécessité pour le maintien en température (850°C). En cas de problème d'alimentation en gaz, mise à l'arrêt de l'installation si le seuil des 850°C pendant 2 secondes pour les fumées n'est pas atteint.			
	Canalisation aérienne extérieure de gaz naturel (uniquement au poste de détente en façade Est)	Usure, fatigue, corrosion Agressions externes sur la tuyauterie (chocs de véhicules …) Surpression dans la tuyauterie de gaz suite à défaillance du détendeur	Fuite d'une canalisation de gaz avec formation d'une ATEX (air libre) et inflammation retardée	Protection de la partie aérienne de la canalisation extérieure contre une agression physique Maintenance préventive	Inflammation de l'ATEX – UVCE Effet de surpression	Procédure en cas d'urgence Système de défense incendie du site Intervention des services de secours externe	Fuite sur canalisation gaz naturel => événement similaire déjà rencontré sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité => Probabilité = C Toutefois, le fait que le débit soit suffisant pour former une ATEX (ou un feu torche) et l'apparition simultanée d'une source d'ignition (au regard des mesures de prévention du risque aura une probabilité plus faible => Probabilité D Eloignement des limites de propriété, et explosion à l'air libre mais possibilité d'atteinte des équipements de sécurité au sein du site voire d'effets domino => Intensité = 2	D	2	3B.1

Opérations / Equipements		Evènements initiateurs (EI)	Evènement redouté central (ERC)	Mesures de prévention et de détection	Phénomène dangereux (PhD)	Mesures de protection	Observations	Probabilité	Intensité	N° scénario
	Canalisation aérienne extérieure de gaz naturel (uniquement au poste de détente en façade Est)	Usure, fatigue, corrosion Agressions externes sur la tuyauterie (chocs de véhicules …) Surpression dans la tuyauterie de gaz suite à défaillance du détendeur	Fuite d'une canalisation de gaz naturel en présence d'une source d'inflammation – Inflammation immédiate	Protection de la partie aérienne de la canalisation extérieure contre une agression physique Contrôle régulier des canalisations	Feu torche - Effet thermique	Procédure en cas d'urgence Système de défense incendie du site Intervention des services de secours externe	Probabilité identique au scénario précédent Par contre, rayon d'effets thermiques plus faible qu'effets de surpression + éloignement des limites de propriété mais possibilité d'atteinte des équipements de sécurité au sein du site voire d'effets domino => Intensité = 2	D	2	3B.2
	Canalisation souterraine de gaz naturel	Agression mécanique ou thermique	Rupture de la canalisation				***Scénario non retenu*** *conformément à la circulaire du 10 mai 2010 – Cf. étude de dangers*			
C. Installations électriques	Transformateurs						*Aucun risque majeur retenu – cf. étude de dangers*			
	Distribution d'électricité	Coupure réseau – Défaillance fournisseur Foudre	Pertes de l'utilité « électricité »	Groupe électrogène de secours pour arrêt en sécurité des installations Alimentations électriques des dispositifs de détection de fumée et de détection incendie secourues	/	Procédure d'arrêt de l'installation	**Aucun scénario retenu**			
D. Installations de compression	Compresseurs d'air						*Aucun risque majeur – cf. étude de dangers*			
E. Alimentation en eau	Alimentation en eau	Coupure d'eau sur le réseau AEP	Arrêt de l'alimentation en eau	Site équipé d'une réserve d'eau de 500 m^3 suffisante pour l'alimentation du process pendant 24h et des dispositifs d'extinction incendie simultanément	/	/	**Aucun scénario retenu** Installation de traitement des fumées et installation d'extinction pouvant être alimentée par les deux sources d'eau du site.			
	Unité de production d'eau déminéralisée						*Aucun risque majeur – cf. étude de dangers*			
F. Carburant (groupe électrogène de secours)	Camions livraison fioul	Erreur humaine / Malveillance : Départ d'un porteur avec flexible branché	Epandage de fioul	Procédure spécifique de dépotage Prise de mise à la terre du véhicule avant dépotage Présence systématique du chauffeur au dépotage	Pollution des milieux	Zone de dépotage imperméabilisée et sur rétention Kits anti-pollution sur le site Procédure d'intervention	Départ d'un porteur avec flexible branché = évènement possible mais très peu probable => Probabilité E En raison des mesures de protection, conséquence d'un épandage limité au site => Intensité = 1 En cas de feu de nappe, volume d'épandage faible et conséquence d'un incendie limitée mais possibilité d'atteinte des équipements de sécurité au sein du site voire d'effets domino => Intensité = 2	E	1	3F.1
					Feu en présence d'une source d'ignition	Système de défense incendie du site		E	2	3F.2

Opérations / Equipements		Evènements initiateurs (EI)	Evènement redouté central (ERC)	Mesures de prévention et de détection	Phénomène dangereux (PhD)	Mesures de protection	Observations	Probabilité	Intensité	N° scénario
F. Carburant (groupe électrogène de secours)	Flexibles Pomperie et accessoires	Fuite/rupture de flexibles Rupture – fuite de pompes – fuites brides, vannes	Epandage de fioul	Procédure spécifique de dépotage Prise de mise à la terre du véhicule avant dépotage Présence systématique du chauffeur au dépotage Maintenance préventive des flexibles Chambres à vannes sécurisées (SécuriBox)	Pollution des milieux	Zone de dépotage imperméabilisée et sur rétention Kits anti-pollution sur le site Procédure d'intervention	Evènement peu probable (évènement déjà rencontré et sans que les mesures correctives apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité) => Probabilité C Volume de l'épandage en jeu faible, conséquence limitée au site => Intensité 1	C	1	3F.3
					Feu en présence d'une source d'ignition	Système de défense incendie du site	Phénomène nécessitant une fuite (probabilité C) et la présence d'une source d'ignition rendant ce scénario très peu probable => Probabilité D Volume d'épandage faible et conséquence d'un incendie limitée => Intensité = 1	D	1	3F.4
	Cuve de fioul enterrée	Remplissage / Vidange => mouvement de produit dans la cuve + Sources d'ignition : foudre, effet domino d'un incendie sur le site, travaux sur site	Formation d'ATEX au niveau de l'évent	Pas de livraison pendant un orage Procédure d'information et permis de feu en cas de travaux sur site	Feu d'évent	Système de défense incendie du site - Intervention des services de secours externe	Phénomène nécessitant l'émission de vapeurs inflammables et la présence d'une source d'ignition rendant ce scénario extrêmement peu probable notamment au regard des mesures de prévention mise en place => Probabilité E Quantité limitée de vapeurs, rejet éloigné des limites de propriété, conséquence d'un incendie limité mais pouvant atteindre des équipements au sein de site => Intensité = 2	E	2	3F.5
		Corrosion de la cuve	Perçage de la cuve	Cuve double peau Détecteur de fuite	Pollution des milieux	Pompage du volume contenu dans la cuve Arrêt utilisation de la cuve Elimination des terres polluées	Perçage d'une cuve est très peu probable notamment en raison de la maintenance et des opérations de contrôle mis en place sur le site => Probabilité = E Volume de l'épandage en jeu faible, conséquence limitée au site => Intensité 1	E	1	3F.6
G. Carburant (alimentation engins)	Camions livraison GNR Aire de dépotage	Erreur humaine / Malveillance : Départ d'un porteur avec flexible branché Rupture / fuite du flexible	Epandage de GNR	Procédure spécifique de dépotage Prise de mise à la terre du véhicule avant dépotage Présence systématique du chauffeur au dépotage	Pollution des milieux	Zone de dépotage imperméabilisée et sur rétention Kits anti-pollution sur le site Procédure d'intervention	Départ d'un porteur avec flexible branché = évènement possible mais très peu probable => Probabilité E En raison des mesures de protection, conséquence d'un épandage limité au site => Intensité = 1	E	1	3G.1
					Feu en présence d'une source d'ignition	Système de défense incendie du site	En cas de feu de nappe, volume d'épandage faible et conséquence d'un incendie limitée mais possibilité d'atteinte des équipements de sécurité au sein du site voire d'effets domino => Intensité = 2	E	2	3G.2

Opérations / Equipements		Evènements initiateurs (EI)	Evènement redouté central (ERC)	Mesures de prévention et de détection	Phénomène dangereux (PhD)	Mesures de protection	Observations	Probabilité	Intensité	N° scénario
G. Carburant (alimentation engins)	Flexibles Pomperie et accessoires (dépotage)	Fuite/rupture de flexibles Rupture – fuite de pompes – fuites brides, vannes	Epandage de GNR	Procédure spécifique de dépotage Prise de mise à la terre du véhicule avant dépotage Présence systématique du chauffeur au dépotage Maintenance préventive des flexibles Chambres à vannes sécurisées (SécuriBox)	Pollution des milieux	Zone de dépotage imperméabilisée et sur rétention Kits anti-pollution sur le site Procédure d'intervention	Evènement peu probable (évènement déjà rencontré et sans que les mesures correctives apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité) => Probabilité C Volume de l'épandage en jeu faible, conséquence limitée au site => Intensité 1	C	1	3G.3
					Feu en présence d'une source d'ignition	Système de défense incendie du site	Phénomène nécessitant une fuite (probabilité C) et la présence d'une source d'ignition rendant ce scénario très peu probable => Probabilité D Volume d'épandage faible et conséquence d'un incendie limitée => Intensité = 1	D	1	3G.4
	Poste de distribution de carburant	Fuite/rupture de flexibles Rupture – fuite de pompes – fuites brides, vannes	Epandage de GNR	Formation des opérateurs sur site Maintenance des installations	Pollution des milieux	Zone de remplissage imperméabilisée et sur rétention Kits anti-pollution sur le site Procédure d'intervention	Evènement peu probable (évènement déjà rencontré et sans que les mesures correctives apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité) => Probabilité C Volume de l'épandage en jeu faible, conséquence limitée au site => Intensité 1	C	1	3G.5
					Feu en présence d'une source d'ignition	Système de défense incendie du site	Phénomène nécessitant une fuite (probabilité C) et la présence d'une source d'ignition rendant ce scénario très peu probable => Probabilité D Volume d'épandage et extension de la nappe limitée (zone de remplissage sur rétention) et conséquence d'un incendie limitée => Intensité = 1	D	1	3G.6
	Cuve GNR aérienne verticale	Trop plein lors du dépotage	Débordement de la cuve	Cuvettes de rétention Procédure de dépotage Limiteur de remplissage Mise à la terre des équipements	Feu de cuvette en présence d'une source d'ignition	Système de défense incendie du site Confinement des eaux d'extinction incendie Intervention des services de secours externes	Phénomène très improbable au regard des mesures mises en place => Probabilité D Eloignement des limites de propriété mais possibilité d'atteinte des équipements de sécurité au sein du site voire d'effets domino => Intensité = 2	D	2	3G.7
		Corrosion de la cuve	Perçage de la cuve	Cuvettes de rétention Maintenance et contrôle périodique de l'état de la cuve Mise à la terre des équipements	Feu de cuvette en présence d'une source d'ignition		Evènement très improbable => Probabilité D Eloignement des limites de propriété mais possibilité d'atteinte des équipements de sécurité au sein du site voire d'effets domino => Intensité = 2	D	2	3G.8

Opérations / Equipements		Evènements initiateurs (EI)	Evènement redouté central (ERC)	Mesures de prévention et de détection	Phénomène dangereux (PhD)	Mesures de protection	Observations	Probabilité	Intensité	N° scénario
G. Carburant (alimentation engins)	Cuve GNR aérienne verticale	Vieillissement des équipements Corrosion de la cuve	Rupture soudaine de bac	Maintenance et contrôle périodique de l'état de la cuve	Rupture de bac avec effet de vague	/	Evènement extrêmement improbable => Probabilité E Eloignement des limites de propriété mais possibilité d'atteinte des équipements de sécurité au sein du site voire d'effets domino => Intensité = 2	E	2	3G.9
		Le gazole est susceptible de produire des vapeurs inflammables pour une température supérieure à 70°C. Etant donné que le gazole est manipulé à des températures bien inférieures à son point éclair (dépotage et stockage), il ne peut être à l'origine d'une atmosphère explosive dans les conditions d'utilisation sur le site. *Risque d'explosion de ciel gaz : NON RETENU*								
		L'inflammation du contenu du réservoir (feu de bac) suppose : *- la formation d'un mélange inflammable au-dessus de la surface du liquide,* *- l'inflammation de ce mélange.* *En raison du point éclair du fioul et des conditions de stockage, aucun mélange inflammable ne se formera dans les cuves (voir justification dans la partie précédente).* *Risque de feu de bac : NON RETENU*								
F. Produits maintenance	Stockage des produits de maintenance	*Aucun risque retenu : Stockage en petites quantités sur rétention.*								

ANNEXE 3 MODELISATION DES PHENOMENES DANGEREUX (SOLER IDE, FEVRIER 2026)

NOUVELLE UNITE DE VALORISATION ENERGETIQUE

Limoges (87)

MODELISATION DES PHENOMENES DANGEREUX





Février 2026

Réf : SI TOU N°132208 - A1UVLIM

Agence de Toulouse
4, impasse René Couzinet – 31500 Toulouse - Tél. : 05 62 16 72 72 – occitanie@vertical-sea.com
Siège social SOLER IDE - 11, rue René Cassin - 91300 Massy - Tél. : 01 60 13 69 10
SAS au capital de 218 400 € - RCS Evry B 500 274 972 - TVA/FR 91500274972 – NAF 7112 B
vertical-sea.com

N° Dossier	Agence	Document	Rédigé par	Date	Version	Vérifié par
132208 – A1UVLIM	SI TOU	Modélisation des phénomènes dangereux	Amandine CILLIER	28/02/26	Version 3	Céline BORDES

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION 9
2 DEFINITION DES SEUILS REGLEMENTAIRES 11
2.1 VALEURS DE REFERENCE RELATIVES AUX SEUILS D'EFFETS THERMIQUES 11
2.2 VALEURS DE REFERENCE RELATIVES AUX SEUILS D'EFFETS DE SURPRESSION 12
2.3 VALEURS DE REFERENCE RELATIVES AUX SEUILS D'EFFETS TOXIQUES (PAR INHALATION) 12
3 DEFINITION DU RISQUE 13
3.1 RISQUE INCENDIE 13
3.1.1 CONDITIONS DE REALISATION D'UN INCENDIE 13
3.1.2 CONDITIONS DE REALISATION D'UN FEU TORCHE 13
3.1.3 CONSEQUENCES D'UN INCENDIE 13
3.2 RISQUE EXPLOSION 14
3.2.1 CONDITIONS DE REALISATION D'UNE UVCE / VCE 14
3.2.2 CONDITIONS DE REALISATION DE L'ECLATEMENT D'UN RESERVOIR 16
3.2.3 CONSEQUENCES D'UNE EXPLOSION 16
3.3 RISQUE D'ECLATEMENT / DE BLEVE 18
3.3.1 LES DIFFERENTS TYPES DE BLEVE 18
3.3.2 ETAPES DE DEVELOPPEMENT D'UN BLEVE 19
3.3.3 CONSEQUENCES DU BLEVE 19
4 RISQUE INCENDIE 20
4.1 DESCRIPTION DU MODELE D'EVALUATION DES EFFETS THERMIQUES : LOGICIEL FLUMILOG 20
4.2 INCENDIE DANS LA FOSSE OMR (SC. 1.1) 23
4.2.1 HYPOTHESES DE MODELISATION POUR LA « CELLULE » FLUMILOG : CARACTERISTIQUE DU BATI ET ORGANISATION DU STOCKAGE 23
4.2.2 CARACTERISTIQUES DES COMBUSTIBLES ET HYPOTHESES DE MODELISATION POUR LA « CELLULE FLUMILOG » ET POUR LA « PALETTE FLUMILOG » 28
4.2.3 RESULTATS DE LA MODELISATION 32
5 RISQUE EXPLOSION : VCE OU UVCE 34
5.1 MODELE DE CALCUL DES EFFETS DE SURPRESSION : METHODE MULTI-ENERGIE 34
5.1.1 PRELIMINAIRES – CHOIX DU MODELE 34
5.1.2 ETAPE 1 : DETERMINATION DE L'ENERGIE DE L'EXPLOSION 35
5.1.3 ETAPE 2 : DETERMINATION DES DISTANCES DES EFFETS DE SURPRESSION – MODELE MULTI-ENERGIE 38
5.2 ANALYSE DU RISQUE D'EXPLOSION SUITE A UNE RUPTURE DE LA CANALISATION GAZ NATUREL DANS LE BATIMENT FOUR/CHAUDIERE (SC. 2A.4) 43
5.2.1 DESCRIPTION DU SCENARIO D'EXPLOSION ET HYPOTHESES DE CALCUL 43
5.2.2 DETERMINATION DES ZONES DE DANGERS – FUITE DE LA CANALISATION AERIENNE DE GAZ NATUREL DANS LE HALL FOUR/CHAUDIERE (SC. 2A.4) 45
6 RISQUE ECLATEMENT / BLEVE 47

6.1 PRESENTATION DE L'OUTIL PROJEX 47

6.2 ANALYSE DU RISQUE D'EXPLOSION D'UNE BOUTEILLE DE GAZ DANS LE FOUR (SC. 2A.1) 47

6.2.1 DESCRIPTION DES SCENARIO D'EXPLOSION 47

6.2.2 ECLATEMENT DES BOUTEILLES – DETERMINATION DES ZONES DE DANGERS (SC. 2A.1) 48

6.2.3 ECLATEMENT DU FOUR PAR EFFET DOMINO DE L'ECLATEMENT D'UNE BOUTEILLE DE BUTANE OU PROPANE 50

6.3 ANALYSE DU RISQUE D'EXPLOSION DE GAZ (CHAMBRE DE COMBUSTION – SC. 2A.3) 52

6.3.1 DESCRIPTION DES SCENARIO D'EXPLOSION 52

6.3.2 CARACTERISTIQUE DU COMBUSTIBLE 52

6.3.3 EXPLOSION PRIMAIRE – DETERMINATION DES ZONES DE DANGERS (SC. 2A.3) 52

6.3.4 EXPLOSION SECONDAIRE – DETERMINATION DES ZONES DE DANGERS (SC. 2A.3) 54

6.4 MODELISATION DES EFFETS DE SURPRESSION – SC. 2B.2 « ECLATEMENT CAPACITE D'EAU » 55

6.4.1 PREAMBULE 55

6.4.2 HYPOTHESES ET DONNEES D'ENTREE 55

6.4.3 RESULTATS DE LA MODELISATION – SCENARIO 2B.2 55

7 CARTOGRAPHIE DES ZONES DE DANGERS 56

8 ANNEXES 62

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Les six conditions de réalisation d'une explosion 14
Figure 2 : Etapes du développement d'un BLEVE « chaud »....19
Figure 3 : Illustration du développement de la boule de feu pour des BLEVE « froids » et « chauds » 19
Figure 4 : Principe de la méthode FLUMILOG....21
Figure 5 : Vues en coupe de la fosse remplie au maximum....24
Figure 6 : Vue en coupe de la fosse OM (1/2) 25
Figure 7 : Vue en coupe de la fosse OM (2/2) 25
Figure 8 : Définition des cellules de stockage FLUMILOG pour la fosse OM....27
Figure 9 : Masse volumique moyenne des déchets en fosse en fonction de la hauteur du stockage (Fascicule 82 du CCTG) 29
Figure 10 : Flux thermiques à l'extérieur de la fosse OM....32
Figure 11 : Abaque relatif à la méthode multi-énergie de décroissance des surpressions aériennes 41
Figure 12 : Distances d'effet en pied de cellule....42
Figure 13 : Cartographie des seuils d'effets thermiques – Scénario 1.1 – Incendie généralisé des déchets dans la fosse OM 58
Figure 14 : Cartographie des seuils d'effets de surpression – Scénario 2A.1 - Eclatement du four suite à l'éclatement d'une bouteille de gaz....59
Figure 15 : Cartographie des seuils d'effets de surpression – Scénario 2A.3 - Eclatement du four 60
Figure 16 : Cartographie des seuils d'effets de surpression – Scénario 2A.4 – Fuite de la canalisation aérienne de gaz naturel dans le hall four/chaudière 61
Figure 17 : Cartographie des seuils d'effets de surpression – Scénario 2B.2 - Eclatement du ballon chaudière 61

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des scénarii d'accidents majeurs potentiels identifiés 10
Tableau 2 : Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques 11
Tableau 3 : Valeurs de référence relatives aux seuils de surpression 12
Tableau 4 : Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets toxiques 12
Tableau 5 : Impacts associés à une onde de pression 17
Tableau 6 : Données nécessaires pour définir la palette moyenne – combustibles solides 22
Tableau 7 : Données nécessaires pour définir le stockage de liquides inflammables 22
Tableau 8 : Définition des cellules de stockage FLUMILOG pour la fosse OM 27
Tableau 9 : Composition des ordures ménagères résiduelles (OMR) 28
Tableau 10 : Caractéristiques des « cellules FLUMILOG » et dimension et composition des « palettes FLUMILOG » 31
Tableau 11 : Caractéristiques de l'incendie 32
Tableau 12 : Correspondance entre indices et surpressions maximales 39
Tableau 13 : Choix de l'indice de violence selon Kinsella (1993) 40
Tableau 14 : Caractéristique du méthane (Source : Yellow Book) 44
Tableau 15 : Masse de gaz au sein de l'ATEX – Fuite de la canalisation à 4 bars 45
Tableau 16 : Energie de combustion – Scénario 2A.4 46
Tableau 17 : Effets de surpression – Scénario 2A.4 (canalisation intérieure hall four/chaudière) 46
Tableau 18 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement bouteilles de protoxyde d'azote 49
Tableau 19 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement bouteilles butane ou propane 49
Tableau 20 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement pneumatique du four 51
Tableau 21 : Caractéristique du méthane (Source : Yellow Book) 52
Tableau 22 : Définition des rayons des zones de dangers – Explosion interne four 53
Tableau 23 : Energie de combustion – Scénario 3 – Explosion four 54
Tableau 24 : Effets de surpression – Scénario 2A.3 – Explosion secondaire 55
Tableau 25 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement ballon chaudière 55
Tableau 26 : Définition des rayons des zones de dangers (à hauteur d'Homme) 56

GLOSSAIRE

AGEC : Loi Anti-Gaspillage pour une Économie Circulaire (loi n° 2020-105 du 10 février 2020)

APC : Arrêté Préfectoral de Classement

ASAP : Loi d'Accélération et de Simplification de l'Action Publique (2020)

ATEX : Atmosphères Explosibles (directive européenne 2014/34/UE)

CEDLM : Centrale Énergie Déchets de Limoges Métropole

DAE : Déchets d'Activités Économiques

DASRI : Déchets d'Activités de Soins à Risque Infectieux

DND : Déchets Non Dangereux

DSP : Délégation de Service Public

FIP : Fiche d'Information Préalable (contrôle des déchets entrants)

GES : Gaz à Effet de Serre

GN : Gaz Naturel

GNR : Gazole Non Routier

GTA : Groupe Turbo-Alternateur

HP : Haute Pression

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

IED : Directive sur les Émissions Industrielles (2010/75/UE)

IM : Installation de Maturation et d'Élaboration de mâchefers

IOTA : Installation, Ouvrage, Travaux ou Activité soumis à la Loi sur l'Eau

ISDND : Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux

MTD : Meilleures Techniques Disponibles

PCI : Pouvoir Calorifique Inférieur

PCB : Polychlorobiphényles

PFAS : Substances per- et polyfluoroalkylées

PLU : Plan Local d'Urbanisme

PLUi : Plan Local d'Urbanisme Intercommunal

PPRT : Plan de Prévention des Risques Technologiques

PRPGD : Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets

PSR / PCR : Produits Secs Résiduels / Produits de Contrôle des Résidus

RCU : Réseau de Chaleur Urbain

REFIOM : Résidus d'Épuration des Fumées d'Incinération d'Ordures Ménagères

RIA / RIE : Robinet d'Incendie Armé / Réseau Incendie Eau

RII : Réseau d'Incendie Interne

SCR :Réduction Catalytique Sélective

SRADDET : Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires

STEP : Station de Traitement des Eaux Polluées

UVE : Unité de Valorisation Énergétique

VDI : Voie de Desserte Interne

ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique

1 INTRODUCTION

Dans le cadre de l'étude de dangers, sur la base des potentiels de dangers identifiés sur le site, une première étape a permis :

- D'identifier les évènements initiateurs (dérives de paramètres, défaillances techniques, agressions externes …) pouvant conduire à la survenue d'un phénomène dangereux au sein des installations,
- D'identifier les phénomènes dangereux associés ;
- De recenser les barrières de sécurité mises en œuvre (en prévention ou en protection) ;
- De sélectionner les phénomènes dangereux qui seront caractérisés et modélisés lors de l'analyse des risques.

Le présent rapport a pour objet de modéliser les distances d'effets (thermiques, de surpression ou toxiques) afin de déterminer les éventuelles conséquences des phénomènes dangereux majeurs classiquement retenus pour des unités d'incinération. Ces derniers sont présentés dans le tableau ci-après.

Le présent rapport a pour objet de modéliser les distances d'effets (thermiques, de surpression ou toxiques) afin de déterminer les éventuelles conséquences des phénomènes dangereux majeurs sélectionnés pour la réalisation de l'analyse de risques.

Sur l'unité de valorisation énergétique de Limoges (87), les scénarios d'accident majeur retenus suite à la sélection des PhD majeurs sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 1 : Liste des scénarii d'accidents majeurs potentiels identifiés

Sous-ensemble	Opérations / Equipements	Evènements initiateurs	Evènement redouté central	Phénomènes dangereux	N° Sc.
1. Réception, stockage et acheminement des déchets non dangereux	Fosse OMR	Présence de déchets dangereux Source d'ignition : choc métallique, effet loupe, étincelle issue du pot d'échappement Travaux de proximité Chute d'un camion au déchargement	Départ et propagation d'un feu dans la fosse	Incendie généralisé de la fosse Effets thermiques	1.1
2. Incinération des déchets A. Zone d'incinération et de post-combustion	Grille de combustion et chambre de combustion	Présence de déchets explosifs dans les déchets non détectés par les pontiers	Introduction accidentelle d'un explosif dans le four (bouteille de gaz, explosif contenu dans les déchets)	Explosion dans le four Effets de surpression	2A.1
	1er parcours post-combustion – Alimentation des brûleurs au gaz	Panne du système d'allumage (défaut électrique d'allumage)	Non allumage des brûleurs de démarrage => Accumulation de gaz dans la chambre de combustion avant re-démarrage => Formation d'une ATEX	Explosion dans le four Effets de surpression	2A.3
	Canalisation intérieure d'alimentation du four	Usure, fatigue, corrosion Surpression dans la tuyauterie de gaz suite à défaillance du détendeur Sources d'ignition : engins, cigarettes, foudre, étincelles …	Perte de confinement des tuyauteries gaz à l'intérieur du bâtiment (phase de démarrage du four)	Inflammation de l'ATEX – UVCE Effets de surpression	2A.4

2 DEFINITION DES SEUILS REGLEMENTAIRES

Les valeurs de référence des seuils d'effets ont été fixées par arrêté du Ministère de l'Ecologie et du Développement durable (arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation).

Les seuils, correspondent à des effets attendus sur les hommes et les structures.

2.1 VALEURS DE REFERENCE RELATIVES AUX SEUILS D'EFFETS THERMIQUES

Les valeurs de référence des seuils d'effets pour les paramètres permettant de caractériser les effets thermiques sont les suivants :

Tableau 2 : Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques

Flux thermiques		Effets sur l'homme	Effets sur les structures
3 kW/m^2	600 (kW/m^2)$^{4/3}$.s	Seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine.	
5 kW/m^2	1 000 (kW/m^2)$^{4/3}$.s	Seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine.	Seuil des destructions de vitres significatives.
8 kW/m^2	1 800 (kW/m^2)$^{4/3}$.s	Seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine.	Seuil des effets domino et correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures.
16 kW/m^2			Seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton.
20 kW/m^2			Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton.
200 kW/m^2			Seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes.

2.2 VALEURS DE REFERENCE RELATIVES AUX SEUILS D'EFFETS DE SURPRESSION

Les valeurs de référence des seuils d'effets pour les paramètres permettant de caractériser les effets de surpression sont les suivants :

Tableau 3 : Valeurs de référence relatives aux seuils de surpression

Surpression	Effets sur l'homme	Effets sur les structures
20 mbar	Seuil des effets délimitant la zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme	Seuil des destructions significatives de vitres
50 mbar	Seuil des effets irréversibles délimitant la « zone de dangers significatifs pour la vie humaine »	Seuil des dégâts légers sur les structures
140 mbar	Seuil des effets létaux délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine »	Seuil des dégâts graves sur les structures
200 mbar	Seuil des effets létaux significatifs délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine »	Seuil des effets dominos
300 mbar		Seuil des dégâts très graves sur les structures

Concernant les valeurs relatives aux seuils **d'effets liés à l'impact d'un projectile ou effets de projection**, compte tenu des connaissances limitées en matière de détermination et de modélisation des effets de projection, pour la délimitation des zones d'effets sur l'homme ou sur les structures des installations classées, il n'existe pas à l'heure actuelle de valeur de référence.

2.3 VALEURS DE REFERENCE RELATIVES AUX SEUILS D'EFFETS TOXIQUES (PAR INHALATION)

Pour la délimitation des zones d'effets significatifs sur la vie humaine, les seuils d'effets de référence pour les installations classées sont les suivants :

Tableau 4 : Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets toxiques

Temps d'exposition	Types d'effets constatés	Concentration d'exposition	Types de zone de dangers
Exposition de 1 à 60 minutes	Létaux	Seuil des Effets Létaux Significatifs SELS	Zone de dangers très grave pour la vie humaine
		Seuil des Premiers Effets Létaux SPEL	Zone de dangers graves pour la vie humaine
	Irréversibles	Seuil des Effets Irréversibles SEI	Zone de dangers significatifs pour la vie humaine
	Réversibles	Seuil des Effets Réversibles SER	-

3 DEFINITION DU RISQUE

3.1 RISQUE INCENDIE

3.1.1 CONDITIONS DE REALISATION D'UN INCENDIE

L'incendie est une combustion, réaction chimique d'oxydation d'un combustible par un comburant. Cette réaction nécessite une source d'énergie. La suppression d'un des trois éléments (combustible, comburant, source d'énergie) bloque le processus d'incendie.

Les phases principales de la cinétique de l'incendie sont les suivantes :

- l'initiation,
- l'embrasement en présence de matières combustibles,
- la combustion correspondant à la propagation du sinistre et engendrant des effets thermiques,
- la décroissance en fin d'incendie ou lors de la maîtrise du sinistre.

3.1.2 CONDITIONS DE REALISATION D'UN FEU TORCHE

Lorsqu'un jet de combustible gazeux ou diphasique issu d'une fuite accidentelle ou intentionnelle liée à la défaillance d'un équipement (brèche dans une canalisation ou un réservoir, rupture guillotine …) pénètre dans l'air ambiant au repos, le combustible se mélange à l'air par l'effet d'entraînement et de diffusion. Si ce mélange s'enflamme par l'intermédiaire d'une source d'inflammation, le feu torche prend naissance sous la forme d'une flamme de diffusion

3.1.3 CONSEQUENCES D'UN INCENDIE

Tout comme les causes, les effets engendrés par un incendie sont déclinés sous trois aspects dans les études de dangers :

- Le dégagement de chaleur : il est dû à l'énergie libérée par la réaction chimique de combustion, et se présente majoritairement sous forme radiative. Il a essentiellement des effets sur l'homme (brûlures), et les structures (fragilisation, effondrement).
- Le dégagement de fumées : la composition de celles-ci varie fortement selon les produits impliqués dans l'incendie. Elles ont principalement des effets sur l'homme : brûlures internes dues à leur température, asphyxie due à l'appauvrissement en oxygène de l'air, intoxication due à leur toxicité, gêne pour l'évacuation (intérieur et extérieur des bâtiments) due à leur opacité. Les fumées dégagées sont aussi un vecteur de propagation de l'incendie du fait de leur température élevée.
- Les eaux d'extinction : elles peuvent engendrer une pollution du milieu environnant par entraînement de produits dangereux.

3.2 RISQUE EXPLOSION

Une explosion est l'évolution rapide d'un système, avec libération d'énergie et production d'effets mécaniques et éventuellement thermiques (graves dégâts humains et matériels, formation importante de gaz et de chaleur). La définition, issue de la norme française NF EN 1127-1, peut également être citée : une explosion est une « réaction brusque d'oxydation ou de décomposition entraînant une élévation de température, de pression ou les deux simultanément ».

Les explosions peuvent être de plusieurs natures, notamment :

- physique (par exemple, éclatement d'un récipient dont la pression intérieure est devenue trop importante),
- chimique (résultant d'une réaction chimique).

3.2.1 CONDITIONS DE REALISATION D'UNE UVCE / VCE

De nombreuses substances sont susceptibles, dans certaines conditions, de provoquer des explosions. Ce sont des gaz, des vapeurs, des brouillards et des poussières inflammables (telles que la farine, le sucre, le lait, le charbon, le soufre, l'amidon, les céréales, le bois, les matières plastiques, les métaux…).

3.2.1.1 Conditions de réalisation de l'explosion d'une ATEX

Il ne peut y avoir explosion que sous certaines conditions (voir le tableau ci-après), après formation d'une atmosphère explosible, résultant d'un mélange avec l'air de substances inflammables dans des proportions telles qu'une source d'inflammation d'énergie suffisante produise son explosion.

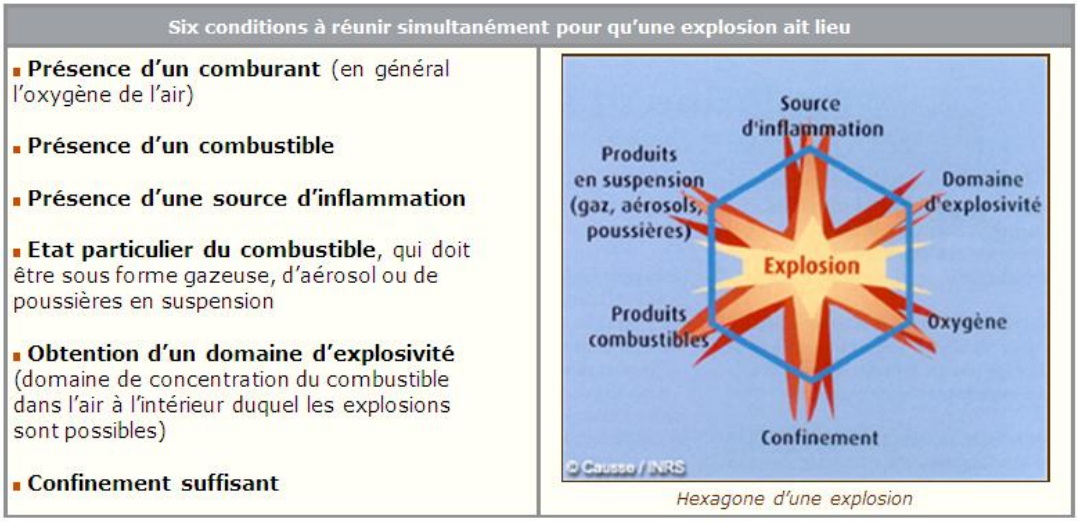


Figure 1 : Les six conditions de réalisation d'une explosion

Six conditions doivent être réunies simultanément pour qu'une explosion soit possible.

3.2.1.2 Déroulement d'une explosion accidentelle

De nombreuses substances sont susceptibles, dans certaines conditions, de provoquer des explosions. Ce sont des gaz, des vapeurs, des brouillards et des poussières inflammables (telles que la farine, le sucre, le lait, le charbon, le soufre, l'amidon, les céréales, le bois, les matières plastiques, les métaux…).

Une explosion de gaz comprend généralement la succession d'étapes suivantes (voir guide INERIS : « Guide des méthodes d'évaluation des effets d'une explosion de gaz à l'air libre », 1999) :

- rejet dans l'atmosphère d'un produit combustible, le produit étant en phase gaz ou en phase liquide ; les combustibles liquides rejetés peuvent rester en suspension (formation d'aérosols) ou se disperser au sol pour former une flaque qui en s'évaporant conduit à son tour à un rejet diffus de gaz,
- mélange avec l'oxygène de l'air pour former un volume inflammable,
- de manière concomitante, dispersion et advection du nuage de gaz dont une partie du volume reste inflammable,
- inflammation de ce volume,
- propagation d'un front de flamme au travers de la ou des parties inflammables du nuage ; ce front de flamme agit à la manière d'un piston sur les gaz environnant et peut être à l'origine de la formation d'une onde de pression aérienne si sa vitesse de propagation est suffisante ou si les gaz sont confinés ; dans tous les cas, la propagation des flammes s'accompagne d'une expansion des gaz brûlés qui passent par des températures de plusieurs centaines de °C et jusqu'à 2000 °C environ ;
- enfin, le cas échéant, mélange avec l'air et combustion des parties du nuage qui étaient initialement trop riches en combustible pour être inflammables.

Pour une explosion de poussières, les étapes sont les suivantes :

- formation d'un nuage de poussières créé par le processus même de traitement du produit (broyage, séchage, …) ou par les manutentions qu'il subit ;
- mélange avec l'oxygène de l'air pour former un volume inflammable ;
- inflammation de ce volume ;
- propagation de la flamme dans le nuage, cette flamme est précédée d'une onde de pression provoquée par les gaz chauds formés par la combustion et qui entraîne les poussières du nuage ;
- d'autres poussières déposées sur les parois de l'enceinte où se déroulent l'explosion, peuvent être soulevées et donner lieu à des explosions successives permettant au phénomène de se propager et/ou de prendre de l'ampleur.

L'inflammation d'une couche de poussières peut, par les remous gazeux provoqués, mettre en suspension un nuage et être suivie d'une explosion.

3.2.2 CONDITIONS DE REALISATION DE L'ECLATEMENT D'UN RESERVOIR

L'éclatement d'une capacité peut être dû :

- soit à une augmentation de la pression interne jusqu'à une pression supérieure à la pression de rupture de la capacité,
- soit à une diminution de la pression de rupture jusqu'à une pression inférieure à la pression interne, en raison de la dégradation des propriétés mécaniques de l'enveloppe de la capacité par exemple.

Plusieurs événements peuvent être à l'origine de ces deux grandes causes d'éclatement, événements qui peuvent avoir une incidence sur le mode de rupture de la capacité.

Les principaux événements susceptibles d'engendrer une augmentation de pression interne sont :

- un échauffement de la phase gazeuse de la capacité suite à un incendie externe,
- une mise en pression accidentelle suite à un sur-remplissage, à un dysfonctionnement du dispositif de contrôle de la pression,
- une explosion à l'intérieur de la capacité suite à l'inflammation d'un mélange inflammable,
- une augmentation rapide de la pression interne du fait d'un emballement de réaction, ou d'un mélange de produits incompatibles.

Les principaux événements susceptibles d'engendrer une diminution de la pression de rupture d'une capacité sont :

- la fatigue de l'enveloppe de la capacité,
- l'érosion ou la corrosion de l'enveloppe,
- un défaut dans le matériau constituant l'enveloppe de la capacité,
- l'impact d'un projectile,
- l'échauffement de l'enveloppe, par un incendie par exemple.

3.2.3 CONSEQUENCES D'UNE EXPLOSION

Les conséquences d'une explosion sur l'environnement et sur les personnes sont :

- des effets dynamiques,
- la destruction d'installations ou de structures,
- d'autres effets de type thermique et toxique.

Les effets dynamiques d'une explosion sont des dommages corporels résultant :

- de l'action directe de l'onde de pression sur le corps humain,
- de l'impact de projection d'objets ou de fragments sur le corps humain,
- du heurt du corps humain propulsé sur un obstacle,
- de l'ensevelissement sous les produits à la suite de la ruine des parois d'une cellule de stockage.

La destruction d'installations ou de structures résultent :

- de l'action directe de l'onde de pression,
- de l'impact de projection d'objets ou de fragments.

Les autres effets d'une explosion peuvent être :

- de type thermique : le flux thermique dégagé par une explosion malgré une vitesse de propagation de la flamme élevée et donc un temps d'exposition très réduit, est susceptible d'entraîner des blessures graves ou la mort des personnes exposées,
- de type toxique : une explosion s'accompagnant d'une production de gaz de combustion comme le monoxyde de carbone peut entraîner des intoxications par inhalation des personnes exposées.

Le tableau suivant permet d'évaluer les dommages occasionnés par une explosion en fonction de la surpression engendrée (source : INRS, « Les mélanges explosifs », 2004).

Tableau 5 : Impacts associés à une onde de pression

ΔP (bar)	Impacts sur les individus	Impacts sur les installations
0,017		Seuil de probabilité 1 % de bris de vitres ordinaires.
0,020		Limite pour les dégâts légers : 3 à 10 % de vitres brisées.
0,027		Déplacement des tuiles.
0,030	Grand bruit (143 dB)	
0,070	Personnes projetées au sol	90 % ou plus des vitres brisées, démolition partielle des maisons, rendues inhabitables. Panneaux ondulés en fibrociment éclatés, panneaux en tôle ondulée détachés de leurs ancrages et déformés. Volets en bois des maisons enfoncés.
0,100		Dommage possible aux réservoirs d'hydrocarbure de grande dimension.
0,140		Effondrement partiel des murs et toits de maisons. Murs en agglomérés non armés détruits.
0,170		Maisons détruites à 50 %.
0,200		Bâtiment à charpente en acier déformé et sorti de ses fondations. Grands réservoirs de stockage sévèrement endommagés.
0,350	Probabilité de rupture des tympans = 1 %	Poteaux en bois détruits. Destruction pratiquement totale des maisons.
0,430	Probabilité de rupture des tympans = 50 %	
0,500		Retournement de wagons chargés.
0,700		Destruction pratiquement totale de tous les bâtiments.
0,840	Probabilité de rupture des tympans = 90 %	
1,000	Probabilité de décès par effet direct = 1 %	
1,400	Probabilité de décès par effet direct = 50 %	
1,750	Probabilité de décès par effet direct = 90 %	

3.3 RISQUE D'ECLATEMENT / DE BLEVE

3.3.1 LES DIFFERENTS TYPES DE BLEVE

Le BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) peut être défini comme la vaporisation violente à caractère explosif consécutive à la rupture d'un réservoir contenant un liquide à une température significativement supérieure à sa température d'ébullition à la pression atmosphérique.

Les BLEVE ont une cause commune, une perte de confinement amenant à la dépressurisation du contenu du réservoir. Cette perte de confinement peut être notamment due :

- à l'impact d'un projectile ;
- à l'exposition du réservoir à un incendie ;
- à la fatigue du réservoir ;
- à de la corrosion ;
- à une construction ou des équipements défectueux.

L'analyse a mis en évidence que l'on peut distinguer deux types de BLEVE, les BLEVE dits « froids » et « chauds ».

Un BLEVE « froid » serait dû à une faiblesse mécanique du réservoir. Les effets de pression sont ainsi relativement réduits, mais le lourd nuage formé au niveau du sol, peut, s'il est inflammable et s'il trouve un point d'inflammation, conduire à un incendie conséquent (apparition d'une boule de feu au sol et d'un feu de flaque).

Pour qu'un réservoir donne matière à un BLEVE « chaud » il faut que la température moyenne du produit qu'il contient soit supérieure à la température limite de surchauffe du produit à la pression atmosphérique (c'est à dire supérieure à la température pour laquelle, à la pression atmosphérique, le liquide ne peut pas rester en état de surchauffe).

La distinction entre BLEVE « froid » et BLEVE « chaud » décrite ci-dessus est théorique. En pratique, la transition entre les deux s'effectue de manière continue. L'analyse du retour d'expérience montre qu'il est difficile de distinguer, a posteriori, un BLEVE « froid » d'un BLEVE « chaud ».

3.3.2 ETAPES DE DEVELOPPEMENT D'UN BLEVE

Les étapes de développement d'un BLEVE « chaud » sont les suivantes :

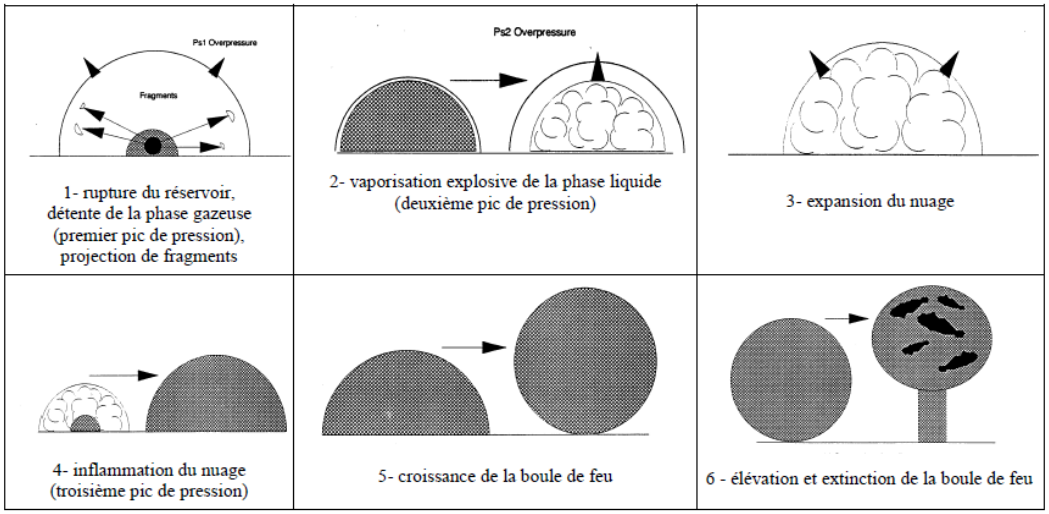


Figure 2 : Etapes du développement d'un BLEVE « chaud »

Les deux modes de développement des boules de feu dans chacun des types de BLEVE sont schématisés sur la figure suivante :

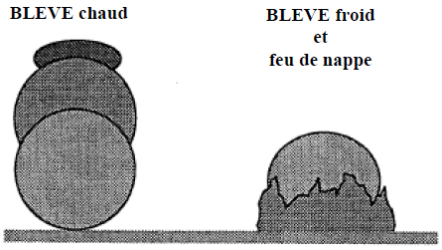


Figure 3 : Illustration du développement de la boule de feu pour des BLEVE « froids » et « chauds »

3.3.3 CONSEQUENCES DU BLEVE

Les effets d'un BLEVE peuvent généralement être :

- de type dynamique résultant :
- de l'action directe de l'onde de pression sur le corps humain, (effets de surpression) ;
- de l'impact de projection d'objets ou de fragments sur le corps humain (effets missile) ;
- de type thermique : le flux thermique dégagé par une boule de feu malgré une vitesse de propagation de la flamme élevée et donc un temps d'exposition très réduit, est susceptible d'entraîner des blessures graves ou la mort des personnes exposées.

D'une manière générale, les distances aux seuils d'effets de surpression (50 et 140 mbar) sont moindres que les distances aux seuils d'effets thermiques (600 et 1000 $(kW/m^2)^{4/3}.s$)

4 RISQUE INCENDIE

4.1 DESCRIPTION DU MODELE D'EVALUATION DES EFFETS THERMIQUES : LOGICIEL FLUMILOG

La méthode de calcul utilisée permet à la base d'évaluer des effets thermiques produits par un feu d'entrepôt. Il s'agit du logiciel FLUMILOG (FLUx éMIs par un incendie d'entrepôt LOGistique), dont l'INERIS est à l'origine. L'outil a été construit sur la base d'une confrontation des différentes méthodes utilisées complétée par des essais à moyenne et d'un essai à grande échelle. Cette méthode peut prendre en compte les paramètres prépondérants dans la construction des entrepôts afin de représenter au mieux la réalité.

Cette méthode permet de calculer l'incendie d'une cellule de stockage et d'étudier la propagation aux cellules voisines. Les distances d'effets des flux thermiques sont calculées en considérant :

- l'absence totale de moyens de secours et d'extinction ;
- la propagation de l'incendie et sa puissance au cours du temps ;
- les protections passives (murs coupe-feu, …).

La méthode Flumilog prend en compte la cinétique de l'incendie et son évolution dans le temps et permet ainsi de modéliser l'évolution de l'incendie depuis l'inflammation jusqu'à son extinction par épuisement du combustible. Elle prend en compte le rôle joué par les parois et la structure tout au long de l'incendie : d'une part lorsqu'elles peuvent limiter la puissance de l'incendie en raison d'un apport d'air réduit au niveau du foyer et d'autre part lorsqu'elles jouent le rôle d'écran thermique plus ou moins important au rayonnement avec une hauteur qui peut varier au cours du temps. Les flux thermiques sont donc calculés à chaque instant en fonction de la progression de l'incendie dans la cellule et de l'état de la couverture et des parois.

Le logiciel Flumilog permet également d'évaluer les **effets thermiques produit par un stockage en masse de combustible solide ou un stockage de liquides inflammables.** Cette méthode peut également s'appliquer à des incendies en extérieur. Les caractéristiques REI[1] des parois sont alors automatiquement considérées par le logiciel comme égales à 0.

Par ailleurs, cette méthode est explicitement mentionnée dans plusieurs arrêtés ministériels notamment, dans l'arrêté enregistrement pour la rubrique entrepôt 1510. **C'est donc cette méthode de calcul que nous proposons de retenir pour modéliser les conséquences de feu au sein du site.**

Les simulations Flumilog du présent dossier sont réalisées avec la **version de calcul V6.0.3 (mise en ligne en 12/2024)**.

[1] La résistance au feu des éléments de construction est aujourd'hui indiquée à l'aide de la classification REI européenne. Il existe trois éléments : R, E et I ; ces lettres sont suivies de 2 ou 3 chiffres donnant le temps de résistance en minutes.

Classification	R (Résistance mécanique ou stabilité)	E (Etanchéité au gaz et flammes)	I (Isolation thermique) *
R (anciennement SF – Stable au Feu)	X	Non concerné	Non concerné
RE (anciennement PF – Pare-Flamme)	X	X	Non concerné
REI (anciennement CF – Coupe-Feu)	X	X	X

* forcément utilisée en complément d'une classification R ou E)

Les différentes étapes de la méthode sont présentées dans le logigramme ci-après.

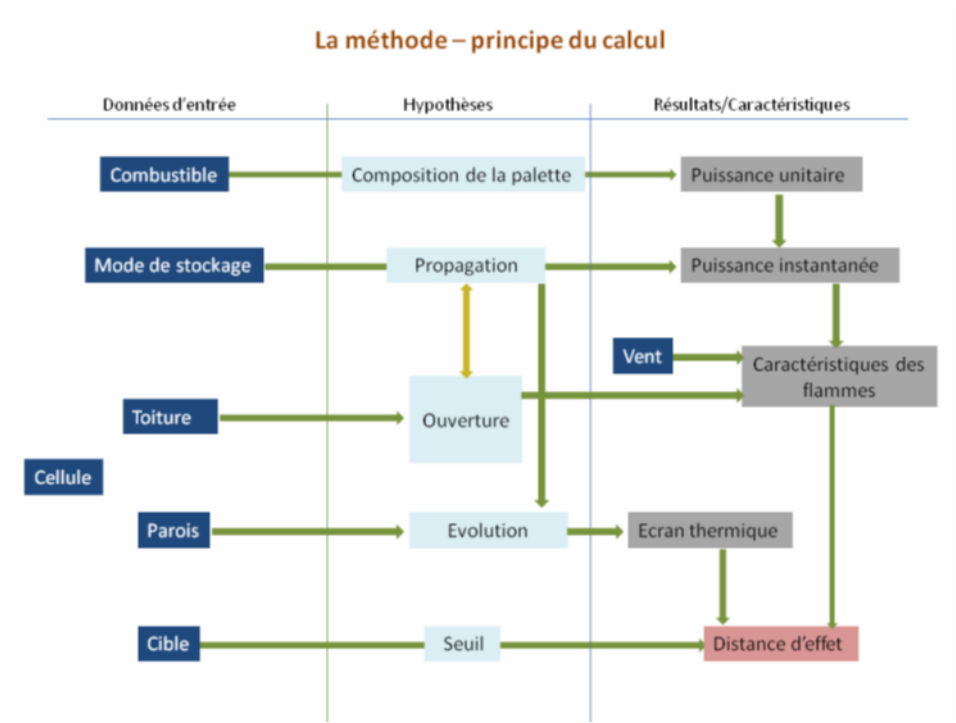


Figure 4 : Principe de la méthode FLUMILOG

Les différentes étapes de la méthode sont les suivantes :

- Acquisition et initialisation des données d'entrée (données géométriques du stockage, nature des produits entreposés, le mode de stockage, données d'entrée pour le calcul : débit de pyrolyse en fonction du temps, comportement au feu des toitures et parois si présentes, …),
- Détermination des caractéristiques des flammes en fonction du temps (hauteur moyenne et émittance),
- Calcul des distances d'effet en fonction de temps. Ce calcul est réalisé sur la base des caractéristiques des flammes déterminées et de celles des parois résiduelles susceptibles de jouer le rôle d'obstacle au rayonnement.

L'objet de la 1ère étape est de déterminer tous les paramètres nécessaires à l'utilisation de l'outil Flumilog. Ces informations sont :

- relatives à la cellule, dimensions et nature de la structure, des parois et de la toiture et leur comportement au feu ;
- relatives au stockage, dimensions, nombre de niveaux et mode de stockage ;
- relatives au combustible :

- pour les combustibles solides : dimensions, composition de la « palette » moyenne (masse de combustibles dans la cellule divisée par le nombre de palettes).

Tableau 6 : Données nécessaires pour définir la palette moyenne – combustibles solides

Dimensions de la palette	Largeur (en m), Longueur (en m) et Hauteur (en m)
Composition de la palette	
Composition des produits combustibles (en kg)	Nature et masse de combustibles présents dans la palette (bois, PE, caoutchouc, cartons …)
Composition des incombustibles (en kg)	Nature et masse d'incombustibles présents dans la palette (acier, eau …)
Masse d'une palette (en kg)	Cette valeur permet d'estimer la masse volumique de la palette et d'estimer ainsi son degré de compacité.

- pour les combustibles liquides : nature du combustible

Tableau 7 : Données nécessaires pour définir le stockage de liquides inflammables

Dimensions du stockage	Sans objet. Il est important de noter que, contrairement aux feux de solides, **les combustibles liquides sont supposés occuper toute la surface de la cellule** au cours du calcul de sorte à obtenir un feu de nappe généralisé à l'ensemble de la surface la cellule. Ainsi, quelle que soit la configuration géométrique de stockage entrée par l'utilisateur, la nappe est supposée occuper toute la surface au sol de la cellule. **Les dimensions d'ilot, de racks ou de palettes n'ont aucune influence sur les résultats**.
Masse de produits combustibles (en tonnes)	Indication de la masse facultative.
Composition des produits combustibles	Nature de combustibles présents dans la palette à choisir parmi « hydrocarbures », « éthanol » et « palette LI ».

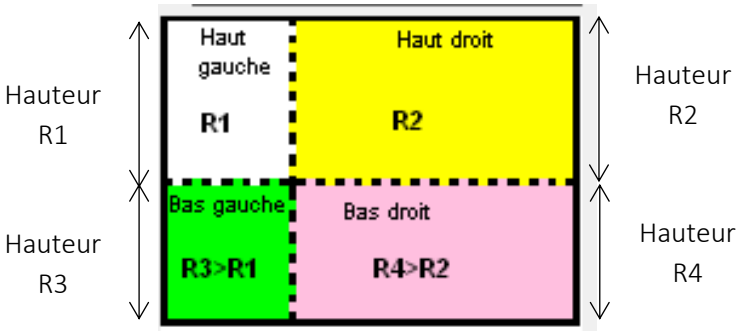
4.2 INCENDIE DANS LA FOSSE OMR (SC. 1.1)

4.2.1 HYPOTHESES DE MODELISATION POUR LA « CELLULE » FLUMILOG : CARACTERISTIQUE DU BATI ET ORGANISATION DU STOCKAGE

Les modélisations Flumilog permettent de prendre en considération les effets du bâti sur l'incendie (murs coupe-feu, effondrement des structures pouvant recouvrir les combustibles et limiter la combustion).

Rappel des limites du logiciel FLUMILOG :

1. Le logiciel FLUMILOG permet de représenter jusqu'à trois cellules par bâtiment.
2. Pour représenter un décroché dans une paroi, la longueur / largeur du décroché ne peut mesurer plus d'un tiers de la longueur / largeur de la paroi.
3. Pour représenter une paroi multi-composante, FLUMILOG ne permet de prendre en considération qu'un découpage en 4 tel que représenté ci-après :



Découpage d'un mur multi-composant sous FLUMILOG

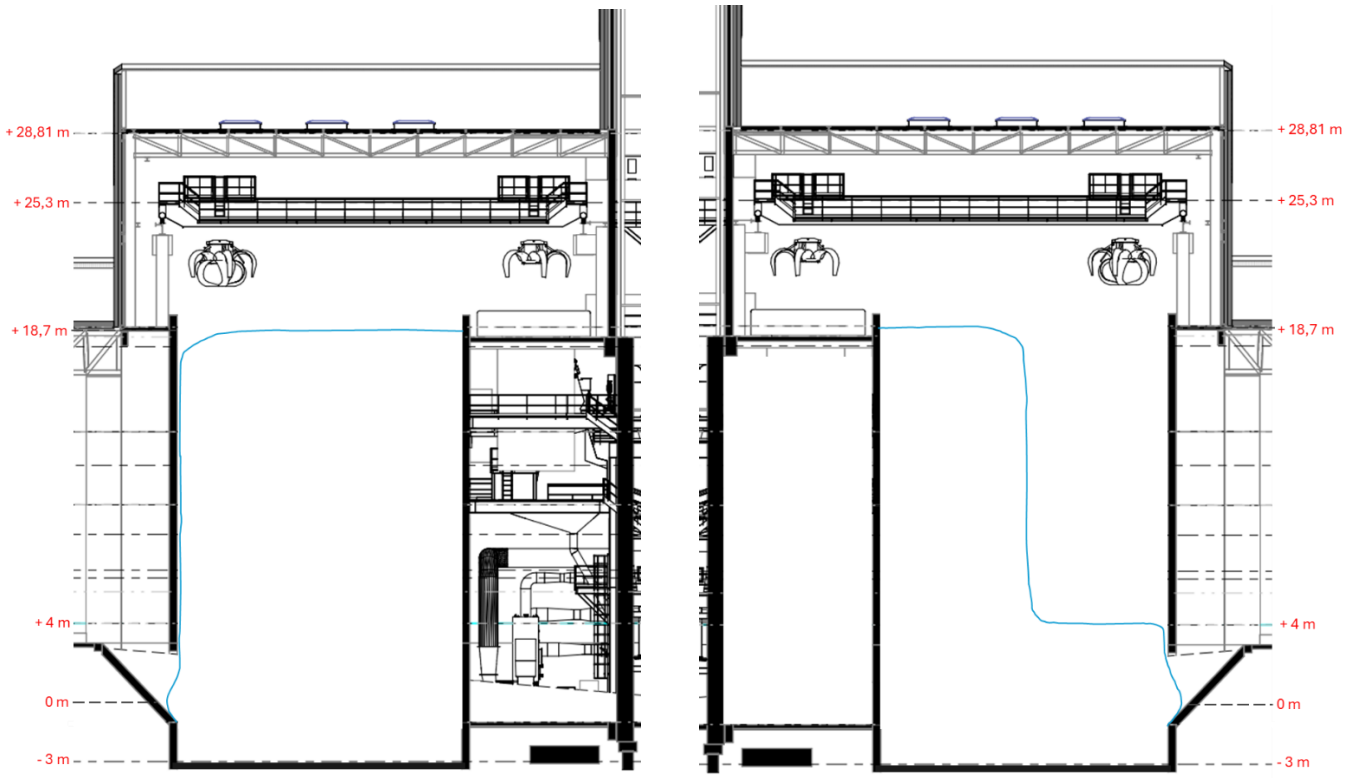
4. La hauteur maximale du stockage ne peut excéder 23 mètres.

4.2.1.1 Plan de la fosse de l'UVE

La fosse de l'UVE de Limoges présente les caractéristiques dimensionnelles suivantes :

- Longueur = 21 mètres,
- Largeur = 14,4 mètres,
- Profondeur (verticale) = 22,5 mètres.

Les figures suivantes présentent les vues en coupe de la fosse OM de l'UVE.



Profil face Ouest

Profil face Est (côté pontier)

Figure 5 : Vues en coupe de la fosse remplie au maximum

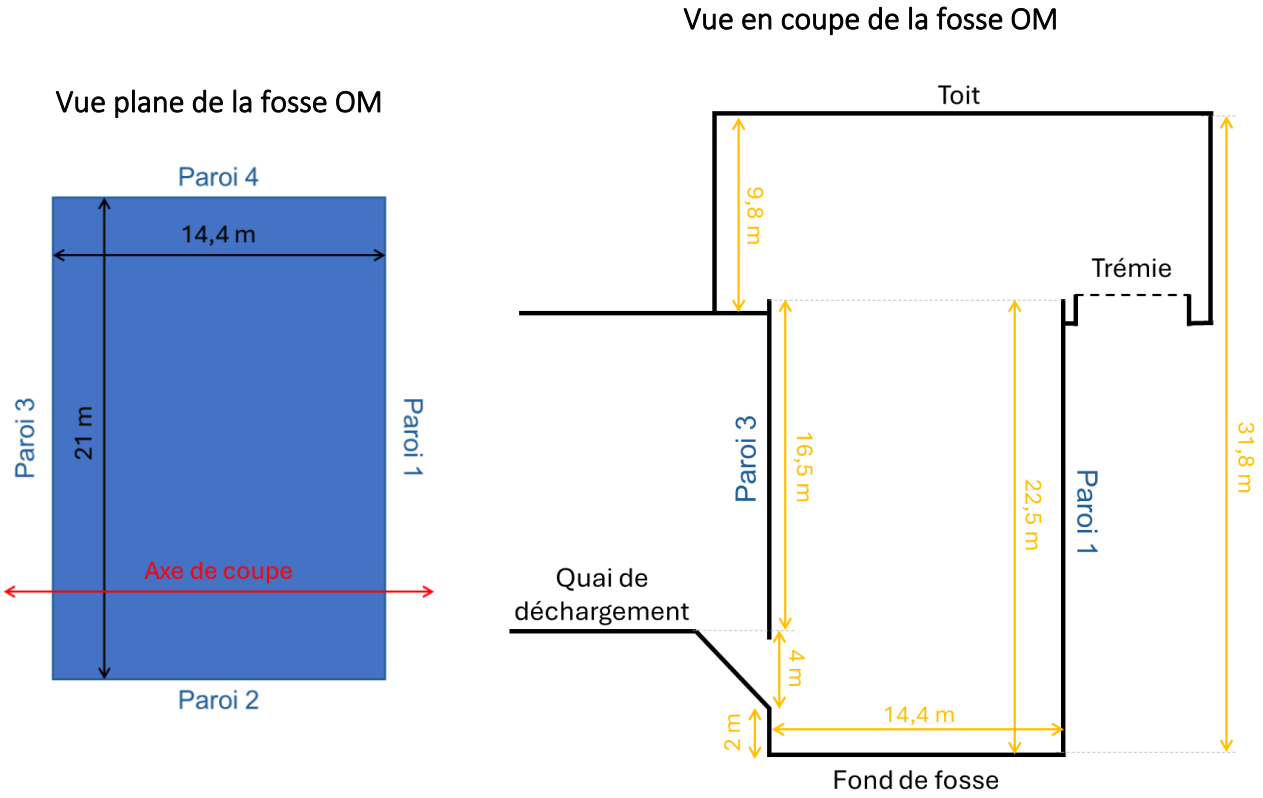


Figure 6 : Vue en coupe de la fosse OM (1/2)

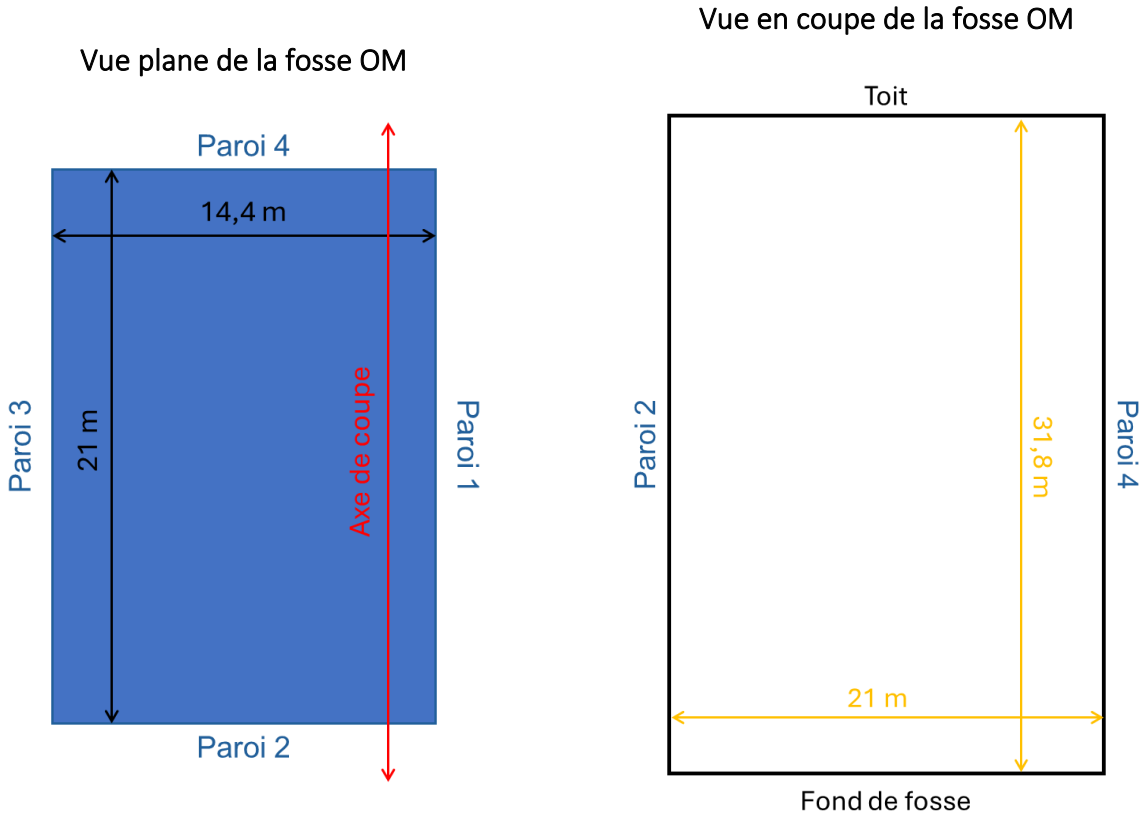


Figure 7 : Vue en coupe de la fosse OM (2/2)

4.2.1.2 Caractéristiques des murs de la fosse

Le fond de fosse est une **dalle béton** (radier) de 50 cm d'épaisseur. Il est **étanche et incombustible.**

L'ensemble des murs de la fosse sont des voiles de 40 cm d'épaisseur réalisés en béton armé. Ils possèdent un degré coupe-feu 2h (REI 120)

La toiture est une couverture sèche en bacs acier. Dans le cas du site, en l'absence de données particulières, une **toiture métallique double couche avec une résistance au feu de 15 minutes** sera considérée pour définir la toiture pour la modélisation FLUMILOG.

4.2.1.3 Organisation du stockage au sein de la fosse

L'objet de la présente étude est de simuler l'incendie dans la configuration de stockage maximal de la fosse OM à savoir la situation projetée avec un gerbage à une hauteur de 18,7 m par rapport au TN.

L'organisation du stockage dans cette configuration est présentée en partie suivante.

Afin d'optimiser la capacité de la fosse, celle-ci doit être exploitée au-delà de son niveau en eau selon la technique dite du **« mur de déchet »**. Cette technique consiste à gerber les déchets dans la **partie arrière de la fosse (côté four).**

De plus, en cas d'arrêt du process, le stockage des déchets dans la fosse sera optimisé en **condamnant les 3 postes de déchargement situés à l'opposé de la vitre du pontier** (côté Ouest) et en montant le **mur de déchets le long du mur séparatif avec le quai de déchargement**. **Un poste de déchargement restera accessible pour le déchargement des déchets** : les déchets au niveau de cette porte seront stockés uniquement jusqu'à la hauteur de quai (hauteur de 7 m)

La hauteur maximale des déchets est donc de 21,7 m dans la fosse.

Pour la modélisation FLUMILOG, la fosse est donc divisée en trois zones :

- La 1ère correspondant au mur de déchets côté four/chaudière sur 21,7 m de hauteur ;
- La 2nde correspondant au mur de déchets côté quai de déchargement (au niveau des 3 postes de déchargement condamnés) sur 21,7 m de hauteur ;
- La 3ème côté quai de déchargement (au niveau du poste de déchargement accessible) sur 7 m de hauteur (= hauteur du quai de déchargement) ;

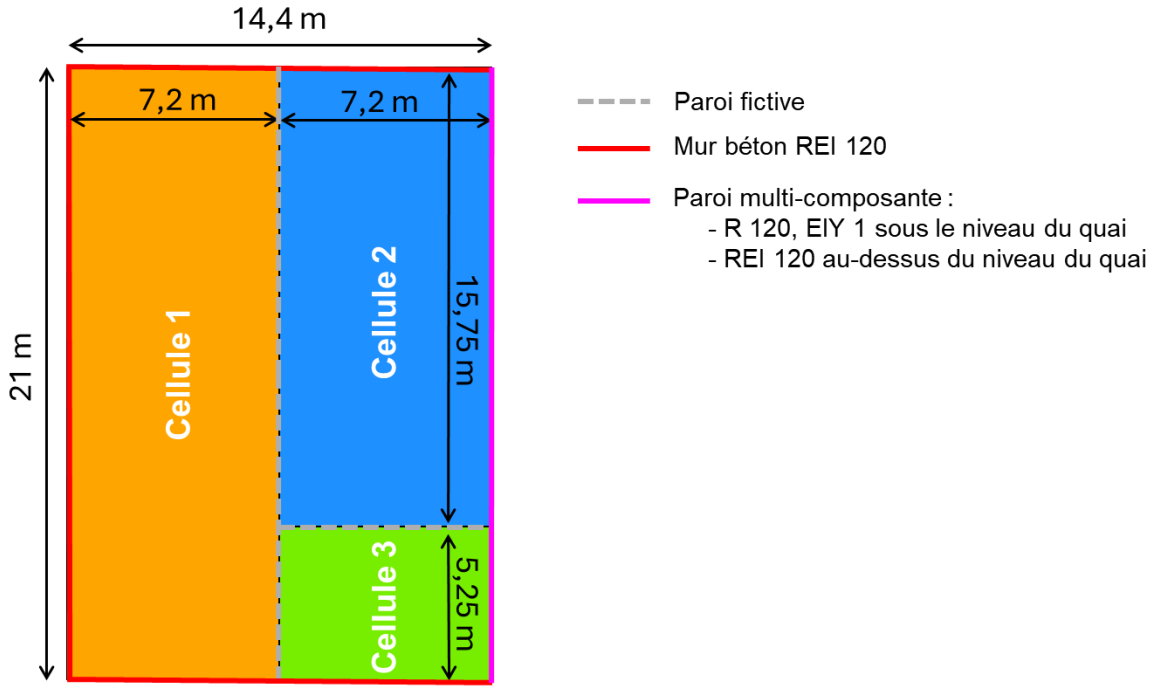


Figure 8 : Définition des cellules de stockage FLUMILOG pour la fosse OM

Tableau 8 : Définition des cellules de stockage FLUMILOG pour la fosse OM

N° cellule	1	2	3
Mode de stockage	Masse	Masse	Masse
Hauteur de stockage	21,7 m	21,7 m	7 m

4.2.2 CARACTERISTIQUES DES COMBUSTIBLES ET HYPOTHESES DE MODELISATION POUR LA « CELLULE FLUMILOG » ET POUR LA « PALETTE FLUMILOG »

Pour les besoins du calcul, la composition d'un produit peut être facilement intégrée dans le logiciel puisqu'au niveau du choix du combustible, **Flumilog offre la possibilité de choisir entre plusieurs matériaux (carton, plastique, bois, métaux…) et permet de prendre en considération l'humidité (rajout d'un pourcentage d'eau au sein de la palette).**

4.2.2.1 Composition des OMR

La composition moyenne des OMR a été analysée par l'ADEME. Les OMR sont donc essentiellement composées de déchets putrescibles 31% dont 23% de déchets alimentaires (restes de cuisines). Viennent ensuite les éléments fins (13%), les papiers (10% dont 3% de journaux, magazines, revues et autant d'imprimés publicitaires), les plastiques et les textiles sanitaires (11%).

En fonction de la composition des OMR, nous pouvons déterminer une composition de palette type à prendre en considération Flumilog en fonction des produits qui sont inclus dans le logiciel :

Tableau 9 : Composition des ordures ménagères résiduelles (OMR)

Catégories	Composition des OMR
Déchets putrescibles	**30,93 %**
Papiers	**10,33 %**
Cartons	5,69 %
Composites	1,69 %
Textiles	2,32 %
Textiles sanitaires	**10,50 %**
Plastiques	**11,43 %**
Combustibles NC	2,44 %
Verre	5,75 %
Métaux	2,87 %
Incombustibles NC	2,57 %
Déchets dangereux	0,81 %
Eléments fins < 20 mm	**12,67 %**
TOTAL	100 %

→

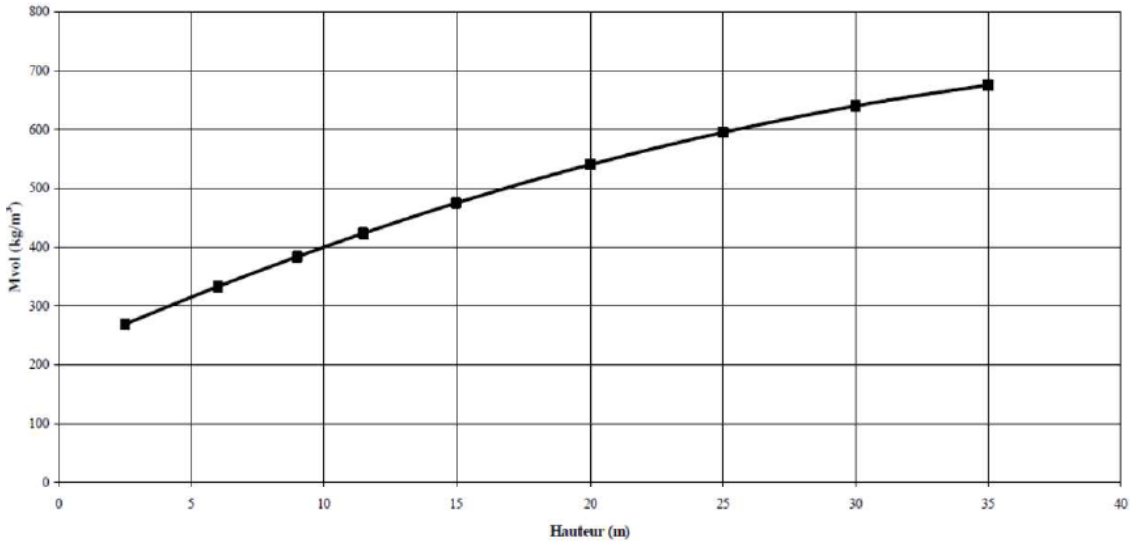
Composition palette Flumilog		
22 %	Bois (*)	44 % de déchets putrescibles incluant les éléments fins
22 %	Eau	
16%	Cartons	Papiers & Cartons
2%	Coton	Textiles
11%	Synthétique	Textiles sanitaires
16%	PE (**)	Plastiques incluant les composites et autres combustibles
6%	Verre	Verre
5%	Aluminium	Métaux et incombustibles NC

(*) Produit organique dont la chaleur de combustion s'approche de celles de denrées alimentaires
(**) Hypothèse majorante : le PE a une chaleur de combustion plus élevée que les autres plastiques pris en compte dans Flumilog.

(Source : ADEME, 2007)

4.2.2.2 Masse volumique des OMR

La densité du déchet en fonction de sa hauteur h de stockage est donnée par la relation suivante :



$3\ m < h < 35\ m$: $Mvol = 220 + 20\,h - 0{,}2\,h^2\ kg/m^3$

$h < 3\ m$: $Mvol = 280\ kg/m^3$

$h > 35\ m$: $Mvol = 680\ kg/m^3$

Figure 9 : Masse volumique moyenne des déchets en fosse en fonction de la hauteur du stockage (Fascicule 82 du CCTG)

Les masses volumiques considérées sont donc de :

- 350 kg/m^3 pour la zone de stockage jusqu'à 7 m de hauteur.
- 560 kg/m^3 pour les zones de stockage jusqu'à 21,7 m de hauteur

4.2.2.3 Caractéristiques de la zone en feu considérée – Définition des « cellules FLUMILOG »

Pour qu'un incendie puisse générer une radiation thermique aux effets significatifs, il faut qu'une flamme de grande hauteur puisse se développer. Vis-à-vis de ce phénomène, une fosse comporte 2 zones distinctes :

- le quai de déchargement, où les déchets sont foisonnants donc potentiellement accessibles à un feu de grande hauteur ;
- le fond de la fosse, où les déchets sont compactés qui les amènent à une densité bien supérieure donc avec un taux de vide très réduit ; un incendie de surface est possible, mais le manque d'oxygène de la couche sous-jacente offre des conditions incompatibles avec le développement de flammes de grande hauteur.

A ce titre, nous prendrons en compte comme situation la plus défavorable une accumulation de déchets foisonnants en considérant une **hauteur maximale de déchets non compactés sur les deux premiers mètres de la fosse**, les déchets situés sous cette limite ne seront pas considérés dans le cadre des modélisations FLUMILOG.

A noter que le logiciel Flumilog impose une hauteur maximale de stockage de 16 m.

Hors le murs de déchets considéré mesure 16,7 m de hauteur. Etant donné que la différence de hauteur n'est que de 0,7 m et qu'elle concerne la partie haute de la fosse qui n'est remplie qu'au 7/8, la différence de volume de stockage considérée est très faible.

Les cellules n°1 et 2 seront donc modélisées avec une hauteur de stockage de 16 m.

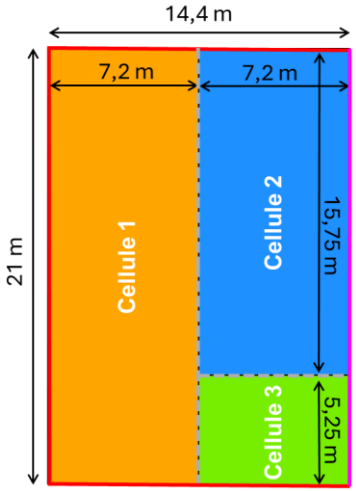
Les hauteurs considérées sont donc :

- 2 m au niveau au niveau du poste de déchargement accessible,
- 16 m au niveau du mur de déchets.

4.2.2.4 Bilan des données de modélisation pour l'incendie de la fosse OM

Les caractéristiques des « cellules FLUMILOG » ainsi que les dimension et la composition des « palettes FLUMILOG » sont fournies dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Caractéristiques des « cellules FLUMILOG » et dimension et composition des « palettes FLUMILOG »

Organisation du stockage de la fosse OMR	N° cellule	Dimensions cellule	Mode de stockage	Dimensions stockage	Nombre d'ilots	Nb niveaux de stockage	Dimensions palette Flumilog	Masse volumique palette Flumilog	Masse palette Flumilog	Composition palette Flumilog
	1	L = 21 m l = 7,2 m H = 31,81 m	Masse	L = 21 m l = 7,2 m H = 16 m(1)	1	8	L = 1 m l = 1 m H = 2 m	560 kg/m^3	1 120 kg	22 % Bois : 246,4 kg 22% Eau : 246,4 kg 16 % Carton : 179,2 kg 16 % PE : 179,2 kg 11 % Synthétique : 123,2 kg(2) 6 % Verre : 67,2 kg 5 % Aluminium : 56 kg 2 % Coton : 22,4 kg
	2	L = 15,75 m l = 7,2 m H = 31,81 m	Masse	L = 15,75 m l = 7,2 m H = 16 m(1)	1	8	L = 1 m l = 1 m H = 2 m	560 kg/m^3	1 120 kg	
	3	L = 5,25 m l = 7,2 m H = 31,81 m	Masse	L = 5,25 m l = 7,2 m H = 2 m	1	1	L = 1 m l = 1 m H = 2 m	350 kg/m^3	700 kg	22 % Bois : 154 kg 22% Eau : 154 kg 16 % Carton : 112 kg 16 % PE : 112 kg 11 % Synthétique : 77 kg 6 % Verre : 42 kg 5 % Aluminium : 35 kg 2 % Coton : 14 kg

(1) Limite de hauteur imposée par le logiciel FLUMILOG

(2) Remarque : Le logiciel FLUMILOG n'a permis de considérer que 45 kg de synthétique

Le quai de déchargement est situé à une hauteur de + 4 m par rapport au niveau 0 de l'UVE et à une hauteur de + 2 m par rapport fond de fosse considéré dans la modélisation Flumilog (5 m non considérés en fond de fosse car déchets trop compactés).

La cible considérée sera à hauteur d'Homme au niveau du quai de déchargement, soit une cible à 3,80 m ;

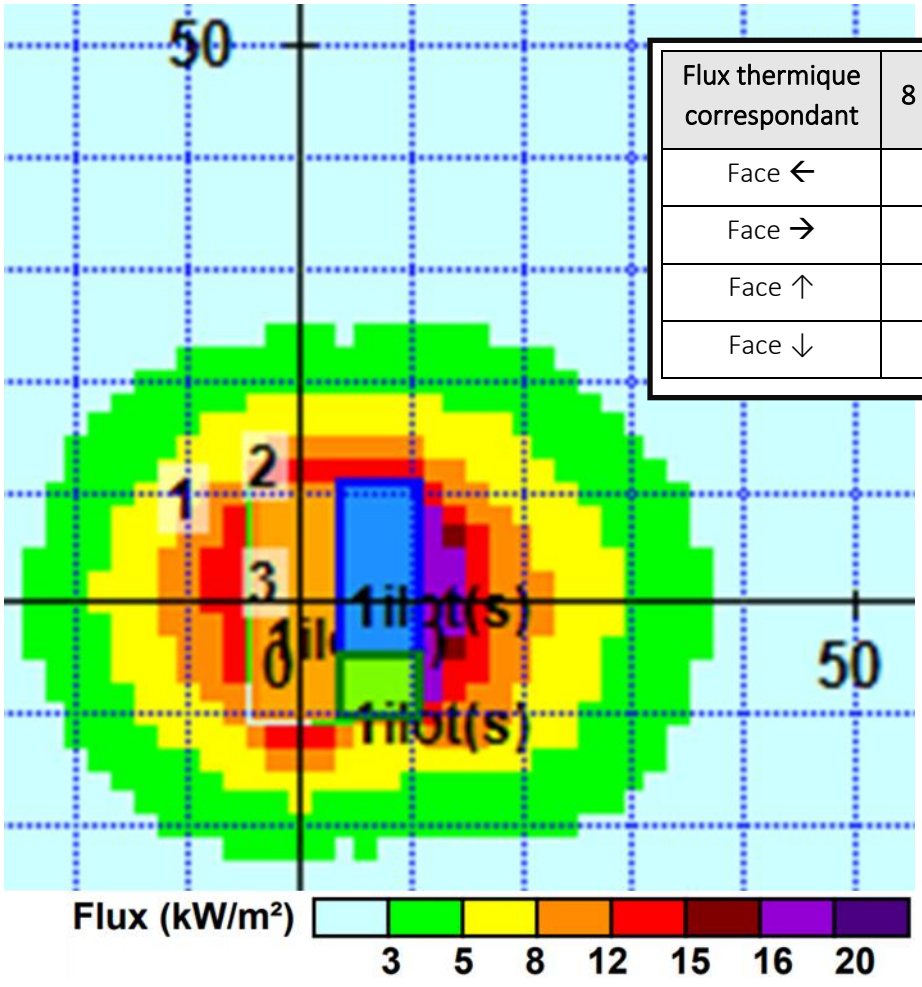
4.2.3 RESULTATS DE LA MODELISATION

La note de calcul issue de la simulation FLUMILOG est fournie en annexe.

Les caractéristiques de l'incendie, obtenues avec les hypothèses considérées, sont les suivantes.

Tableau 11 : Caractéristiques de l'incendie

	Durée de l'incendie	Puissance maximale de l'incendie	Emissivité max de la flamme	Hauteur maximale de flamme
Cellule 1 (côté four)	302 min	51,0 MW	14,5 kW/m²	18,5 m
Cellule 2 (côté quai)	254 min	43,2 MW	11,6 kW/m²	19,3 m
Cellule 3 (côté quai pontier)	115 min	1,6 MW	10,7 kW/m²	2,0 m



Flux thermique correspondant	8 kW/m²	5 kW/m²	3 kW/m²
Face ←	8 m	14 m	20 m
Face →	12 m	18 m	26 m
Face ↑	4 m	8 m	14 m
Face ↓	4 m	8 m	12 m

Figure 10 : Flux thermiques à l'extérieur de la fosse OM

Cette figure représente les flux thermiques maximum obtenus dans la configuration modélisée, c'est-à-dire pour un incendie d'une durée de 5 heures et où, par conséquent, les murs coupe-feu autour de la fosse ne jouent plus leur rôle de protection.

Cependant, notons **qu'au regard des moyens de protection incendie projetés au niveau de la fosse de réception des OMR, ce scénario est extrêmement peu probable**, l'extinction de l'incendie pouvant se réaliser en une durée bien inférieure à deux heures et, dans ce contexte, les flux ne sortiraient qu'au niveau des quais.

Dans tous les cas, l'ensemble des flux reste à l'intérieur des limites de propriété comme le montre la cartographie présentée au chapitre 7 en page 56.

5 RISQUE EXPLOSION : VCE OU UVCE

5.1 MODELE DE CALCUL DES EFFETS DE SURPRESSION : METHODE MULTI-ENERGIE

5.1.1 PRELIMINAIRES – CHOIX DU MODELE

Les méthodes simples d'évaluation des conséquences des explosions ne sont jamais prévues pour traiter à la fois des aspects à la fois mécaniques (ondes de pression) et thermiques. Ainsi, dans cette étude ne seront abordés que les calculs dédiés aux ondes de pression.

La méthode permettant de déterminer les effets de pression dans le cas d'une explosion repose sur :

- la détermination de l'énergie disponible lors de l'explosion,
- la méthode multi-énergie pour évaluer l'atténuation des effets de pression.

Cette démarche a l'avantage d'être applicable aussi bien pour les explosions à l'air libre (UVCE) que pour l'évaluation des effets de surpression liés à l'éclatement d'un réservoir (atmosphère confiné).

L'idée centrale des méthodes basées sur le concept multi-énergie est qu'une explosion de gaz produit des effets d'autant plus important qu'elle se développe dans un environnement encombré ou turbulent dans lequel la flamme peut se propager rapidement et qu'en dehors de ces zones, les effets de pression associés à la propagation de flamme sont minimes.

Le principe de la méthode multi-énergie et la méthodologie appliquée pour la détermination de l'énergie disponible d'explosion sont détaillées ci-après.

5.1.2 ETAPE 1 : DETERMINATION DE L'ENERGIE DE L'EXPLOSION

5.1.2.1 Explosion en atmosphère confiné – Equation de Brode

a) Explosion de gaz

La détermination de l'énergie de l'explosion de gaz s'effectue à partir de l'équation de Brode :

$$E = \frac{1}{\gamma - 1} \times V \times \left(P_{ex} - P_{atm}\right)$$

Où : E = énergie de l'explosion (en Joule)
γ = Gamma (rapport des capacités thermiques massiques du gaz considéré)
V = Volume de l'enceinte considéré (en m^3)
$P_{ex} – P_{atm}$ = Pression relative de l'explosion (en Pa)
P_{ex} = Pression absolue de l'explosion (en Pa)
P_{atm} = Pression atmosphérique (en Pa)

Dans une approche dimensionnante, on retiendra comme pression relative $P_{ex} – P_{atm}$ d'une explosion primaire :

- Si le volume est correctement éventé : $P_{ex} - P_{atm} = P_{redmax}$ (la pression d'explosion réduite utilisée pour calculer la surface d'évent).
- Si le volume est non éventé : $P_{ex} - P_{atm} = 2 * P_{rupture}$ (où $P_{rupture}$ est la pression statique de rupture de l'enceinte).

b) Explosion de poussières

La détermination de l'énergie de l'explosion de poussières s'effectue à partir de l'équation de Brode simplifiée :

$$E = 3 \times V \times \left(P_{ex} - P_{atm}\right)$$

Où : E = énergie de l'explosion de poussières (en Joule)
V = Volume de l'enceinte considéré (en m^3)
$P_{ex} – P_{atm}$ = Pression relative de l'explosion (en Pa)
P_{ex} = Pression absolue de l'explosion (en Pa)
P_{atm} = Pression atmosphérique (en Pa)

Dans une approche dimensionnante, on retiendra comme pression relative $P_{ex} – P_{atm}$ de l'explosion :

- dans le cas d'une explosion primaire :
  - Si le volume est correctement éventé : $P_{ex} - P_{atm} = P_{redmax}$ (la pression d'explosion réduite utilisée pour calculer la surface d'évent).
  - Si le volume est non éventé : $P_{ex} - P_{atm} = 2 * P_{rupture}$ (où $P_{rupture}$ est la pression statique de rupture de l'enceinte).
- 5 bars dans le cas d'une explosion secondaire. Cette valeur est prise sur la base du retour d'expérience.

Afin de déterminer P_{ex}, des ordres de grandeurs de la résistance des éléments en fonction de leur constitution sont fournis dans le guide de l'état de l'art sur les silos (INERIS, 2008).

5.1.2.2 Explosion en atmosphère non confiné

1. Détermination du débit de fuite

Le débit massique de fuite d'un gaz à travers un orifice peut être estimé à partir de l'équation généralisée suivante (Yellow Book, TNO, 2005) :

$$q_S = C_d \times A_h \times \psi \times \sqrt{(\rho_0 \times P_0 \times \gamma \times (2/(\gamma+1))^{(\gamma+1)/(\gamma-1)})}$$

Où :

- q_s = Débit massique de fuite (en kg/s)
- Cd = Coefficient de trainée (sans unité)
- A_h = Section de la brèche (en m^2)
- Ψ = coefficient de fuite (sans unité)
- γ = Gamma
- $\rho_{réf}$ = Masse volumique du gaz aux conditions $T_{réf}$ et P_{atm} (kg /m^3)
- ρ_o = Masse volumique du gaz aux conditions T_o et P_o (kg /m^3)

$$\rho_0 = \rho_{réf} \times \frac{T_{réf}}{T_o} \times \frac{P_o}{P_{atm}}$$

- P_o = Pression de service (en Pa)
- P_{atm} = Pression atmosphérique (en Pa)
- $T_{réf}$ = Température de référence (en K)
- T_o = Température de service (en K)

Le facteur Ψ^2 dépend de la nature du flux de gaz, s'il est critique ou non. Le flux est dit critique (ou supersonique) lorsque :

$$P_0/P_a \geq ((\gamma+1)/2)^{(\gamma/(\gamma-1))}$$

Si le flux est critique : $\psi^2 = 1$

Si le flux est subsonique (ou sub-critique) :

$$\psi^2 = 2/(\gamma-1) \times ((\gamma+1)/2)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)} \times (P_a/P_0)^{2/\gamma} \times (1-(P_a/P_0)^{((\gamma-1)/\gamma)})$$

2. Détermination de la masse explosive

La masse de gaz inflammable est déterminée suivant la formule :

$$m_{inf} = q_s \times \Delta t$$

Où :

- q_s = Débit massique de fuite (en kg/s)
- Δt = Délai d'ignition

Le délai d'allumage de la masse de gaz considéré est généralement de 60 s. Ce délai est justifié par l'étude de Lannoy (Analyse des explosions air – hydrocarbures en champs libre, 1984), qui indique que statistiquement, le délai d'allumage est généralement court, c'est-à-dire inférieur à 1 min dans 69% des cas étudiés. Les fuites de gaz sont en effet souvent associées à des interventions ou à des travaux, ou bien ont lieu en zone urbaine, qui offrent autant de sources d'ignition potentielles. On notera également qu'un nombre significatif de fuites de gaz ne rencontre pas de source d'ignition et ne produit pas d'explosion.

3. Détermination du volume du nuage à la stœchiométrie

Le volume du nuage de vapeurs dans les conditions stœchiométriques est déterminé comme suit (cf. Yellow Book, TNO, 2005) :

$$V_n = \frac{m_{\text{inf}}}{\rho_{réf} \times C_s}$$

Où :

- V_n = volume du nuage de gaz dans les conditions stœchiométriques (en m^3)
- $\rho_{réf}$ = Masse volumique du gaz dans les conditions ambiantes (kg /m^3)
- Cs = Concentration de gaz à la stœchiométrie (en %)

4. Détermination de l'énergie d'explosion

L'énergie de combustion de la charge explosive, dans le cadre d'un espace libre de tout encombrement, est alors obtenue comme suit :

$$E = E_{gaz} = V_n \times \Delta H_c$$

Où :

- E = Energie disponible lors de l'explosion (en J)
- V_n = volume du nuage de gaz dans les conditions stœchiométriques (en m^3)
- ΔH_c = chaleur de combustion dans les conditions stœchiométriques (en J /m^3)

5.1.3 ETAPE 2 : DETERMINATION DES DISTANCES DES EFFETS DE SURPRESSION – MODELE MULTI-ENERGIE

5.1.3.1 Description du modèle multi-énergie

Les principes de base sur lesquels repose cette méthode sont directement inspirés des mécanismes qui gouvernent le déroulement des explosions de gaz.

L'idée centrale des méthodes basées sur le concept multi-énergie est qu'une explosion de gaz produit des effets d'autant plus important qu'elle se développe dans un environnement encombré ou turbulent dans lequel la flamme peut se propager rapidement et qu'en dehors de ces zones, les effets de pression associés à la propagation de flamme sont minimes.

Ainsi, pour comprendre la méthode Multi-Energie, il convient tout d'abord de garder à l'esprit qu'une explosion de gaz n'est susceptible d'engendrer de fortes surpressions que si :

- les flammes atteignent une vitesse de propagation importante (plusieurs dizaines de m/s),
- ou si les gaz sont confinés par des parois solides.

Pour cela, il convient de tenir compte des nombreux paramètres qui ont une influence sur la

- vitesse de propagation des flammes, parmi lesquels peuvent être cités :
- la densité d'obstacles,
- le degré de confinement,
- la forme et les dimensions du nuage inflammable,
- la réactivité du combustible,
- l'énergie et la position de la source d'inflammation,
- et la turbulence du mélange réactif avant allumage.

Dans le cadre d'une application de la méthode Multi-Energie, la « violence » de chaque explosion élémentaire peut ensuite être caractérisée par un indice compris entre 1 et 10. A chaque indice correspond un niveau de surpression maximum.

Les niveaux maximum et les courbes d'atténuation de la surpression en fonction de la distance sont donnés, pour chaque indice, sur des abaques.

5.1.3.2 Choix de l'indice de violence

S'agissant de l'utilisation de la méthode Multi-Energie, déterminer la ou les surpressions maximales revient à choisir un « indice de violence » pertinent parmi les 10 proposés. Pour mémoire la correspondance entre les indices compris entre 1 et 10 et les niveaux de surpression maximum est rappelée dans le tableau suivant.

Tableau 12 : Correspondance entre indices et surpressions maximales

Indice de la méthode (-)	Surpression maximale correspondante (kPa)	(mbar)
1	1	10
2	2	20
3	5	50
4	10	100
5	20	200
6	50	500
7	100	1000
8	200	2000
9	500	5000
10	2000	20000

Au cours du temps, différentes recommandations ont été proposées pour les choix d'indice mais parmi les recommandations les plus largement employées se trouve celle proposée par Kinsella (Kinsella, 1993). En se basant sur l'analyse des accidents dits « majeurs » passés, Kinsella a proposé de choisir les indices de violence d'explosion en considérant :

- l'énergie d'inflammation,
- le degré d'encombrement dû aux obstacles solides,
- et le degré de confinement.

Ces recommandations sont traduites dans le tableau reporté en page suivante.

Dans ce tableau, l'énergie d'inflammation est à considérer comme :

- forte lorsqu'une explosion confinée peut être à l'origine de l'inflammation du nuage (régime de détonation),
- ou faible lorsque la source d'inflammation potentielle se limite aux sources courantes comme les surfaces chaudes, les étincelles, ...

Le degré d'encombrement est :

- fort lorsque le volume des obstacles correspond à plus de 30 % du volume total de la zone encombrée, l'espace entre obstacles étant inférieur ou égal à 3 m ;
- faible lorsque des obstacles existent mais que les conditions précédentes ne sont pas simultanément satisfaites,
- et inexistant lorsqu'il n'y a pas d'obstacle dans le nuage inflammable.

Le confinement est à considérer de façon « binaire » comme :

- existant lorsque le nuage inflammable est confiné par des surfaces solides sur 2 à 3 faces,
- et inexistant si la seule surface solide à considérer est le sol.

Tableau 13 : Choix de l'indice de violence selon Kinsella (1993)

Energie d'inflammation		Le degré d'encombrement			Le degré de confinement		Indice
faible	forte	fort	faible	inexistant	existant	inexistant	
	×	×			×		7 - 10
	×	×				×	7 - 10
×		×			×		5 - 7
	×		×		×		5 - 7
	×		×			×	4 - 6
	×			×	×		4 - 6
×		×				×	4 - 5
	×			×		×	4 - 5
×			×		×		3 - 5
×			×			×	2 - 3
×				×	×		1 - 2
×				×		×	1

5.1.3.3 Détermination de la distance réduite R' pour une valeur de surpression donnée

Dans le cas de la méthode multi-énergie, à chaque indice de violence, noté de 1 à 10, est associée une courbe de décroissance des surpressions aériennes.

Les paramètres d'explosion représentés sur l'abaque en page suivante sont :

- la surpression maximale rapportée à la pression atmosphérique :

$$P_S' = \frac{\Delta P}{P_{atm}}$$

- la distance réduite r' (en m) qui est le rapport entre la distance R (en m) (entre le point considéré et le centre de l'explosion) sur la racine cubique de l'énergie de combustion de la charge explosive E (en J) sur la pression atmosphérique (en Pa) :

$$r' = \frac{R}{\left(E / P_{atm}\right)^{1/3}}$$

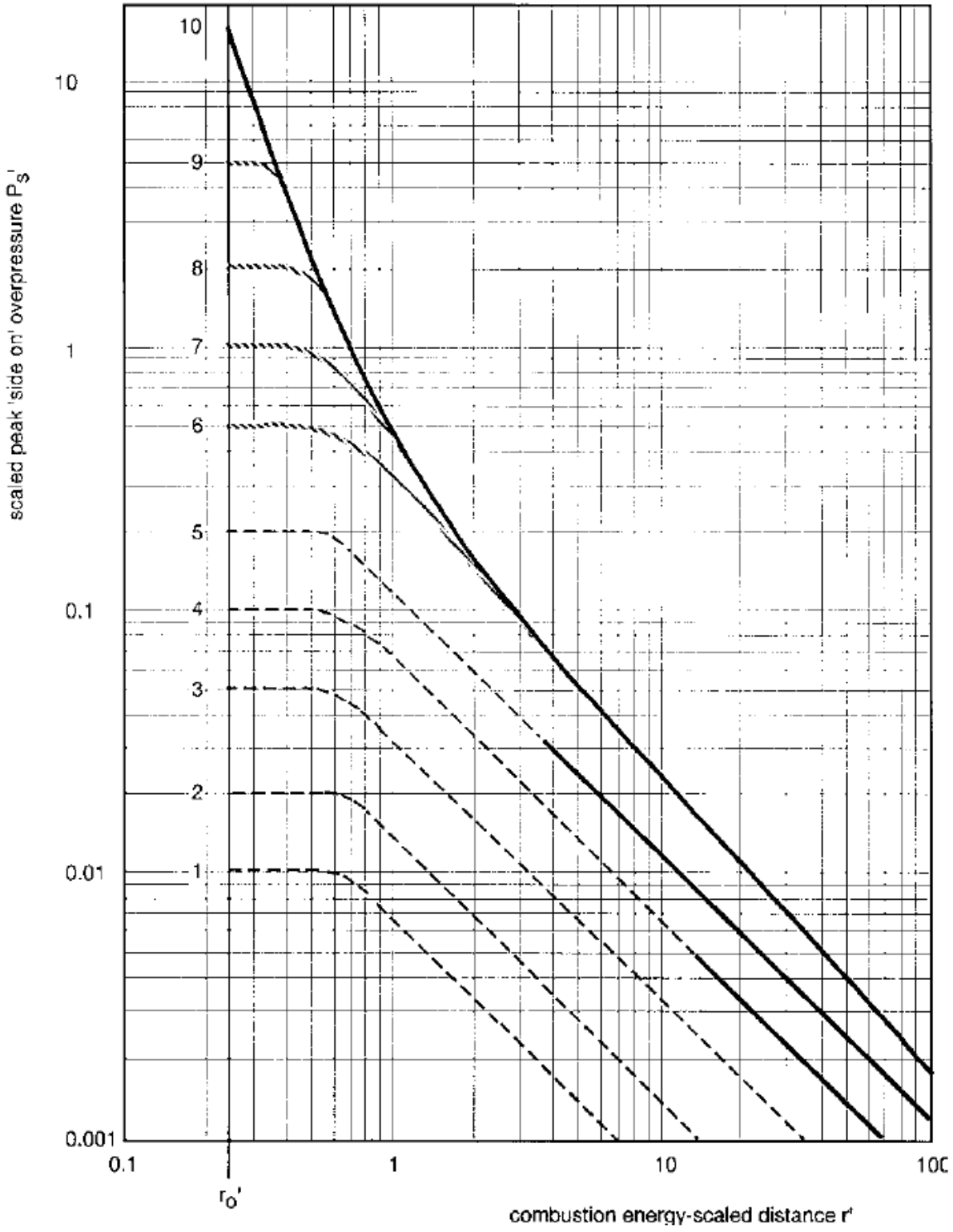


Figure 11 : Abaque relatif à la méthode multi-énergie de décroissance des surpressions aériennes

Lors de l'explosion de cellules, l'onde de surpression qui se forme est de forme sphérique centrée sur le toit de la cellule. Les effets au sol sont alors évalués en retranchant la hauteur des cellules à la distance d'effets calculée ci-avant. Il convient de souligner que ce raisonnement ne peut être accepté que s'il est démontré que le fût de la cellule résistera à l'onde de surpression partant du toit (si le fût résiste, il canalise en effet l'explosion vers le haut).

Si la distance des effets est inférieure à la hauteur de la cellule, la distance d'effet en pied de cellule est de 0 mètre.

Si la distance des effets est supérieure à la hauteur de la cellule, la distance d'effet en pied de cellule est alors de $Z = \sqrt{d^2 - H^2}$ (application du théorème de Pythagore).

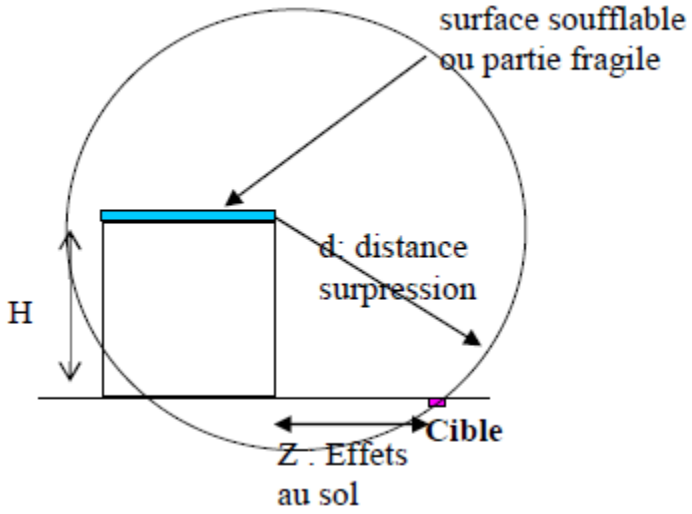


Figure 12 : Distances d'effet en pied de cellule

5.2 ANALYSE DU RISQUE D'EXPLOSION SUITE A UNE RUPTURE DE LA CANALISATION GAZ NATUREL DANS LE BATIMENT FOUR/CHAUDIERE (SC. 2A.4)

5.2.1 DESCRIPTION DU SCENARIO D'EXPLOSION ET HYPOTHESES DE CALCUL

Dans le cadre de l'étude, on considère le scénario 2A.4 : Fuite de la canalisation de gaz dans le hall four/chaudière et inflammation de l'ATEX, canalisation cheminant à près de 15 m de hauteur.

Or, lorsqu'un gaz est contenu sous pression dans une capacité et lorsque, par suite d'une perte d'étanchéité, un élément de cette capacité présente un orifice de fuite, le gaz s'en échappe et se mélange à l'air ambiant. Si la fuite se produit à l'air libre et tant qu'elle débite, il est possible d'affirmer que :

- c'est toujours du gaz pur qui est présent dans le plan de l'orifice de fuite,
- au contraire, il existe toujours une zone de l'espace suffisamment éloignée de l'orifice de fuite où la concentration de l'air en gaz déchargé reste très faible voire nulle,
- la fuite génère donc un champ de concentration,
- à cause de ce champ de concentration et dans l'hypothèse où le gaz déchargé est inflammable, il existe toujours une zone de l'espace où la concentration du gaz dans l'air appartient au domaine d'explosivité et où le mélange air-gaz constitue donc une ATEX.

Deux types d'évènements sont à envisager en fonctionnement normal :

- rupture guillotine d'une canalisation provenant d'une agression mécanique (véhicules, travaux…),
- fuites au niveau des brides, de presse-étoupe de vannes ou des joints.

Le principal risque de formation d'une ATEX dans le cas étudié est lié à des défauts d'étanchéité des brides, de presse-étoupe de vannes ou des joints. Le scénario de type rupture guillotine est quant à lui très peu probable (protection de la canalisation, procédure de travaux, site ICPE clôturé à accès contrôlé …).

5.2.1.1 Hypothèses de calcul

Bien que non applicable à la tuyauterie d'usine, les hypothèses validées par le guide méthodologique GESIP pour les canalisations de transports seront utilisés. Ainsi, pour les canalisations aériennes, l'évènement initiateur à retenir est celui de la petite brèche[2] de 12 mm avec rejet horizontal[3].

Ensuite, la pression interne maximale dans la canalisation de gaz naturel sera considérée à **5 bars rel.** pour la partie à l'intérieur du hall four/chaudière.

Le **délai d'allumage** de la masse de gaz considéré est de **60 s**. Ce délai est justifié par l'étude de Lannoy (Analyse des explosions air – hydrocarbures en champs libre, 1984), qui indique que statistiquement, le délai d'allumage est généralement court, c'est-à-dire inférieur à 1 min dans 69% des cas étudiés. Les fuites de gaz sont en effet souvent associées à des interventions ou à des travaux, ou bien ont lieu en zone urbaine, qui offrent autant de sources d'ignition potentielles. On notera également qu'un nombre significatif de fuites de gaz ne rencontre pas de source d'ignition et ne produit pas d'explosion.

5.2.1.2 Caractéristique du combustible

Les caractéristiques du gaz naturel sont :

Tableau 14 : Caractéristique du méthane (Source : Yellow Book)

Masse volumique (à 15 °C et à P = 1 atm)	Masse molaire	Gamma	Température d'auto-inflammation	Caractéristiques d'explosivité			Chaleur de combustion pour un mélange stœchiométrique avec l'air
				Limite inférieure d'explosivité	Concentration stœchiométrique avec l'air	Limite supérieure d'explosivité	
kg/m^3	g/mol	-	°C	%	%	%	MJ/m^3
0,68	16	1,305	595	5	9,5	15	3,23

[2] Les brèches de référence sont définies par une section circulaire du diamètre indiqué (soit, ici, 12 mm).

[3] Un rejet horizontal donne des effets plus importants. Pour une tuyauterie aérienne, sur laquelle il n'y a a priori aucune contrainte d'orientation de rejet, c'est donc le rejet horizontal qui est considéré (sauf cas particulier).

5.2.2 DETERMINATION DES ZONES DE DANGERS – FUITE DE LA CANALISATION AERIENNE DE GAZ NATUREL DANS LE HALL FOUR/CHAUDIERE (SC. 2A.4)

1. Détermination du débit de fuite et de la masse de gaz inflammable

Les résultats des calculs pour évaluer le débit massique de gaz sont présentés ci-dessous (les formules de calcul sont issues du Yellow Book, TNO) :

Tableau 15 : Masse de gaz au sein de l'ATEX – Fuite de la canalisation à 5 bars

Paramètres		Unité	Valeurs	Source
Cd	Coefficient de trainée	-	0,62	Yellow Book, 2005
	Fuite Guillotine (G) ou Brèche (B)		B	
	épaisseur du joint défaillant ou de la brèche	m	1,20E-02	Brèche type GESIP D = 12mm
Ah	**Section de la brèche**	**m^2**	**1,13E-04**	
γ	Gamma (Méthane)		1,305	Caractéristique du méthane
$\rho_{réf}$	Masse volumique du gaz (à $T_{réf}$ et à P_{atm})	kg/m^3	0,68	Mv du méthane à 15 ° et P_{atm}
ρ_0	**Masse volumique du gaz aux conditions T_o et P_o**	**kg/m^3**	3,36	
Pa	Pression atmosphérique	Pa	101 325	-
P_o	Pression de service (pression absolue)	Pa	500 000	PMS = 5 bars
P_c	**Pression critique**	**Pa**	**185 977**	
	Nature de l'écoulement		**Supersonique**	$P_o > P_c$
T	Température de référence	K	288	soit 15 °C
T_o	Température de service	K	288	T atmosphérique
ψ	**Coefficient de fuite supersonique**	**-**	**1**	
Q	**Débit massique supersonique**	**kg/s**	**6,07E-02**	
t	Délai d'ignition	s	60	Etude de Lannoy
M	**Masse de gaz accumulée au bout de t**	**kg**	**3,64**	

2. Détermination du volume du nuage à la stœchiométrie et de l'énergie de combustion

A partir de la masse de méthane inflammable de 3,64 kg, le volume du nuage de vapeurs à la limite inférieure d'inflammabilité est alors de 107 m^3 soit une énergie de combustion de près de 182,1 MJ (voir tableau en page suivante).

Tableau 16 : Energie de combustion – Scénario 2A.4

	Valeurs	Commentaires
Concentration en méthane à la LIE	5%	Caractéristiques du méthane
Chaleur de combustion du mélange air/méthane à la LIE (en J/m3)	1 700 000	
Masse volumique du méthane (en kg/m^3)	0,68	Données pour des conditions ambiantes (T = 15 °C et P = P_{atm})
Masse de gaz inflammable (en kg)	3,641	-
Volume du nuage de vapeurs (en m^3)	107	-
Energie d'explosion (en J)	1,8E+08	Pas d'obstacle considéré
Energie d'explosion (en MJ)	**182,1**	

3. Détermination de l'indice de violence

Etant donné le volume important du local d'une unité d'incinération, on ne peut parler d'explosion en atmosphère confinée, ainsi, en se basant sur les recommandations de Kinsella, **l'indice de violence retenu est de 5** correspondant à l'indice maximum pour une explosion non confinée et minimum pour une explosion confinée avec :

- une énergie d'inflammation = faible (vitesse de propagation de flamme subsonique – régime de déflagration),
- un degré d'encombrement dû aux obstacles solides = fort,
- un degré de confinement = inexistant.

4. Résultats de la modélisation des effets de surpression

Les résultats de la modélisation des effets de surpression obtenus avec les hypothèses spécifiées ci-dessus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 17 : Effets de surpression – Scénario 2A.4 (canalisation intérieure hall four/chaudière)

Energie d'explosion (en J)	**182 060 126**			
Pression atmosphérique (en Pa)	101 325			
Indice de violence	**5**			
Surpression (en mbar)	200 mbar	140 mbar	50 mbar	20 mbar[4]
Distance réduite (en m)	0,5	0,9	2,2	/
Distance R (en m) à la hauteur de la canalisation (h=15 m)	**6,1 m**	**10,9 m**	**26,7 m**	**53,5 m**
Distance R (en m) à h=1,8 m	/	/	**23,3 m**	**51,8 m**

[4] La distance d'effet au seuil de 20 mbar est fixée par la réglementation de façon forfaitaire au double de la distance d'effet à 50 mbar.

6 RISQUE ECLATEMENT / BLEVE

6.1 PRESENTATION DE L'OUTIL PROJEX

Cet outil de calcul permet de calculer les effets de pression ainsi que les distances de projection de fragments d'enveloppe définis par l'utilisateur observé suite à l'éclatement d'un réservoir de gaz. L'éclatement peut être pneumatique ou la conséquence d'une explosion interne.

Le modèle de calcul validé par l'INERIS et mis en œuvre par l'outil de calcul « PROJEX » mis en ligne sur le site internet Primarisk permet de déterminer les conséquences d'un éclatement de réservoir :

- la pression de rupture du réservoir est une donnée et le mode de rupture est supposé connu et instantané ;
- dans le champ proche, la pression est égale à la pression de choc déterminée classiquement à partir de la théorie des tubes à choc ;
- dans le champ lointain, la surpression décroît selon la courbe indice 10 de la méthode multi-énergie ;
- la projection des fragments est déterminée à l'aide des équations classiques de la balistique dans lesquelles la vitesse initiale est déduite des conditions de décharge du réservoir. Les effets de compressibilité de l'atmosphère sont pris en compte.

Dans bien des situations cette méthode fournit des estimations très conservatives.

6.2 ANALYSE DU RISQUE D'EXPLOSION D'UNE BOUTEILLE DE GAZ DANS LE FOUR (SC. 2A.1)

6.2.1 DESCRIPTION DES SCENARIO D'EXPLOSION

L'évènement redouté est l'introduction d'une bouteille de gaz dans le four d'incinération.

A l'heure actuelle, il est malheureusement courant de retrouver des petites bouteilles de protoxyde d'azote (≤ 2kg) dans les fours d'incinération.

Un autre évènement, beaucoup moins probable, serait d'avoir une bouteille de gaz domestique dans les déchets introduit dans le four.

Les deux cas de figure seront donc étudiés :

- L'éclatement d'une bouteille de 2 kg de protoxyde d'azote dans le four d'incinération,
- L'éclatement d'une bouteille de butane ou propane de 13 kg (taille de bouteille la plus utilisée pour un usage domestique) dans le four d'incinération.

6.2.2 ECLATEMENT DES BOUTEILLES – DETERMINATION DES ZONES DE DANGERS (SC. 2A.1)

6.2.2.1 Hypothèse de calcul et données d'entrée

Concernant la pression de rupture de bouteilles de gaz, l'INERIS a réalisé des essais sur des bouteilles métalliques de butane prises dans un feu. La pression d'éclatement d'une bouteille pleine retenue est donc calée sur ces essais, prise égale à 70 bars. Pour les bouteilles vides, il a été retenu 30 bars.

Les hypothèses de calcul sont présentées dans le tableau ci-dessous :

	Bouteille de protoxyde d'azote de 2kg	Bouteille de butane de 13 kg	Bouteille de propane de 13 kg
Longueur	35,5 cm	57 cm	61,5 cm
Diamètre	12,3 cm	30 cm	31 cm
Pression de rupture pour une bouteille vide	30 bars	30 bars	30 bars
Pression de rupture pour une bouteille pleine	70 bars	70 bars	70 bars

Si le scénario d'accident est celui d'un réservoir pris dans un incendie ce qui est le cas du scénario considéré, les propriétés mécaniques de l'enveloppe étant endommagées par la montée en température, on peut considérer que le réservoir sera rompu à une pression égale à la moitié de sa pression de rupture en statique (Source : INERIS, Omega 15 « Les éclatements de réservoirs »).

La pression de rupture d'une bouteille de gaz prise dans un incendie est de 15 bars pour une bouteille vide et de 35 bars pour une bouteille pleine.

Selon les préconisations du modèle PROJEX, pour un réservoir pris dans un incendie, **la température du gaz au moment de la rupture peut être prise égale à 773 K.**

Les derniers paramètres à rentrer dans le modèle PROJEX sont les caractéristiques du gaz :

	Protoxyde d'azote	Butane	Propane
Masse molaire	44,01 g/mol	58,12 g/mol	44,10 g/mol
Rapport Cp/Cv du gaz	1,2804	1,1052	1,1364

6.2.2.2 Résultats de la modélisation

Les feuilles de résultats établies par le modèle PROJEX - INERIS sont fournies en annexe. Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau ci-après :

Tableau 18 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement bouteilles de protoxyde d'azote

Zones	Zone des dangers très graves pour la vie humaine correspondant à la zone seuil pour les effets domino	Zone des dangers graves pour la vie humaine	Zone des dangers significatifs pour la vie humaine	Zone de dangers – Bris de vitre
Surpression correspondante	**200 mbar**	**140 mbar**	**50 mbar**	**20 mbar**
Bouteille N_2O vide	1 m	1 m	3 m	6 m
Bouteille N_2O pleine	1 m	2 m	4 m	8 m

On constate que pour le gaz des bouteilles de protoxyde d'azote, les seuils d'effets sont très faibles et le seuil des effets domino (1 mètre) est inclus dans le four. Une telle explosion génèrerait donc des dégâts matériels au niveau des équipements (pouvant nécessiter un arrêt du four) ce qui est confirmé au regard de l'important retour d'expérience sur ce type d'incident.

Ce scénario ne constitue donc pas un scénario majeur au sens d'une étude de dangers.

Tableau 19 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement bouteilles butane ou propane

Zones	Zone des dangers très graves pour la vie humaine correspondant à la zone seuil pour les effets domino	Zone des dangers graves pour la vie humaine	Zone des dangers significatifs pour la vie humaine	Zone de dangers – Bris de vitre
Surpression correspondante	**200 mbar**	**140 mbar**	**50 mbar**	**20 mbar**
Bouteille Butane vide	3 m	4 m	9 m	18 m
Bouteille Butane pleine	4 m	5 m	12 m	24 m
Bouteille Propane vide	3 m	4 m	9 m	17 m
Bouteille Propane pleine	4 m	5 m	12 m	23 m

Dans ces cas-là, considérant les dimensions du four, le risque d'éclatement du four par effet domino ne peut être exclus. Il est donc modélisé en partie suivante.

6.2.3 ECLATEMENT DU FOUR PAR EFFET DOMINO DE L'ECLATEMENT D'UNE BOUTEILLE DE BUTANE OU PROPANE

6.2.3.1 Hypothèse de calcul et données d'entrée

Les hypothèses de calcul sont présentées dans le tableau ci-dessous :

		Four
Enceinte	Volume total	490 m^3
	Hauteur du four	21,9 m
	Diamètre équivalent cylindre	5,3 m
	Pression maximale admissible par la chaudière *	300 mmCE, soit 30 mbar

* On notera que la chaudière est protégée du risque de rupture par une trappe d'expansion dont la pression d'ouverture est avant le seuil de 300 mmCE, soit 30 mbar, valeur inférieure à la pression maximale admise par la structure de la chaudière

Pression de rupture (Source = Note explicative PROJEX)

*Pression de rupture : la pression existant dans le réservoir au moment de l'éclatement doit être fournie (en bar abs). Selon l'origine de l'éclatement, la pression existant dans le réservoir au moment de l'éclatement, appelée ici pression de rupture, peut être différente de la pression de rupture en statique du réservoir (qui est fixée lors de la conception du réservoir, et doit être connue par l'industriel).

Indication pour le choix de la pression interne au moment de l'éclatement dans le cas d'une explosion interne : on peut considérer que, en régime statique, le réservoir peut supporter une pression au moins égale à trois fois sa pression de calcul (effective). Dans le cas d'une explosion interne, les effets dynamiques peuvent induire une pression de rupture 2 fois plus importante qu'en régime statique. Par conséquent, dans le cas d'une explosion interne, un réservoir peut éclater à une pression effective égale à 6 fois sa pression de calcul.

Hypothèse :

- Pression de rupture = 6 x pression de calcul = 6 x 30 = 180 mbars
- **Pression de rupture = 1,19325 bars abs**

Les derniers paramètres à rentrer dans le modèle PROJEX sont les caractéristiques du gaz :

- Masse molaire du gaz : pour les gaz de combustion, elle est assimilée à la masse molaire de l'air soit 29 g/mol ;
- Rapport Cp/Cv de l'air = 1,4.

6.2.3.2 Résultats de la modélisation

Les feuilles de résultats établies par le modèle PROJEX - INERIS sont fournies en annexe. Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau ci-après :

Tableau 20 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement pneumatique du four

Zones	Zone des dangers très graves pour la vie humaine correspondant à la zone seuil pour les effets domino	Zone des dangers graves pour la vie humaine	Zone des dangers significatifs pour la vie humaine	Zone de dangers – Bris de vitre
Surpression correspondante	**200 mbar**	**140 mbar**	**50 mbar**	**20 mbar**
Eclatement four	Non atteint	Non atteint	31 m	62 m

6.3 ANALYSE DU RISQUE D'EXPLOSION DE GAZ (CHAMBRE DE COMBUSTION – SC. 2A.3)

6.3.1 DESCRIPTION DES SCENARIO D'EXPLOSION

L'évènement redouté est la formation d'un mélange inflammable dans le foyer de combustion au démarrage d'un four du fait d'une absence de flamme. L'explosion a lieu lorsque le brûleur se remet en fonctionnement en amenant de l'air et en apportant la source d'ignition alors que l'ensemble du volume contient le mélange gazeux ;il est considéré la formation d'une ATEX à la LIE d'un mélange d'air et de méthane (soit 5% de CH_4). Le volume à considérer est donc le volume de la chambre de combustion et du premiers parcours post-combustion.

Le phénomène étudié va comporter deux phases d'explosion :

- L'explosion primaire : explosion de l'ATEX dans l'enceinte confinée puis évacuation de l'énergie d'explosion à l'atmosphère lors de l'ouverture de la surface soufflable), l'énergie libérée dépend de la pression maximale atteinte dans l'enceinte (Pred) pendant l'explosion ;
- l'explosion secondaire (inflammation à l'extérieur, du gaz non brûlé lors de l'explosion primaire et expulsé à l'atmosphère lors de l'ouverture de la soupape ou de l'évent ou de la surface soufflable).

6.3.2 CARACTERISTIQUE DU COMBUSTIBLE

Les caractéristiques du gaz naturel sont :

Tableau 21 : Caractéristique du méthane (Source : Yellow Book)

Masse volumique (à 15 °C et à P = 1 atm)	Masse molaire	Gamma	Température d'auto-inflammation	Caractéristiques d'explosivité			Chaleur de combustion pour un mélange stœchiométrique avec l'air
				Limite inférieure d'explosivité	Concentration stœchiométrique avec l'air	Limite supérieure d'explosivité	
kg/m^3	g/mol	-	°C	%	%	%	MJ/m^3
0,68	16	1,305	595	5	9,5	15	3,23

6.3.3 EXPLOSION PRIMAIRE – DETERMINATION DES ZONES DE DANGERS (SC. 2A.3)

6.3.3.1 Hypothèse de calcul et données d'entrée

Les hypothèses de calcul sont présentées dans le tableau ci-dessous :

		Four
Enceinte	Volume total	490 m^3
	Hauteur du four	21,9 m
	Diamètre équivalent cylindre	5,3 m
	Pression maximale admissible par la chaudière *	300 mmCE, soit 30 mbar

* On notera que la chaudière est protégée du risque de rupture par une trappe d'expansion dont la pression d'ouverture est avant le seuil de 300 mmCE, soit 30 mbar, valeur inférieure à la pression maximale admise par la structure de la chaudière

Pression de rupture (Source = Note explicative PROJEX)

*Pression de rupture : la pression existant dans le réservoir au moment de l'éclatement doit être fournie (en bar abs). Selon l'origine de l'éclatement, la pression existant dans le réservoir au moment de l'éclatement, appelée ici pression de rupture, peut être différente de la pression de rupture en statique du réservoir (qui est fixée lors de la conception du réservoir, et doit être connue par l'industriel).

Indication pour le choix de la pression interne au moment de l'éclatement dans le cas d'une explosion interne : on peut considérer que, en régime statique, le réservoir peut supporter une pression au moins égale à trois fois sa pression de calcul (effective). Dans le cas d'une explosion interne, les effets dynamiques peuvent induire une pression de rupture 2 fois plus importante qu'en régime statique. Par conséquent, dans le cas d'une explosion interne, un réservoir peut éclater à une pression effective égale à 6 fois sa pression de calcul.

Hypothèse :

- Pression de rupture = 6 x pression de calcul = 6 x 30 = 180 mbars
- **Pression de rupture = 1,19325 bars abs**

Les derniers paramètres à rentrer dans le modèle PROJEX sont les caractéristiques du gaz :

- Masse volumique du mélange air vapeur à la température de service et pression de service (kg/m^3) : **Mv = 1,193 kg/m^3** : la LIE du méthane étant de 5%, on considère que le four est rempli à 5% de CH4 (Mv = 0,68 kg/m^3 à 20°C) et à 95% d'air (Mv=1,22 kg/m^3 à 20°C) ;
- Rapport Cp/Cv des gaz imbrûlés fixé à 1,3 par le logiciel.

6.3.3.2 Résultats de la modélisation

Les feuilles de résultats établies par le modèle PROJEX - INERIS sont fournies en annexe. Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau ci-après :

Tableau 22 : Définition des rayons des zones de dangers – Explosion interne four

Zones	Zone des dangers très graves pour la vie humaine correspondant à la zone seuil pour les effets domino	Zone des dangers graves pour la vie humaine	Zone des dangers significatifs pour la vie humaine	Zone de dangers – Bris de vitre
Surpression correspondante	**200 mbar**	**140 mbar**	**50 mbar**	**20 mbar**
Four – Explosion primaire	Non atteint	Non atteint	34 m	68 m

L'énergie d'explosion déterminée par PROJEX est de 2,9030.10^7 J.

6.3.4 EXPLOSION SECONDAIRE – DETERMINATION DES ZONES DE DANGERS (SC. 2A.3)

a) Détermination de l'énergie de combustion

L'explosion secondaire correspond à une explosion de type UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion) des gaz non brûlés par l'explosion primaire. L'énergie de l'explosion est calculée par la soustraction de l'énergie thermique disponible (énergie totale de combustion) par l'énergie de Brode participant à l'explosion primaire.

Tableau 23 : Energie de combustion – Scénario 3 – Explosion four

	Valeurs	Commentaires
Concentration en méthane à la LIE	5%	Caractéristiques du méthane
Chaleur de combustion du mélange air/méthane à la LIE (en J/m^3)	1 700 000	
Volume du nuage de vapeurs (en m^3)	490	Volume du four
Energie totale d'explosion (en J)	8,3E+08	Pas d'obstacle considéré
= Energie thermique disponible (en MJ)	**833**	
Energie participant à l'explosion primaire (en MJ)	**29,03**	Résultat PROJEX
Energie explosion secondaire (en MJ)	**803,97**	

b) Détermination de l'indice de violence

Etant donné le volume important du local d'une unité d'incinération, on ne peut parler d'explosion en atmosphère confinée, ainsi, en se basant sur les recommandations de Kinsella, **l'indice de violence retenu est de 8** correspondant à l'indice maximum pour une explosion non confinée et minimum pour une explosion confinée avec :

- mélange turbulent (éjecté par l'explosion primaire) => énergie d'inflammation forte ;
- un degré d'encombrement dû aux obstacles solides = fort ;
- un degré de confinement = inexistant (volume du hall four/chaudière trop important).

Remarque : Dans tous les cas, au-dessus de l'indice 6, les abaques sont confondus pour les seuils de surpression inférieurs à 200 mbars.

c) Résultats de la modélisation des effets de surpression

Les résultats de la modélisation des effets de surpression obtenus avec les hypothèses spécifiées ci-dessus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 24 : Effets de surpression – Scénario 2A.3 – Explosion secondaire

Energie d'explosion (en J)	**803 970 000**			
Pression atmosphérique (en Pa)	101 325			
Indice de violence	**8**			
Surpression (en mbar)	200 mbar	140 mbar	50 mbar	20 mbar[5]
Distance réduite (en m)	1,5	2,3	5,1	/
Distance R (en m)	**29,9 m**	**45,9 m**	**101,7 m**	**203,4 m**

[5] La distance d'effet au seuil de 20 mbar est fixée par la réglementation de façon forfaitaire au double de la distance d'effet à 50 mbar.

7 CARTOGRAPHIE DES ZONES DE DANGERS

Le rayon des différentes zones de dangers est donc :

Tableau 25 : Définition des rayons des zones de dangers (à hauteur d'Homme)

Zones			Zone des dangers très graves pour la vie humaine correspondant à la zone seuil pour les effets domino	Zone des dangers graves pour la vie humaine	Zone des dangers significatifs pour la vie humaine	Zone des effets indirects par bris de vitre
Seuil effet de surpression			**200 mbar**	**140 mbar**	**50 mbar**	**20 mbar**
UVCE/VCE gaz	Canalisation intérieure d'alimentation four – Sc. 2A.4		*Non atteint*	*Non atteint*	23,3 m	51,8 m
BLEVE / Eclatement	Eclatement du four par effet domino éclatement bouteille de gaz – Sc. 2A.1		*Non atteint*	*Non atteint*	31 m	62 m
	Four – Chambre de combustion – Sc.2A.3	Phase 1	*Non atteint*	*Non atteint*	34 m	68 m
		Phase 2	29,9 m	45,9 m	101,7 m	203,4 m
Seuil des effets thermiques			**8 kW/m²**	**5 kW/m²**	**3 kW/m²**	/
Incendie(1)	Fosse OMR – Sc. 1.1	Face ←	10 m	14 m	20 m	/
		Face →	12 m	18 m	26 m	
		Face ↑	5 m	10 m	14 m	
		Face ↓	5 m	10 m	12 m	

(1) Le logiciel FLUMILOG préconise de retenir une distance de 5 m pour des distances d'effets inférieures à 5 m et de 10 m pour des distances d'effets comprises entre 6 m et 10 m.

Les cartographies des zones de risques significatifs concernant les risques majeurs figurent en page suivante.

Remarque :

- Dans le cas des phénomènes d'explosion comportant deux phases, ne sont représentés sur les cartographies en page suivante que les rayons obtenus pour la phase avec les rayons les plus importants.

- Concernant la canalisation d'alimentation en gaz naturel du four, une fuite accidentelle peut se produire à n'importe quel niveau de la canalisation, des périmètres enveloppe autour de la canalisation ont donc été réalisés sur la cartographie des zones de dangers.

- Concernant le scénario 2A.1 « Explosion d'une bouteille de gaz dans le four », il a été modélisé le **scénario d'éclatement de bouteilles de protoxyde d'azote** ce qui a permis de démontrer les seuils d'effets sont très faibles et le seuil des effets domino (1 mètre) est inclus dans le four. Une telle explosion génèrerait donc des dégâts matériels au niveau des équipements (pouvant nécessiter un arrêt du four) ce qui est confirmé au regard de l'important retour d'expérience sur ce type d'incident. **Ce scénario ne constitue donc pas un scénario majeur au sens d'une étude de dangers et ne sera pas cartographié**.

- Concernant ce même scénario, il a ensuite été modélisé l'éclatement de bouteilles de butane ou propane, dans ces cas-là, le risque d'éclatement du four par effet domino ne peut être exclus et c'est ce phénomène qui est représenté sur la cartographie en page suivante

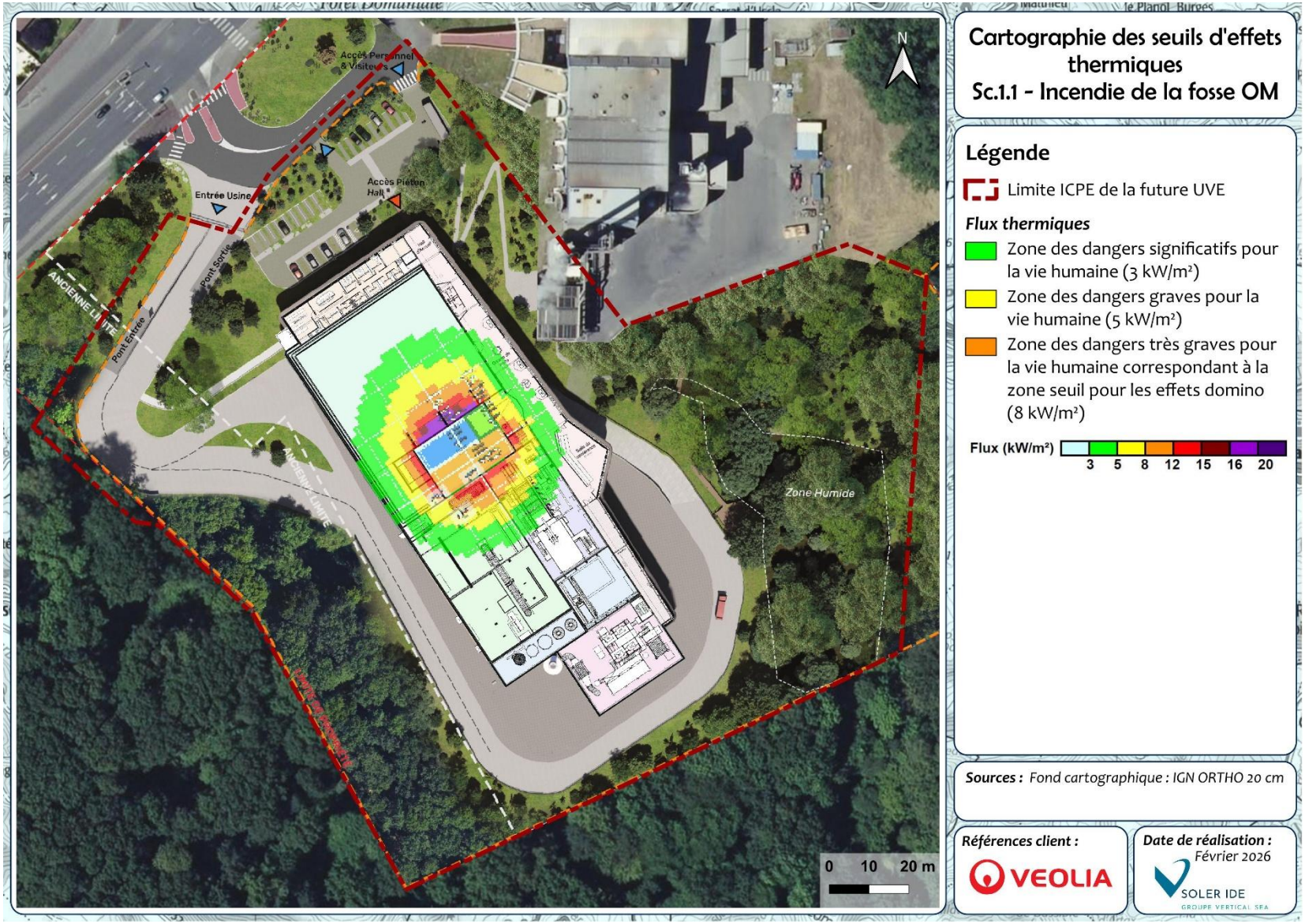


Figure 13 : Cartographie des seuils d'effets thermiques – Scénario 1.1 – Incendie généralisé des déchets dans la fosse OM

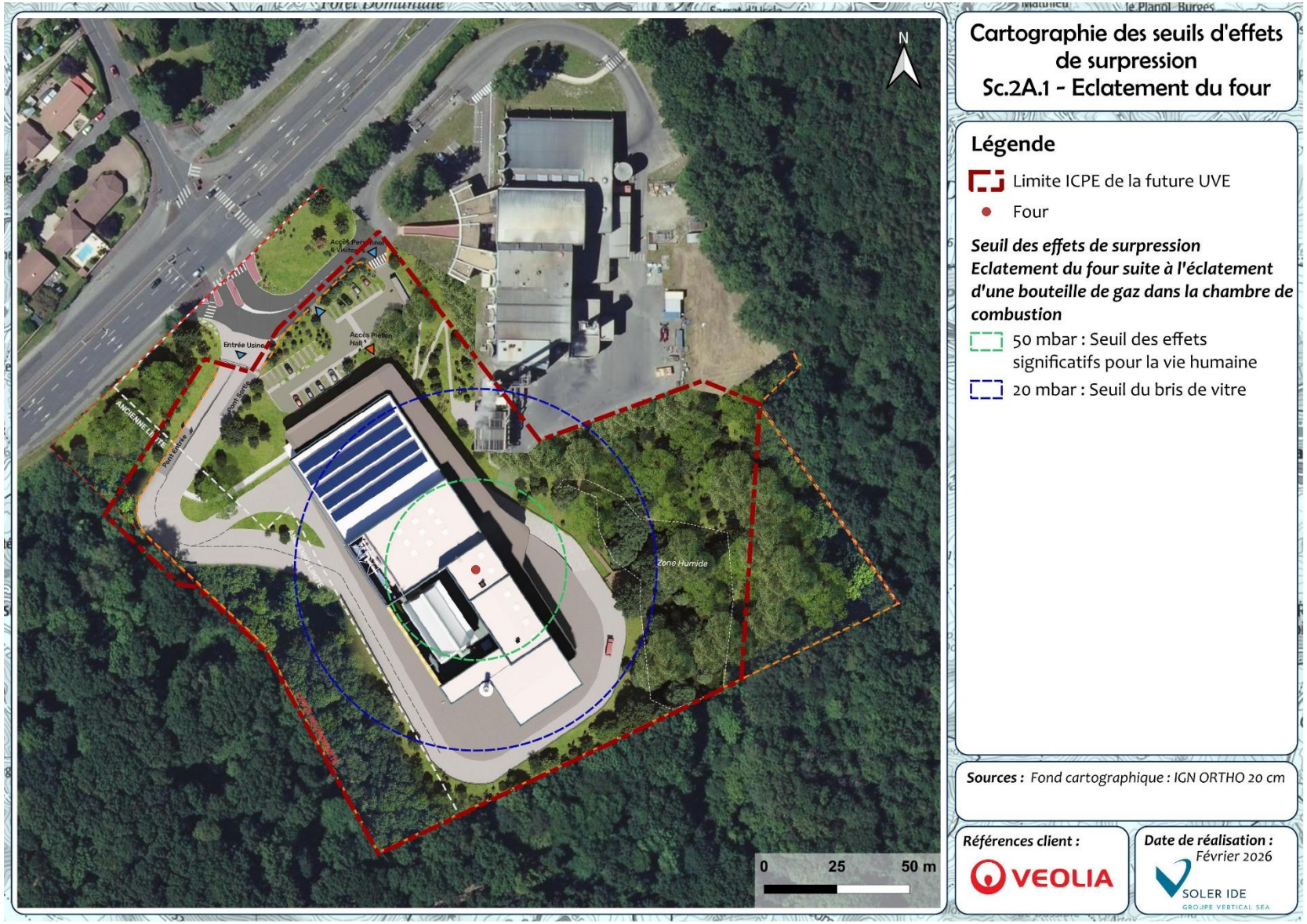


Figure 14 : Cartographie des seuils d'effets de surpression – Scénario 2A.1 - Eclatement du four suite à l'éclatement d'une bouteille de gaz

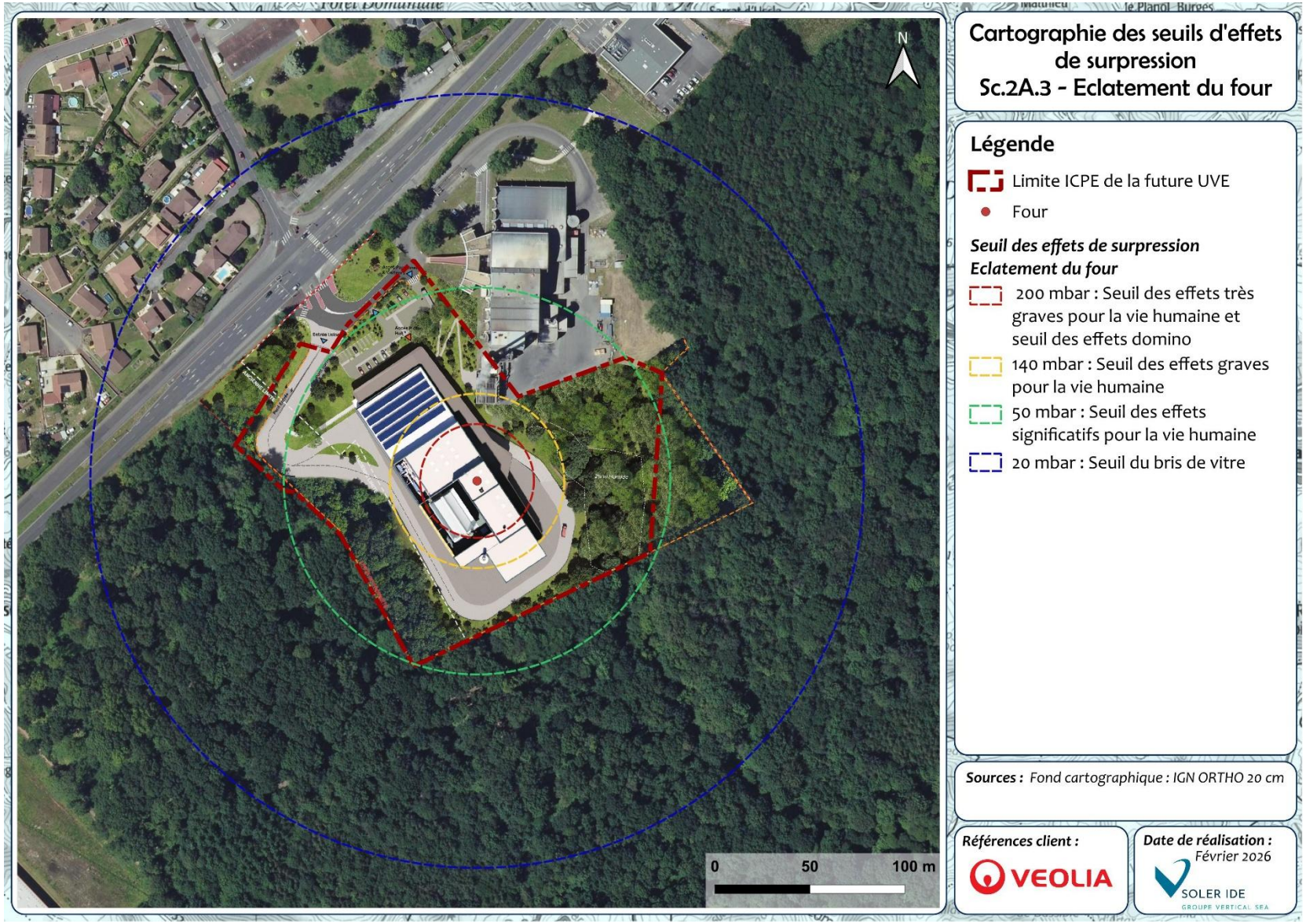


Figure 15 : Cartographie des seuils d'effets de surpression – Scénario 2A.3 - Eclatement du four

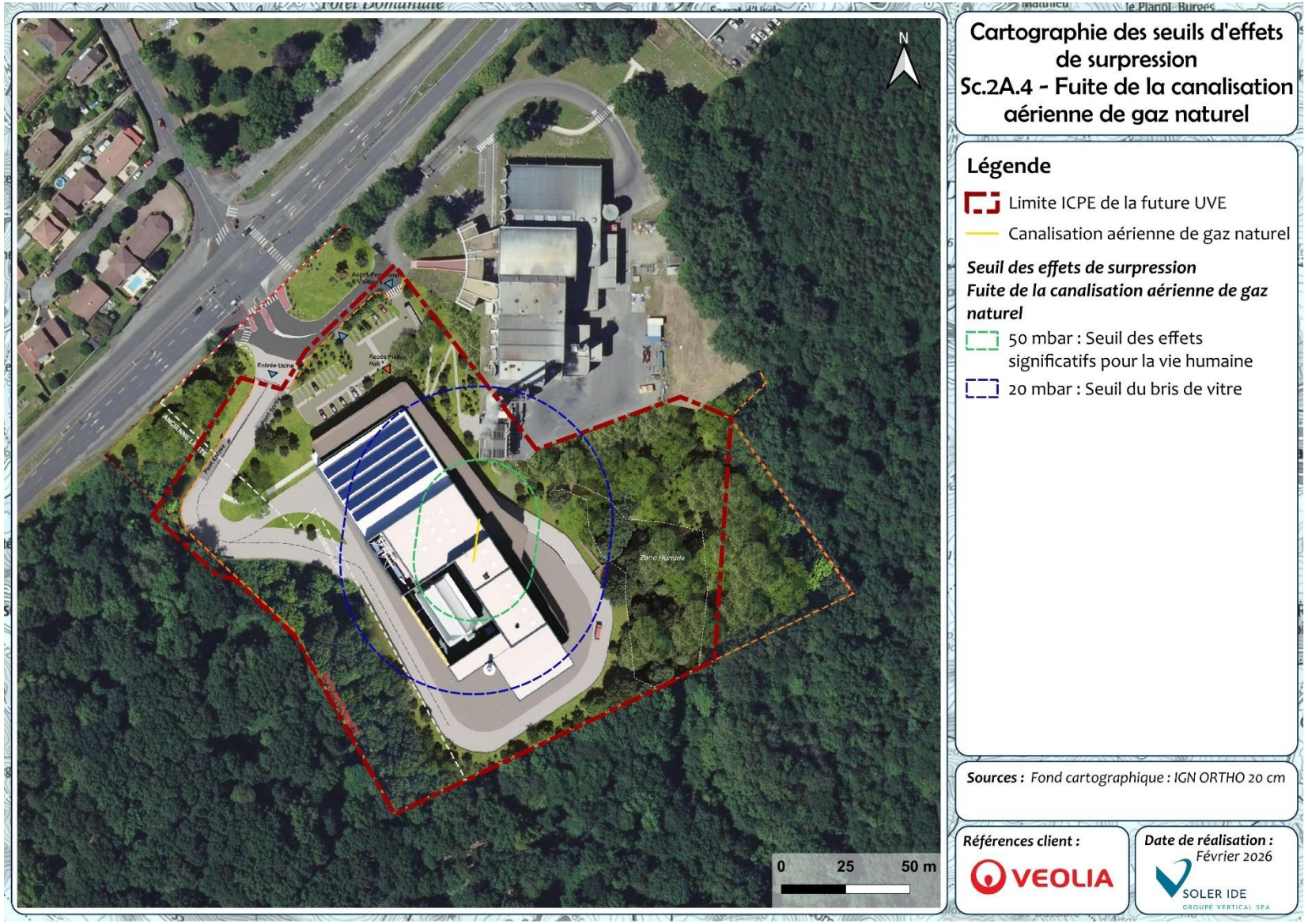


Figure 16 : Cartographie des seuils d'effets de surpression – Scénario 2A.4 – Fuite de la canalisation aérienne de gaz naturel dans le hall four/chaudière

8 COTATION DE LA GRAVITE ET EFFET DOMINO

8.1 COTATION DE LA GRAVITE

8.1.1 GRILLE DE COTATION DE LA GRAVITE

Le niveau de gravité sera déterminé d'après l'échelle d'appréciation de la gravité des conséquences humaines d'un accident à l'extérieur des installations, présentée en annexe 3 de l'arrêté du 29 septembre 2005 et reproduite ci-dessous :

Tableau 26 : Cotation de la gravité pour les effets sur les personnes

	niveau de gravité	Zone délimitée par le seuil des effets létaux significatifs	Zone délimitée par le seuil des effets létaux	Zone délimitée par le seuil des effets irréversibles
5	**désastreux**	> 10 personnes exposées	> 100 personnes exposées	>1000 personnes exposées
4	**catastrophique**	< 10 personnes exposées	entre 10 et 100 personnes	entre 100 et 1 000 personnes exposées
3	**important**	au plus 1 personne exposée	entre 1 et 100 personnes	entre 10 et 100 personnes exposées
2	**sérieux**	aucune personne exposée	au plus 1 personne	< 10 personnes exposées
1	**modéré**	pas de zone de létalité hors de l'établissement		présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à "une personne"

Pour les scénarios dont l'ensemble des rayons d'effet sont contenu dans les limites du site, la gravité sera notée 1*.

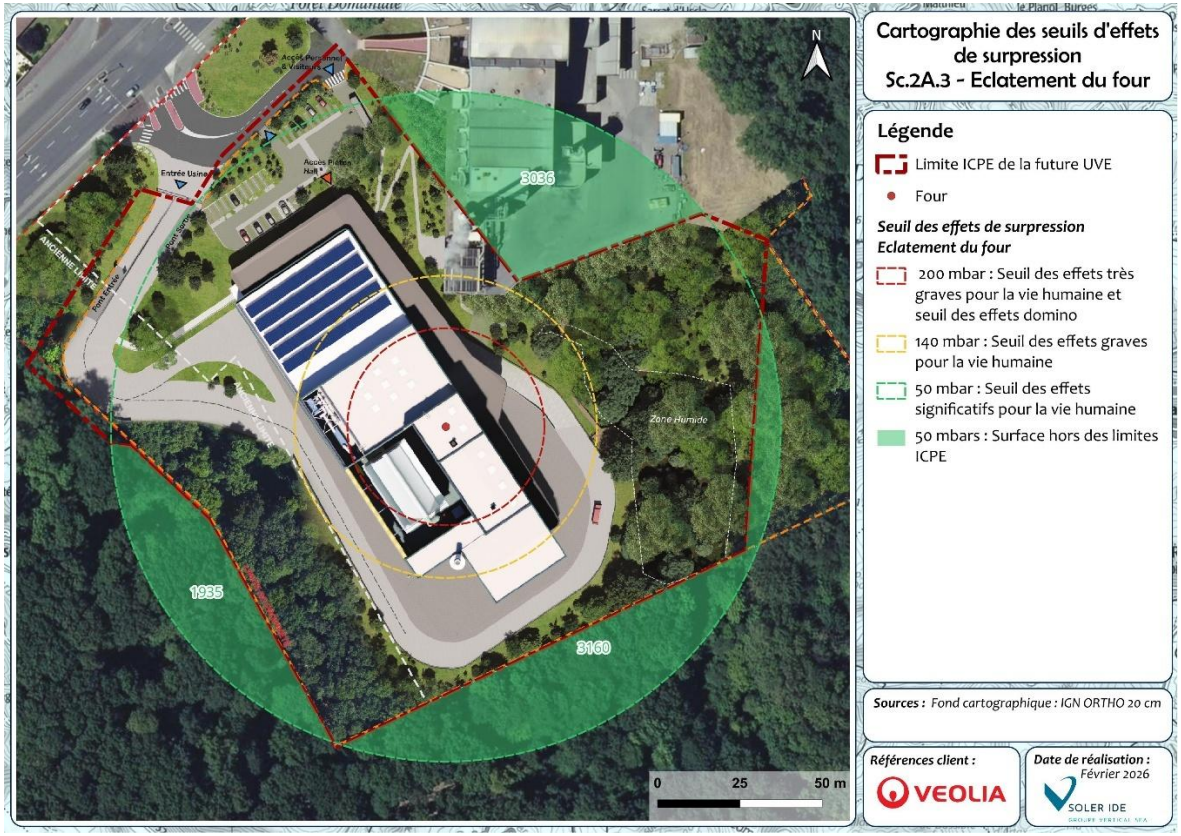
8.1.2 GRAVITE POTENTIELLE

La fiche 1 de la circulaire du 10 mai 2010 (relative à la méthodologie de comptage des personnes pour la détermination de la gravité des accidents) permet de comptabiliser le nombre de personnes extérieures à proximité du site :

- pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friche …) : 1 personne par tranche de 100 ha ;
- pour les établissements recevant du public : prendre en compte leur capacité d'accueil ;
- pour les zones d'activités : prendre le nombre de salariés.

Ainsi, puisque la limite ICPE de la nouvelle UVE n'englobe pas l'UVE actuelle, il y a lieu de comptabiliser un effectif sur ce terrain. En l'absence de données sur l'affectation projetée de ce bâtiment et du terrain, il sera considéré un effectif maximum de 9 personnes.

Tableau 27 : Gravité des différents scénarios

Seuils d'effet		Caractéristique de la cible en dehors du site où l'effet serait observé	Nombre de personnes extérieures au site	Niveau de gravité
Sc. 2A.3 – Explosion du four	SELS	Seuil des effets restant à l'intérieur des limites ICPE	/	1*
	SEL	Seuil des effets restant à l'intérieur des limites ICPE	/	1*
	SEI	 5 095 m² au sein du bois entourant les limites du site 3 036 m² au niveau de l'ancien UVE (non inclus dans le périmètre ICPE projeté)	Application de la règle de la circulaire du 10/05/2010 pour les **terrains non aménagés et très peu fréquentés** (1 pers. par tranche de 100 ha) : (1 935 + 3 160).10^{-4} /100 = 0,005 pers. Effectif maximum au niveau de l'ancienne UVE = 9 pers. => **< 10 personnes exposées**	2

8.2 EFFET DOMINO

8.2.1 EFFETS DOMINOS EXTERNES

Au regard de la cartographie, on constate que le seuil des effets domino est inclus dans les limites de propriété.

Par conséquent, aucun effet domino n'est à redouter à l'extérieur du site.

8.2.2 EFFETS DOMINOS INTERNES

8.2.2.1 Effets domino potentiels

Le tableau ci-après récapitule, pour les phénomènes dangereux modélisés, les équipements compris dans la zone des effets dominos ainsi que les phénomènes dangereux potentiels pouvant en résulter.

Il est également précisé si les conséquences du phénomène dangereux initiateur sont aggravées par les conséquences du phénomène dangereux généré.

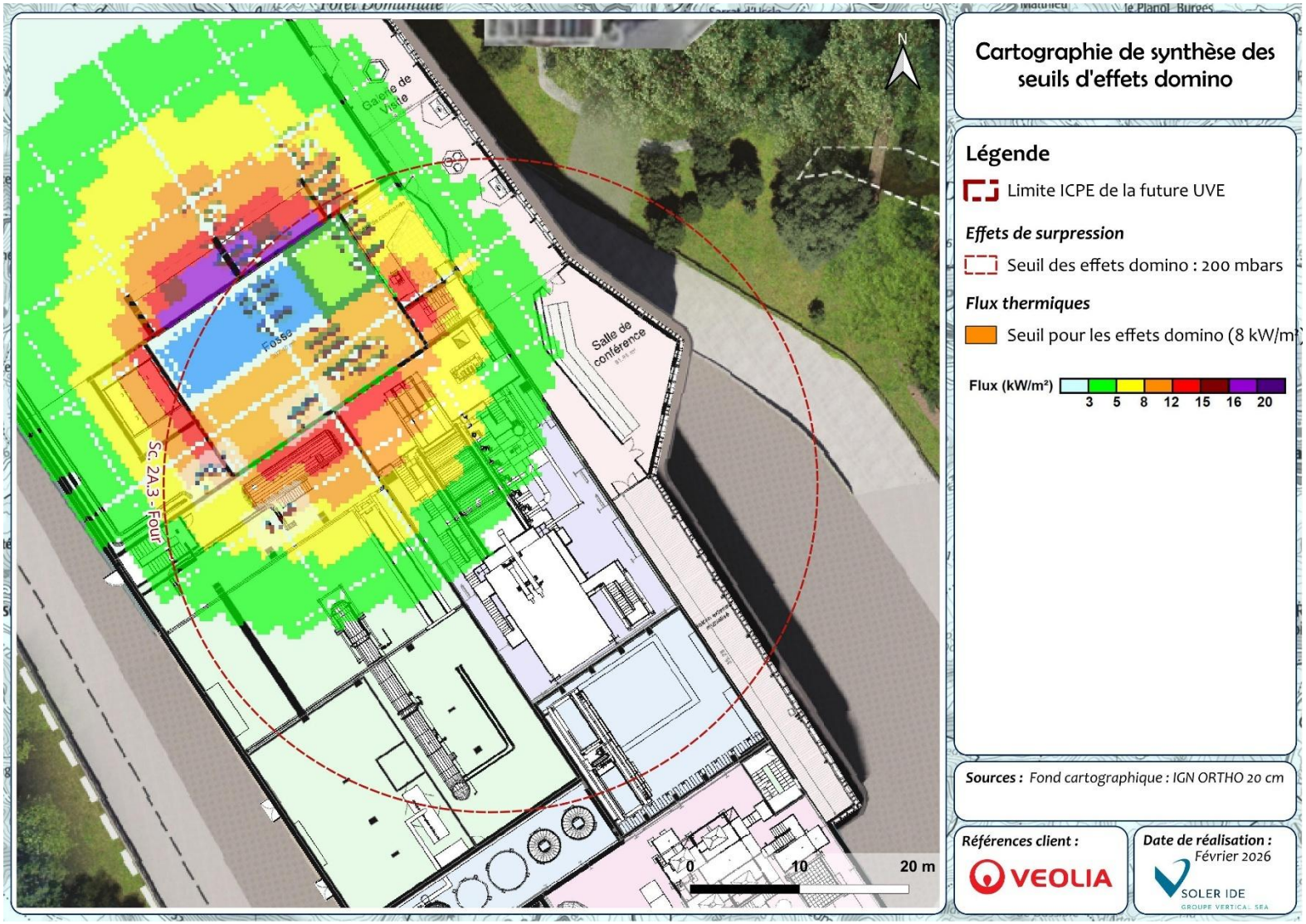


Figure 17 : Cartographie de synthèse des effets domino

Tableau 28 : Synthèse des effets dominos internes

N° Sc.	Scénario	Installations ou équipements atteints par les effets domino	Effets domino potentiels
1.1	Incendie Fosse OMR	Seuil des effets domino sortant au niveau du quai de déchargement Seuil des effets domino atteignant également le four-chaudière ainsi qu'une partie des équipements du local « valorisation énergétique »	Au niveau du quai de déchargement, pas d'équipements atteints donc pas de risque d'effets domino Concernant les installations derrière la fosse, rappelons que la cartographie FLUMILOG représente les flux thermiques maximum obtenus dans la configuration modélisée, c'est-à-dire pour un incendie d'une durée de 5 heures et où, par conséquent, les murs coupe-feu autour de la fosse ne jouent plus leur rôle de protection. Cependant, notons qu'au regard des moyens de protection incendie projetés au niveau de la fosse de réception des OMR, ce scénario est extrêmement peu probable, l'extinction de l'incendie pouvant se réaliser en une durée bien inférieure à deux heures et, dans ce contexte, les flux ne sortiraient qu'au niveau des quais et sans effet domino potentiel lié aux autres installations.
2A.1	Eclatement du four par effet domino éclatement bouteille de gaz	Seuil des effets domino non atteint	/
2A.4	Fuite canalisation intérieure d'alimentation four + inflammation ATEX	Seuil des effets domino non atteint	/

N° Sc.	Scénario	Installations ou équipements atteints par les effets domino	Effets domino potentiels
2A.3	Eclatement chambre de combustion – Four-chaudière	Seuil des effets domino impactant l'ensemble des équipements du bâtiment fours-chaudières. Hors bâtiment four-chaudière, seuil des effets domino atteignant la fosse OMR, la fosse mâchefers, les locaux à l'Ouest « valorisation énergétique » à l'Ouest (locaux électriques, pompes alimentaire de la chaudière, local GTA) (cf. carte en amont du tableau)	Rappelons, tout d'abord que les résultats ont été obtenus pour un éclatement à l'air libre ; l'effet d'atténuation du local n'a pas été pris en compte. Au niveau du périmètre « Fours-chaudières », un éclatement du four pourrait engendrer un endommagement important des équipements dans le bâtiment et de la structure du bâtiment. A noter qu'une partie de l'explosion sera absorbée par la structure du bâtiment. Concernant la fosse OMR et les locaux électriques, ils seront protégés par des murs béton (pas de risque d'effets domino). Pour la fosse mâchefers, il n'y a aucun risque de sur-accident. En cas d'endommagement des pompes alimentaires, l'effet à redouter à terme serait un manque d'eau dans le ballon. Cependant, en cas d'accident, les installations seraient mises à l'arrêt ; il n'y a donc pas de risques de sur-accident. Au niveau du bâtiment GTA, un éclatement du four-chaudière ou du ballon pourrait générer un endommagement du matériel voire un arrêt de la production électrique (secourus par un groupe électrogène et le réseau électrique ENEDIS en dernier secours) notons, toutefois que le groupe turbo-alternateur est protégé par une succession de murs entre le bâtiment four-chaudière et le local GTA qui absorberont, au moins en partie, les effets de surpression.

9 ANNEXES

ANNEXE 1 NOTE DE CALCUL FLUMILOG 69

ANNEXE 2 NOTES DE CALCUL PROJEX – BOUTEILLES DE GAZ 70

ANNEXE 3 NOTES DE CALCUL PROJEX – UNITE D'INCINERATION 71

ANNEXE 1 NOTE DE CALCUL FLUMILOG

FLUM*ilog*

Interface graphique v.6.2.4.1

Outil de calcul6.1.0

Flux Thermiques
Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	
Société :	
Nom du Projet :	**Fosse_1poste-libre**
Cellule :	
Commentaire :	
Création du fichier de données d'entrée :	**26/11/2025 à13:45:27avec l'interface graphique v. 6.2.4.1**
Date de création du fichier de résultats :	**09/07/25**

I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

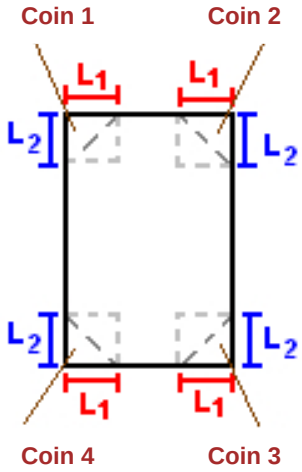
Hauteur de la cible : 3,8 m

Données murs entre cellules

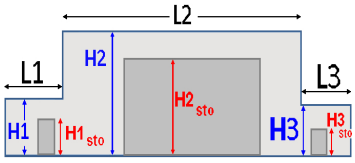
REI C1/C2 : 1 min ; REI C1/C3 : 1 min

Géométrie Cellule1

Nom de la Cellule :1			
Longueur maximum de la cellule (m)	21,0		
Largeur maximum de la cellule (m)	7,2		
Hauteur maximum de la cellule (m)	31,8		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0



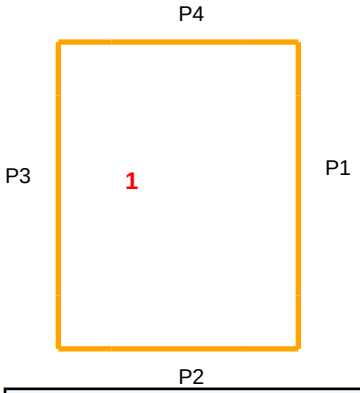
Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0



Toiture

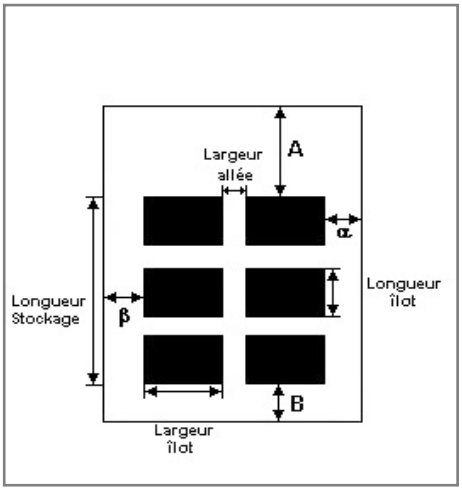
Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metallique multicouches
Nombre d'exutoires	1
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Parois de la cellule : 1



	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
Composantes de la Paroi	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante
Structure Support	Autostable	Autostable	Autostable	Autostable
Nombre de Portes de quais	0	0	0	0
Largeur des portes (m)	0,0	0,0	0,0	0,0
Hauteur des portes (m)	4,0	0,0	0,0	0,0
	Un seul type de paroi	*Un seul type de paroi*	*Un seul type de paroi*	*Un seul type de paroi*
Matériau	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire
R(i) : Résistance Structure(min)	1	120	120	120
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	1	120	120	120
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	1	120	120	120
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	1	120	120	120

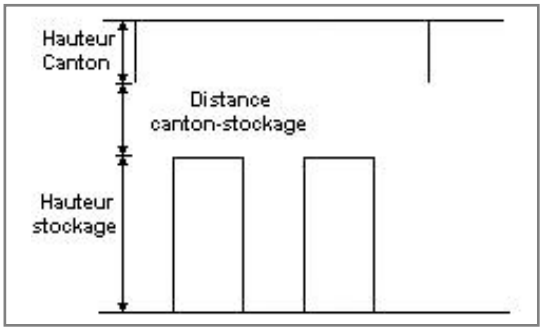
Stockage de la cellule : 1



Mode de stockage : Masse

Dimensions

Longueur de préparation A	0,0	m
Longueur de préparation B	0,0	m
Déport latéral a	0,0	m
Déport latéral b	0,0	m
Hauteur du canton	0,0	m



Stockage en masse

Nombre d'îlots dans le sens de la longueur	1	
Nombre d'îlots dans le sens de la largeur	1	
Largeur des îlots	7,2	m
Longueur des îlots	21,0	m
Hauteur des îlots	16,0	m
Largeur des allées entre îlots	0,0	m

Palette type de la cellule 1

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	1,0	m
Largeur de la palette :	1,0	m
Hauteur de la palette :	2,0	m
Volume de la palette :	2,0	m^3

Nom de la palette : OM

Poids total de la palette : 1041,8 kg

Composition de la Palette (Masse en kg)

Bois	PE	Carton	Coton	Synthétique	Eau	Verre
246,4	179,2	179,2	22,4	45,0	246,4	67,2

Aluminium	NC	NC	NC	NC	NC	NC
56,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette :	104,1	min
Puissance dégagée par la palette :	483,1	kW

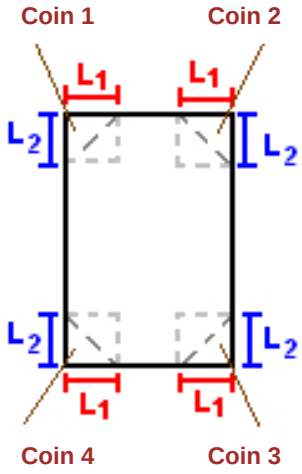
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

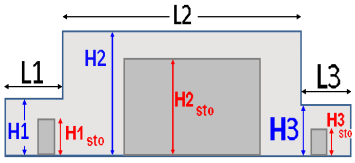
Hauteur de la cible : 3,8 m

Géométrie Cellule2

Nom de la Cellule :2			
Longueur maximum de la cellule (m)	15,8		
Largeur maximum de la cellule (m)	7,2		
Hauteur maximum de la cellule (m)	31,8		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0



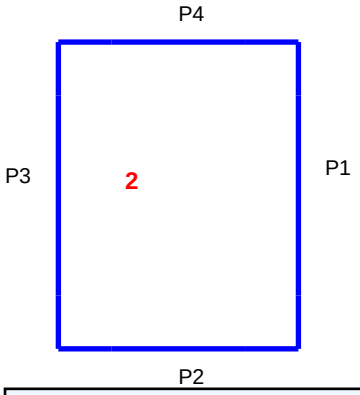
Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0



Toiture

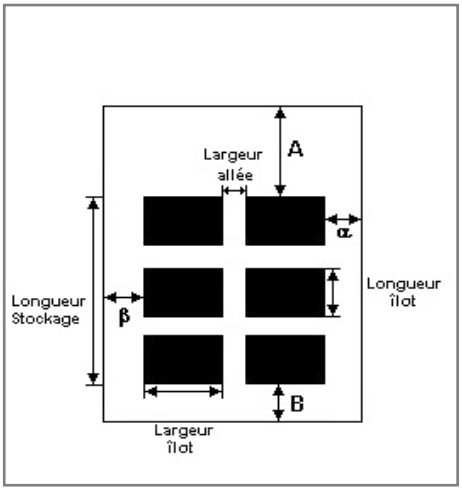
Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metallique multicouches
Nombre d'exutoires	0
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Parois de la cellule : 2



	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
Composantes de la Paroi	Multicomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante
Structure Support	Autostable	Autostable	Autostable	Autostable
Nombre de Portes de quais	0	0	0	0
Largeur des portes (m)	0,0	0,0	0,0	0,0
Hauteur des portes (m)	0,0	0,0	0,0	0,0
	Partie en haut à gauche	*Un seul type de paroi*	*Un seul type de paroi*	*Un seul type de paroi*
Matériau	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire
R(i) : Résistance Structure(min)	120	1	1	120
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	120	1	1	120
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	120	1	1	120
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	120	1	1	120
Largeur (m)	0,0			
Hauteur (m)	29,8			
	Partie en haut à droite			
Matériau	Beton Arme/Cellulaire			
R(i) : Résistance Structure(min)	120			
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	120			
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	120			
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	120			
Largeur (m)	15,8			
Hauteur (m)	29,8			
	Partie en bas à gauche			
Matériau	Beton Arme/Cellulaire			
R(i) : Résistance Structure(min)	120			
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	1			
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	1			
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	1			
Largeur (m)	0,0			
Hauteur (m)	2,0			
	Partie en bas à droite			
Matériau	Beton Arme/Cellulaire			
R(i) : Résistance Structure(min)	120			
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	1			
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	1			
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	1			
Largeur (m)	15,8			
Hauteur (m)	2,0			

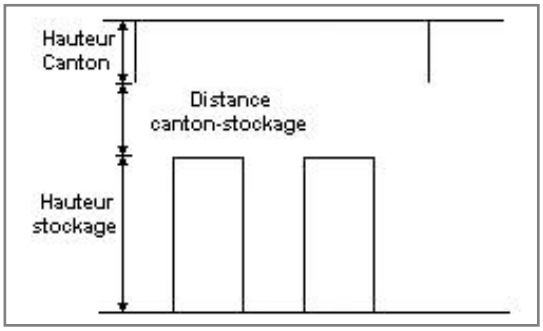
Stockage de la cellule : 2



Mode de stockage : Masse

Dimensions

Longueur de préparation A	0,0	m
Longueur de préparation B	0,0	m
Déport latéral a	0,0	m
Déport latéral b	0,0	m
Hauteur du canton	0,0	m



Stockage en masse

Nombre d'îlots dans le sens de la longueur	1	
Nombre d'îlots dans le sens de la largeur	1	
Largeur des îlots	7,2	m
Longueur des îlots	15,8	m
Hauteur des îlots	16,0	m
Largeur des allées entre îlots	0,0	m

Palette type de la cellule 2

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	1,0	m
Largeur de la palette :	1,0	m
Hauteur de la palette :	2,0	m
Volume de la palette :	2,0	m^3

Nom de la palette : OM

Poids total de la palette : 1041,8 kg

Composition de la Palette (Masse en kg)

Bois	PE	Carton	Coton	Synthétique	Eau	Verre
246,4	179,2	179,2	22,4	45,0	246,4	67,2

Aluminium	NC	NC	NC	NC	NC	NC
56,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette :	104,1	min
Puissance dégagée par la palette :	483,1	kW

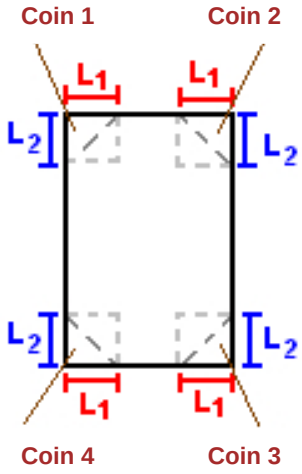
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

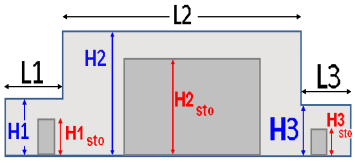
Hauteur de la cible : 3,8 m

Géométrie Cellule3

Nom de la Cellule :3			
Longueur maximum de la cellule (m)	5,2		
Largeur maximum de la cellule (m)	7,2		
Hauteur maximum de la cellule (m)	31,8		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0
		L2 (m)	0,0



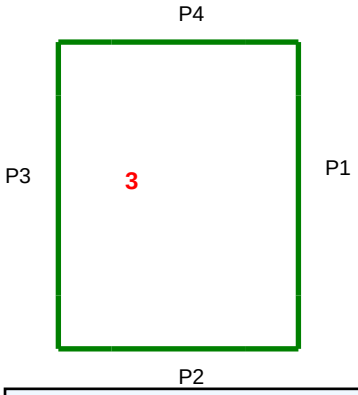
Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0



Toiture

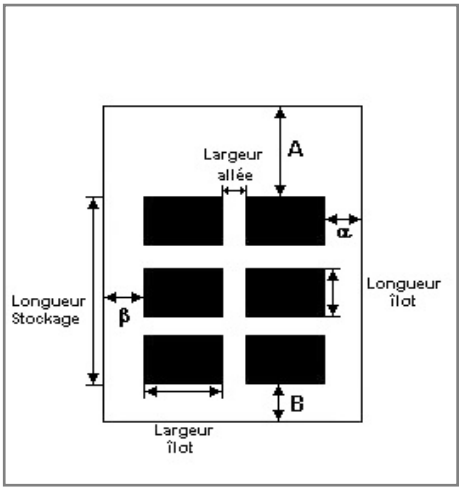
Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metallique multicouches
Nombre d'exutoires	0
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Parois de la cellule : 3



	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
Composantes de la Paroi	Multicomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante
Structure Support	Autostable	Autostable	Autostable	Autostable
Nombre de Portes de quais	0	0	0	0
Largeur des portes (m)	0,0	0,0	0,0	0,0
Hauteur des portes (m)	0,0	0,0	0,0	0,0
	Partie en haut à gauche	*Un seul type de paroi*	*Un seul type de paroi*	*Un seul type de paroi*
Matériau	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire
R(i) : Résistance Structure(min)	120	120	1	1
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	120	120	1	1
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	120	120	1	1
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	120	120	1	1
Largeur (m)	0,0			
Hauteur (m)	29,8			
	Partie en haut à droite			
Matériau	Beton Arme/Cellulaire			
R(i) : Résistance Structure(min)	120			
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	120			
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	120			
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	120			
Largeur (m)	5,2			
Hauteur (m)	29,8			
	Partie en bas à gauche			
Matériau	Beton Arme/Cellulaire			
R(i) : Résistance Structure(min)	120			
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	1			
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	1			
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	1			
Largeur (m)	0,0			
Hauteur (m)	2,0			
	Partie en bas à droite			
Matériau	Beton Arme/Cellulaire			
R(i) : Résistance Structure(min)	120			
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	1			
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	1			
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	1			
Largeur (m)	5,2			
Hauteur (m)	2,0			

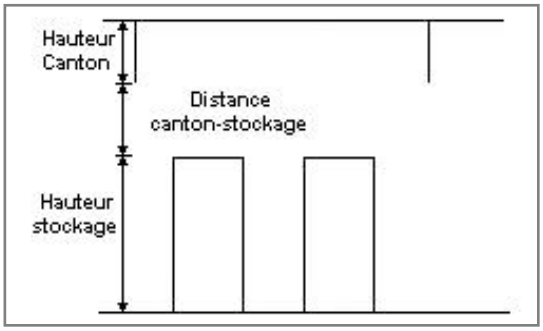
Stockage de la cellule : 3



Mode de stockage : Masse

Dimensions

Longueur de préparation A	0,0	m
Longueur de préparation B	0,0	m
Déport latéral a	0,0	m
Déport latéral b	0,0	m
Hauteur du canton	0,0	m



Stockage en masse

Nombre d'îlots dans le sens de la longueur	1	
Nombre d'îlots dans le sens de la largeur	1	
Largeur des îlots	7,2	m
Longueur des îlots	5,2	m
Hauteur des îlots	2,0	m
Largeur des allées entre îlots	0,0	m

Palette type de la cellule 3

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	1,0	m
Largeur de la palette :	1,0	m
Hauteur de la palette :	2,0	m
Volume de la palette :	2,0	m^3

Nom de la palette : OM

Poids total de la palette : 700,0 kg

Composition de la Palette (Masse en kg)

Bois	PE	Carton	Coton	Synthétique	Eau	Verre
154,0	112,0	112,0	14,0	77,0	154,0	42,0

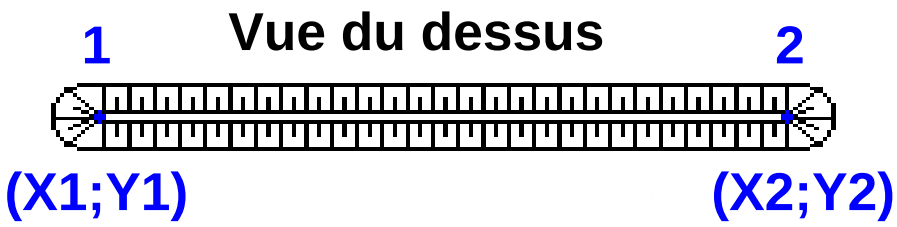
Aluminium	NC	NC	NC	NC	NC	NC
35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette :	93,0	min
Puissance dégagée par la palette :	503,5	kW

Merlons



		Coordonnées du premier point		Coordonnées du deuxième point	
Merlon n°	Hauteur (m)	X1 (m)	Y1 (m)	X2 (m)	Y2 (m)
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

II. RESULTATS :

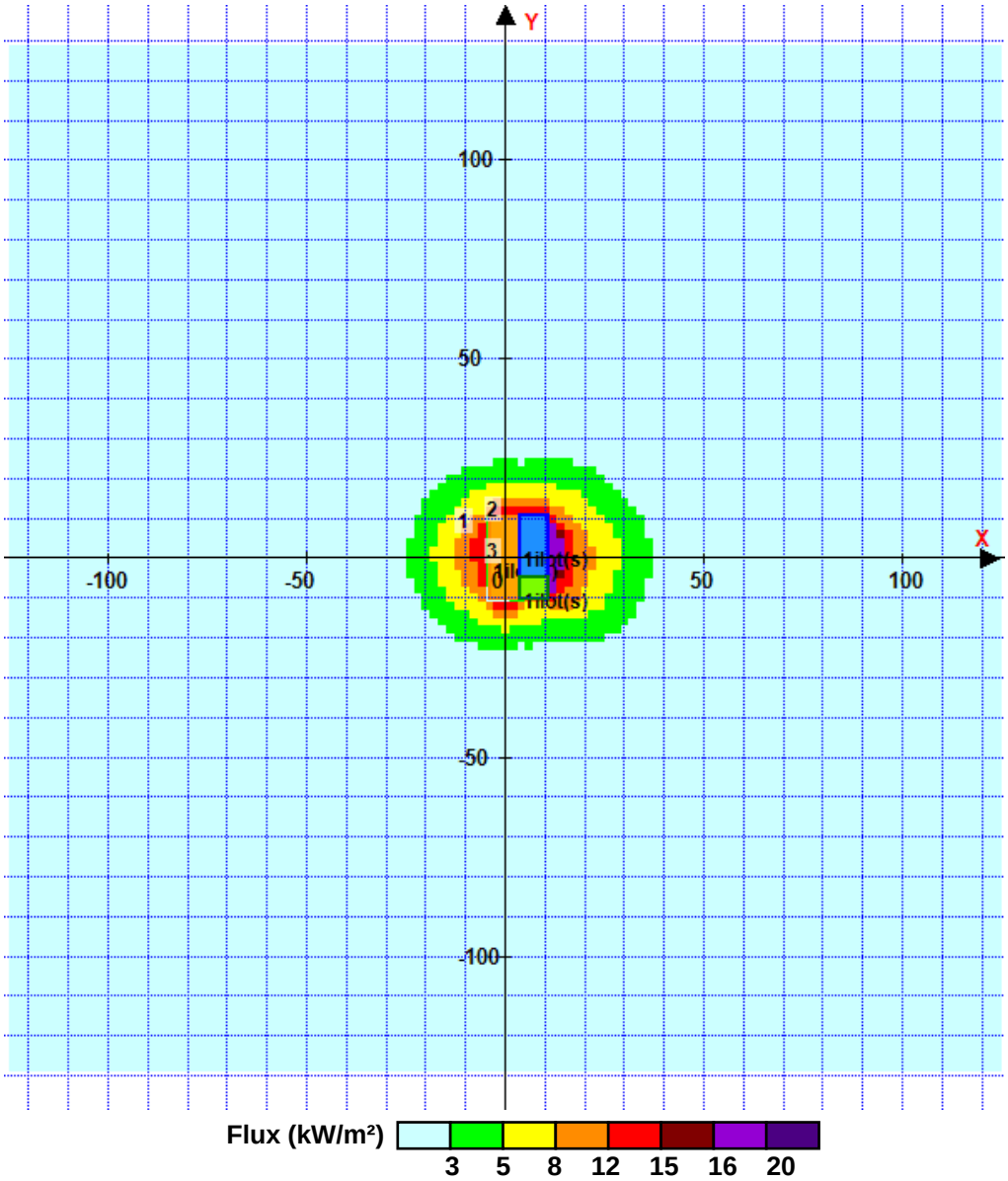
Départ de l'incendie dans la cellule : 1

Durée de l'incendie dans la cellule : 1 302,0 min

Durée de l'incendie dans la cellule : 2 254,0 min

Durée de l'incendie dans la cellule : 3 115,0 min

Distance d'effets des flux maximum



Avertissement: Dans le cas d'un scénario de propagation, l'interfacede calcul Flumilog ne vérifie pas la cohérence entre les saisies des caractéristiques des parois de chaque cellule et la saisie de tenue au feu des parois séparatives indiquée en page 2 de la note de calcul.

Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme,le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

ANNEXE 2 NOTES DE CALCUL PROJEX – BOUTEILLES DE GAZ

1. Bouteille de protoxyde d'azote vide
2. Bouteille de protoxyde d'azote pleine
3. Bouteille de butane 13 kg vide
4. Bouteille de butane 13 kg pleine
5. Bouteille de propane 13 kg vide
6. Bouteille de propane 13 kg pleine

Session : Amandine CILLIER

Projex

Lire la description et les limites d'utilisation | Nouvelle Simulation

Retour aux résultats

Résultats détaillés

Avertissement: La distance d'effet au seuil de 20 mbar est fixée par la réglementation de façon forfaitaire au double de la distance d'effet à 50 mbar.
PRIMARISK fournit le résultat réglementaire.
C'est cette valeur qui est affichée. Cependant lorsque le seuil de 50 mbar n'est pas atteint, ce calcul n'est pas possible.
PROJEX fournit alors une estimation de la distance au seuil à 20 mbar qu'il convient de considérer avec précaution.

Résultats intermédiaires

Données	Valeurs	Unité
Volume du réservoir	**0**	m^3
Masse de gaz dans le réservoir	**0**	kg
Vitesse du son dans le gaz au moment de la rupture	**432**	m/s
Vitesse du son dans l' air	**341**	m/s
Energie	**2.1041e+4**	J

Champ proche

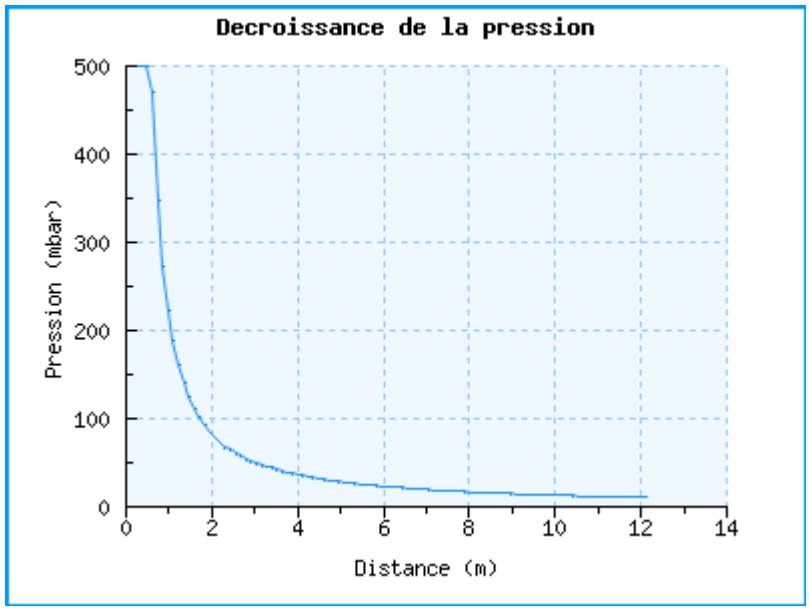
Données	Valeurs	Unité
Rayon	**1**	m
Pression de choc	**4.22**	bar abs.

Champ lointain

Effets de surpression

Effet	Distance (m)	Seuil	Unité
Effets létaux significatifs	**1**	**200**	mbar
Effets létaux	**1**	**140**	mbar
Effets irréversibles	**3**	**50**	mbar
Effets indirects par bris de vitre	**6**	**20**	mbar
Autre seuil			mbar

Graphique lié au calcul



Données d' entrées dans le cas d' un éclatement pneumatique

Conditions atmosphériques

Données	Valeurs	Unité
Densité de l'atmosphère	1.22	kg/m^3
Pression atmosphérique	101300	Pa
Température ambiante	293	K
Rapport Cp/Cv de l'atmosphère	1.4	-

Géométrie du réservoir

Données	Valeurs	Unité
Longueur du réservoir	0.355	m
Diamètre du réservoir	0.123	m
Pression à la rupture	15	Bar abs

Contenu du réservoir

Données	Valeurs	Unité
Masse molaire du gaz	44.01	g/mol
Température du gaz au moment de la rupture	773	K
Rapport Cp/Cv du gaz	1.2804	-

Seuils

Données	Valeurs	Unité
Effets létaux significatifs	200	mbar
Effets létaux	140	mbar
Effets irréversibles	50	mbar
Effets indirects par bris de vitre	20	mbar
Autre seuil		mbar

Imprimer la page Résumé de la simulation en PDF

Session : Amandine CILLIER

Projex

Lire la description et les limites d'utilisation | Nouvelle Simulation

Retour aux résultats

Résultats détaillés

Avertissement: La distance d'effet au seuil de 20 mbar est fixée par la réglementation de façon forfaitaire au double de la distance d'effet à 50 mbar.
PRIMARISK fournit le résultat réglementaire.
C'est cette valeur qui est affichée. Cependant lorsque le seuil de 50 mbar n'est pas atteint, ce calcul n'est pas possible.
PROJEX fournit alors une estimation de la distance au seuil à 20 mbar qu'il convient de considérer avec précaution.

Résultats intermédiaires

Données	Valeurs	Unité
Volume du réservoir	**0**	m^3
Masse de gaz dans le réservoir	**0**	kg
Vitesse du son dans le gaz au moment de la rupture	**432**	m/s
Vitesse du son dans l' air	**341**	m/s
Energie	**5.1129e+4**	J

Champ proche

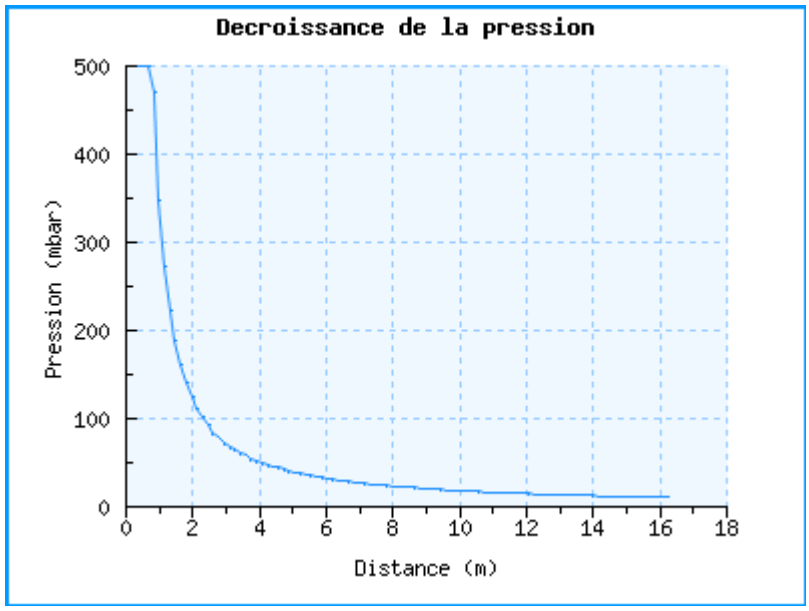
Données	Valeurs	Unité
Rayon	**1**	m
Pression de choc	**6.16**	bar abs.

Champ lointain

Effets de surpression

Effet	Distance (m)	Seuil	Unité
Effets létaux significatifs	**1**	**200**	mbar
Effets létaux	**2**	**140**	mbar
Effets irréversibles	**4**	**50**	mbar
Effets indirects par bris de vitre	**8**	**20**	mbar
Autre seuil			mbar

Graphique lié au calcul



Données d' entrées dans le cas d' un éclatement pneumatique

Conditions atmosphériques

Données	Valeurs	Unité
Densité de l'atmosphère	1.22	kg/m^3
Pression atmosphérique	101300	Pa
Température ambiante	293	K
Rapport Cp/Cv de l'atmosphère	1.4	-

Géométrie du réservoir

Données	Valeurs	Unité
Longueur du réservoir	0.355	m
Diamètre du réservoir	0.123	m
Pression à la rupture	35	Bar abs

Contenu du réservoir

Données	Valeurs	Unité
Masse molaire du gaz	44.01	g/mol
Température du gaz au moment de la rupture	773	K
Rapport Cp/Cv du gaz	1.2804	-

Seuils

Données	Valeurs	Unité
Effets létaux significatifs	200	mbar
Effets létaux	140	mbar
Effets irréversibles	50	mbar
Effets indirects par bris de vitre	20	mbar
Autre seuil		mbar

Imprimer la page Résumé de la simulation en PDF

Session : Amandine CILLIER

Projex

Lire la description et les limites d'utilisation

Nouvelle Simulation

Retour aux résultats

Résultats détaillés

Avertissement:

La distance d'effet au seuil de 20 mbar est fixée par la réglementation de façon forfaitaire au double de la distance d'effet à 50 mbar.
PRIMARISK fournit le résultat réglementaire.
C'est cette valeur qui est affichée. Cependant lorsque le seuil de 50 mbar n'est pas atteint, ce calcul n'est pas possible.
PROJEX fournit alors une estimation de la distance au seuil à 20 mbar qu'il convient de considérer avec précaution.

Résultats intermédiaires

Données	Valeurs	Unité
Volume du réservoir	**0**	m^3
Masse de gaz dans le réservoir	**1**	kg
Vitesse du son dans le gaz au moment de la rupture	**350**	m/s
Vitesse du son dans l' air	**341**	m/s
Energie	**5.3569e+5**	J

Champ proche

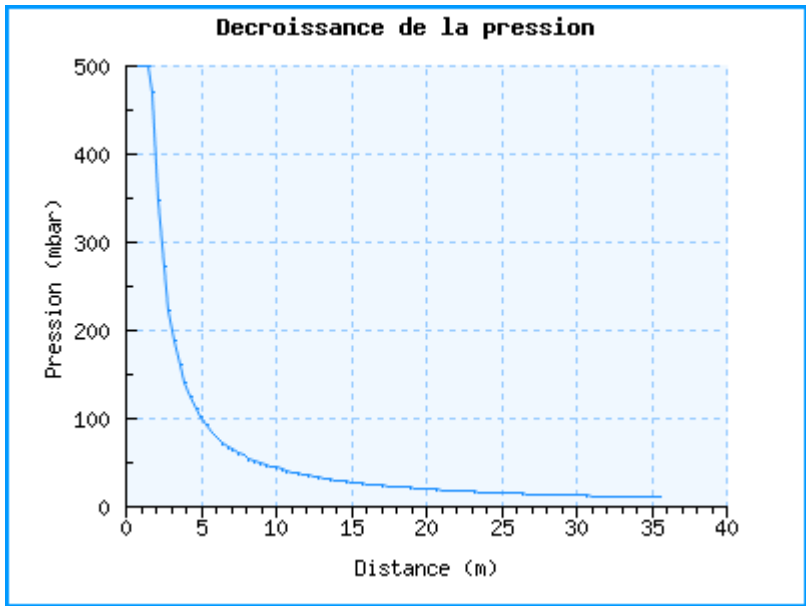
Données	Valeurs	Unité
Rayon	**1**	m
Pression de choc	**4.15**	bar abs.

Champ lointain

Effets de surpression

Effet	Distance (m)	Seuil	Unité
Effets létaux significatifs	**3**	**200**	mbar
Effets létaux	**4**	**140**	mbar
Effets irréversibles	**9**	**50**	mbar
Effets indirects par bris de vitre	**18**	**20**	mbar
Autre seuil			mbar

Graphique lié au calcul



Données d' entrées dans le cas d' un éclatement pneumatique

Conditions atmosphériques

Données	Valeurs	Unité
Densité de l'atmosphère	1.22	kg/m^3
Pression atmosphérique	101300	Pa
Température ambiante	293	K
Rapport Cp/Cv de l'atmosphère	1.4	-

Géométrie du réservoir

Données	Valeurs	Unité
Longueur du réservoir	0.57	m
Diamètre du réservoir	0.3	m
Pression à la rupture	15	Bar abs

Contenu du réservoir

Données	Valeurs	Unité
Masse molaire du gaz	58.12	g/mol
Température du gaz au moment de la rupture	773	K
Rapport Cp/Cv du gaz	1.1052	-

Seuils

Données	Valeurs	Unité
Effets létaux significatifs	200	mbar
Effets létaux	140	mbar
Effets irréversibles	50	mbar
Effets indirects par bris de vitre	20	mbar
Autre seuil		mbar

Imprimer la page Résumé de la simulation en PDF

Session : Amandine CILLIER

Projex

Lire la description et les limites d'utilisation

Nouvelle Simulation

Retour aux résultats

Résultats détaillés

Avertissement:

La distance d'effet au seuil de 20 mbar est fixée par la réglementation de façon forfaitaire au double de la distance d'effet à 50 mbar.
PRIMARISK fournit le résultat réglementaire.
C'est cette valeur qui est affichée. Cependant lorsque le seuil de 50 mbar n'est pas atteint, ce calcul n'est pas possible.
PROJEX fournit alors une estimation de la distance au seuil à 20 mbar qu'il convient de considérer avec précaution.

Résultats intermédiaires

Données	Valeurs	Unité
Volume du réservoir	**0**	m^3
Masse de gaz dans le réservoir	**1**	kg
Vitesse du son dans le gaz au moment de la rupture	**350**	m/s
Vitesse du son dans l' air	**341**	m/s
Energie	**1.3017e+6**	J

Champ proche

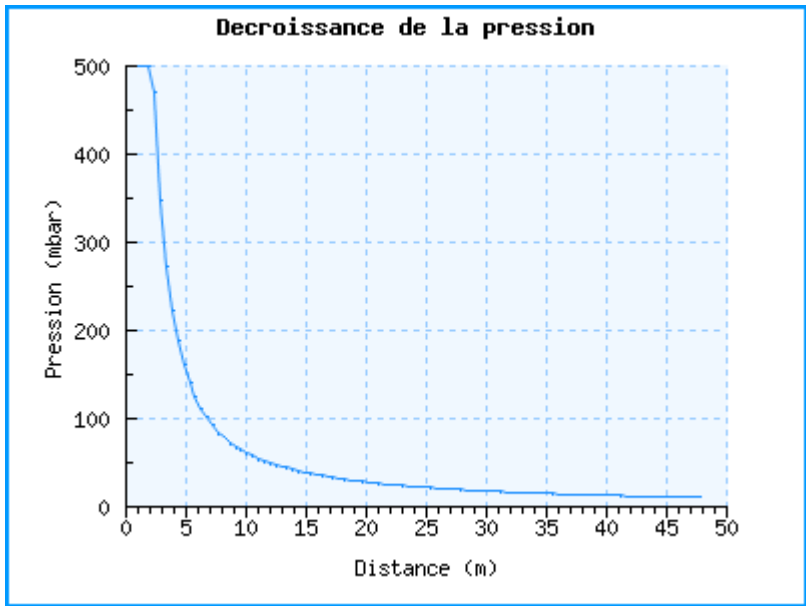
Données	Valeurs	Unité
Rayon	**2**	m
Pression de choc	**6.09**	bar abs.

Champ lointain

Effets de surpression

Effet	Distance (m)	Seuil	Unité
Effets létaux significatifs	**4**	**200**	mbar
Effets létaux	**5**	**140**	mbar
Effets irréversibles	**12**	**50**	mbar
Effets indirects par bris de vitre	**24**	**20**	mbar
Autre seuil			mbar

Graphique lié au calcul



Données d' entrées dans le cas d' un éclatement pneumatique

Conditions atmosphériques

Données	Valeurs	Unité
Densité de l'atmosphère	1.22	kg/m^3
Pression atmosphérique	101300	Pa
Température ambiante	293	K
Rapport Cp/Cv de l'atmosphère	1.4	-

Géométrie du réservoir

Données	Valeurs	Unité
Longueur du réservoir	0.57	m
Diamètre du réservoir	0.3	m
Pression à la rupture	35	Bar abs

Contenu du réservoir

Données	Valeurs	Unité
Masse molaire du gaz	58.12	g/mol
Température du gaz au moment de la rupture	773	K
Rapport Cp/Cv du gaz	1.1052	-

Seuils

Données	Valeurs	Unité
Effets létaux significatifs	200	mbar
Effets létaux	140	mbar
Effets irréversibles	50	mbar
Effets indirects par bris de vitre	20	mbar
Autre seuil		mbar

Imprimer la page Résumé de la simulation en PDF

Session : Amandine CILLIER

Projex

Lire la description et les limites d'utilisation

Nouvelle Simulation

Retour aux résultats

Résultats détaillés

Avertissement:

La distance d'effet au seuil de 20 mbar est fixée par la réglementation de façon forfaitaire au double de la distance d'effet à 50 mbar.
PRIMARISK fournit le résultat réglementaire.
C'est cette valeur qui est affichée. Cependant lorsque le seuil de 50 mbar n'est pas atteint, ce calcul n'est pas possible.
PROJEX fournit alors une estimation de la distance au seuil à 20 mbar qu'il convient de considérer avec précaution.

Résultats intermédiaires

Données	Valeurs	Unité
Volume du réservoir	**0**	m^3
Masse de gaz dans le réservoir	**0**	kg
Vitesse du son dans le gaz au moment de la rupture	**407**	m/s
Vitesse du son dans l' air	**341**	m/s
Energie	**4.7599e+5**	J

Champ proche

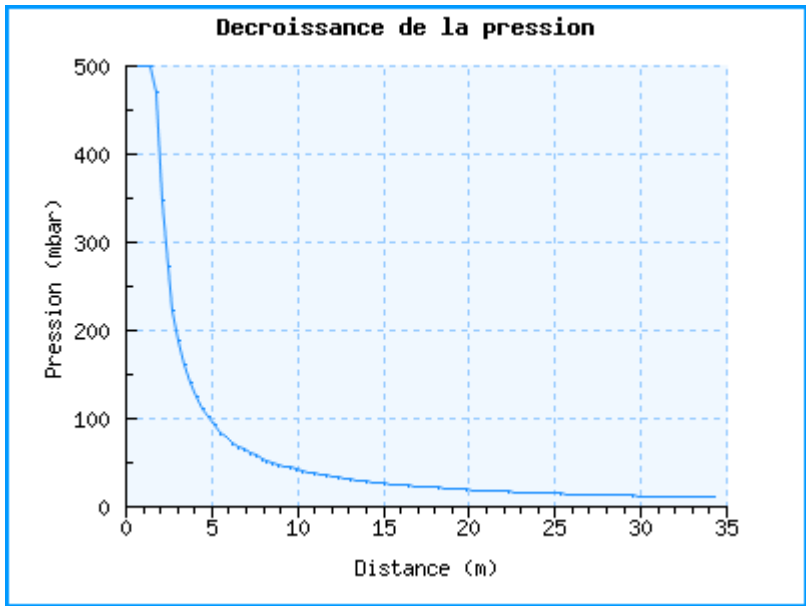
Données	Valeurs	Unité
Rayon	**1**	m
Pression de choc	**4.46**	bar abs.

Champ lointain

Effets de surpression

Effet	Distance (m)	Seuil	Unité
Effets létaux significatifs	**3**	**200**	mbar
Effets létaux	**4**	**140**	mbar
Effets irréversibles	**9**	**50**	mbar
Effets indirects par bris de vitre	**17**	**20**	mbar
Autre seuil			mbar

Graphique lié au calcul



Données d' entrées dans le cas d' un éclatement pneumatique

Conditions atmosphériques

Données	Valeurs	Unité
Densité de l'atmosphère	1.22	kg/m^3
Pression atmosphérique	101300	Pa
Température ambiante	293	K
Rapport Cp/Cv de l'atmosphère	1.4	-

Géométrie du réservoir

Données	Valeurs	Unité
Longueur du réservoir	0.615	m
Diamètre du réservoir	0.31	m
Pression à la rupture	15	Bar abs

Contenu du réservoir

Données	Valeurs	Unité
Masse molaire du gaz	44.1	g/mol
Température du gaz au moment de la rupture	773	K
Rapport Cp/Cv du gaz	1.1364	-

Seuils

Données	Valeurs	Unité
Effets létaux significatifs	200	mbar
Effets létaux	140	mbar
Effets irréversibles	50	mbar
Effets indirects par bris de vitre	20	mbar
Autre seuil		mbar

Imprimer la page Résumé de la simulation en PDF

Session : Amandine CILLIER

Projex

Lire la description et les limites d'utilisation

Nouvelle Simulation

Retour aux résultats

Résultats détaillés

Avertissement:

La distance d'effet au seuil de 20 mbar est fixée par la réglementation de façon forfaitaire au double de la distance d'effet à 50 mbar.
PRIMARISK fournit le résultat réglementaire.
C'est cette valeur qui est affichée. Cependant lorsque le seuil de 50 mbar n'est pas atteint, ce calcul n'est pas possible.
PROJEX fournit alors une estimation de la distance au seuil à 20 mbar qu'il convient de considérer avec précaution.

Résultats intermédiaires

Données	Valeurs	Unité
Volume du réservoir	**0**	m^3
Masse de gaz dans le réservoir	**1**	kg
Vitesse du son dans le gaz au moment de la rupture	**407**	m/s
Vitesse du son dans l' air	**341**	m/s
Energie	**1.1566e+6**	J

Champ proche

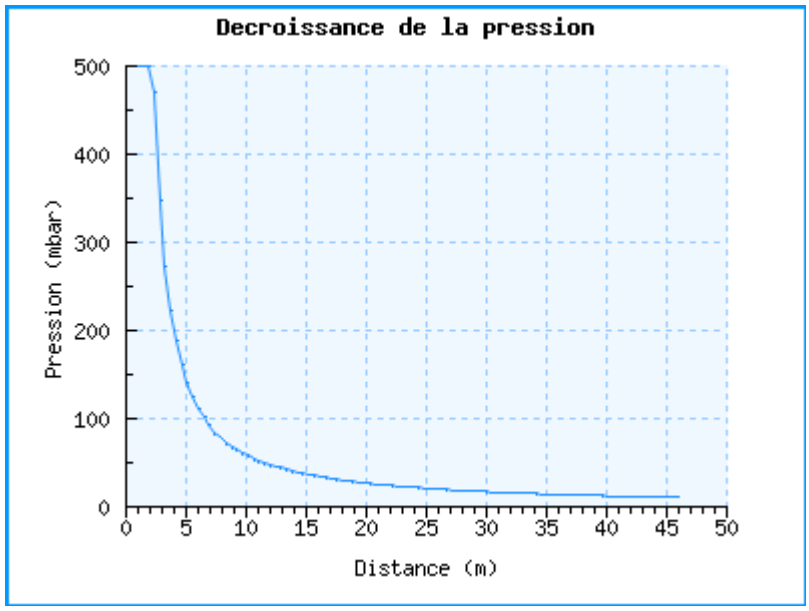
Données	Valeurs	Unité
Rayon	**2**	m
Pression de choc	**6.67**	bar abs.

Champ lointain

Effets de surpression

Effet	Distance (m)	Seuil	Unité
Effets létaux significatifs	**4**	**200**	mbar
Effets létaux	**5**	**140**	mbar
Effets irréversibles	**12**	**50**	mbar
Effets indirects par bris de vitre	**23**	**20**	mbar
Autre seuil			mbar

Graphique lié au calcul



Données d' entrées dans le cas d' un éclatement pneumatique

Conditions atmosphériques

Données	Valeurs	Unité
Densité de l'atmosphère	1.22	kg/m^3
Pression atmosphérique	101300	Pa
Température ambiante	293	K
Rapport Cp/Cv de l'atmosphère	1.4	-

Géométrie du réservoir

Données	Valeurs	Unité
Longueur du réservoir	0.615	m
Diamètre du réservoir	0.31	m
Pression à la rupture	35	Bar abs

Contenu du réservoir

Données	Valeurs	Unité
Masse molaire du gaz	44.1	g/mol
Température du gaz au moment de la rupture	773	K
Rapport Cp/Cv du gaz	1.1364	-

Seuils

Données	Valeurs	Unité
Effets létaux significatifs	200	mbar
Effets létaux	140	mbar
Effets irréversibles	50	mbar
Effets indirects par bris de vitre	20	mbar
Autre seuil		mbar

Imprimer la page Résumé de la simulation en PDF

ANNEXE 3 NOTES DE CALCUL PROJEX – UNITE D'INCINERATION

1. Explosion pneumatique du four (suite éclatement bouteille de gaz)
2. Explosion du four (suite explosion interne de gaz)

Session : Amandine CILLIER

Projex

Lire la description et les limites d'utilisation

Nouvelle Simulation

Retour aux résultats

Résultats détaillés

Avertissement: La distance d'effet au seuil de 20 mbar est fixée par la réglementation de façon forfaitaire au double de la distance d'effet à 50 mbar.
PRIMARISK fournit le résultat réglementaire.
C'est cette valeur qui est affichée. Cependant lorsque le seuil de 50 mbar n'est pas atteint, ce calcul n'est pas possible.
PROJEX fournit alors une estimation de la distance au seuil à 20 mbar qu'il convient de considérer avec précaution.

Résultats intermédiaires

Données	Valeurs	Unité
Volume du réservoir	**483**	m^3
Masse de gaz dans le réservoir	**260**	kg
Vitesse du son dans le gaz au moment de la rupture	**557**	m/s
Vitesse du son dans l' air	**341**	m/s
Energie	**2.1772e+7**	J

Champ proche

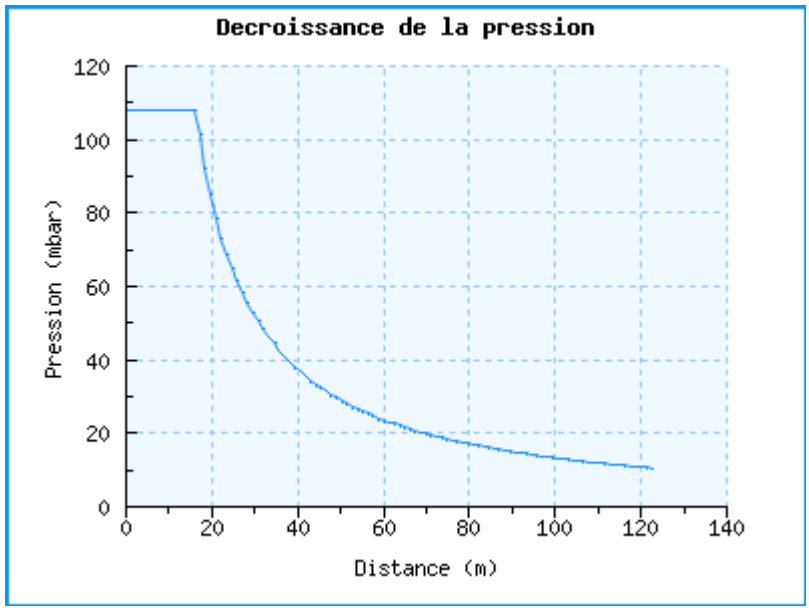
Données	Valeurs	Unité
Rayon	**10**	m
Pression de choc	**1.12**	bar abs.

Champ lointain

Effets de surpression

Effet	Distance (m)	Seuil	Unité
Effets létaux significatifs	**non atteint**	**200**	mbar
Effets létaux	**non atteint**	**140**	mbar
Effets irréversibles	**31**	**50**	mbar
Effets indirects par bris de vitre	**62**	**20**	mbar
Autre seuil			mbar

Graphique lié au calcul



Données d' entrées dans le cas d' un éclatement pneumatique

Conditions atmosphériques

Données	Valeurs	Unité
Densité de l'atmosphère	1.22	kg/m^3
Pression atmosphérique	101300	Pa
Température ambiante	293	K
Rapport Cp/Cv de l'atmosphère	1.4	-

Géométrie du réservoir

Données	Valeurs	Unité
Longueur du réservoir	21.9	m
Diamètre du réservoir	5.3	m
Pression à la rupture	1.19325	Bar abs

Contenu du réservoir

Données	Valeurs	Unité
Masse molaire du gaz	29	g/mol
Température du gaz au moment de la rupture	773	K
Rapport Cp/Cv du gaz	1.4	-

Seuils

Données	Valeurs	Unité
Effets létaux significatifs	200	mbar
Effets létaux	140	mbar
Effets irréversibles	50	mbar
Effets indirects par bris de vitre	20	mbar
Autre seuil		mbar

Imprimer la page Résumé de la simulation en PDF

Session : Amandine CILLIER

Projex

Lire la description et les limites d'utilisation

Nouvelle Simulation

Retour aux résultats

Résultats détaillés

Avertissement: La distance d'effet au seuil de 20 mbar est fixée par la réglementation de façon forfaitaire au double de la distance d'effet à 50 mbar.
PRIMARISK fournit le résultat réglementaire.
C'est cette valeur qui est affichée. Cependant lorsque le seuil de 50 mbar n'est pas atteint, ce calcul n'est pas possible.
PROJEX fournit alors une estimation de la distance au seuil à 20 mbar qu'il convient de considérer avec précaution.

Résultats intermédiaires

Données	Valeurs	Unité
Volume du réservoir	**483**	m^3
Masse de gaz dans le réservoir	**576**	kg
Vitesse du son dans le gaz au moment de la rupture	**361**	m/s
Vitesse du son dans l'air	**341**	m/s
Energie	**2.9030e+7**	J

Champ proche

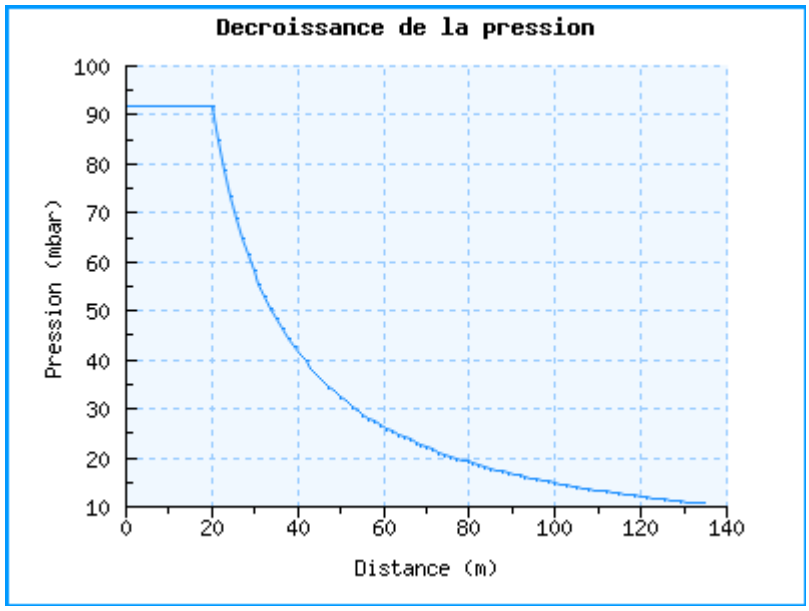
Données	Valeurs	Unité
Rayon	**13**	m
Pression de choc	**1.11**	bar abs.

Champ lointain

Effets de surpression

Effet	Distance (m)	Seuil	Unité
Effets létaux significatifs	**non atteint**	**200**	mbar
Effets létaux	**non atteint**	**140**	mbar
Effets irréversibles	**34**	**50**	mbar
Effets indirects par bris de vitre	**68**	**20**	mbar
Autre seuil			mbar

Graphique lié au calcul



Données d' entrées dans le cas d' une explosion interne

Conditions atmosphériques

Données	Valeurs	Unité
Densité de l'atmosphère	1.22	kg/m^3
Pression atmosphérique	101300	Pa
Température ambiante	293	K
Rapport Cp/Cv de l'atmosphère	1.4	-

Géométrie du réservoir

Données	Valeurs	Unité
Longueur du réservoir	21.9	m
Diamètre du réservoir	5.3	m
Pression à la rupture	1.19325	Bar abs

Contenu du réservoir

Données	Valeurs	Unité
Masse volumique du mélange air vapeur à la température de service et presion de service	1.193	kg/m^3
Rapport Cp/Cv des gaz brûlés	1.3	-

Seuils

Données	Valeurs	Unité
Effets létaux significatifs	200	mbar
Effets létaux	140	mbar
Effets irréversibles	50	mbar
Effets indirects par bris de vitre	20	mbar
Autre seuil		mbar

Imprimer la page Résumé de la simulation en PDF

SOLER IDE

GROUPE VERTICAL SEA

SOLER IDE Toulouse

Bureau d'études et de conseils en Environnement

4, impasse René Couzinet

31500 TOULOUSE

Tél : 05 62 16 72 72

ANNEXE 4 ANALYSE DU RISQUE FOUDRE ET ETUDE TECHNIQUE FOUDRE (RG CONSULTANT, DECEMBRE 2025)



333 cours du 3ème Millénaire - 69800 SAINT-PRIEST - France
Bâtiment Le Pôle – 2ème étage
Tél. +33 (0)4 37 41 16 10
info@rg-consultant.com - www.rg-consultant.com

8 rue Jean Jaurès – 35000 RENNES - France
Tél. +33 (0)6 79 97 46 02
info@rg-consultant.com - www.rg-consultant.com

ANALYSE DU RISQUE FOUDRE SELON NF EN 62305-2

UVE LIMOGES (87)

Interlocuteur client : INDELEC Sud-Ouest
46 Avenue de la Source, 33370 Salleboeuf
Tél : 05 56 28 55 40 - Fax : 05 56 28 56 01 - sud.ouest@indelec.com

Sous-Traitant : RG Consultant

UVE
LIMOGES (87)

Référence document
RGC 32 971

RESUME :

Ce document représente l'Analyse du Risque Foudre de l'**UVE** en cours d'extension sur la commune de **LIMOGES** dans le département de la **HAUTE VIENNE (87)**.

Il a été rédigé au terme de la mission qui nous a été confiée par la société **INDELEC SUD OUEST** dans le cadre de la prévention et de la protection contre le risque foudre.

Cette première étape est un des préalables pour rendre l'installation ICPE en conformité vis-à-vis de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié.

Rédacteur	Vérification	Révision
Nom : **Mohamed-Amin KENZARI** Société : RG CONSULTANT Date : 03/12/2025 Visa	Nom : **Julien TISON** Société : RG CONSULTANT Date : 08/12/2025 Visa v	**A**

DIFFUSION :

Indelec Sud Ouest	RG CONSULTANT
46 Avenue de la Source, 33370 Salleboeuf	333 cours du 3ème Millénaire 69800 SAINT-PRIEST Bâtiment Le Pôle – 2ème étage Tél. +33 (0)4 37 41 16 10 info@rg-consultant.com www.rg-consultant.com

TABLE DES MODIFICATIONS

Rév	Chrono secrétariat	Date	Objet
A	RGC 32 971	03/12/2025	Analyse du Risque Foudre

LISTE DES DOCUMENTS FOURNIS PAR INDELEC SUD OUEST

INTITULE	Fournis	Référence / Auteur
Etude de Dangers, dossier ICPE ou Résumé non technique	Oui	4_UVE-Limoges_Etude de dangers_Avancement-28.11.2025
Arrêté Préfectoral (Rubrique ICPE le cas échéant)	Oui	4_UVE-Limoges_Etude de dangers_Avancement-28.11.2025
P.O.I (Plan d'Opération Interne)	Non	
Liste et implantation des EIPS ou MMR	Non	
Plans des réseaux enterrés (HT, BT, CFA, canalisations, terre et équipotentialité)	Oui	APS-B.5.1.1.3-Annexe_Plan des réseaux divers_F
Synoptique Courant fort	Non	
Synoptique Courant faible	Non	
Plan de masse	Oui	SYN03-PLANS DE NIVEAUX NIV SUP CHAUDIERE NIV BALLON
Plan de coupe	Oui	SYN04-COUPE A et B SYN05-PLANS DE COUPE C-D-E-F-G-H-I
Plan des façades	Oui	Façades et hauteurs
Plan de zonage ATEX	Non	

Tableau 1 : Liste des documents

L'ARF ci-après a été réalisée selon les informations et plans fournis par **INDELEC SUD OUEST**, commanditaire de cette étude. En conséquence, la responsabilité de RG Consultant ne pourrait être remise en cause si :

- Les informations fournies se révèlent incomplètes ou inexactes,
- Certaines installations ou process ne nous ont pas été présentés,
- La présentation de l'entreprise est effectuée dans des conditions différentes des conditions réelles de fonctionnement,
- Des changements majeurs sont effectués postérieurement à la rédaction de ce document.

Enfin, il appartient au destinataire de l'étude de vérifier que les hypothèses prises en compte et énumérées dans le descriptif ci-après sont correctes et exhaustives.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION 5

1.1 OBJET 5

2. PRESENTATION GENERALE DU SITE 6

2.1 GENERALITES 6
2.2 PERSONNEL SUR SITE 6
2.3 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FORTS 7
2.3.1 Réseau Normal 7
2.3.2 Réseau Secouru 7
2.3.3 Réseau Ondulé 7
2.4 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FAIBLES 7
2.5 PROTECTION INCENDIE 7
2.6 MISE A LA TERRE DES INSTALLATIONS 7
2.7 CHEMINEMENT DES RESEAUX COURANTS FORTS ET FAIBLES GENERAUX DU SITE 8
2.8 LISTE DES CANALISATIONS ENTRANTES/SORTANTES 8

3. DOCUMENTS RÈGLEMENTAIRES 9

3.1 TEXTES REGLEMENTAIRES 9
3.2 NORMES DE REFERENCES 9

4. MÉTHODOLOGIE 10

4.1 PRESENTATION GENERALE 10
4.2 LIMITE DE L'A.R.F 11
4.3 PRINCIPE DE L'ANALYSE PROBABILISTE : CALCUL DE R1 11

5. NATURES DES ÉVÈNEMENTS REDOUTES 14

5.1 SITUATIONS REGLEMENTAIRES 14
5.2 POTENTIELS DE DANGER 15
5.3 ZONES A RISQUES D'EXPLOSION 15
5.4 EVENEMENTS INITIATEURS 16
5.5 MESURES DE MAITRISE DES RISQUES 17
5.6 INSTALLATIONS A PRENDRE EN COMPTE DANS L'ANALYSE DE RISQUE FOUDRE 17

6. CALCULS PROBABILISTES DU RISQUE FOUDRE 18

6.1 DONNEES GENERALES 18
6.2 UVE 19
6.2.1 Données et caractéristiques de la structure 19
6.2.2 Données et caractéristiques des services 20
6.2.3 Données et caractéristiques de la zone 21
6.2.4 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine) 25

7. SYNTHESE 28

ANNEXES

Annexe 1 : Analyse du risque foudre NF EN 62 305-2

Annexe 2 : Acronymes

1. INTRODUCTION

1.1 Objet

Dans le cadre de la réhabilitation de l'**UVE** basée sur la commune de **LIMOGES**, une Analyse de Risque Foudre est réalisée.

Le site est soumis à la législation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, et est donc concerné par l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié et sa circulaire d'application.

Le but de cette analyse est d'identifier si une protection externe ou interne contre la foudre est nécessaire ou pas. Si une protection s'impose, il s'agit de ramener le risque calculé en-dessous d'un niveau maximum tolérable par la mise en œuvre de mesures de protection et de prévention.

Ce document présente les résultats de cette Analyse de Risque Foudre (ARF) conforme à la norme NF EN 62305-2.

L'Étude Technique ultérieure permettra de définir précisément les solutions de protection contre la foudre (effets directs et indirects ainsi que dispositif de prévention).

2. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU SITE

2.1 Généralités

L'UVE de Limoges est un projet motivé par la vétusté de l'ancien site d'exploitation de déchets de Limoges.
Ainsi, la société **UVE** projette de réaliser une extension de son site afin d'accueillir le futur bâtiment. Le site disposera d'une Unité de valorisation des déchets, des bureaux, d'une galerie, d'une salle de conférence.

Le site est un établissement industriel mais aussi un ERP de catégorie 4.



Figure 1: Vue 3D du site

2.2 Personnel sur site

Le site pourra accueillir au maximum 300 personnes travaillant et 160 visiteurs.

2.3 Caractéristiques des courants forts

2.3.1 Réseau Normal

Le site sera alimenté en haute tension 20kV au niveau d'un poste de transformation situé à l'intérieur du bâtiment. Après transformation, un TGBT alimentera l'ensemble du site.

2.3.2 Réseau Secouru

En l'absence d'information, nous supposons que le site sera dépourvu de système de secours électrique de type groupe électrogène de sécurité.

2.3.3 Réseau Ondulé

En l'absence d'information, nous supposons que le site sera dépourvu de réseau ondulé.

2.4 Caractéristiques des courants faibles

Le projet sera raccordé au réseau ORANGE via une ligne fibre souterraine vers la zone administrative. La fibre n'étant pas impactable par la foudre cette ligne ne sera donc pas prise en compte dans cette étude.

Des lignes de courants faibles ont été identifiées alimentant les éléments extérieurs. En l'absence d'information nous considérons que ses lignes seront en cuivre.

2.5 Protection incendie

Le site sera doté des moyens de protection et de prévention suivants :

- Extincteurs,
- Extincteurs sur roues,
- Poteaux Incendies,
- Bâche incendie
- Désenfumage,
- Détection incendie, détecteur de fumée, avertisseurs sonores, déclencheurs manuels et automatiques…
- Centrale de détection incendie,
- Portes coupe-feu des locaux à risques,
- Sprinkler sur four.

2.6 Mise à la terre des installations

La mise à la terre à fond de fouille n'est pas déterminée à ce stade de l'étude.

2.7 Cheminement des réseaux courants forts et faibles généraux du site

Zone	Lignes connectées			
	Nom	Longueur (m)	Relié à	Type
UVE	Alimentation HT	1 000	Réseau ENEDIS	Souterrain
	Alimentation BT Bornes de recharge IRVE	200	Bornes IRVE	Souterrain
	Alimentation BT Éclairage extérieur	1 000	Éclairage extérieur	Souterrain
	Alimentation BT Pont Bascule	200	Pont bascule	Souterrain
	Courants faibles Pont Bascule	200	Pont bascule	Souterrain
	Alimentation BT Portails	500	Portails	Souterrain
	Courants faibles Portails	500	Portails	Souterrain

Tableau 2 : Réseaux

Lorsque la longueur d'une section de service est inconnue, on estime que *Lc* =1000 m.

2.8 Liste des canalisations entrantes/sortantes

Zone	Nom	Nature
UVE	Canalisation Gaz	Inconnu
	Canalisations Eaux Usées	Inconnu
	Canalisations Eaux Pluviales	Inconnu
	Canalisations AEP	PE / PEHD
	Canalisations Sprinkler	Inconnu
	Canalisations RCU	Inconnu

Source : Selon Plan VRD.

Tableau 3 : Canalisations

3. DOCUMENTS RÈGLEMENTAIRES

3.1 Textes réglementaires

Arrêté du 4 octobre 2010 modifié relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées pour la protection de l'environnement.

3.2 Normes de références

NF EN 62 305-1 (C 17-100-1) – Novembre 2013 [Protection des structures contre la foudre – partie 1 : Principes généraux].

NF EN 62 305-2 (C 17-100-2) – Décembre 2012 [Protection des structures contre la foudre – partie 2 : Évaluation du risque].

NF EN 62 305-3 (C 17-100-3) – Décembre 2012 [Protection des structures contre la foudre – partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains].

NF EN 62 305-4 (C 17-100-4) – Décembre 2012 [Protection des structures contre la foudre – partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures].

4. MÉTHODOLOGIE

4.1 Présentation générale

La norme NF EN 62305-2 « Protection contre la foudre – Partie 2 : Évaluation du risque » distingue trois types essentiels de dommages pouvant apparaître à la suite d'un coup de foudre :

- D1: blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et aux tensions de pas ;
- D2: dommages physiques (incendies, explosions, destructions mécaniques, émanations - chimiques) dus au courant de foudre, y compris les étincelles dangereuses ;
- D3: défaillances des réseaux internes dues à l'impulsion électromagnétique de foudre.

Chaque type de dommage peut entraîner des pertes différentes dans la structure à protéger. Les types de pertes dépendent des caractéristiques de la structure et de son contenu. 4 types de pertes sont pris en considération :

	Type de pertes		Risques tolérables (Rt)
R1	Perte de vie humaine	<	0,00001
R2	Perte de service public	<	0,001
R3	Perte d'héritage culturel	<	0,001
R4	Perte de valeurs économiques	<	0,001

Tableau 4 : Différents types de pertes

L'Analyse du Risque Foudre identifie :

- Les installations qui nécessitent une protection ainsi que le niveau de protection associé ;
- Les liaisons entrantes ou sortantes des structures (réseaux d'énergie, réseaux de communications, canalisations) qui nécessitent une protection ;
- La liste des équipements ou des fonctions à protéger ;
- Le besoin de prévention visant à limiter la durée des situations dangereuses et l'efficacité du système de détection d'orage éventuel.

L'Analyse du Risque Foudre n'indique pas de solution technique (type de protection directe ou indirecte). La définition de la protection à mettre en place (paratonnerre, cage maillée, nombre et type de parafoudres) et les vérifications du système de protection existant sont du ressort de l'étude technique.

L'Analyse du Risque Foudre ne permet pas au responsable de l'installation de faire installer un système de protection contre la foudre car les mesures de prévention et les dispositifs de protection ne sont pas encore définis lors de cette étape.

L'Analyse du risque foudre objet de ce document se conformera au plan suivant :

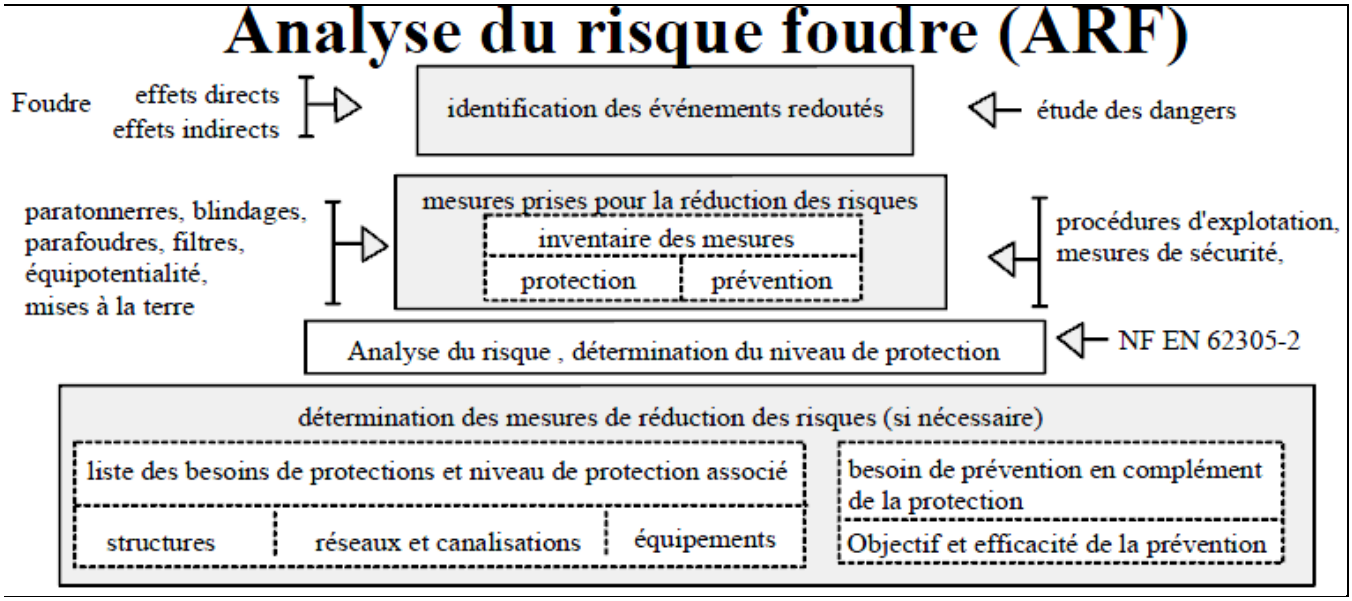


Figure 2: Structure de l'Analyse de Risque Foudre

4.2 Limite de l'A.R.F

En effet :

- Le risque R2 est lié à la perte inacceptable de service public ; or aucun service public n'est touché par la dégradation éventuelle des installations concernées,
- Le risque R3 est lié à la perte d'éléments irremplaçables du patrimoine culturel ; il est habituellement évalué dans le cas de musées, d'églises ou de monuments historiques ; son intérêt n'est pas à retenir ici,
- Le risque R4 est lié à la perte économique ; il n'est pas pris en compte dans le cadre de cette analyse.

4.3 Principe de l'analyse probabiliste : Calcul de R1

- Détail du calcul

Le risque total calculé R1 est la somme des composantes des risques partiels : R_A, R_B, R_C, R_M, R_U, R_V, R_W, R_Z appropriés, voir explication ci-dessous.

$$R1 = R_A + R_B + R_C^{*} + R_M^{*} + R_U + R_V + R_W^{*} + R_Z^{*}$$

$R_A + R_B + R_C^{*}$: Impact sur la structure

R_M^{*} : Impact sur le service

$R_U + R_V + R_W^{*}$: Impact à proximité du service

R_Z^{*} : Impact à proximité de la structure

(*) *: Uniquement pour les structures présentant un risque d'explosion et pour les hôpitaux et autres structures dans lesquelles des défaillances de réseaux internes peuvent mettre en danger immédiat la vie humaine.*

Chaque composante de risque R_A, R_B, R_C, R_M, R_U, R_V, R_W et R_Z, peut être exprimée par l'équation générale suivante :

$$R_x = N_x \times P_x \times Lx$$

Où
N désigne le nombre annuel d'évènements dangereux ou de coups de foudre
P est la probabilité de dommages dus à l'un de ces coups provoquant ces dommages
L est un coefficient de pertes prenant en compte le type de dommage

Les huit composantes sont définies comme suit :

Source de dommage	Nature du risque	
Impact sur la structure (S1)	R_A	Blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et de pas
	R_B	Dommages physiques (incendie ou explosion)
	R_C	Défaillances des réseaux internes
Impact à proximité de la structure (S2)	R_M	Défaillances des réseaux internes
Impact sur un service connecté à la structure (S3)	R_U	Blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact à l'intérieur
	R_V	Dommages physiques (incendie ou explosion)
	R_W	Défaillances des réseaux internes
Impact à proximité d'un service connecté à la structure (S4)	R_Z	Défaillances des réseaux internes

Tableau 5 : Natures du risque

- Acceptabilité du risque

La norme NF EN 62305-2 fixe la limite supérieure du risque tolérable (R_T) à 10^{-5}. Le risque de dommages causés par la foudre est calculé et comparé à cette valeur.

Lorsque la valeur est supérieure au risque acceptable des solutions de protection et/ou de prévention sont introduites dans les calculs pour réduire le risque à une valeur inférieure ou égale à la valeur limite tolérable.

Si **R1 > R_T**
→ Il faut prévoir des mesures de protection pour réduire Rc afin qu'il soit <ou= à Rt.

Si **R1 ≤ R_T**
→ Une protection contre la foudre n'est pas nécessaire.

Pour les besoins de la présente norme, 4 niveaux de protection (I, II, III, IV), correspondant aux paramètres minimum et maximum du courant de foudre, ont été définis pour une protection efficace dans, respectivement, 98 %, 95 %, 88 % et 81 % des cas.

- Mesures de réduction des risques

Les mesures de protection pour réduire les risques sont les suivantes :

Type de dommages	Mesures
Blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et aux tensions de pas (D1)	- Isolation appropriée des éléments conducteurs exposés - Equipotentialité par un réseau de terre maillé - Restrictions physiques et panneaux d'avertissement
Dommages physiques (D2)	**- Système de protection contre la foudre (SPF : IEPF-IIPF)**
Défaillances des réseaux internes (D3)	- Ecrantage du câblage - Ecran magnétique - Cheminement des réseaux **- Parafoudres associés ou coordonnés** - Equipotentialité et mise à la terre

Tableau 6 : Mesures de protection pour réduire le risque

5. NATURES DES ÉVÈNEMENTS REDOUTÉS

5.1 Situations réglementaires

Les activités Classées au titre de la législation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement sont les suivantes :

Rubrique	Désignation de la rubrique	Régime
2771	Installation de traitement thermique de déchets non dangereux	Autorisation
3520	Elimination ou valorisation dans des installations d'incinération des déchets ou des installations de co incinération des déchets	Autorisation

Tableau 7 : Rubriques ICPE

Certaines de ces rubriques sont visées par l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié. Les installations qui les concernent sont donc soumises au respect des prescriptions de cet arrêté ministériel.

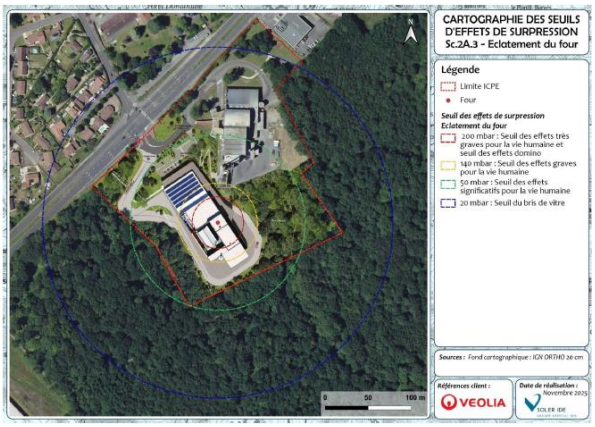
5.2 Potentiels de danger

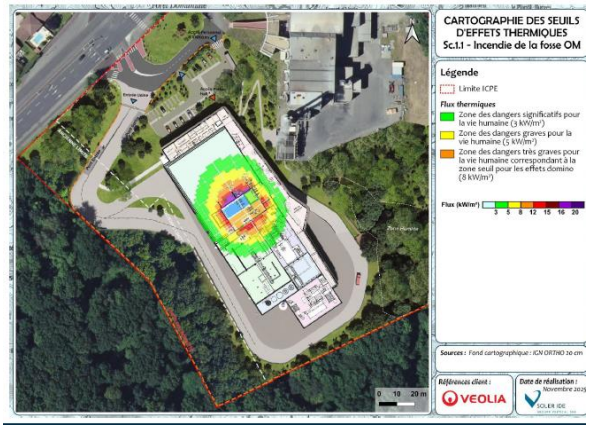
Nous estimons qu'en raison des activités, les potentiels de dangers redoutés sont les suivants :

- **UVE :**

Phénomène dangereux redoutés	Application	Paramètre (Lfe)
Effets de surpression associés à l'explosion d'une substance	Oui	Concerné : Effets sortants du bâtiment restant dans le site
Inflammation d'un nuage de gaz en champ libre (UVCE) ou dans une zone encombrée (VCE),	Oui	Concerné : Effets sortants du bâtiment restant dans le site
Effets thermiques en cas de rupture ou fuite sur une canalisation calorifique ou sous pression	Non	Sans objet
Contamination de l'environnement par incendie, déversement ou combustion de produit chimique	Non	Sans objet
Risque pour l'homme en cas d'inhalation de produits chimique	Non	Sans objet
Incendie	Oui	Concerné : Effets sortants du bâtiment restant dans le site
Une perte du réseau CVC	Non	Sans objet
Une perte de l'alimentation électrique ou du réseau de télécommunication	Non	Sans objet
Risque pour l'homme en cas de surtension sur le réseau par manœuvre ou perturbation atmosphérique	Non	Sans objet

Tableau 8 : Phénomènes redoutés





5.3 Zones à risques d'explosion

Le zonage ATEX du bâtiment n'a pas encore été défini pour ce site.
Nous supposons donc qu'aucune zone ATEX Z0 ou Z20 ne pourra être rencontrée à l'extérieur des installations et directement impactable par la foudre ou est confinée dans une enveloppe métallique d'épaisseur conforme à la norme 62305-3. Le risque d'explosion ne sera donc pas retenu

5.4 Evénements initiateurs

La foudre est un phénomène violent et fortement énergétique à son point d'impact.

Elle peut soit :

- **Faire exploser ou enflammer** des produits inflammables,
- **Perforer ou échauffer** des matériaux conducteurs,
- **Faire exploser** (par vaporisation de l'eau contenue) des matériaux diélectriques.

Inflammation ou explosion d'un nuage gaz
Ce cas peut arriver par impact direct dans un volume de vapeur ou de gaz. La température de l'arc (32 971°C) est très nettement supérieure aux températures d'inflammation et d'explosion. Il est aggravant dans toutes les zones explosibles externes.
Réalisation de points chauds à l'attachement du canal de foudre sur les structures métalliques
Ce cas peut arriver à l'attachement du canal de foudre sur les structures métalliques. A cet endroit (sur quelques cm²) la température est telle qu'elle entraîne une fusion du métal en présence. La durée d'activation est courte, quelques secondes. Il est aggravant si le point chaud fait tomber des particules en fusion vers des zones explosibles ou inflammables. Il est aggravant pour tous les réservoirs ou les canalisations dont l'épaisseur est inférieure à 5 mm, et à proximité des zones explosibles ou inflammables.
Etincelage résultant de différences de potentiel d'éléments de structure entre eux
Ce cas peut intervenir si les structures d'écoulement du courant de foudre capté et les structures métalliques proches qui sont au potentiel de la terre, sont à une distance inférieure à la distance de sécurité. Il est aggravant s'il intervient dans toute zone explosible ou inflammable, ou s'il détruit un équipement de sécurité. Il est aggravant pour les joints isolants de canalisations.
Percement de conteneur ou de canalisation
Ce cas peut intervenir sur impact direct d'une canalisation métallique ou d'une cuve dont l'épaisseur n'est pas suffisante pour résister à la fusion. Il est aggravant pour tous les réservoirs ou les canalisations dont l'épaisseur est inférieure à 5mm.
Incendie ou destruction des structures d'un bâtiment
Ce cas peut se produire par explosion à l'impact des matériaux non conducteurs utilisés dans la structure ou par incendie des matériaux constitutifs sur courant de suite. Il est aggravant dans le cas de structures entièrement construites avec des pierres, du bois avec un risque pour le personnel interne.
Coup direct sur des éléments externes aux structures de bâtiment
Ce cas concerne les lampadaires, les sirènes, les cheminées, les évents, les capteurs disposés en hauteur… Il est aggravant si ces équipements contribuent à la sécurité du site, si la collecte du courant de foudre vient à détruire un équipement IPS ou conduire à un étincelage en zone explosible ou inflammable.
Surtensions électriques par effets directs ou indirects
Ce cas peut intervenir en cas de circuits électriques exposés comme les lignes aériennes ou ceux présentant des boucles importantes de capture du champ électromagnétique rayonné par la foudre. Il peut intervenir également en cas de différences de potentiel de terre sur un impact de foudre proche. Il est aggravant pour les équipements qui contribuent à la sécurité du site. Il l'est surtout dans le cas de claquages ou courts-circuits qui interviendraient dans une zone explosible.
Effets sur les personnes
Ce cas peut intervenir en cas de coup direct ou de tension de pas ou de toucher, d'une personne exposée au voisinage d'une structure impactée. Ce cas n'est pas lié aux effets sur l'environnement mais à ceux liés à un impact direct à proximité. Il est dans tous les cas aggravants.

Tableau 9 : Interaction foudre/équipements

5.5 Mesures de maîtrise des risques

Les équipements dont la défaillance entraîne une interruption des moyens de sécurité et provoquant ainsi des conditions aggravantes à un risque d'accident sont à prendre en compte. La liste de ces équipements est la suivante avec leur susceptibilité à la foudre :

Organes de sécurité	Susceptibilité à la foudre
Extincteur	Non
RIA	Non
Surpresseur RIA	Oui
Sprinkler	Oui
Centrale de détection incendie	Oui
Centrale de détection gaz	Oui

Tableau 10 : Liste des équipements de sécurité

Cette liste n'est pas exhaustive et pourra être complétée par le Maître d'ouvrage.

5.6 Installations à prendre en compte dans l'analyse de risque foudre

En fonction de leurs tailles et de leurs caractéristiques, les structures sont traitées de façon statistique ou de façon déterministe. L'approche déterministe est pertinente pour les structures ouvertes ou de petites dimensions ou pour les structures métalliques (par exemple tuyauteries).

Bâtiments / Installations	Traitement statistique selon la norme NF EN 62305-2	Traitement déterministe[1]
UVE	X	

Tableau 11 : Installations à étudier dans l'ARF

Méthode déterministe[1] **:**

Cette méthode ne prend pas en compte le risque de foudroiement local.
Par conséquent, quelle que soit la probabilité d'impact, une structure ou un équipement défini comme **I**mportant **P**our la **S**écurité, sera protégé si l'impact peut engendrer une conséquence sur l'environnement ou sur la sécurité des personnes.

Lorsque la norme NF EN 62305-2 ne s'applique pas réellement (exemple : zone ouverte ou à risque d'impact foudre privilégié telles que les cheminées, aéroréfrigérants, racks, stockages extérieurs, …) cette méthode est choisie.

6. CALCULS PROBABILISTES DU RISQUE FOUDRE

6.1 Données générales

DENOMINATION	VALEURS RETENUES
Densité moyenne de points de contact (Nsg) pour le site de **LIMOGES (87)** données fournies par Météorage (voir carte ci -dessous)	**Nsg = 0,90** (coups de foudre / km² / an)

Tableau 12 : Données pour le calcul du risque foudre

Détail de la requête



Emplacement :
Rue de Fougeras, 87280 Limoges, France

Position du centre :
Latitude = 45.8686 deg N, Longitude = 1.2966 deg E

Rayon :
5 km

Période d'analyse :
du 1 janvier 2015 au 31 décembre 2024 Europe/Paris

Densité de foudroiement Nsg avec indice de confiance

N_{SG} : 0,90 GSP/km²/an

Indice de confiance statistique : Excellent

L'intervalle de confiance à 95% est : [0,84 - 0,97].

Cadre explicatif

Le **Nsg** définit la densité de foudroiement calculée à partir des points de contacts (GSP) générés par un éclair de type Nuage-Sol. La norme IEC 62858 transposée en NF EN 62858, recommande l'utilisation de ce paramètre dans le calcul du risque de foudroiement, car il prend en compte la localisation de l'ensemble des points d'attachement au sol.

Le **Ng** est la densité de foudroiement calculée à partir du premier arc-en-retour (ou flash) dans un éclair de type Nuage-Sol. Ce paramètre sous-estime le risque de foudroiement puisqu'il considère seulement le premier point de contact au sol dans un éclair Nuage-Sol. Pour mémoire, les éclairs Nuage-Sol de polarité négative (environ 90% de tous les éclairs Nuage-Sol) génèrent au moins deux points de contact (éclairs dit « branchés »).

Le **nombre de jours d'orage** est le nombre de jours avec au moins un éclair, quel que soit son type Nuage-Sol ou Intra-Nuage, localisé sur le domaine d'étude.

En accord avec les normes internationales, METEORAGE recommande l'utilisation du Nsg.

À titre indicatif :

- La densité de foudroiement Ng pour ce site est de 0,70 flashs nuage-sol/km²/an,
- Le nombre de jours d'orage moyen par an est de 15,20 jours,
- La valeur maximale annuelle du Nsg sur la période est de 1,58 GSP/km²/an.

Figure 3: Nsg suivant la carte de Météorage

6.2 UVE

6.2.1 Données et caractéristiques de la structure

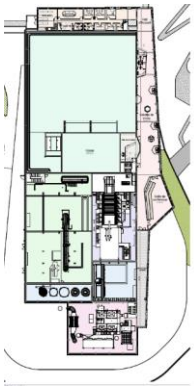
Paramètres / Facteurs	*Symbole*	*Valeurs retenues*	*Signification*
Dimensions	L x W x H_b		Longueur x Largeur x Hauteur
Aire équivalente	$A_{d/b}$	6.03E+4 m²	Surface d'exposition aux impacts
Emplacement de la structure	$C_{d/b}$	0,5	Entouré d'objets plus petits
Protection existante contre les effets directs	P_B	1	Structure non protégée par SPF
Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure	K_{S1}	1	Aucun blindage

Tableau 13 : Données et caractéristiques de la structure

Justification des paramètres encodés

Paramètre $C_{d/b}$ (facteur d'emplacement)
Présence de structures ou d'arbres de même hauteur ou de hauteur inférieur à proximité, dans un rayon égal à 3 fois la hauteur du bâtiment étudié.
Nous indiquons donc la valeur 0,5 – objet entouré par des objets plus petits.

Paramètre PB (probabilité de dommages physiques sur une structure)
Le bâtiment n'est pas protégé par un SPF (Système de protection contre la foudre). Nous indiquons la valeur = 1
Dans un premier temps nous calculons R1 sans mise en place d'un Système de protection foudre (SPF). S'il dépasse le risque limite $\mathbf{R_T}$ des solutions sont utilisées pour le rendre acceptable. On choisit les dispositifs de protection parmi ceux déjà en place.

Paramètre Ks1 (facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure)
La zone n'est pas équipée d'un écran spatial. Nous indiquons la valeur = 1

6.2.2 *Données et caractéristiques des services*

Numéro de liaison	Nom de la ligne	LC	L_a x W_a x H_a	Ci	C_e	U_w	Ks3	P_{SPD}
1	Alimentation HT	1 000	-	0,5	0,5	6kV	0,01	1
2	Alimentation BT Bornes de recharge IRVE	200	-	0,5	0,5	2,5kV	0,01	1
3	Alimentation BT Éclairage extérieur	1 000	-	0,5	0,5	2,5kV	0,01	1
4	Alimentation BT Pont Bascule	200	-	0,5	0,5	2,5kV	0,01	1
5	Courants faibles Pont Bascule	200	-	0,5	0,5	1,5kV	0,01	1
6	Alimentation BT Portails	500	-	0,5	0,5	2,5kV	0,01	1
7	Courants faibles Portails	500	-	0,5	0,5	1,5kV	0,01	1

Tableau 14 : Données et caractéristiques des services

Nota : Les lignes étudiées correspondent à la zone de l'analyse de risque foudre.

Justification des paramètres encodés

Paramètre L_C (Longueur de la section du service)
La valeur indiquée correspond à la longueur de la ligne.
Nous indiquons la valeur 1000 m par défaut lorsque la longueur n'est pas connue.

Paramètres La, Wa, Ha (caractéristiques de la structure adjacente)
La valeur indiquée correspond aux dimensions du bâtiment raccordé à la ligne.

Paramètre C_i (facteur d'installation de la ligne)
Les lignes sont enterrées, nous indiquons la valeur 0,5.

Paramètre C_e (facteur d'environnement de ligne)
Le bâtiment se situe en zone suburbaine ce qui correspond à des hauteurs de bâtiments inférieure à 10m. Nous indiquons la valeur = 0,5 – zone suburbaine.

Paramètre U_w (Tension de tenue au choc des matériels)
Selon le guide UTE C 15-443, la tension de tenue aux chocs est de 6 kV pour la ligne d'alimentation HT, 4 kV pour les lignes d'alimentation BT, 2,5 kV pour les équipements BT et de 1,5 kV pour un réseau courant faible.

Paramètre K_{S3} (Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne)
Pour la ligne de puissance et de communication, nous choisissons la valeur Ks3 = 0,01 car nous considérons que c'est un câble non écranté avec surface de boucle de l'ordre de 0,5 m².

Paramètre P_{SPD} (probabilité de défaillance des réseaux internes avec l'installation de parafoudres)
Le bâtiment n'est pas protégé par des parafoudres. Nous indiquons la valeur = 1

6.2.3 Données et caractéristiques de la zone

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
Facteur de réduction associé au type de sol	r_a / r_u	0,01	Béton
Probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur le service	P_{TU}	1	Aucune mesure de protection
Probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur la structure	P_{TA}	1	Aucune mesure de protection
Dispositions réduisant la conséquence de feu	r_p	0,5	Manuel
Risque d'incendie de la structure	r_f	0,01	Elevé
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	L_f	0,033	Bâtiment recevant du public
Présence d'un danger particulier	h_z	5	Risque moyen
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)	L_0	0	SO
Durée de présence des personnes à un emplacement dangereux à l'extérieur de la structure	t_e	0,25	Personnes travaillant sur le site
Risque environnemental	LFE	0,05	Flux thermique restant dans les limites du site

Tableau 15 : Données et caractéristiques de la zone

Paramètre r_a / r_u (facteur de réduction associé au type de sol)

Type de sol ou de plancher	Résistance de contact kΩ[1]	r_a / r_u
Agricole, béton	≤1	10^{-2}
Marbre, céramique	1-10	10^{-3}
Gravier, moquette, tapis	10-100	10^{-4}
Asphalte, linoléum, bois	≥100	10^{-5}
(1) Valeurs mesurées entre une électrode de 400cm² comprimée avec une force de 500 N à point à l'infini.		

Tableau 16 : Paramètre ra / ru

Paramètre P_{TU} (probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur le service)
Nous indiquons la valeur = 1 (aucune mesure de protection).

Paramètre P_{TA} (probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur la structure)
Nous indiquons la valeur = 1 (aucune mesure de protection).

Paramètre rp (facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie)
La structure est équipée de systèmes d'extinction manuels. La valeur est = 0,5.

Paramètre rf (facteur de réduction associé au risque d'incendie)
Le risque d'incendie estimé est « Elevé ». En effet, la présence de déchet en grande quantité augmente fortement le risque incendie. La valeur est = 0,1.

Paramètre Lf (pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques)

Type de Structure	*Lf*
Bâtiment agricole, Ensemble d'appartements, Grande Maison, Hôpital, Hôtel, Nurserie /Jardin d'enfants, Poste de Police et Dépôt d'ambulances, Prison, Risque d'explosion.	0,1
Bâtiment d'Aéroport, Gare.	0,075
Accueil de Loisirs.	0,067
Boutique / Ensemble de Boutiques, Cathédrale, Lieu de Culte, Musée, Stade compris ceux accueillant des concerts, Théâtre.	0,05
Bâtiment Commercial/Ensemble de bureaux, Grand magasin/Grandes surface, Stockage Industriel, Université.	0,042
Equipement GSM, Ruines classées.	0,04
Bâtiment gazier, Bâtiment médical, Bâtiment recevant du public, Bâtiment télécom, Centre commercial, Ecole, Traitement des eaux.	0,033
Site industriel (Cas général. Applicable hors zones explosives, ou quand le risque d'explosion est confiné dans un container métallique d'épaisseur conforme au tableau 3 de la 62305-3 sans pénétration de service dans le container ou quand les services restent à plus de 3 m de la zone explosive ouverte ou non)	0,02
Autres bâtiments et structures	0,01
Site industriel (Structure comprenant de nombreux éléments métalliques comme des tuyaux ou éléments structurels, permettant au courant de foudre de se disperser sans causer de larges dommages. Applicable hors zones explosives, ou quand le risque d'explosion est confiné dans un container métallique d'épaisseur conforme au tableau 3 de la 62305-3 sans pénétration de service dans le container ou quand les services restent à plus de 3 m de la zone explosive ouverte ou non)	0,005
Site Industriel (structure en béton armé ou avec surface métallique conforme au tableau 3 de la 62305-3), quand le dommage au point d'impact reste limité et ne crée pas de dommage additionnel, applicable hors zones explosives, ou quand le risque d'explosion est confiné dans un container métallique d'épaisseur conforme au tableau 3 de la 62305-3 sans pénétration de service dans le container ou quand les services restent à plus de 3 m de la zone explosive ouverte ou non)	0,001

Tableau 17 : Paramètre Lf

Paramètre hz (facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial)

Type de danger particulier	h_z
Pas de danger particulier	1
Faible niveau de panique (par exemple, structure limitée à deux étages et nombre de personnes inférieur à 100)	2
Niveau de panique moyen (par exemple, structures destinées à des évènements culturels ou sportifs avec nombre de personnes compris entre 100 et 1 000)	5
Difficulté d'évacuation (par exemple, structures avec personnes immobilisées)	5
Niveau de panique élevé (par exemple, structures destinées à des évènements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes supérieur à 1 000)	10

Tableau 18 : Paramètre hZ

Paramètre Lo (pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes)
Aucune victime par défaillances des réseaux internes n'est à déplorer.
Nous indiquons la valeur Lo = 0.
Le bâtiment contient des zones à risque d'explosion. La valeur est Lo = 0,1.

Paramètre L_{FE} (pourcentage moyen de victimes blessées par dommages physiques à l'extérieur de la structure)
Le L_{FE} est le pourcentage moyen de victimes blessées par dommages physiques à l'extérieur de la structure. Le calcul de ces pertes est basé sur la connaissance des paramètres : L_{FE} et de t_e ; t_e, est la durée de présence des personnes à un emplacement dangereux à l'extérieur de la structure en utilisant les formules suivantes :

$$LBE = LVE = rf \times rp \times LFE \times te / 8\,760$$
$$LCE = LME = LWE = LZE = rf \times rp \times (LFE/10) \times te / 8\,760$$

Lorsque la durée te n'est pas connue, utiliser le tableau suivant :

TYPE D'ENVIRONNEMENT	t_e / 8 760
Voies navigables	0,1
Utilisation temporaire	0,1
Personnes travaillant dans l'enceinte du site	0,25
Voies ferrées	0,25
Terrain non bâti et zones peu fréquentées champs, prairies, forêts, terrains vagues, marais, jardins horticoles, jardins, vignes, zones de pêche, gare de marchandises et de triage…)	0,25
Présence de public	0,5
Zones fréquentées et très fréquentées (parking, parcs, zone de baignade surveillée, terrains de sport, etc.)	0,5
Zones d'activités (industries et autres activités ne recevant pas en général du public)	0,75
Chemins et chemins piétonniers	0,75
Site avec rondiers ou fonctionnement du site avec plus d'une équipe (2x8 ou 3x8)	1
Résidences	1
Voies de circulation automobiles (départementales, nationales, voies rapides, périphériques et autoroutes)	1

Tableau 19 : Tableau te/8760 suivant note Qualifoudre n° 4

Lorsque le risque environnemental hors de la structure est connu, prendre l'un des scénarios majorant suivant :

RISQUE ENVIRONNEMENTAL Scénarios		VALEURS DE L_{FE}	
		restant dans les limites du site	sortant des limites du site
Explosion et surpression	la surpression > 50 hPa	0.25	0.5
Flux thermique	le flux thermique par surface > 3 kW/m²	0.05	0.1
Fumées toxiques (1)		0.1	1.0
Pollution du sol (1)		0.1	0.5
Pollution de l'eau (1)		0.25 (2)	2.5
Matière radioactive (1), (3), (4)		0.5	5

Note 1 : En cas d'utilisation d'une détection d'orage caractérisée par une efficacité PTWS, les valeurs de L_{FE} dans les limites du site sont multipliées par (1 – PTWS) dans la mesure où une procédure associée existe et permet la mise en sécurité des personnes dans l'enceinte du site.
Note 2 : le bris de vitres (explosion avec effet limité) sont exclus de cette analyse et doivent être traités, si nécessaire, par des mesures de protection adaptées.

(1) Ces valeurs maximales peuvent être réduites en se basant sur la quantité de polluant, le danger de celui-ci et la sensibilité de l'environnement.
(2) Uniquement si la pollution peut atteindre la nappe phréatique, les cours d'eaux ou des mers et océans.
(3) Ceci peut ne pas être applicable quand une étude spécifique incluant tous les scénarii a été réalisée. C'est le cas par exemple des centrales nucléaires, pour lesquelles des études spécifiques sont réalisées et rendent la méthode ci-dessus inutile.
(4) Ceci n'est pas applicable aux sources scellées (par exemple utilisées dans les hôpitaux, les équipements de mesures ou les appareils médicaux).

Tableau 20 : Paramètre LFE suivant note Qualifoudre n° 4

6.2.4 *Calculs du risque R1 (perte de vie humaine)*

Sans protection ou mesure de prévention

Type de pertes	Zone	Risques calculés (R1)		Risques tolérables (R_T)
L1	UVE	5.39 e^{-4}	>	1 e^{-5}

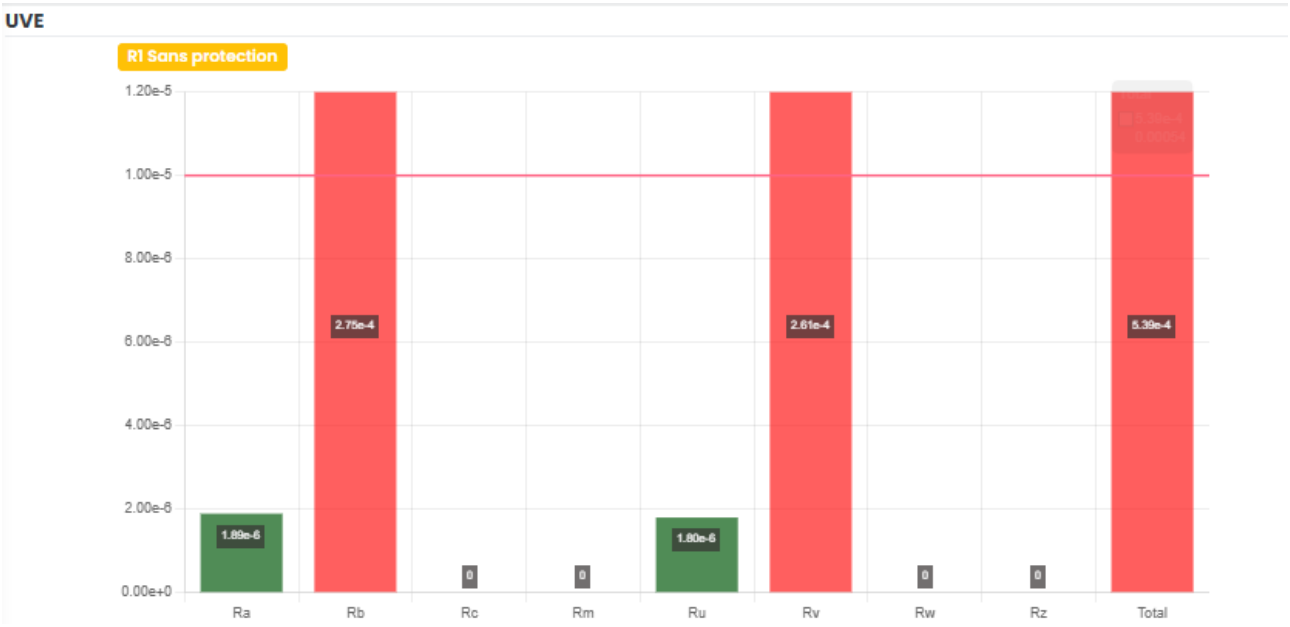


Figure 4: Résultat du calcul du risque R1 sans protections

L'UVE n'a pas un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable vis-à-vis de la réglementation. Il est donc nécessaire de réduire ce risque à un niveau inférieur au Risque tolérable (Rt).

Il y a donc lieu de procéder à la mise en œuvre de mesures de protection afin que le risque calculé R1 soit < risque tolérable Rt1.

Analyse **avec** protections

Type de pertes	Zone	Risques calculés (R1)		Risques tolérables (R_T)
L1	UVE	8,16 e^{-6}	<	1 e^{5}

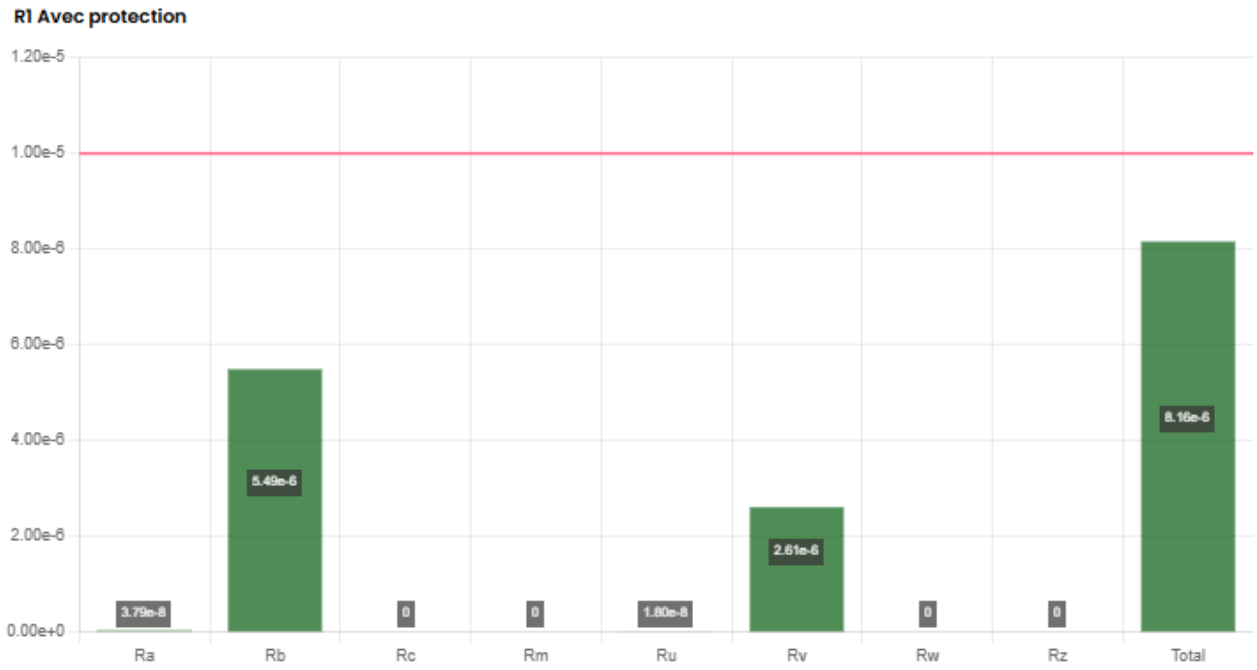


Figure 5: Résultat du calcul du risque R1 avec protections

L'UVE a un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable vis-à-vis de la réglementation après la mise en place de protections contre la foudre.

Choix des mesures de protection

Les composantes de risque qui influencent le plus défavorablement le résultat sont **Rb et Rv.**

Caractéristiques de la structure ou du système interne Mesures de protection	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Surface équivalente d'exposition	X	X	X	X	X	X	X	X
Résistivité de surface du sol	X							
Résistivité du sol					X			
Restrictions physiques, isolation, avertissement, isolation équipotentielle du sol	X				X			
SPF	X[1)]	X	X[2)]	X[2)]	X[3)]	X[3)]		
Parafoudres coordonnés			X	X			X	X
Ecran spatial			X	X				
Réseaux externes écrantés					X	X	X	X
Réseaux internes écrantés			X	X				
Précautions de cheminement			X	X				
Réseau équipotentiel			X					
Précautions incendie		X				X		
Sensibilité au feu		X				X		
Danger particulier		X				X		
Tension de tenue aux chocs			X	X	X	X	X	X

1) Dans le cas de SPF naturel ou normalisé avec une distance entre conducteurs de descente inférieures à 10 m ou si une séparation physique n'est pas prévue, le risque lié à des blessures pour les êtres vivants dû à des tensions de contact et de pas est négligeable.

2) Uniquement pour les SPF extérieurs en grille.

3) En raison des équipotentialités.

Tableau 21 : Choix des protections foudre

Afin de réduire ces composantes sous la valeur tolérable, il faut mettre en place :

- **Un système de protection contre la foudre SPF de niveau I pour les effets directs (protection externe sur la structure).**

- **Un système de protection contre les effets indirects de la foudre de :**
  - **Niveau I pour les lignes de puissances**
  - **Niveau I pour les lignes de communications**

7. SYNTHESE

Cette Analyse de Risque Foudre a permis d'évaluer les risques et de déterminer les niveaux de protection à mettre en œuvre.

- Le tableau suivant synthétise les mesures de protection à mettre en place :

Structure	*Protection effets directs*	*Protection effets indirects*
UVE	Protection de **niveau I**	Protection de **niveau I sur l'alimention BT : TGBT ainsi que les lignes identifiées**
		Protection de **niveau I sur les courants faibles**

Tableau 22 : Synthèse des protections foudre

- Les Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) suivantes sont à protéger :

Structure	**Organes de sécurité**
UVE	Centrale de détection incendie
	Centrale de détection gaz
	Sprinkler
	Surpresseur

Tableau 23 : Synthèse des MMR

- Des liaisons équipotentielles sont à prévoir pour les canalisations suivantes (si métalliques):

Zone	**Nom**
UVE	Canalisation Gaz
	Canalisations Eaux Usées
	Canalisations Eaux Pluviales
	Canalisations AEP
	Canalisations Sprinkler
	Canalisations RCU

Tableau 24 : Synthèse des liaisons équipotentielles à prévoir

Prévention : L'Analyse de Risque Foudre ne prévoit pas la mise en place d'un système de détection d'orages. Néanmoins, A l'approche d'un orage, le dépotage et l'accès en toiture doivent être interdits ainsi que les interventions sur le réseau électrique et la présence de personnes à proximité des éventuelles descentes de paratonnerres. Cette prévention devra faire l'objet d'une information auprès du personnel et des sociétés extérieures au site, sur les risques de foudroiement direct et indirect.

L'Étude Technique, deuxième étape de la réglementation, permettra d'établir les préconisations spécifiques de protection contre les effets directs et indirects nécessaires. Elle apportera également des conseils vis-à-vis de la démarche de prévention.

NOTA :

« *Une installation de protection contre la foudre, conçue et installée conformément aux présentes normes, ne peut assurer la protection absolue des structures, des personnes et des biens, et de l 'Environnement. Néanmoins, l'application de celles-ci doit réduire de façon significative les risques de dégâts dus à la foudre sur les équipements, structures et des hommes* ».

ANNEXE 1

Analyse du Risque Foudre

NF EN 62305-2

L'analyse de risque est effectuée à l'aide du logiciel PROTECRISK 2.0 conforme à la norme NF EN 62305-2

UVE

Évaluation des risques
Sélection des mesures de protection

R1 = 3.96E-6
---------- Zone Copy - UVE - Zone ----------
Zone Copy - UVE - Zone = 3.96E-6
Zone Copy - UVE - Zone : Détails des calculs pour la Zone Copy - UVE - Zone
Ra = 0.00E+
Ra : Composante du risque lié aux blessures d'êtres vivants (impacts sur une structure)
Nd = 2.72E-2
Nd : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Ad = 6.03E+4
Ad : Surface équivalente de la structure calculée par determination graphique
Cd = 5.00E-1
Cd : Facteur d'emplacement
Pa = 2.00E-1
Pa : Probabilité de blessures d'êtres vivants par choc électrique
Pta = 1.00E+
Pta : Probabilité de réduction de PA en fonction des mesures de protection
Pb = 2.00E-1
Pb : Probabilité de dommages physiques sur une structure (impacts sur une structure)
La_Lu = 0.00E+
La_Lu : Pertes associées aux blessures d'êtres vivants par choc électrique
rt = 1.00E-2
rt : Facteur de réduction associé au type de sol
Lt = 1.00E-2
Lt : Pourcentage type de pertes dues aux blessures par choc électrique
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Rb = 3.39E-6
Rb : Composante du risque lié aux dommages physiques sur une structure (impacts sur la structure)
Nd = 2.72E-2
Nd : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Ad = 6.03E+4
Ad : Surface équivalente de la structure calculée par determination graphique
Cd = 5.00E-1
Cd : Facteur d'emplacement
Pb = 2.00E-1
Pb : Probabilité de dommages physiques sur une structure
Lbt_Lvt = 6.25E-4
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
Lb_Lv = 0.00E+
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-2
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
hz = 2.00E+
hz : Facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial
Lf1 = 2.00E-2
Lf1 : Pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Lbe_Lve = 6.25E-4
Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1

rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-2
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
lfe = 2.50E-1
lfe : Pourcentage type de pertes dues aux dommages physiques à l'extérieur de la structure
te/8760 = 5.00E-1
te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
Rc = 0.00E+
Rc : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur une structure)
Nd = 2.72E-2
Nd : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Ad = 6.03E+4
Ad : Surface équivalente de la structure calculée par determination graphique
Cd = 5.00E-1
Cd : Facteur d'emplacement
Pc = 1.00E+
Pc : Cumul des Pc pour la structure
Pc_Alimentation-HT = 1.00E+
Pc_Alimentation-HT : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-HT
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Pc_Alimentation-BT-Bornes-IRVE = 1.00E+
Pc_Alimentation-BT-Bornes-IRVE : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-BT-Bornes-IRVE
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Pc_Alimentation-BT-Eclairage-exterieur = 1.00E+
Pc_Alimentation-BT-Eclairage-exterieur : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-BT-Eclairage-exterieur
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Pc_Alimentation-BT-Pont-bascule = 1.00E+
Pc_Alimentation-BT-Pont-bascule : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-BT-Pont-bascule
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Pc_Courant-faible-Pont-bascule = 1.00E+
Pc_Courant-faible-Pont-bascule : Probabilité de défaillances des réseaux internes Courant-faible-Pont-bascule
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Pc_Alimentation-BT-Portails = 1.00E+
Pc_Alimentation-BT-Portails : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-BT-Portails
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Pc_Courant-faible-Portails = 1.00E+
Pc_Courant-faible-Portails : Probabilité de défaillances des réseaux internes Courant-faible-Portails
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de

parafoudres coordonnés
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Rm = 0.00E+
Rm : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité de la structure)
Nm = 8.59E-1
Nm : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'une structure
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Am = 9.54E+5
Am : Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'une structure calculée par determination graphique
Pm = 1.56E-4
Pm : Cumul des Pm pour la structure
Pm_Alimentation-HT = 2.78E-6
Pm_Alimentation-HT : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-HT
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Pms = 2.78E-6
Pms : Probabilité de réduction de Pm en fonction du blindage, du câblage et de la tenue du matériel
Ks1 = 1.00E+
Ks1 : Facteur associé à l'efficacité de l'écran d'une structure
wm = 0.00E+
wm : Largeur de la maille
Ks2 = 1.00E+
Ks2 : Facteur associé à l'efficacité d'écran des écrans interne à la structure
wm = 0.00E+
wm : Largeur de la maille
Ks3 = 1.00E-2
Ks3 : Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne
Ks4 = 1.67E-1
Ks4 : Facteur associé à la tension de tenue aux chocs du réseau
Uw = 6.00E+
Uw : Tension assignée de tenue aux chocs du réseau à protéger
Pm_Alimentation-BT-Bornes-IRVE = 1.60E-5
Pm_Alimentation-BT-Bornes-IRVE : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-BT-Bornes-IRVE
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Pms = 1.60E-5
Pms : Probabilité de réduction de Pm en fonction du blindage, du câblage et de la tenue du matériel
Ks1 = 1.00E+
Ks1 : Facteur associé à l'efficacité de l'écran d'une structure
wm = 0.00E+
wm : Largeur de la maille
Ks2 = 1.00E+
Ks2 : Facteur associé à l'efficacité d'écran des écrans interne à la structure
wm = 0.00E+
wm : Largeur de la maille
Ks3 = 1.00E-2
Ks3 : Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne
Ks4 = 4.00E-1
Ks4 : Facteur associé à la tension de tenue aux chocs du réseau
Uw = 2.50E+
Uw : Tension assignée de tenue aux chocs du réseau à protéger
Pm_Alimentation-BT-Eclairage-exterieur = 1.60E-5
Pm_Alimentation-BT-Eclairage-exterieur : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-BT-Eclairage-exterieur
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Pms = 1.60E-5
Pms : Probabilité de réduction de Pm en fonction du blindage, du câblage et de la tenue du matériel
Ks1 = 1.00E+
Ks1 : Facteur associé à l'efficacité de l'écran d'une

structure
wm = 0.00E+
wm : Largeur de la maille
Ks2 = 1.00E+
Ks2 : Facteur associé à l'efficacité d'écran des écrans interne à la structure
wm = 0.00E+
wm : Largeur de la maille
Ks3 = 1.00E-2
Ks3 : Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne
Ks4 = 4.00E-1
Ks4 : Facteur associé à la tension de tenue aux chocs du réseau
Uw = 2.50E+
Uw : Tension assignée de tenue aux chocs du réseau à protéger
Pm_Alimentation-BT-Pont-bascule = 1.60E-5
Pm_Alimentation-BT-Pont-bascule : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-BT-Pont-bascule
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Pms = 1.60E-5
Pms : Probabilité de réduction de Pm en fonction du blindage, du câblage et de la tenue du matériel
Ks1 = 1.00E+
Ks1 : Facteur associé à l'efficacité de l'écran d'une structure
wm = 0.00E+
wm : Largeur de la maille
Ks2 = 1.00E+
Ks2 : Facteur associé à l'efficacité d'écran des écrans interne à la structure
wm = 0.00E+
wm : Largeur de la maille
Ks3 = 1.00E-2
Ks3 : Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne
Ks4 = 4.00E-1
Ks4 : Facteur associé à la tension de tenue aux chocs du réseau
Uw = 2.50E+
Uw : Tension assignée de tenue aux chocs du réseau à protéger
Pm_Courant-faible-Pont-bascule = 4.44E-5
Pm_Courant-faible-Pont-bascule : Probabilité de défaillances des réseaux internes Courant-faible-Pont-bascule
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Pms = 4.44E-5
Pms : Probabilité de réduction de Pm en fonction du blindage, du câblage et de la tenue du matériel
Ks1 = 1.00E+
Ks1 : Facteur associé à l'efficacité de l'écran d'une structure
wm = 0.00E+
wm : Largeur de la maille
Ks2 = 1.00E+
Ks2 : Facteur associé à l'efficacité d'écran des écrans interne à la structure
wm = 0.00E+
wm : Largeur de la maille
Ks3 = 1.00E-2
Ks3 : Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne
Ks4 = 6.67E-1
Ks4 : Facteur associé à la tension de tenue aux chocs du réseau
Uw = 1.50E+
Uw : Tension assignée de tenue aux chocs du réseau à protéger
Pm_Alimentation-BT-Portails = 1.60E-5
Pm_Alimentation-BT-Portails : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-BT-Portails
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Pms = 1.60E-5
Pms : Probabilité de réduction de Pm en fonction du blindage, du câblage et de la tenue du matériel
Ks1 = 1.00E+
Ks1 : Facteur associé à l'efficacité de l'écran d'une structure
wm = 0.00E+
wm : Largeur de la maille
Ks2 = 1.00E+
Ks2 : Facteur associé à l'efficacité d'écran des écrans interne à la structure
wm = 0.00E+
wm : Largeur de la maille
Ks3 = 1.00E-2
Ks3 : Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne
Ks4 = 4.00E-1
Ks4 : Facteur associé à la tension de tenue aux chocs du réseau
Uw = 2.50E+
Uw : Tension assignée de tenue aux chocs du réseau à protéger
Pm_Courant-faible-Portails = 4.44E-5
Pm_Courant-faible-Portails : Probabilité de défaillances des réseaux internes Courant-faible-Portails
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Pms = 4.44E-5
Pms : Probabilité de réduction de Pm en fonction du blindage, du câblage et de la tenue du matériel
Ks1 = 1.00E+

Ks1 : Facteur associé à l'efficacité de l'écran d'une structure
wm = 0.00E+
wm : Largeur de la maille
Ks2 = 1.00E+
Ks2 : Facteur associé à l'efficacité d'écran des écrans interne à la structure
wm = 0.00E+
wm : Largeur de la maille
Ks3 = 1.00E-2
Ks3 : Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne
Ks4 = 6.67E-1
Ks4 : Facteur associé à la tension de tenue aux chocs du réseau
Uw = 1.50E+
Uw : Tension assignée de tenue aux chocs du réseau à protéger
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Ru = 0.00E+
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté)
Ru = 0.00E+
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Alimentation HT
Nl = 1.80E-3
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Al = 4.00E+4
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
Ll = 1.00E+3
Ll : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 2.00E-1
Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 2.00E-1
Ct : Facteur de type de service
Pu = 5.00E-2
Pu : Probabilité de blessures sur les êtres vivants
Ptu = 1.00E+
Ptu : PTU dépend des mesures de protection contre les tensions de contact, telles que restrictions physiques ou notices d'avertissement.
Peb = 5.00E-2
Peb : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)
Pld = 1.00E+
Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
La_Lu = 0.00E+
La_Lu : Pertes associées aux blessures d'êtres vivants par choc électrique
rt = 1.00E-2
rt : Facteur de réduction associé au type de sol
Lt = 1.00E-2
Lt : Pourcentage type de pertes dues aux blessures par choc électrique
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.

tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Ru = 0.00E+
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Alimentation BT Bornes IRVE
Nl = 1.80E-3
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Al = 8.00E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
Ll = 2.00E+2
Ll : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pu = 5.00E-2
Pu : Probabilité de blessures sur les êtres vivants
Ptu = 1.00E+
Ptu : PTU dépend des mesures de protection contre les tensions de contact, telles que restrictions physiques ou notices d'avertissement.
Peb = 5.00E-2
Peb : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)
Pld = 1.00E+
Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
La_Lu = 0.00E+
La_Lu : Pertes associées aux blessures d'êtres vivants par choc électrique
rt = 1.00E-2
rt : Facteur de réduction associé au type de sol
Lt = 1.00E-2
Lt : Pourcentage type de pertes dues aux blessures par choc électrique
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Ru = 0.00E+
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Alimentation BT Eclairage exterieur
Nl = 1.80E-3
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Al = 8.00E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
Ll = 2.00E+2
Ll : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+

Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pu = 5.00E-2
Pu : Probabilité de blessures sur les êtres vivants
Ptu = 1.00E+
Ptu : PTU dépend des mesures de protection contre les tensions de contact, telles que restrictions physiques ou notices d'avertissement.
Peb = 5.00E-2
Peb : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)
Pld = 1.00E+
Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
La_Lu = 0.00E+
La_Lu : Pertes associées aux blessures d'êtres vivants par choc électrique
rt = 1.00E-2
rt : Facteur de réduction associé au type de sol
Lt = 1.00E-2
Lt : Pourcentage type de pertes dues aux blessures par choc électrique
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Ru = 0.00E+
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Alimentation BT Pont bascule
Nl = 1.80E-3
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Al = 8.00E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
Ll = 2.00E+2
Ll : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pu = 5.00E-2
Pu : Probabilité de blessures sur les êtres vivants
Ptu = 1.00E+
Ptu : PTU dépend des mesures de protection contre les tensions de contact, telles que restrictions physiques ou notices d'avertissement.
Peb = 5.00E-2
Peb : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)
Pld = 1.00E+
Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
La_Lu = 0.00E+
La_Lu : Pertes associées aux blessures d'êtres vivants par choc électrique
rt = 1.00E-2
rt : Facteur de réduction associé au type de sol
Lt = 1.00E-2

Lt : Pourcentage type de pertes dues aux blessures par choc électrique
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Ru = 0.00E+
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Courant faible Pont bascule
Nl = 1.80E-3
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Al = 8.00E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
Ll = 2.00E+2
Ll : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pu = 5.00E-2
Pu : Probabilité de blessures sur les êtres vivants
Ptu = 1.00E+
Ptu : PTU dépend des mesures de protection contre les tensions de contact, telles que restrictions physiques ou notices d'avertissement.
Peb = 5.00E-2
Peb : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)
Pld = 1.00E+
Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
La_Lu = 0.00E+
La_Lu : Pertes associées aux blessures d'êtres vivants par choc électrique
rt = 1.00E-2
rt : Facteur de réduction associé au type de sol
Lt = 1.00E-2
Lt : Pourcentage type de pertes dues aux blessures par choc électrique
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Ru = 0.00E+
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Alimentation BT Portails
Nl = 4.50E-3
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Al = 2.00E+4
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
Ll = 5.00E+2
Ll : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une

structure adjacente
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pu = 5.00E-2
Pu : Probabilité de blessures sur les êtres vivants
Ptu = 1.00E+
Ptu : PTU dépend des mesures de protection contre les tensions de contact, telles que restrictions physiques ou notices d'avertissement.
Peb = 5.00E-2
Peb : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)
Pld = 1.00E+
Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
La_Lu = 0.00E+
La_Lu : Pertes associées aux blessures d'êtres vivants par choc électrique
rt = 1.00E-2
rt : Facteur de réduction associé au type de sol
Lt = 1.00E-2
Lt : Pourcentage type de pertes dues aux blessures par choc électrique
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Ru = 0.00E+
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Courant faible Portails
Nl = 4.50E-3
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Al = 2.00E+4
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
Ll = 5.00E+2
Ll : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pu = 5.00E-2
Pu : Probabilité de blessures sur les êtres vivants
Ptu = 1.00E+
Ptu : PTU dépend des mesures de protection contre les tensions de contact, telles que restrictions physiques ou notices d'avertissement.
Peb = 5.00E-2
Peb : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)
Pld = 1.00E+
Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux

conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
La_Lu = 0.00E+
La_Lu : Pertes associées aux blessures d'êtres vivants par choc électrique
rt = 1.00E-2
rt : Facteur de réduction associé au type de sol
Lt = 1.00E-2
Lt : Pourcentage type de pertes dues aux blessures par choc électrique
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Rv = 5.63E-7
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté)
Rv = 5.63E-8
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Alimentation HT
Nl = 1.80E-3
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Al = 4.00E+4
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
Ll = 1.00E+3
Ll : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 2.00E-1
Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 2.00E-1
Ct : Facteur de type de service
Pv = 5.00E-2
Pv : Probabilité de dommages physiques
Peb = 5.00E-2
Peb : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)
Pld = 1.00E+
Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lbt_Lvt = 6.25E-4
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
Lb_Lv = 0.00E+
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-2
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
hz = 2.00E+
hz : Facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial
Lf1 = 2.00E-2
Lf1 : Pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Lbe_Lve = 6.25E-4
Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux

dommages physiques
rp = 5.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-2
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
lfe = 2.50E-1
lfe : Pourcentage type de pertes dues aux dommages physiques à l'extérieur de la structure
te/8760 = 5.00E-1
te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
Rv = 5.63E-8
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Alimentation BT Bornes IRVE
Nl = 1.80E-3
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Al = 8.00E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
Ll = 2.00E+2
Ll : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pv = 5.00E-2
Pv : Probabilité de dommages physiques
Peb = 5.00E-2
Peb : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)
Pld = 1.00E+
Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lbt_Lvt = 6.25E-4
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
Lb_Lv = 0.00E+
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-2
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
hz = 2.00E+
hz : Facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial
Lf1 = 2.00E-2
Lf1 : Pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Lbe_Lve = 6.25E-4
Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-2
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
lfe = 2.50E-1
lfe : Pourcentage type de pertes dues aux dommages physiques à l'extérieur de la structure

te/8760 = 5.00E-1
te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
Rv = 5.63E-8
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Alimentation BT Eclairage exterieur
Nl = 1.80E-3
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Al = 8.00E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
Ll = 2.00E+2
Ll : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pv = 5.00E-2
Pv : Probabilité de dommages physiques
Peb = 5.00E-2
Peb : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)
Pld = 1.00E+
Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lbt_Lvt = 6.25E-4
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
Lb_Lv = 0.00E+
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-2
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
hz = 2.00E+
hz : Facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial
Lf1 = 2.00E-2
Lf1 : Pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Lbe_Lve = 6.25E-4
Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-2
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
lfe = 2.50E-1
lfe : Pourcentage type de pertes dues aux dommages physiques à l'extérieur de la structure
te/8760 = 5.00E-1
te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
Rv = 5.63E-8
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Alimentation BT Pont bascule
Nl = 1.80E-3

Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Al = 8.00E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
Ll = 2.00E+2
Ll : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pv = 5.00E-2
Pv : Probabilité de dommages physiques
Peb = 5.00E-2
Peb : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)
Pld = 1.00E+
Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lbt_Lvt = 6.25E-4
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
Lb_Lv = 0.00E+
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-2
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
hz = 2.00E+
hz : Facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial
Lf1 = 2.00E-2
Lf1 : Pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Lbe_Lve = 6.25E-4
Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-2
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
lfe = 2.50E-1
lfe : Pourcentage type de pertes dues aux dommages physiques à l'extérieur de la structure
te/8760 = 5.00E-1
te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
Rv = 5.63E-8
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Courant faible Pont bascule
Nl = 1.80E-3
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Al = 8.00E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
Ll = 2.00E+2
Ll : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du

service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pv = 5.00E-2
Pv : Probabilité de dommages physiques
Peb = 5.00E-2
Peb : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)
Pld = 1.00E+
Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lbt_Lvt = 6.25E-4
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
Lb_Lv = 0.00E+
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-2
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
hz = 2.00E+
hz : Facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial
Lf1 = 2.00E-2
Lf1 : Pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Lbe_Lve = 6.25E-4
Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-2
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
lfe = 2.50E-1
lfe : Pourcentage type de pertes dues aux dommages physiques à l'extérieur de la structure
te/8760 = 5.00E-1
te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
Rv = 1.41E-7
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Alimentation BT Portails
Nl = 4.50E-3
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Al = 2.00E+4
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
Ll = 5.00E+2
Ll : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol

Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pv = 5.00E-2
Pv : Probabilité de dommages physiques
Peb = 5.00E-2
Peb : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)
Pld = 1.00E+
Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lbt_Lvt = 6.25E-4
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
Lb_Lv = 0.00E+
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-2
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
hz = 2.00E+
hz : Facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial
Lf1 = 2.00E-2
Lf1 : Pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Lbe_Lve = 6.25E-4
Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-2
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
lfe = 2.50E-1
lfe : Pourcentage type de pertes dues aux dommages physiques à l'extérieur de la structure
te/8760 = 5.00E-1
te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
Rv = 1.41E-7
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Courant faible Portails
Nl = 4.50E-3
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Al = 2.00E+4
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
Ll = 5.00E+2
Ll : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1

Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pv = 5.00E-2
Pv : Probabilité de dommages physiques
Peb = 5.00E-2
Peb : Probabilité de réduction de PU et PV en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel avec l'installation d'une liaison équipotentielle de foudre (EB)
Pld = 1.00E+
Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lbt_Lvt = 6.25E-4
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
Lb_Lv = 0.00E+
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-2
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
hz = 2.00E+
hz : Facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial
Lf1 = 2.00E-2
Lf1 : Pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Lbe_Lve = 6.25E-4
Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
rp = 5.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
rf = 1.00E-2
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
lfe = 2.50E-1
lfe : Pourcentage type de pertes dues aux dommages physiques à l'extérieur de la structure
te/8760 = 5.00E-1
te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
Rw = 0.00E+
Rw : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur le service connecté)
Rw = 0.00E+
Rw : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur le service connecté) : Alimentation HT
Nl = 1.80E-3
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Al = 4.00E+4
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
Ll = 1.00E+3
Ll : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 2.00E-1
Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 2.00E-1
Ct : Facteur de type de service
Pw = 1.00E+
Pw : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ

avec l'installation de parafoudres coordonnés
Pld = 1.00E+
Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Rw = 0.00E+
Rw : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur le service connecté) : Alimentation BT Bornes IRVE
Nl = 1.80E-3
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Al = 8.00E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
Ll = 2.00E+2
Ll : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pw = 1.00E+
Pw : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Pld = 1.00E+
Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Rw = 0.00E+
Rw : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur le service connecté) : Alimentation BT Eclairage exterieur
Nl = 1.80E-3
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol

Al = 8.00E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
Ll = 2.00E+2
Ll : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pw = 1.00E+
Pw : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Pld = 1.00E+
Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Rw = 0.00E+
Rw : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur le service connecté) : Alimentation BT Pont bascule
Nl = 1.80E-3
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Al = 8.00E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
Ll = 2.00E+2
Ll : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pw = 1.00E+
Pw : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Pld = 1.00E+
Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)

Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Rw = 0.00E+
Rw : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur le service connecté) : Courant faible Pont bascule
Nl = 1.80E-3
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Al = 8.00E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
Ll = 2.00E+2
Ll : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pw = 1.00E+
Pw : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Pld = 1.00E+
Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Rw = 0.00E+
Rw : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur le service connecté) : Alimentation BT Portails
Nl = 4.50E-3
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Al = 2.00E+4
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
Ll = 5.00E+2
Ll : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service

Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pw = 1.00E+
Pw : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Pld = 1.00E+
Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Rw = 0.00E+
Rw : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur le service connecté) : Courant faible Portails
Nl = 4.50E-3
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Al = 2.00E+4
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
Ll = 5.00E+2
Ll : Longueur du service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'environnement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Ndj = 0.00E+
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Adj = 0.00E+
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
Lj = 0.00E+
Lj : Longueur structure adjacente
Wj = 0.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
Hj = 0.00E+
Hj : Hauteur structure adjacente
Cdj = 2.50E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pw = 1.00E+
Pw : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Pld = 1.00E+
Pld : Probabilité de réduction de PU, PV et PW en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts sur le service connecté)
Cld = 1.00E+
Cld : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre directs sur un service
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux

défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Rz = 0.00E+
Rz : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'un service)
Rz = 0.00E+
Rz : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'un service) : Alimentation HT
Ni = 1.80E-1
Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Ai = 4.00E+6
Ai : Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'un service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'emplacement du service
Ct = 2.00E-1
Ct : Facteur de type de service
Pz = 1.00E-1
Pz : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pli = 1.00E-1
Pli : Probabilité de réduction de PZ en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts à proximité du service connecté)
Cli = 1.00E+
Cli : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre é proximité d'un service
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Rz = 0.00E+
Rz : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'un service) : Alimentation BT Bornes IRVE
Ni = 1.80E-1
Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Ai = 8.00E+5
Ai : Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'un service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'emplacement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pz = 3.00E-1
Pz : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pli = 3.00E-1
Pli : Probabilité de réduction de PZ en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts à proximité du service connecté)
Cli = 1.00E+
Cli : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre é proximité d'un service
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des

réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Rz = 0.00E+
Rz : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'un service) : Alimentation BT Eclairage exterieur
Ni = 1.80E-1
Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Ai = 8.00E+5
Ai : Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'un service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'emplacement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pz = 3.00E-1
Pz : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pli = 3.00E-1
Pli : Probabilité de réduction de PZ en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts à proximité du service connecté)
Cli = 1.00E+
Cli : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre é proximité d'un service
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Rz = 0.00E+
Rz : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'un service) : Alimentation BT Pont bascule
Ni = 1.80E-1
Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Ai = 8.00E+5
Ai : Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'un service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'emplacement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pz = 3.00E-1
Pz : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pli = 3.00E-1
Pli : Probabilité de réduction de PZ en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts à proximité du service connecté)
Cli = 1.00E+
Cli : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre é proximité d'un service
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)

nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Rz = 0.00E+
Rz : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'un service) : Courant faible Pont bascule
Ni = 1.80E-1
Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Ai = 8.00E+5
Ai : Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'un service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'emplacement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pz = 5.00E-1
Pz : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pli = 5.00E-1
Pli : Probabilité de réduction de PZ en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts à proximité du service connecté)
Cli = 1.00E+
Cli : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre é proximité d'un service
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Rz = 0.00E+
Rz : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'un service) : Alimentation BT Portails
Ni = 4.50E-1
Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Ai = 2.00E+6
Ai : Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'un service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'emplacement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pz = 3.00E-1
Pz : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pli = 3.00E-1
Pli : Probabilité de réduction de PZ en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts à proximité du service connecté)
Cli = 1.00E+
Cli : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre é proximité d'un service
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux
Rz = 0.00E+

Rz : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'un service) : Courant faible Portails
Ni = 4.50E-1
Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
Ng = 9.00E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
Ai = 2.00E+6
Ai : Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'un service
Ci = 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
Ce = 5.00E-1
Ce : Facteur d'emplacement du service
Ct = 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
Pz = 5.00E-1
Pz : Probabilité de défaillances des réseaux internes
Pli = 5.00E-1
Pli : Probabilité de réduction de PZ en fonction des caractéristiques du service et de la tension de tenue du matériel (impacts à proximité du service connecté)
Cli = 1.00E+
Cli : Facteur associé aux conditions de blindage, de mise à la terre et d'isolation du service concernant les coups de foudre é proximité d'un service
Pparafoudre = 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt : Pertes totales associées aux défaillances des réseaux internes
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz : Pertes associées aux défaillances des réseaux internes
Lo1 = 0.00E+
Lo1 : Pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes
nz = 0.00E+
nz : Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)
nt = 4.60E+2
nt : Nombre total attendu de personnes (ou d'usagers desservis) dans la structure.
tz = 0.00E+
tz : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux

ANNEXE 2

Acronymes

Acronymes	Définitions
AEP	Adduction d'Eau Potable
AES	Alimentation en Energie permanente des systèmes de détection ou mise en sécurité incendie
ARF	Analyse de Risque Foudre
ATEX	Atmosphère EXplosive
BT	Basse Tension
CFA	Courant FAible
CFO	Courant FOrt
CMSI	Centralisateur de Mise en Sécurité Incendie
CVC	Chauffage, Ventilation et Climatisation
DAD	Détecteur Autonome Déclencheur pour alarme Incendie
EIPS	Equipements Important Pour la Sécurité
GE (M)	Groupe Électrogène (Mobile)
HT	Haute Tension
ICPE	Installation Classée Protection de l'Environnement
Icc	Courant de court-circuit ou Intensité de Court-Circuit
IEPF	Installation Extérieure de Protection contre la Foudre
Iimp	Courant de décharge impulsionnel = Tenue maximale sans destruction du parafoudre sur 1 choc de foudre (Onde 10/350 µs)
IIPF	Installation Intérieure de Protection contre la Foudre
In	Courant de décharge nominal correspond à la tenue répétitive sans destruction du parafoudre de type 1 ou de type 2 (15 chocs en onde 8/20 µs)
IT	Neutre Isolé et Masse à la terre
MMR	Mesures de Maitrise des Risques
PDA	Paratonnerre à Dispositif d'Amorçage
PTS	Paratonnerre à Tige Simple
SO	Sans Objet
SPF	Système de Protection contre la Foudre
SSI	Système de sécurité incendie
TN S	Terre et Neutre Séparé
TN C	Terre et neutre Confondu
TT	Neutre et Masse à la Terre
Parafoudre Type 1+2	Parafoudre testé et conforme aux courants d'onde 10/350 µs **ET** 8/20 µs
Uc	Tension de fonctionnement pouvant être appliquée de façon continue aux bornes du parafoudre



333 cours du 3ème Millénaire - 69800 SAINT-PRIEST - France
Bâtiment Le Pôle – 2ème étage
Tél. +33 (0)4 37 41 16 10
info@rg-consultant.com - www.rg-consultant.com

8 Rue Jean Jaurès – 35000 RENNES - France
Tél. +33 (0)6 79 97 46 02
info@rg-consultant.com - www.rg-consultant.com

ETUDE TECHNIQUE FOUDRE

UVE
LIMOGES (87)

Interlocuteur client : INDELEC Sud-Ouest
46 Avenue de la Source, 33370 Salleboeuf
Tél : 05 56 28 55 40 - Fax : 05 56 28 56 01 - sud.ouest@indelec.com

Sous-Traitant : RG Consultant

*SAS **RG Consultant** au capital de 20 000 Euros - R C S LYON 409733995 - SIRET 40973399500057*
APE 7490 B (Ingénieur conseil) T.V.A. FR 52 409 733 995
CIC ARTOIS ENTREPRISES 30027 17729 00020213301 21

UVE
LIMOGES (87)

Référence document
RGC 32 972

RESUME :

Ce document représente l'Etude Technique Foudre de l'**UVE** en cours d'extension sur la commune de **LIMOGES** dans le département de la **HAUTE VIENNE (87)**.

Il a été rédigé au terme de la mission qui nous a été confiée par la société **INDELEC SUD OUEST** dans le cadre de la prévention et de la protection contre le risque foudre.

L'objectif est de rendre les installations ICPE en conformité vis-à-vis de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié.

Il comprend : l'Etude Technique des spécifications de la protection contre les effets directs et indirects de la foudre, les mesures de prévention, ainsi qu'un tableau de synthèse des actions à entreprendre.

Rédacteur	Vérification	Révision
Nom : **Mohamed-Amin KENZARI** Société : RG CONSULTANT Date : 03/12/2025 Visa	Nom : **Julien TISON** Société : RG CONSULTANT Date : 08/12/2025 Visa v	**A**

DIFFUSION :

Indelec Sud-Ouest	RG CONSULTANT
46 Avenue de la Source, 33370 Salleboeuf	333 cours du 3ème Millénaire 69800 SAINT-PRIEST Bâtiment Le Pôle – 2ème étage Tél. +33 (0)4 37 41 16 10 info@rg-consultant.com www.rg-consultant.com

TABLE DES MODIFICATIONS

Rév	Chrono secrétariat	Date	Objet
A	RGC 32 972	03/12/2025	Etude Technique Foudre

LISTE DES DOCUMENTS FOURNIS PAR INDELEC SUD OUEST

INTITULE	Fournis	Référence / Auteur
Etude de Dangers, dossier ICPE ou Résumé non technique	Oui	4_UVE-Limoges_Etude de dangers_Avancement-28.11.2025
Arrêté Préfectoral (Rubrique ICPE le cas échéant)	Oui	4_UVE-Limoges_Etude de dangers_Avancement-28.11.2025
P.O.I (Plan d'Opération Interne)	Non	
Liste et implantation des EIPS ou MMR	Non	
Plans des réseaux enterrés (HT, BT, CFA, canalisations, terre et équipotentialité)	Oui	APS-B.5.1.1.3-Annexe_Plan des réseaux divers_F
Synoptique Courant fort	Non	
Synoptique Courant faible	Non	
Plan de masse	Oui	SYN03-PLANS DE NIVEAUX NIV SUP CHAUDIERE NIV BALLON
Plan de coupe	Oui	SYN04-COUPE A et B SYN05-PLANS DE COUPE C-D-E-F-G-H-I
Plan des façades	Oui	Façades et hauteurs
Plan de zonage ATEX	Non	
Analyse de Risque Foudre	Oui	RGC 32 971

Tableau 1 : Liste des documents

L'Etude Technique ci-après a été réalisée selon les informations et plans fournis par **INDELEC SUD OUEST**, commanditaire de cette étude. En conséquence, la responsabilité de RG Consultant ne pourrait être remise en cause si :

- Les informations fournies se révèlent incomplètes ou inexactes,
- La non-présentation de certaines installations ou process,
- La présentation de l'entreprise est effectuée dans des conditions différentes des conditions réelles de fonctionnement,
- Des changements majeurs sont effectués postérieurement à la rédaction de ce document.

Enfin, il appartient au destinataire de l'étude de vérifier que les hypothèses prises en compte et énumérées dans le descriptif ci-après sont correctes et exhaustives.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION 5

1.1 OBJET 5
1.2 PRESENTATION GENERALE DU SITE 6

2. DOCUMENTS RÈGLEMENTAIRES 7

2.1 TEXTES REGLEMENTAIRES 7
2.2 NORMES DE REFERENCES 7

3. MÉTHODOLOGIE 8

3.1 PRESENTATION GENERALE 8
3.2 LIMITE DE L'ÉTUDE TECHNIQUE 8

4. CONCLUSIONS DE L'ANALYSE DU RISQUE FOUDRE 9

4.1 SYSTEME DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE (SPF) 9
4.2 MESURES DE PREVENTION EN CAS D'ORAGE 10

5. DESCRIPTIONS DES INSTALLATIONS 11

5.1 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FORTS 11
5.1.1 Réseau Normal 11
5.1.2 Réseau Secouru 11
5.1.3 Réseau Ondulé 11
5.2 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FAIBLES 11
5.3 PROTECTION INCENDIE 11
5.4 MISE A LA TERRE DES INSTALLATIONS 11
5.5 LISTE DES CANALISATIONS ENTRANTES/SORTANTES 12
5.6 SITUATIONS REGLEMENTAIRES 12
5.7 ZONES A RISQUES D'EXPLOSION 12
5.8 MESURES DE MAITRISE DES RISQUES 13

6. TRAVAUX A REALISER - EFFETS DIRECTS DE LA FOUDRE 14

6.1 DISPOSITIONS GENERALES 14
6.2 DIFFERENTS TYPES D'I.E.P.F 14
6.3 CHOIX DU TYPE D'I.E.P.F 17
6.4 MISE EN ŒUVRE DE L'I.E.P.F 17
6.4.1 UVE 17
6.4.2 Dispositifs de descente et mise à la terre 19
6.5 MISE A LA TERRE DES CANALISATIONS ET / OU STRUCTURES METALLIQUES 27

7. TRAVAUX A REALISER - EFFETS INDIRECTS DE LA FOUDRE 30

7.1 PROTECTION DES COURANTS FORTS 32
7.1.1 Détermination des caractéristiques des parafoudres type I et I + II 32
7.1.2 Détermination des caractéristiques des parafoudres type II 34
7.1.3 Protection d'une MMR 35
7.1.4 Raccordement 36
7.1.5 Dispositif de deconnexion 36
7.2 PROTECTION DES LIGNES DE TELECOMMUNICATION 38
7.2.1 Protection par parafoudre 38
7.2.2 Protection par écrantage de ligne 39

8. PREVENTION DU PHENOMENE ORAGEUX 40

9. REALISATION DES TRAVAUX 41

10. VERIFICATIONS DES INSTALLATIONS 41

10.1 VERIFICATION INITIALE 41
10.2 VERIFICATIONS PERIODIQUES 42
10.3 VERIFICATIONS SUPPLEMENTAIRES 42

11. TABLEAU DE SYNTHESE 43

ANNEXES

Annexe 1 : Note de calcul de la distance de séparation

Annexe 2 : Notice de Vérification et de Maintenance

Annexe 3 : Lexique

1. INTRODUCTION

1.1 Objet

Dans le cadre de la réhabilitation de l'**UVE** basée sur la commune de **LIMOGES**, une Analyse de Risque Foudre est réalisée.

Le site est soumis à la législation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, et est donc concerné par l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié et sa circulaire d'application.

L'Etude Technique, objet de ce document, est menée sur la base des résultats de l'Analyse du Risque Foudre réalisée par **RG CONSULTANT**, détaillés dans le rapport **RGC 32 972**.

L'objectif de l'Etude Technique est de détailler les mesures de protection à mettre en œuvre qu'elles soient contre les effets directs (IEPF) ou indirects (IIPF) à savoir :

- Description des méthodes de conception utilisées pour les IEPF ;
- Préconisation des mesures de protection à mettre en œuvre en proposant les solutions les mieux adaptées et les plus rationnelles ;
- Description des protections internes (liaisons équipotentielles, parafoudres) ;
- Description des mesures de prévention à mettre en place en cas d'orage.

1.2 Présentation générale du site

L'UVE de Limoges est un projet motivé par la vétusté de l'ancien site d'exploitation de déchets de Limoges.
Ainsi, la société **UVE** projette de réaliser une extension de son site afin d'accueillir le futur bâtiment.
Le site disposera d'une Unité de valorisation des déchets, des bureaux, d'une galerie, d'une salle de conférence.

Le site est un établissement industriel mais aussi un ERP de catégorie 4.



Figure 1: Vue 3D du site

2. DOCUMENTS RÈGLEMENTAIRES

2.1 Textes réglementaires

Arrêté du 4 octobre 2010 modifié relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées pour la protection de l'environnement.

2.2 Normes de références

NF EN 62 305-1 (C 17-100-1) – Novembre 2013 [Protection des structures contre la foudre – partie 1 : Principes généraux].

NF EN 62 305-2 (C 17-100-2) – Décembre 2012 [Protection des structures contre la foudre – partie 2 : Évaluation du risque].

NF EN 62 305-3 (C 17-100-3) – Décembre 2012 [Protection des structures contre la foudre – partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains].

NF EN 62 305-4 (C 17-100-4) – Décembre 2012 [Protection des structures contre la foudre – partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures].

NF C 17-102 – septembre 2011 [Systèmes de protection contre la foudre à dispositif d'amorçage].

NF C 15-100-1 – août 2024 [Installations électriques basse tension].

NF EN 61 643-11 – mai 2014 [Parafoudres pour installation basse tension].

NF EN 61 643-12 – Parafoudres BT

NF EN 61 643-21 – novembre 2001 [Parafoudres BT]

NF EN 61 643-21_A1 – juin 2009 [Parafoudres BT]

NF EN 61 643-21_A2 – juillet 2013 [Parafoudres BT]

CEI 61 643-22 – novembre 2004 [Parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunications – Principes de choix et d'application].

NF EN 62561-1/2/3/4/5/6/7 – Composants de système de protection contre la foudre (CSPF)

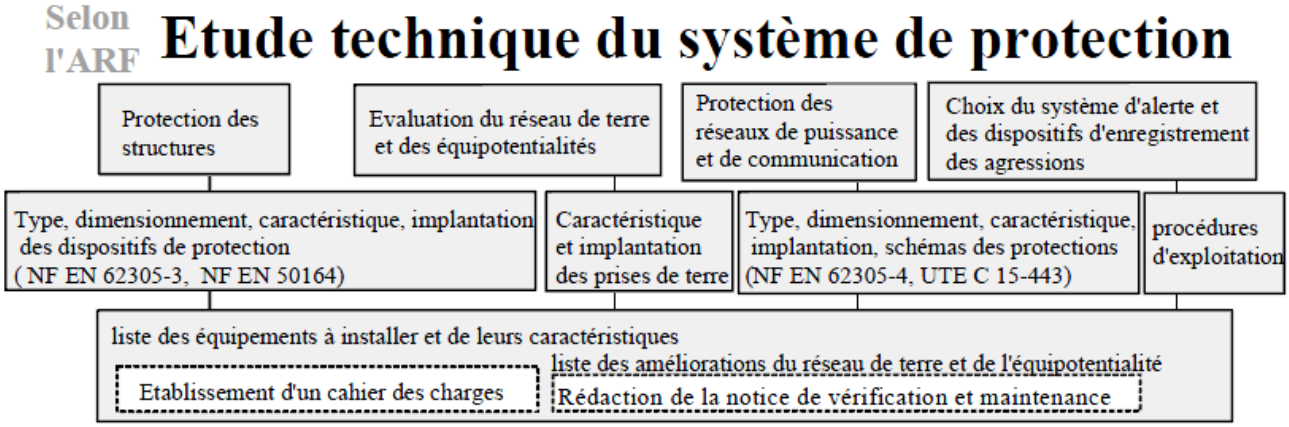
Guide UTE C 15-712 - Juillet 2010 [Installations photovoltaïques]

NF EN 61 643-32 – mai 2017 [Parafoudres pour installation photovoltaïque].

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 Présentation générale

Le déroulement de l'Étude Technique doit être conforme à la méthodologie développée dans l'Arrêté Ministériel du 4 octobre 2010 modifié et sa circulaire d'application.



3.2 Limite de l'Étude Technique

L'Étude Technique réglementaire, traitée dans le présent document, ne concerne que le risque de type R1 (perte de vie humaine).

Elle ne concerne pas :

- **les risques de dommages aux matériels électriques et électroniques** qui ne mettent pas en danger la vie humaine,
- **les risques de pertes de valeurs économiques (risque R4),**
- **les risques d'impact** relatifs à un dommage physique (incendie/explosion).

Pour ces derniers risques, l'exploitant peut décider de façon purement volontaire d'aller au-delà des exigences réglementaires et mener des analyses de risque foudre complémentaires, voire de protéger une installation de façon déterministe.

4. CONCLUSIONS DE L'ANALYSE DU RISQUE FOUDRE

4.1 Système de protection contre la foudre (SPF)

- Le tableau suivant synthétise les mesures de protection à mettre en place :

Structure	*Protection effets directs*	*Protection effets indirects*
UVE	Protection de **niveau I**	Protection de **niveau I sur l'alimention BT : TGBT ainsi que les lignes identifiées**
		Protection de **niveau I sur les courants faibles identifiés**

Tableau 2: Synthèse des protections foudre

- Les Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) suivantes sont à protéger :

Structure	**Organes de sécurité**
UVE	Centrale de détection incendie
	Centrale de détection gaz
	Sprinkler
	Surpresseur

Tableau 3: Synthèse des MMR

- Des liaisons équipotentielles sont à prévoir pour les canalisations suivantes (si métalliques):

Zone	**Nom**
UVE	Canalisation Gaz
	Canalisations Eaux Usées
	Canalisations Eaux Pluviales
	Canalisations AEP
	Canalisations Sprinkler
	Canalisations RCU

Tableau 4: Synthèse des liaisons équipotentielles à prévoir

4.2 Mesures de prévention en cas d'orage

Prévention : L'Analyse de Risque Foudre ne prévoit pas la mise en place d'un système de détection d'orages. Néanmoins, A l'approche d'un orage, le dépotage et l'accès en toiture doivent être interdits ainsi que les interventions sur le réseau électrique et la présence de personnes à proximité des éventuelles descentes de paratonnerres. Cette prévention devra faire l'objet d'une information auprès du personnel et des sociétés extérieures au site, sur les risques de foudroiement direct et indirect.

5. DESCRIPTIONS DES INSTALLATIONS

5.1 Caractéristiques des courants forts

5.1.1 Réseau Normal

Le site sera alimenté en haute tension 20kV au niveau d'un poste de transformation situé à l'intérieur du bâtiment. Apres transformation, un TGBT alimentera l'ensemble du site.

5.1.2 Réseau Secouru

En l'absence d'information, nous supposons que le site sera dépourvu de système de secours électrique de type groupe électrogène de sécurité.

5.1.3 Réseau Ondulé

En l'absence d'information, nous supposons que le site sera dépourvu de réseau ondulé.

5.2 Caractéristiques des courants faibles

Le projet sera raccordé au réseau ORANGE via une ligne fibre souterraine vers la zone administrative. La fibre n'étant pas impactable par la foudre cette ligne ne sera donc pas prise en compte dans cette étude.

Des lignes de courants faibles ont été identifiés alimentant les éléments extérieurs. En l'absence d'information nous considérons que ses lignes seront en cuivre.

5.3 Protection incendie

Le site est doté des moyens de protection et de prévention suivants :

- Extincteurs,
- Extincteurs sur roues,
- Poteaux Incendies,
- Bâche incendie
- Désenfumage,
- Détection incendie, détecteur de fumée, avertisseurs sonores, déclencheurs manuels et automatiques…
- Centrale de détection incendie,
- Portes coupe-feu des locaux à risques,
- Equipiers de 1ere intervention sur le site,
- Sprinkler sur four.

5.4 Mise à la terre des installations

La mise à la terre à fond de fouille n'est pas déterminée sur site à ce stade de l'étude.

5.5 Liste des canalisations entrantes/sortantes

Zone	Nom	Nature
UVE	Canalisation Gaz	Inconnu
	Canalisations Eaux Usées	Inconnu
	Canalisations Eaux Pluviales	Inconnu
	Canalisations AEP	PE / PEHD
	Canalisations Sprinkler	Inconnu
	Canalisations RCU	Inconnu

Source : Selon Plan VRD.

Tableau 5 : Canalisations

5.6 Situations Règlementaires

Les activités Classées au titre de la législation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement sont les suivantes :

Rubrique	Désignation de la rubrique	Régime
2771	Installation de traitement thermique de déchets non dangereux	Autorisation
3520	Elimination ou valorisation dans des installations d'incinération des déchets ou des installations de co incinération des déchets	Autorisation

Tableau 6 : Rubriques ICPE

Certaines de ces rubriques sont visées par l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié. Les installations qui les concernent sont donc soumises au respect des prescriptions de cet arrêté ministériel.

5.7 Zones à risques d'explosion

Le zonage ATEX du bâtiment n'a pas encore été défini pour ce site.
Nous supposons donc qu'aucune zone ATEX Z0 ou Z20 ne pourra être rencontrée à l'extérieur des installations et directement impactable par la foudre ou est confinée dans une enveloppe métallique d'épaisseur conforme à la norme 62305-3. Le risque d'explosion ne sera donc pas retenu.

5.8 Mesures de maîtrise des risques

Les équipements dont la défaillance entraîne une interruption des moyens de sécurité et provoquant ainsi des conditions aggravantes à un risque d'accident sont à prendre en compte. La liste de ces équipements est la suivante avec leur susceptibilité à la foudre :

Organes de sécurité	Susceptibilité à la foudre
Extincteur	Non
RIA	Non
Surpresseur RIA	Oui
Sprinkler	Oui
Centrale de détection incendie	Oui
Centrale de détection gaz	Oui

Tableau 7 : Liste des équipements de sécurité

Cette liste n'est pas exhaustive et pourra être complétée par le Maître d'ouvrage.

6. TRAVAUX A REALISER - EFFETS DIRECTS DE LA FOUDRE

6.1 Dispositions générales

Son rôle est :

- D'intercepter les courants de foudre directs.
- De conduire les courants de foudre vers la terre.
- De disperser les courants de foudre dans la terre.

On détermine 2 types de protection : ***isolée*** et ***non isolée.***

Dans une IEPF **isolée**, les conducteurs de capture et les descentes sont placés de manière à ce que le trajet du courant de foudre maintienne une distance de séparation adéquate pour éviter les étincelles dangereuses (dans le cas de parois combustibles, de risque d'explosion et d'incendie, de contenus sensibles aux champs électromagnétiques de foudre).

Dans une IEPF **non isolée**, les conducteurs de capture et les descentes sont placés de manière à ce que le trajet du courant de foudre puisse être en contact avec la structure à protéger, ce qui est le cas pour la majorité des bâtiments.

6.2 Différents types d'I.E.P.F

Pour le système de capture, deux types de solutions peuvent être envisagés :

- La **protection par système passif** (norme NF EN 62305-3) consistant à répartir sur le bâtiment à protéger : des dispositifs de capture à faible rayon de couverture, des conducteurs de descente et des prises de terre foudre.

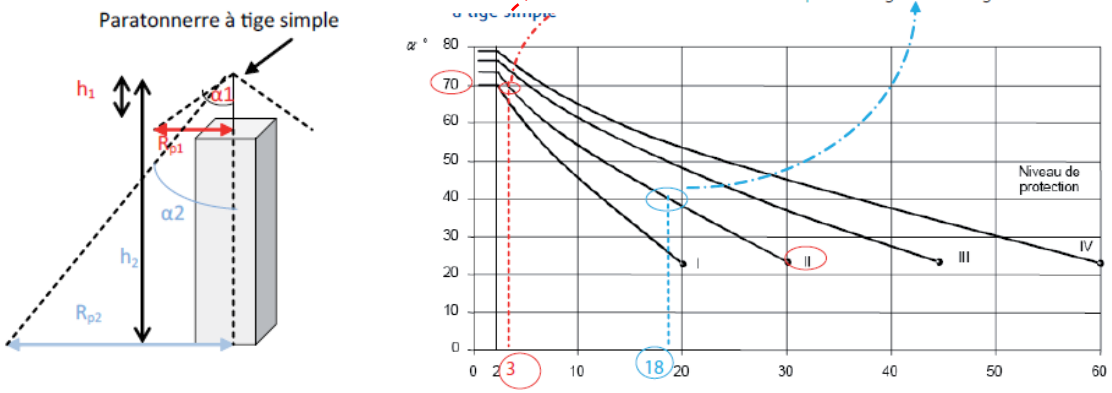
Ils peuvent être constitués par une combinaison des composants suivants :
- Tiges simples,
- Fils tendus,
- Cages maillées et/ou composants naturels…

Ces composants doivent être installés aux coins, aux points exposés et sur les rebords suivant 3 méthodes :

o Tiges simples

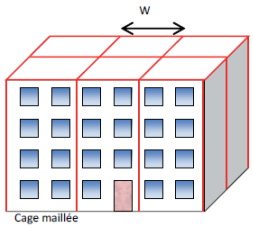
Ce type d'installation consiste en la mise en place d'un ou plusieurs paratonnerres à tiges simples, en partie haute des structures à protéger.

L'angle de protection concernant la zone protégée par ces tiges dépend du niveau de protection requis sur le bâtiment concerné et de la hauteur du dispositif de capture au-dessus du volume à protéger.



Détermination de l'angle de protection en fonction de la hauteur de la tige du paratonnerre et du niveau de protection

- **Cages maillées**

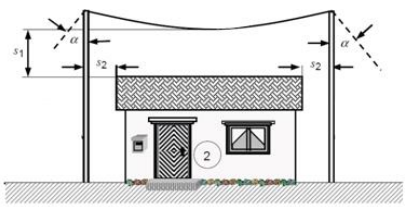


La protection par cage maillée consiste en la réalisation sur le bâtiment d'une cage à mailles reliées à des prises de terre.
Le système à cage maillée répartit l'écoulement des courants de foudre entre les diverses descentes, et ceci d'autant mieux que les mailles sont plus serrées.
La largeur des mailles en toiture et la distance moyenne entre deux descentes dépendent du niveau de protection requis sur le bâtiment.

Niveau de protection Issu de l'ARF	Taille des mailles	Distances typiques entre les conducteurs (W)
IV	20 m x 20 m	20 m
III	15 m x 15 m	15 m
II	10 m x 10 m	10 m
I	5 m x 5 m	10 m

Largeur des mailles et distances habituelles entre les descentes et le ceinturage en fonction du niveau de protection

- **Fils tendus**



Ce système est composé d'un ou plusieurs conducteurs tendus au-dessus des installations à protéger.
Les conducteurs doivent être reliés à la terre à chacune de leur extrémité.
L'installation de fils tendus doit tenir compte de la tenue mécanique, de la nature de l'installation et des distances d'isolement.

➢ La **protection par système actif** (norme NF C 17-102) avec mise en place de Paratonnerres à Dispositif d'Amorçage (PDA) dont le rayon de couverture est amélioré par un dispositif ionisant.

		Rayon de protection des PDA											
Niveau de protection		**I**			**II**			**III**			**IV**		
Avance à l'amorçage		**30**	**45**	**60**	**30**	**45**	**60**	**30**	**45**	**60**	**30**	**45**	**60**
Hauteur au dessus de la surface à protéger	**2**	11,4	15,0	18,6	12,6	16,8	20,4	15,0	19,2	23,4	16,8	21,6	25,8
	4	22,8	30,6	37,8	25,8	34,2	41,4	30,6	39,0	46,8	34,2	43,2	51,0
	5	28,8	37,8	47,4	33,0	42,6	51,6	37,8	48,6	58,2	42,6	53,4	64,2
	6	28,8	37,8	47,4	33,0	42,6	52,2	38,4	48,6	58,2	43,2	54,0	64,2

Le tableau ci-dessus tient compte du coefficient de réduction de 40 % appliqué aux rayons de protection des PDA, conformément à l'arrêté du 4 octobre 2010 concernant les ICPE.

Nota : il est également possible de combiner des solutions passives et actives en fonction de la configuration des structures à protéger

Les avantages et inconvénients de chaque type de protection sont listés dans le tableau suivant :

	Système passif	**Système actif (PDA)**
Installation	Contraignante sur des structures complexes et pour des niveaux de protection sévères.	Simplifiée car moins de matériels à installer.
Maintenance	Simplifiée, pas d'élément actif à contrôler.	Problème du contrôle du bon fonctionnement de la partie active (accessibilité, moyens de contrôle spécifiques).
Efficacité	Basée sur le modèle électrogéométrique. Apporte également une réduction des perturbations électromagnétiques rayonnées.	En cas de défaillance du système actif la protection devient partielle.
Coût d'installation	Pouvant être élevé sur des structures importantes.	Les PDA étant actifs, leur coût est supérieur à celui d'une tige simple. L'installation est cependant moins contraignante, d'où un coût global d'installation moindre.

Tableau 8 : Avantages et inconvénients par SPF

6.3 Choix du type d'I.E.P.F

La surface des bâtiments étant importante, nous conseillons de protéger ces zones à l'aide d'une protection par **paratonnerre à dispositif d'amorçage**, car :

- Une solution de protection par tiges simples et cages maillées serait complexe à mettre en œuvre et très onéreuse.
- L'utilisation de composants naturels n'est pas possible car les éléments métalliques de construction ne permettent pas de constituer des parties du SPF,
- La protection par fils tendus n'est applicable que pour les zones ouvertes ou bâtiment de petites tailles.

Les solutions proposées dans l'étude technique ont été étudiées en tenant compte du meilleur compromis entre les aspects techniques et économiques.

6.4 Mise en œuvre de l'I.E.P.F

6.4.1 UVE

6.4.1.1 Niveau de protection à atteindre

Le Bâtiment doit être protégé par un **SPF de niveau I.**

6.4.1.2 Dispositif de capture et travaux à mettre en œuvre

Les travaux à mettre en œuvre sont :

- L'installation de **2 PDA** testables IN SITU.

Les caractéristiques des dispositifs de capture sont décrites dans le tableau suivant :

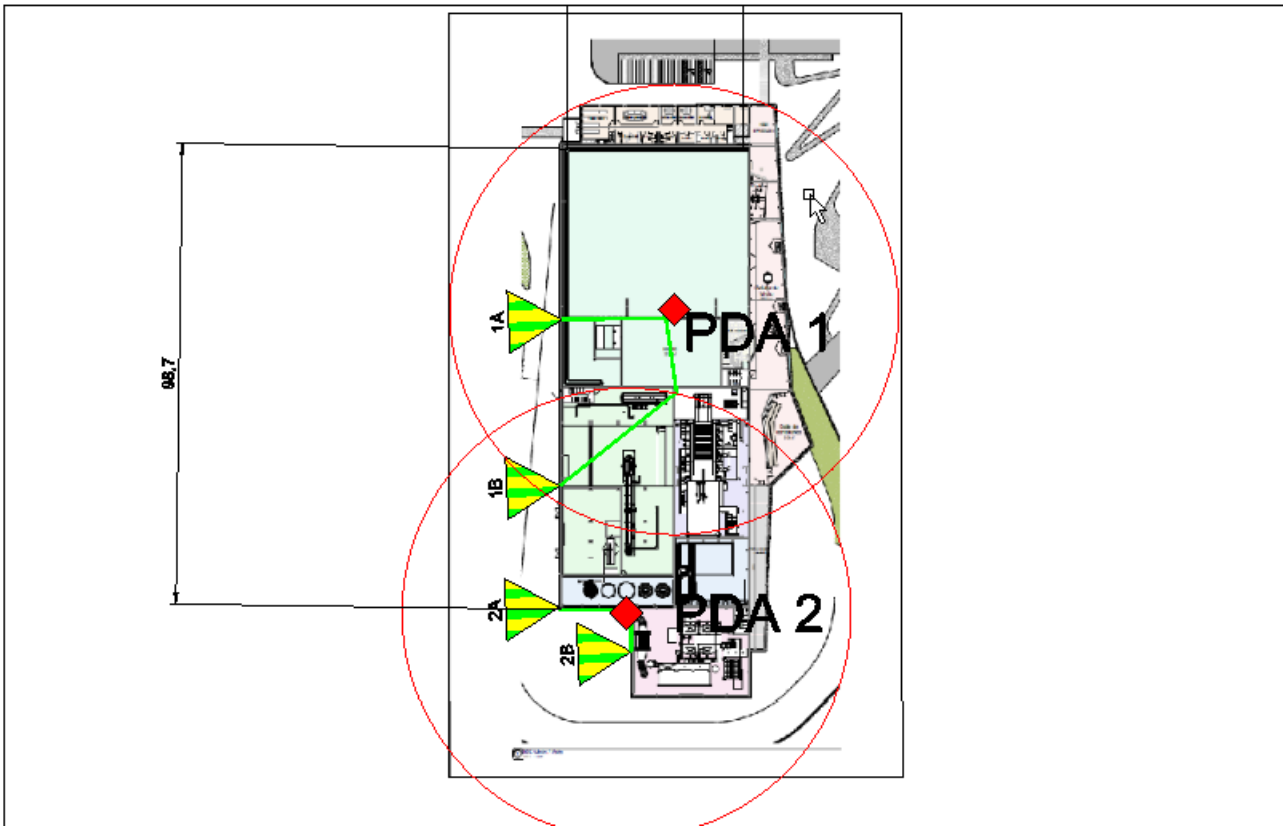
Paratonnerre	Hauteur par rapport à la surface à protéger	Δt	Niveau de protection	Rayon de protection
PDA 1 & 2	5 mètres	60 µs	I	47,4 m

Tableau 9 : I.E.P.F à installer

Le haut du PDA doit être installé à au moins 2 m au-dessus de la zone qu'il protège, y compris les antennes, les tours de refroidissement, les toits, les réservoirs, etc.

L'installation de paratonnerre testable à distance selon les recommandations du fabricant pourra être envisagée afin de réduire les coûts de vérifications (l'installateur devra fournir à l'exploitant le système de test en même temps que les PDA).

Afin de limiter le phénomène de tension de pas et de contact à proximité des descentes, des pancartes interdisant l'approche à moins de 3 mètres en cas d'orage devront être installées sur chaque descente (nouvelle ou existante).



Plan 1: Implantation des paratonnerres, conducteurs de descente et prises de terre

Légende :			
	Rayon de protection 47,4 m (réduction des 40% appliquée)		PDA à 5 m de hauteur utile
01	Prise de terre à créer		Conducteur de descente à créer

Tableau 10 : Légende des I.E.P.F à installer

Nota : Seule l'implantation des conducteurs de descente et des prises de terre proposées dans notre étude, pourra être modifiée par l'installateur lors de la réalisation des travaux, à la seule condition que tout soit conforme aux normes en vigueur.

6.4.2 Dispositifs de descente et mise à la terre

6.4.2.1 Conducteurs de descente

La distance de séparation au pied du PDA concerné est de :
(Le détail du calcul est présenté en annexe 1)

	PDA 1	PDA 2
Distance de séparation dans l'air	1,4 m	0,9 m
Distance de séparation dans le béton	2,5 m	1,7 m

Tableau 11 : Distances de séparation

L'ensemble des masses métalliques mises à la terre et des carcasses des spots d'éclairages/caméras devront être interconnectés au dispositif de descente par un conducteur de même nature que celui-ci en cas de non-respect de cette distance de séparation.

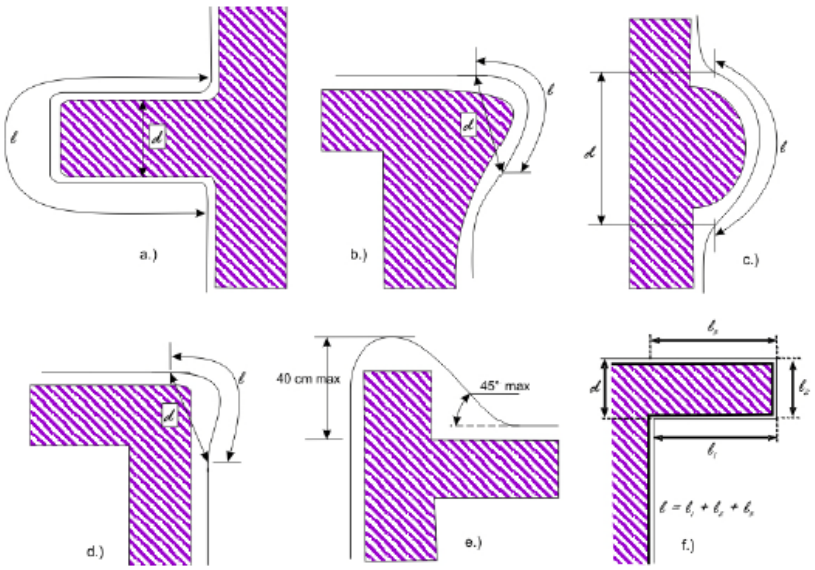
Des conducteurs de descente isolants en totalité, ou une portion de conducteur isolant, pourront être mis en œuvre à l'endroit où passe le câble électrique, conformément à la TS IEC 62561-8 et en accord avec la FAQ Version 3.0 de Qualifoudre. (Points B11 & C24) et selon les préconisations du fabriquant.

Les courants forts/faibles devront être blindés (caméras, antenne hertzienne) ou protégés à l'aide de parafoudres (parafoudres BT et coaxiaux) en cas de non-respect de cette distance de séparation.

6.4.2.2 *Cheminement des conducteurs de descente*

Les conducteurs de descente doivent être installés de sorte que leurs cheminements soient aussi directs et aussi courts que possible, en évitant les angles vifs et les sections ascendantes (les rayons de courbure doivent être supérieurs à 20 cm).
Les conducteurs de descente ne doivent pas cheminer le long des canalisations électriques ou croiser ces dernières.

Il convient d'éviter tout cheminement autour des acrotères, des corniches et plus généralement des obstacles. Une hauteur maximale de 40 cm est admise pour passer au-dessus d'un obstacle avec une pente de 45º ou moins. Il est rappelé que la règle principale pour le cheminement des conducteurs de descente est la distance de séparation calculé au chapitre 6.4.2.1 de cette étude.



ℓ : longueur de la boucle, en mètres
d : largeur de la boucle, en mètres
Le risque de rupture du diélectrique est évité si la condition $d > \ell/20$ est respectée.

Figure 2 : Formes de courbure des conducteurs de descente

Les conducteurs de descente, pour les PDA, doivent être fixés à raison de **trois fixations par mètre** (environ tous les 33 cm).

Il convient que ces fixations soient adaptées aux supports et que leur installation n'altère pas l'étanchéité du toit. Les fixations par percements systématiques du conducteur de descente doivent être proscrites.

Tous les conducteurs doivent être connectés entre eux à l'aide de colliers ou raccords de nature identique, de soudures ou d'un brasage.

Il convient de protéger les conducteurs de descente contre tout risque de choc mécanique, à l'aide de fourreaux de protection, jusqu'à une hauteur d'au moins **2 m au-dessus du niveau du sol**.

6.4.2.3 *Matériaux et dimensions*

Les matériaux et dimensions des conducteurs de descente devront respecter les prescriptions de la norme NF EN 62561.

Le tableau ci-dessous extrait de cette norme donne des exemples de matériau, configuration et section minimale des conducteurs de capture, des tiges et des conducteurs de descente.

Matériau	Configuration	Section minimale
Cuivre, cuivre étamé, acier galvanisé à chaud, acier inoxydable	Plaque pleine (épaisseur min. 2 mm)	50 mm²
Aluminium	Plaque pleine (épaisseur min. 3 mm)	70 mm²

Tableau 12: Nature des conducteurs de descente

6.4.2.4 *Joint de contrôle*

Chaque conducteur de descente doit être muni d'un joint de contrôle permettant de déconnecter la prise de terre pour procéder à des mesures.

Les joints de contrôle sont en général installés sur les conducteurs de descente en partie basse.

Pour les conducteurs de descente installés sur des parois métalliques ou les SPF non équipés de conducteurs de descente spécifiques, des joints de contrôle doivent être insérés entre chaque prise de terre et l'élément métallique auquel la prise de terre est connectée. Ils sont alors installés à l'intérieur d'un regard de visite (conforme à la NF EN 62561) comportant le symbole prise de terre.

6.4.2.5 *Compteur de coups de foudre*

Selon l'article 21 de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié, les agressions de la foudre sur site doivent être enregistrées. Afin de comptabiliser les impacts de la foudre plusieurs solutions peuvent être envisagées :

- Un compteur de coups de foudre sur le conducteur de descente le plus direct du paratonnerre,
- Un compteur de coups de foudre au niveau du parafoudre de type 1 dans le TGBT,
- Un abonnement de télécomptage à Météorage.

Dans notre cas, la solution retenue est le compteur de coups de foudre sur le conducteur de descente le plus direct du paratonnerre. Il doit être situé de préférence juste au-dessus du joint de contrôle et être conforme à la NF EN 62561. Il faut au minimum **un compteur par paratonnerre**.

6.4.2.6 *Autorisation d'intervention à proximité des réseaux*

Au regard des obligations à respecter au titre de la réglementation applicable aux travaux exécutés à proximité d'ouvrages souterrains ou aériens (Code de l'environnement) et conformément à la norme NF S70-003-1 d'application obligatoire, le responsable de projet peut faire le choix d'une procédure de DT-DICT conjointe lorsque le projet concerne une opération unitaire dont la zone d'intervention géographique est très limitée et dont le temps de réalisation est très court.

L'entreprise qui réalisera l'installation devra, dans le cadre du marché privé ou publique, effectuer la procédure de déclaration DT/DICT conjointe au moyen de tout formulaire et document nécessaires conformément à la réglementation en vigueur. De même, ses intervenants devront être qualifiés AIPR, afin de respecter la réglementation.

6.4.2.7 Prise de terre

Une prise de terre de type B (boucle) peut être réalisée si **le fond de fouille est supérieur ou égal à 50mm²**, sinon il y aura lieu de prévoir **une prise de terre type A au bas de chaque descente**.
Au total, **4 prises de terre** devront être créées afin de relier les installations à la terre.

Les prises de terre type A doivent satisfaire les exigences suivantes :

- la valeur de résistance mesurée à l'aide d'un équipement classique doit être la plus basse possible (**inférieure à 10 Ω**). Cette résistance doit être mesurée au niveau de la prise de terre isolée de tout autre composant conducteur.

- éviter les prises de terre équipées d'un composant vertical ou horizontal unique excessivement long (> 20 m) afin d'assurer une valeur d'impédance ou d'inductance la plus faible possible.

Deux configurations sont possibles pour réaliser une prise de terre **type A** :

- Patte d'oie

La prise de terre sera disposée sous forme de patte d'oie de grandes dimensions et enterrée à une profondeur minimum de 50 cm à l'aide de conducteurs de même nature et section que les conducteurs de descente, à l'exception de l'aluminium,

Exemple : trois conducteurs de 7 m à 8 m de long, enterrés à l'horizontale, à une profondeur minimum de 50 cm.

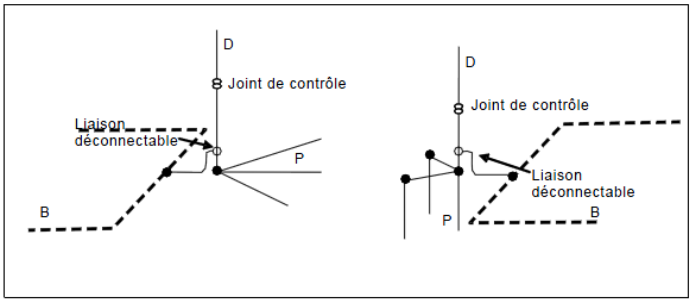
- Prise de terre ligne ou triangle

Chaque prise de terre type A sera composée de plusieurs électrodes verticales de longueur totale **minimum de 5 m (6m pour les PDA)** à une profondeur minimum de **50 cm** :

- disposées en ligne ou en triangle et séparées les unes des autres par une distance égale à au moins la longueur enterrée ;

- interconnectées par un conducteur enterré identique au conducteur de descente ou aux caractéristiques compatibles avec ce dernier.

Le nombre minimal d'électrode de terre doit être de deux.



D : conducteurs de descente
B : boucle au niveau des fondations du bâtiment
P : mise à la terre du SPF à dispositif d'amorçage

Figure 3 : Schéma de principe « prise de terre »

Configuration de la prise de terre **Type B** :

Cette disposition comprend soit une boucle extérieure à la structure en contact avec le sol sur une longueur d'au moins 80 % de la boucle, soit une prise de terre à fond de fouille, à condition qu'elle soit constituée d'un conducteur de 50 mm². De plus, lorsqu'il s'agit d'une installation en PDA, il convient que chaque conducteur de descente soit au moins connecté à une électrode horizontale de longueur 4 m minimum ou à une électrode verticale de longueur 2 m minimum.

Il convient que la prise de terre en boucle soit, de préférence, enterrée à **au moins 0,5 m de profondeur et à au moins 1 m à l'extérieur des murs**.

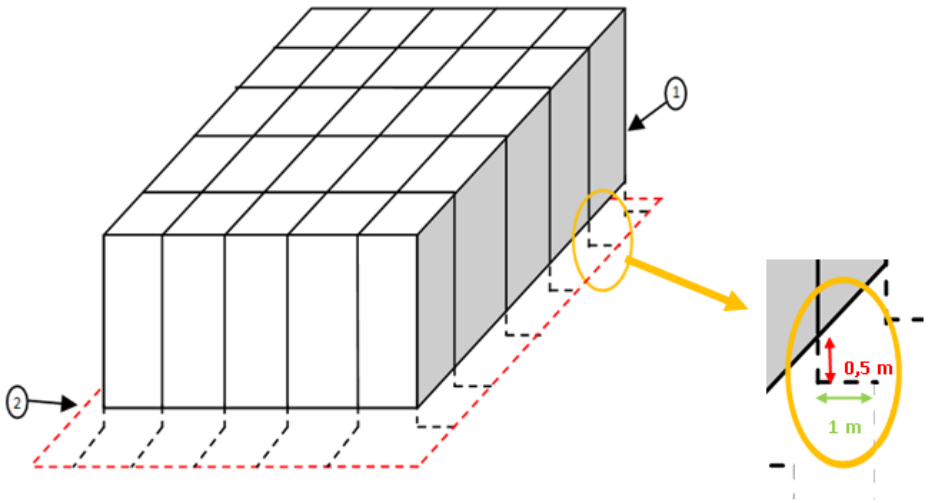


Schéma de principe « prise de terre type B »

Les matériaux et dimensions des électrodes de terre devront respecter les prescriptions de la norme NF EN 62561.

Le tableau ci-dessous extrait de cette norme donne des exemples de matériau, configuration et dimensions minimales des électrodes de terre.

Matériau	Configuration	Dimensions minimales			Observations
		Tige de terre ∅ mm	Conducteur de terre	Plaque de terre mm	
Cuivre	Torsadé [3]		50 mm²		Diamètre min. d'une torsade 1,7 mm
	Rond plein [3]		50 mm²		Diamètre 8 mm
	Plaque pleine [3]		50 mm²		Epaisseur min. 2 mm
	Rond plein	15 [8]			
	Tuyau	20			Epaisseur min. paroi 2 mm
	Plaque pleine			500 x 500	Epaisseur min. 2 mm
	Plaque torsadée			600 x 600	25 mm x 2 mm section Configuration de longueur minimale d'une plaque torsadée: 4,8 m
Acier	Rond plein galv.[1], [2]	16 [9]	Diamètre 10 mm		
	Tuyau galv.[1], [2]	25			Epaisseur min. paroi 2 mm
	Bande pleine galv.[1]		90 mm²		Epaisseur min. 3 mm
	Plaque pleine galv.[1]			500 x 500	Epaisseur min. 3 mm
	Treillis galv.[1]			600 x 600	30 mm x 3 mm section
	Rond cuivre plein revêtu[4]	14			250 µm rayon minimum Revêtement Cu de 99,9 %
	Rond plein nu [5]		Diamètre 10 mm		
	Nu ou galv. plaque pleine[5], [6]		75 mm²		Epaisseur min 3 mm
	Torsadé galv.[5] [6]		70 mm²		Diamètre min. d'une torsade 1,7 mm
	Profilé galvanisé en croix[1]	50 x 50 x 3			
Acier inoxydable[7]	Rond plein	15	Diamètre 10 mm		
	Plaque pleine		100 mm²		Epaisseur min. 2 mm

Tableau 13 : Nature des prises de terre selon la norme

6.4.2.8 Dispositions complémentaires pour les prises de terre

Lorsque la résistivité élevée du sol empêche d'obtenir une résistance de prise de terre inférieure à 10 Ω à l'aide des mesures de protection normalisées ci-avant, les dispositions complémentaires suivantes peuvent être utilisées :

- ajout d'un matériau naturel non corrosif de moindre résistivité autour des conducteurs de mise à la terre ;
- ajout d'électrodes de terre à la disposition en forme de patte d'oie ou connexion de ces dernières aux électrodes existantes ;
- application d'un enrichisseur de terre conforme à la NF EN 62561-7 ;

Lorsque l'application de toutes les mesures ci-dessus ne permettent pas d'obtenir une valeur de résistance inférieure à 10 Ω, il peut être considéré que la prise de terre de Type A assure un écoulement acceptable du courant de foudre lorsqu'elle comprend une longueur totale d'électrode enterrée d'au moins :

- 160 m pour le niveau de protection I ;
- **100 m pour les niveaux de protection II, III et IV**.

Dans tous les cas, il convient que chaque élément vertical ou horizontal ne dépasse pas 20 m de long.

La longueur nécessaire peut être une combinaison d'électrodes horizontales (longueur cumulée *L*1) et d'électrodes verticales (longueur cumulée *L*2) avec l'exigence suivante :

160 (respectivement 100 m) < *L*1 + 2x*L*2

Pour une prise de terre de Type B, lorsqu'une valeur de 10 ohms ne peut être obtenue, il convient que la longueur cumulée des n électrodes supplémentaires soit de :

- 160 m pour le niveau de protection I (respectivement 100 m pour les autres niveaux de protection) pour une électrode horizontale ;
- 80 m pour le niveau de protection I (respectivement 50 m pour les autres niveaux de protection) pour les électrodes verticales ;
- Ou une combinaison telle qu'expliquée ci-avant pour une prise de terre de Type A.

6.4.2.9 Equipotentialité des prises de terres

Il convient de connecter les prises de terre au fond de fouille du bâtiment (ou aux terres des masses électriques si leur section est suffisante et si acceptées au préalable par la maîtrise d'ouvrage) à l'aide d'un conducteur normalisé (voir NF EN 62561) par un dispositif déconnectable situé de préférence dans un regard de visite comportant le symbole « *Prise de terre* ».

Lors de la mise en place des fonds de fouille, les différents bâtiments du site devront avoir leurs fonds de fouilles respectifs reliés entre eux.

6.4.2.10 Condition de proximité

Les composants de la prise de terre du SPF à dispositif d'amorçage doivent être à au moins **2 m de toute canalisation métallique ou canalisation électrique enterrée** si ces canalisations ne sont pas connectées d'un point de vue électrique à la liaison équipotentielle principale de la structure.

Pour les sols dont la résistivité est supérieure à 500 Ω m, la distance minimum est portée à 5 m.

6.4.2.11 Tension de contact et de pas

Les risques sont réduits à un niveau tolérable si une des conditions suivantes est satisfaite :

- Dans les conditions normales de fonctionnement, personne ne se trouve à moins de 3 m des conducteurs de descente.
- Le système de conducteurs de descente "naturels" comprend au moins 10 colonnes de l'armature métallique étendue de la structure ou au moins 10 piliers de l'armature d'acier interconnectée de la structure, dont la continuité électrique est assurée.
- Dans un périmètre de 3 m autour du conducteur de descente, la résistance de contact avec le sol n'est pas inférieure à 100 kΩ (Une couche en matériau isolant, par exemple, une couche d'asphalte de 5 cm d'épaisseur ou une couche de gravier de 15 cm d'épaisseur réduit généralement le danger à un niveau tolérable).

Si aucune de ces conditions n'est satisfaite, des mesures de protection doivent être prises contre les lésions d'être vivants en raison des tensions de contact et de pas telles que :

- Pour la tension de contact : l'isolation du conducteur de descente exposée est assurée pour une tension de tenue aux chocs de 100 kV, 1,2/50 µs, par exemple, par du polyéthylène réticulé d'une épaisseur minimale de 3 mm, il convient de tenir compte de la tension de tenue en conditions humides ;

- Pour la tension de pas : équipotentialité au moyen d'un réseau de prises de terre maillé
- Pour la tension de pas et de contact : Des restrictions physiques et/ou des pancartes d'avertissement afin de minimiser la probabilité d'accès à la zone dangereuse, à une distance de 3 m du conducteur de descente.

La signalisation doit être conforme aux normes appropriées (voir l'ISO 3864-1).

Dans notre cas, la solution la plus adapté est la mise en place de pancarte d'avertissement afin de minimiser la probabilité de toucher les conducteurs de descente, jusqu'à 3 m.

6.5 Mise à la terre des canalisations et / ou structures métalliques

Il est rappelé que toutes les canalisations métalliques rentrantes et sortantes devront être raccordées au réseau de terre et de masse du bâtiment à leur point de pénétration (liaisons avec les remontées de prise de terre de préférence) suivant le principe de la figure suivante. Ces liaisons d'interconnexion au réseau de terre du bâtiment sont notamment à faire au niveau des canalisations métalliques transportant des produits à risque (canalisations de gaz combustible et médicaux en particulier)
Ces liaisons devront se faire par l'intermédiaire d'un conducteur normalisé NF EN 62305-3.

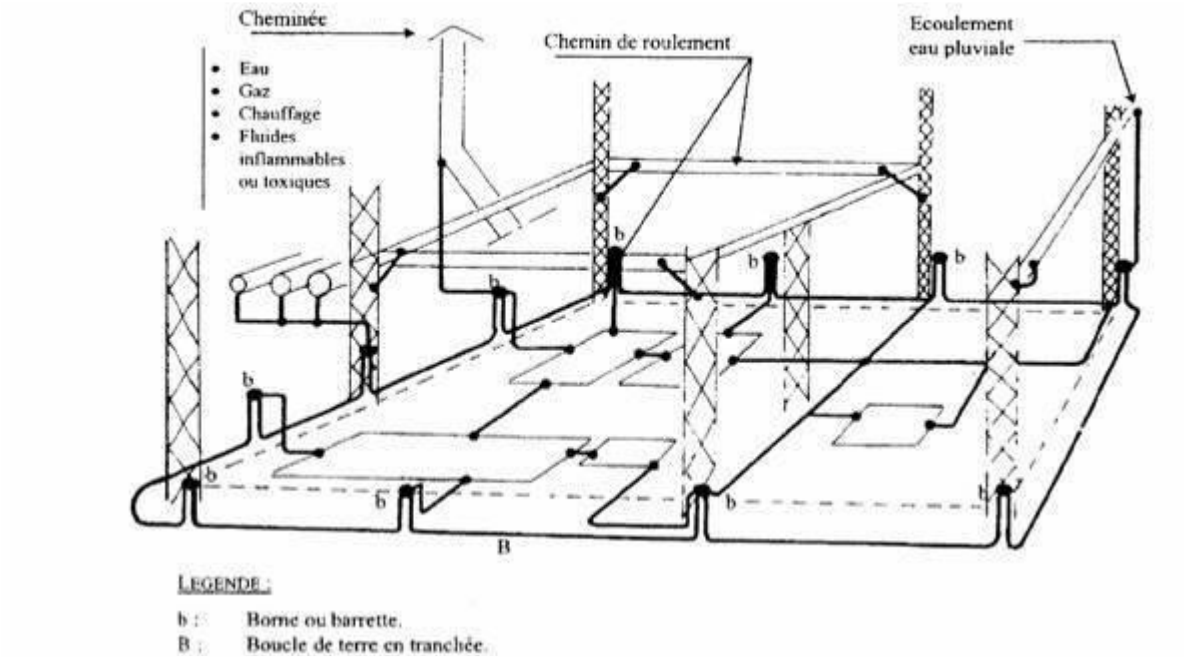


Figure 4: Principe général de mises à la terre d'un bâtiment

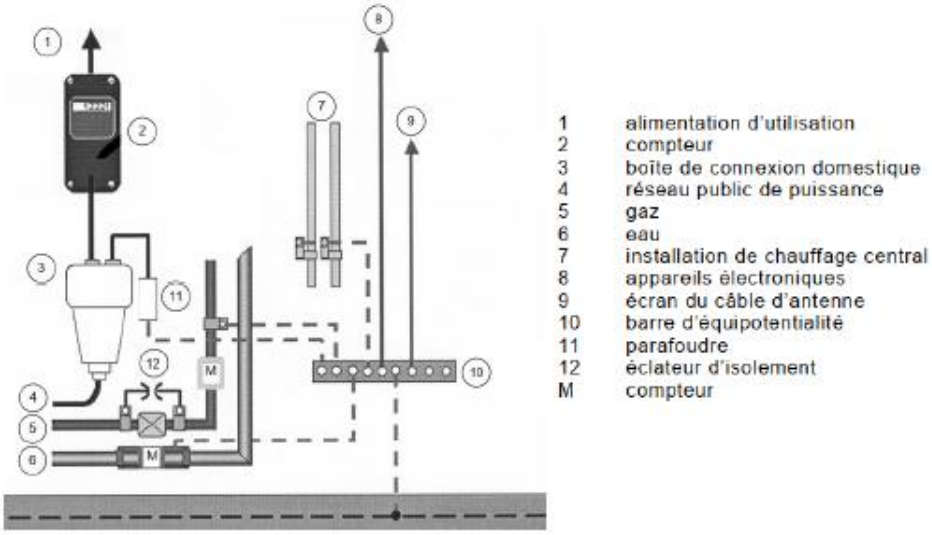


Figure 5 : Exemple de configuration d'équipotentialité

Zone	Nom	Liaison équipotentielle
UVE	Canalisation Gaz	A réaliser (si métallique)
	Canalisations Eaux Usées	A réaliser (si métallique)
	Canalisations Eaux Pluviales	A réaliser (si métallique)
	Canalisations AEP	A réaliser (si métallique)
	Canalisations Sprinkler	A réaliser (si métallique)
	Canalisations RCU	A réaliser (si métallique)

Tableau 14 : Canalisations entrantes

Élément d'équipotentialité		Matériau[a]	Section[b] mm²
Barres d'équipotentialité (cuivre, acier revêtu de cuivre ou acier galvanisé)		Cu, Fe	50
Conducteurs de connexion entre les barres d'équipotentialité et le réseau de mise à la terre ou les autres barres d'équipotentialité (qui transportent la totalité ou une partie significative du courant de foudre)		Cu Al Fe	16 25 50
Conducteurs de connexion entre les installations internes métalliques et les barres d'équipotentialité (qui transportent un courant de foudre partiel)		Cu Al Fe	6 10 16
Conducteurs de mise à la terre vers le SPD[c]	SPD soumis à l'essai pour la classe I SPD soumis à l'essai pour la classe II SPD soumis à l'essai pour la classe III Autres SPD[d]	Cu	16 6 1,5 1
Conducteurs de connexion des SPD et des dispositifs de protection contre les surintensités aux conducteurs actifs[c]	SPD soumis à l'essai pour la classe I SPD soumis à l'essai pour la classe II SPD soumis à l'essai pour la classe III Autres SPD[d]	Cu	6 2,5 1,5 1

[a] Il convient que les autres matériaux utilisés présentent des sections qui assurent une résistance équivalente.

[b] Dans certains pays, des conducteurs de plus petites dimensions peuvent être utilisés, à condition qu'ils satisfassent aux exigences thermiques et mécaniques (voir l'IEC 62305-1:2024, Annexe D).

[c] Pour les SPD utilisés dans des applications de puissance, les conducteurs doivent être dimensionnés conformément à l'IEC 60364-5-53 et à l'IEC 61643-12.

[d] Les autres SPD incluent ceux utilisés dans les réseaux de communications et de signalisation.

Tableau 15 : Sections minimales des éléments d'équipotentialité

7. TRAVAUX A REALISER - EFFETS INDIRECTS DE LA FOUDRE

Les résultats de l'analyse de risque aboutissent à une **protection obligatoire** contre les **effets indirects de niveau I** sur la structure

Une protection doit être mise en place :

- Au niveau de l'alimentation générale des bâtiments équipés de paratonnerres conformément aux obligations des normes NF EN 62305-4 et NF-C 15-100-1.
- Sur les Équipements Importants Pour la Sécurité.
- Sur les canalisations conductrices provenant de l'extérieur des bâtiments (équipements en toiture, réseaux électriques, …).

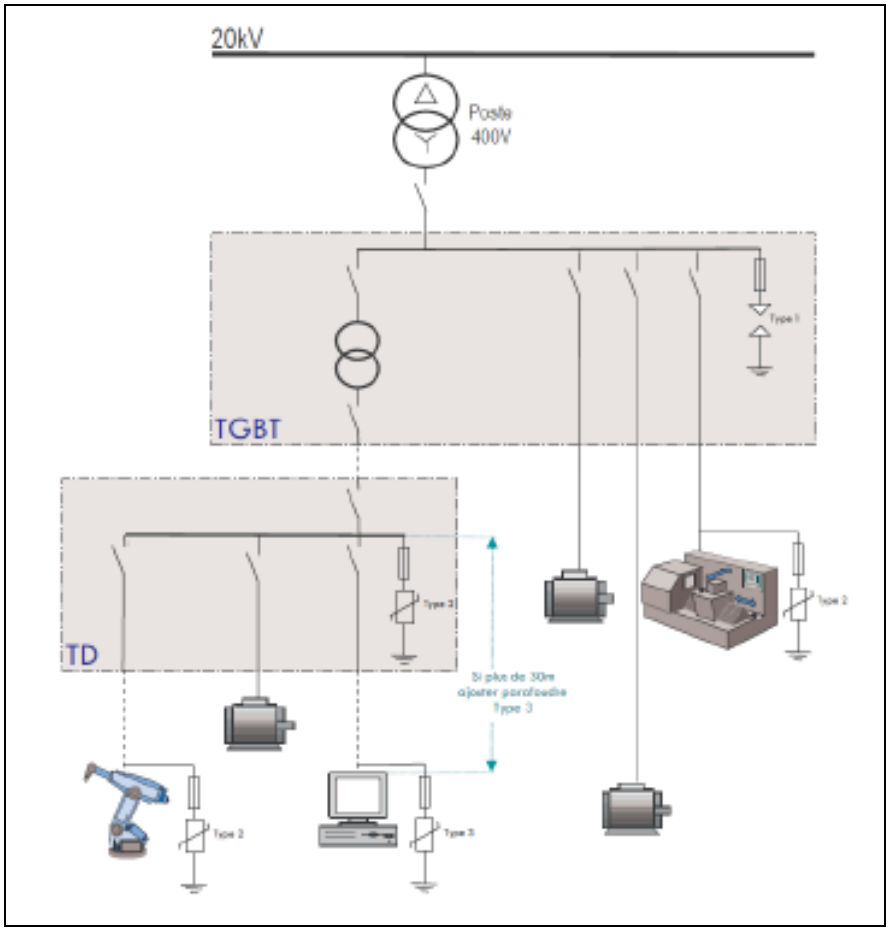


Figure 6 : Principe de protection par parafoudres

Les travaux suivants devront être réalisés :

Bâtiment	Armoire	Préconisation
UVE	TGBT	Installation d'un Parafoudre de type 1
	Alimentation portail	Installation d'un Parafoudre de type 1
	Alimentation borne IRVE	Installation d'un Parafoudre de type 1
	Alimentation portail	Installation d'un Parafoudre de type 1

Tableau 16 : Protection type 1

Bâtiment	Armoire	Préconisation
UVE	Alimentation Centrale SSI	Installation d'un parafoudre de type 2*
	Alimentation centrale gaz	Installation d'un parafoudre de type 2*
	Sprinkler	Installation d'un parafoudre de type 2*
	Surpresseur RIA	Installation d'un parafoudre de type 2*

Tableau 17 : Protection type 2

* : Installation d'un parafoudre sur l'alimentation au plus près de l'équipement si celui-ci se trouve à plus de 10 mètres filaires d'un parafoudre amont de type 1+2 ou de type 2.
Un parafoudre par alimentation. (Double alimentation possible)

Bâtiment	Installation	Préconisation
UVE	Courant faible portail et Pont bascule	Parafoudres CFA de type 1 sur lignes télécom exploitées et mise à la terre des paires inertes
		Prévoir écrantage de câble en alternative

Tableau 18 : Protection CFA

7.1 Protection des courants forts

7.1.1 Détermination des caractéristiques des parafoudres type I et I + II

Ces protections sont conçues pour être utilisées sur des installations où le « risque foudre » est très important, notamment en présence de paratonnerre sur le site. Ces parafoudres doivent être soumis aux essais de classe I, caractérisés par des injections d'ondes de courant de type 10/350 µs, représentatives du courant de foudre généré lors d'un impact direct.

Pour le dimensionnement des parafoudres de **TYPE 1**, la norme NF EN 62305 -1 précise que lorsque le courant de foudre s'écoule à la terre, il se divise en 2 :

- ⇨ 50 % vers les prises de terre ;
- ⇨ 50 % dans les éléments conducteurs et les réseaux pénétrant dans la structure.

Calcul du courant I_{imp} des parafoudres de type 1 (et type 1+2) :

Le courant I_{imp} est le courant que doit pouvoir écouler le parafoudre de type 1 sans être détruit.

Les parafoudres protégeant les lignes extérieures doivent avoir une tenue en courant compatible avec les valeurs maximales de la partie de courant de foudre qui va s'écouler à travers ces lignes.

Il dépend de :

- La moitié du courant crête du coup de foudre défini dans la NF EN 62305-1 (donné dans le tableau ci-dessous en fonction du niveau de protection).

I (kA)	P	Niveau de protection
100	0,05	IV et III
150	0,02	II
200	0,01	I

Tableau 19: Valeurs du courant de foudre direct limp maxi

- Du nombre de pôles.

Ce courant est donné par la formule suivante :

$$I_{imp} = \frac{0{,}5}{n \times m} \times I_{imp}\,\max$$

Où *n* est le nombre de réseaux rentrants incluant câbles électriques (excepté les lignes téléphoniques) et conduites métalliques et *m* nombre de pôles du câble électrique concerné.

	UVE
Régime de neutre	A déterminer
Pour le n	9
Pour le m	3
n x m=	27
Calcul niveau I (0,5 / (n x m)) x 200 =	3,73

Tableau 20 : Calcul du Iimp

La norme NF-C 15-100-1 impose un minimum de **12,5 kA.**

On retrouve ainsi les résultats suivants :

Caractéristiques :

- Régime de neutre : **A déterminer**
- Tension maximale en régime permanent : **Uc ≥ 253V / 400 V pour IT**
- Intensité de court-circuit à respecter : **Icc ≥ Ik3**
- Courant maximum de décharge (onde 10/350 µs) : $\mathbf{I_{imp} \geq 12,5\ kA}$
- Niveau de protection :
    - **Type1 :Up ≤ 2,5kV**

Ces parafoudres doivent être accompagnés d'un dispositif de déconnexion selon les préconisations du fabricant.

7.1.2 Détermination des caractéristiques des parafoudres type II

La protection de Type 2, est dédiée à la protection contre les effets indirects de la foudre et a pour but de limiter la tension résiduelle de la protection primaire.

Il est donc **obligatoire** de prévoir l'installation, au niveau des armoires secondaires ou TD alimentant des équipements liés au MMR des parafoudres de Type 2 conformément à la norme **NF EN 62-305-4.**

Ces protections sont destinées à être installées à proximité des équipements sensibles. Ces parafoudres sont soumis à des tests en onde de courant 8/20µs (essais de classe II).

Ces parafoudres de type II sont à placer en **coordination** avec les parafoudres de type I (type I+II) implantés en amont.

En cas d'absence d'armoire divisionnaire à proximité des équipements à protéger, des coffrets parafoudre devront être installés.

- **Choix de In**

Lorsque les PARAFOUDRES DE TYPE 2 sont exigés à l'origine de l'installation ou à sa proximité, leur courant de décharge nominal ne doit pas être inférieur aux valeurs données dans le tableau ci-dessous. Des conditions sévères (très forte exposition aux surtensions, etc.) peuvent conduire au choix de valeurs In supérieures ou à la mise en œuvre de PARAFOUDRE DE TYPE 1.

	Réseau d'alimentation			
	Monophasé		Triphasé	
connexion	CT1	CT2	CT1	CT2
L – N		5		5
L – PE	5		5	
N – PE	5	10	5	20

Tableau 21 : Courant nominal de décharge In en kA

Une valeur plus élevée donnera une durée de vie plus longue.

Caractéristiques :

- Régime de neutre : **A déterminer**
- Tension maximale en régime permanent **Uc ≥ 253V / 400 V pour IT**
- Intensité de court-circuit à respecter : **Icc ≥ Ik3**
- Courant nominal de décharge (onde 8/20 µs) **In ≥ 5 kA**
- Niveau de protection **Up ≤ 1,5 kV / 1,8 kV pour IT**

Ces parafoudres doivent être accompagnés d'un dispositif de déconnexion selon les préconisations du fabricant.

7.1.3 Protection d'une MMR

Si l'alimentation de la MMR est à plus de 10m filaire, il faudra installer, dans un coffret annexe tel que défini dans la figure ci-dessous, un parafoudre de type 2 possédant les caractéristiques préconisées au paragraphe précédent.

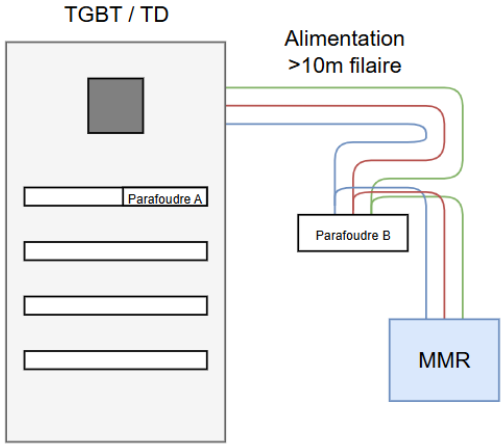


Figure 7 : Raccordement d'un parafoudre sur une MMR câblée à plus de 10m filaire de son alimentation

Si l'alimentation de la MMR est à moins de 10m filaire et que les caractéristiques du parafoudre sont conformes aux préconisations du paragraphe précédent, il n'y aura pas d'obligation à installer un parafoudre au plus proche du MMR.

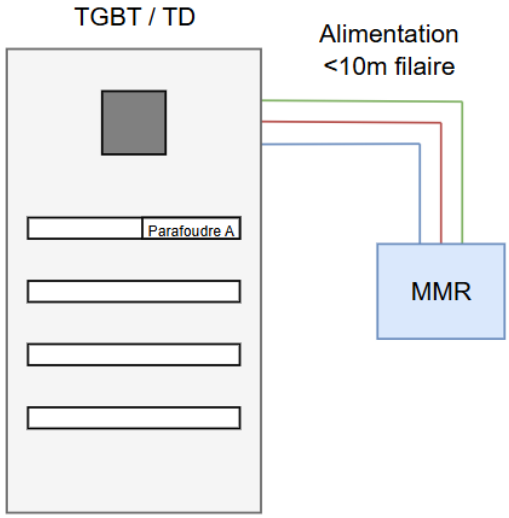


Figure 8 : Raccordement d'un parafoudre sur une MMR câblée à moins de 10m filaire de son alimentation

7.1.4 Raccordement

Les parafoudres seront raccordés au niveau du jeu de barres principal de l'armoire.

Le raccordement devra être réalisé de la manière la plus courte et la plus rectiligne possible afin de réduire la surface de boucle générée par le montage des câbles phases, neutre et PE.
La longueur cumulée de conducteurs parallèles de raccordement du parafoudre au réseau devra être **strictement inférieure à 0,50 m (L1+L2+L3)**.

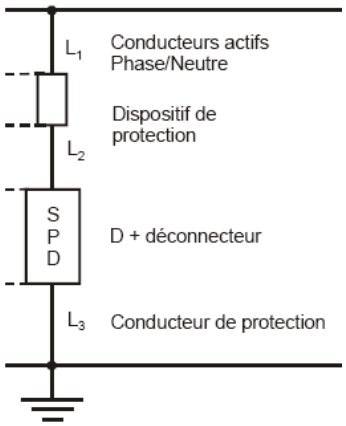


Figure 9 : Principe de câblage d'un parafoudre

La mise en œuvre doit être réalisée conformément à la norme NF-C 15-100-1- et à la norme NF EN 62305-4.

7.1.5 Dispositif de deconnexion

Il est prévu un dispositif de protection contre les courants de défaut et les surintensités (Fusibles, disjoncteurs…). Ce dispositif doit respecter les exigences mentionnées par le fabricant du parafoudre installé.

Le dispositif de protection devra permettre une bonne tenue aux chocs de foudre, ainsi qu'une résistance aux courants de court-circuit adaptée et devra garantir la protection contre les contacts indirects après destruction du parafoudre. Une signalisation par voyant mécanique indique le défaut et/ou un contact inverseur permet d'assurer le report d'alarme à distance.

L'installeur devra dimensionner le dispositif de protection en fonction de la note conjointe Qualifoudre / F2C sur les dispositifs de protection en amont des parafoudres et des recommandations des fabricants de parafoudres.

Pour information, vous trouverez ci-après le document « processus de choix et installation des déconnecteurs des parafoudres de type 1 et 2 » établi selon cette note.

La tenue du Dispositif de Protection contre les SurIntensités de l'Installation (DPSI) en onde 10/350, n'est généralement pas connue du fabricant. Aussi le cas idéal de choix est le suivant :

Cas 1 : Installation des parafoudres en amont du DPSI. (Cf. document). Dans ce cas la protection foudre, la sécurité électrique, et la continuité de service sont assurées.

Pour autant l'installation des parafoudres peut être difficile, contraignante à réaliser : obligation

d'intervention sous tension ou coupure du poste d'alimentation…

Si le cas 1 ne s'avère pas réalisable, le cas 2 doit être envisagé, avec une inconnue qui subsiste sur le comportement du DPSI en cas de surtension vis-à-vis des critères de sécurité électrique et de continuité de service (étant donné sa présence en amont du parafoudre et son déconnecteur).

Cette inconnue existait déjà avant l'implantation de parafoudres dans l'installation électrique.

Cas 2 ou cas 2 b (Cf. document). Dans ce cas, la protection foudre est assurée, la sécurité électrique et la continuité de service sont inconnues.

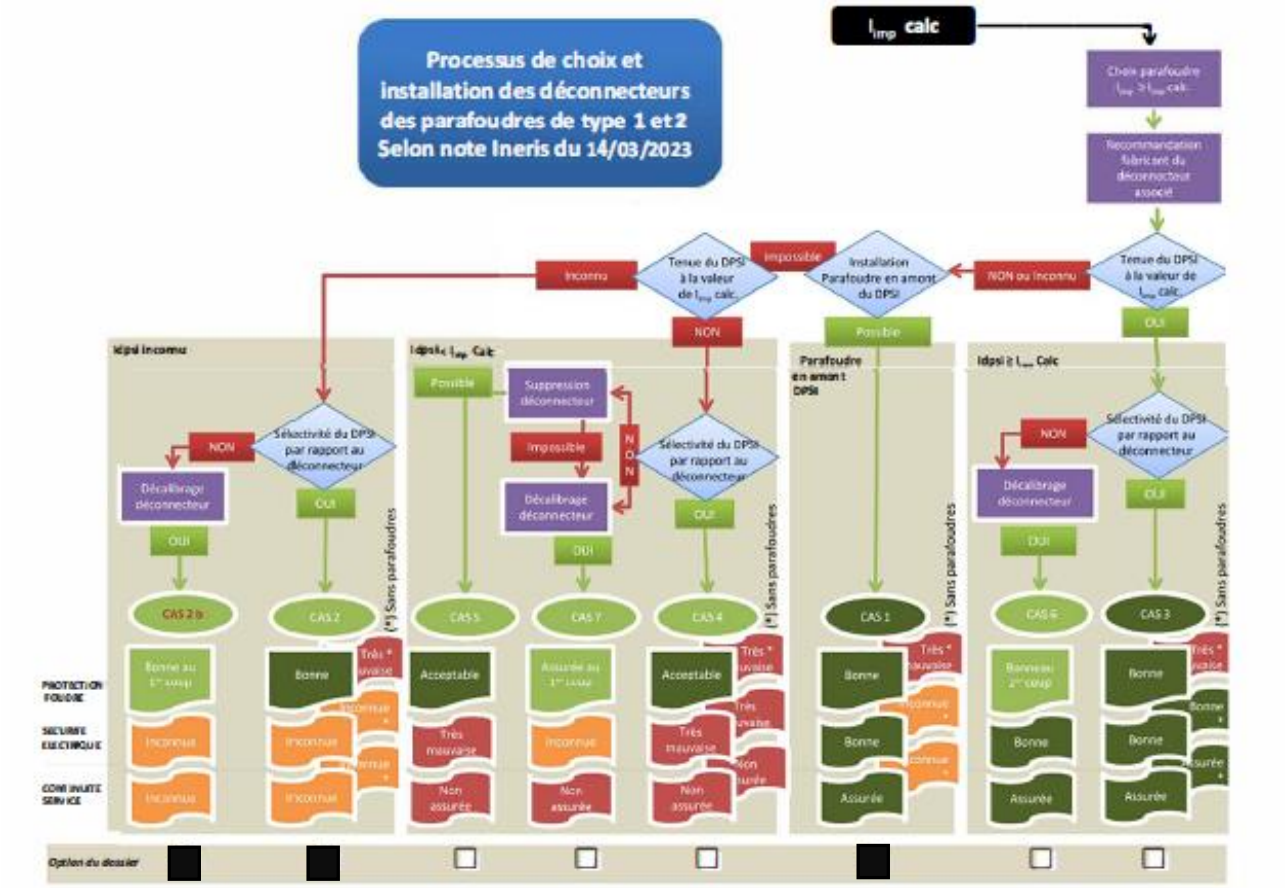


Figure 10 : Dispositifs de déconnection des parafoudres de type 1 et 2

7.2 Protection des lignes de télécommunication

7.2.1 Protection par parafoudre

Ces parafoudres doivent être conformes aux normes NF EN 61643-21 et -22.

Ils sont adaptés aux exigences des différents réseaux entrant dans la structure à protéger :

- Réseau **Telecom** : protection des équipements PABX, modems, terminaux, …
- Réseau **industriel** : protection d'automates, systèmes de télégestion, télétransmetteurs, sondes, capteurs, servomoteurs, centrales de contrôle d'accès, d'incendie, …
- Réseau **informatique** : protection des réseaux inter-bâtiment

Le tableau E.2 de l'annexe E de la NF EN 62305 -1 donne, pour les réseaux de **communication**, les surintensités de foudre susceptibles d'apparaître lors des impacts de foudre.

Le courant impulsionnel de foudre (Iimp – onde 10/350 µs) des parafoudres doit être ≥aux valeurs reprises ci-dessous en fonction des niveaux de protection.

Niveau de protection Np	
I-II	III-IV
Iimp minimum du parafoudre (enkA) en onde 10/350 µs	
2	1

Tableau 22 : Valeur de l'Iimp

Pour les réseaux écrantés, ces valeurs peuvent être réduites d'un facteur 0,5.

Pour la **sélection** de ces parafoudres, il faut tenir compte des paramètres suivants :

- Caractéristiques de la ligne à protéger : ISDN, ADSL
- Nombre de lignes à protéger
- Type d'installation souhaitée : boitier mural, répartiteur, rail DIN, …
- Ergonomie : modules débrochables.

Des parafoudres courants faibles devront être installés au niveau des lignes reliés au portail et au pont bascule.

Pour ce faire, le maître d'ouvrage devra donner à l'installateur le nombre et les caractéristiques des lignes à protéger (type de signal, tension, ...), sans quoi ces protections ne pourront être chiffrées et installées.

Les paires non utilisées ainsi que le support métallique de la tête de ligne devront être mis à la terre.

7.2.2 Protection par écrantage de ligne

Afin de palier l'installation en grande quantité de parafoudres sur les lignes courants faibles identifiées, il est possible de mettre en place des câbles écrantés / blindés entre l'émetteur et le récepteur à protéger conformément à la NF EN 62 305.

Les câbles écrantés / blindés sont reliés à la terre aux deux extrémités de la ligne et le risque d'impact directe de la foudre sur les câbles devra être absent.

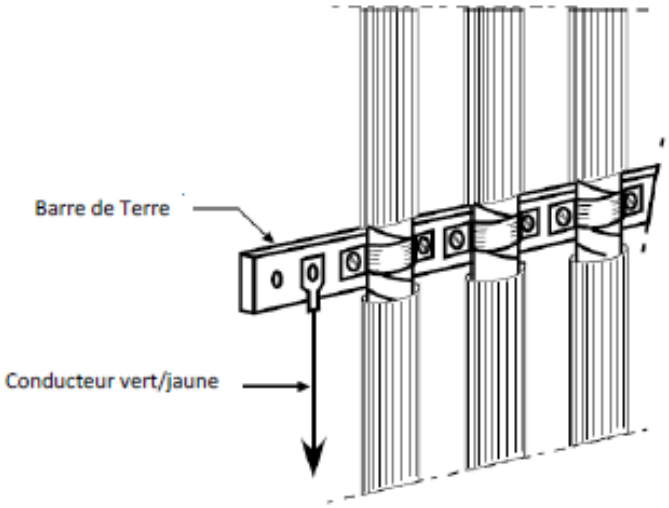


Figure 11 : Mise à la terre de câble écrantés

8. PREVENTION DU PHENOMENE ORAGEUX

Cette étude évoque également l'aspect prévention vis-à-vis des risques foudre en présence de personnel exposé aux orages ou lors de manipulation de produits et/ou matériels dangereux.

Selon l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié, *« les enregistrements des agressions de la foudre sont datés et si possible localisés sur le site »,* et *« tous les événements survenus dans l'installation de protection foudre (… coup de foudre…) sont consignés dans le carnet de bord ».*

Pour permettre de manière fiable de faire évacuer les zones ouvertes, le système d'alerte, à l'approche d'un front orageux, doit être conforme à la norme NF EN IEC 62793 et peut être :

- soit un service local de détection des orages et/ou fronts orageux par réseau national METEOFRANCE,



- soit un système local de détection par moulin à champ type Détectstorm ou équivalent.



En effet, lors de l'approche ou de la formation d'une cellule orageuse, le champ électrostatique au sol varie de façon importante (de 150 V/m à 15Kv/m en période orageuse).

Un dispositif (moulin à champ) mesure localement cette variation et informe le décideur sur la façon de gérer cette situation à risque.

Une fiche d'enregistrement pour chaque appel sera remplie et les datations du début et de fin d'alerte précisées. Une procédure sera alors mise en place et tout dépotage interdit jusqu'à la levée de l'alerte.

Cette procédure d'alerte foudre devra être régulièrement effectuée (nombre important de fiches remplies par an) par liaison téléphonique rendant pratiquement nulle la probabilité d'inflammation de zones explosibles sur l'aire de déchargement.

Ces fiches remplies régulièrement apporteront une bonne traçabilité des évènements utiles lors d'investigations nécessaires après d'éventuels dysfonctionnements rencontrés. En cas de sinistres graves, ces éléments apportent une aide précieuse lors d'une enquête administrative ou judiciaire.

Mesure de prévention à mettre en place :

A l'approche d'un orage, le dépotage et l'accès en toiture doivent être interdits ainsi que les interventions sur le réseau électrique et la présence de personnes à proximité des éventuelles descentes de paratonnerres. Cette prévention devra faire l'objet d'une information auprès du personnel et des sociétés extérieures au site, sur les risques de foudroiement direct et indirect.
La mise en place d'un abonnement METEORAGE ou d'un moulin à champ, n'est pas requise selon l'Analyse de Risque Foudre.

9. REALISATION DES TRAVAUX

La mise en œuvre des préconisations doit être réalisée par une société spécialisée et agréée Qualifoudre **« Installation de paratonnerres et parafoudres »**.

La qualité de l'installation des systèmes de protection est essentielle pour assurer une efficacité de la protection foudre. L'entreprise devra fournir son attestation Qualifoudre à la remise de son offre.

La marque Qualifoudre :

La marque QUALIFOUDRE identifie les sociétés compétentes dans le domaine de la foudre. Elle est attribuée depuis 2004 aux fabricants, aux bureaux d'études, aux installateurs et aux vérificateurs d'installations de protection.

Le label QUALIFOUDRE permet aux professionnels de la foudre de répondre aux exigences réglementaires de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié.

10. VERIFICATIONS DES INSTALLATIONS

10.1 Vérification initiale

Dès la réalisation d'une installation de protection contre la foudre, une vérification finale destinée à s'assurer que l'installation est conforme aux normes doit être faite avant 6 mois et comporter :

- Nature, section et dimensions des organes de capture et de descente,
- Cheminement de ces différents organes,
- Fixation mécanique des conducteurs,
- Respect des distances de séparation,
- Existence de liaisons équipotentielles,
- Valeurs des résistances des prises de terre (par le maître d'œuvre),
- Etat de bon fonctionnement des têtes ionisantes pour les PDA (éventuels),
- Interconnexion des prises de terre entre elles.
- Vérification des parafoudres (câblage, section, ...).

Pour certaines, ces vérifications sont visuelles. Pour les autres, il faudra s'assurer des continuités électriques par des mesures (maître d'œuvre).

Le maître d'œuvre devra, au préalable, mettre à la disposition de l'inspecteur réalisant la vérification le dossier d'ouvrage exécuté (D.O.E.) correspondant aux travaux réalisés par ses soins : cheminements des liaisons de masses, implantation des parafoudres dans les armoires respectant toutes les recommandations de l'Etude Technique.

10.2 Vérifications périodiques

La NF EN 62 305-3 prévoit des vérifications périodiques en fonction du niveau de protection à mettre en œuvre sur la structure à protéger en présence de protection extérieure :

Niveau de protection	Inspection visuelle année	Inspection complète année	Inspection complète des situations critiques [a] [b] année
I et II	1	2	1
III et IV	1	4	1

[a] Il convient que les systèmes de protection contre la foudre utilisés dans les applications impliquant des structures avec un risque dû aux matériaux explosifs, fassent l'objet d'une inspection visuelle tous les 6 mois. Il convient de soumettre l'installation à des essais électriques une fois par an. Une exception acceptable au programme d'essai annuel consisterait à effectuer les essais sur un cycle de 14 à 15 mois lorsqu'il est considéré avantageux d'effectuer des essais de résistance de terre à des périodes différentes de l'année pour être informé des variations saisonnières.

[b] Les situations critiques peuvent inclure les structures contenant des réseaux internes sensibles, les immeubles administratifs et commerciaux ou les lieux de présence potentielle d'un grand nombre de personnes.

Tableau 23 : D'après NF EN 62 305-3

Les intervalles entre vérifications donnés dans le tableau ci-dessus s'appliquent dans le cas où il n'existe pas de texte réglementaire de juridiction. Or, pour le cas du site **UVE de Limoges (87)**, l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié précise que la vérification visuelle doit être réalisée tous les ans et la vérification complète tous les deux ans.

Chaque vérification périodique doit faire l'objet d'un rapport détaillé reprenant l'ensemble des constatations et précisant les mesures correctives à prendre. Lorsqu'une vérification périodique fait apparaître des défauts dans le système de protection contre la foudre, il convient d'y remédier dans les meilleurs délais afin de maintenir l'efficacité optimale du système de protection contre la foudre.

Note importante :

Les parafoudres sont des composants passifs que l'on finit souvent par oublier et sont rarement intégrés dans les opérations de maintenance des installations électriques.

10.3 Vérifications supplémentaires

Dans le cadre de l'application de la norme NF EN 62305-3, des vérifications supplémentaires des installations de protection contre la foudre peuvent être réalisées suite aux événements suivants :

- Travaux d'agrandissement du site,
- Forte période orageuse dans la région,
- Impact sur les installations protégées (procédure de vérification des compteurs de coups de foudre et établissement d'un historique),
- Impossibilité d'installer un système de comptage efficace, dès qu'un doute existe après une activité locale orageuse,
- Perturbations sur des contrôles/commandes ont été constatées, alors une vérification de l'état des dispositifs de protection contre les surtensions est nécessaire.

Toutes ces vérifications devront être annotées dans la Notice de Vérification et Maintenance fournie en annexe. Il conviendra de faire réaliser une mise à jour de cette dernière, une fois l'installation effectuée.

11. TABLEAU DE SYNTHESE

Installations/ Equipements	Travaux à mettre en œuvre
EFFETS DIRECTS	
UVE	Installation d'un SPF **de niveau I,** conformément au § 6 de cette Etude Technique
Canalisations	Mise à la terre des canalisations selon le § 6.5
EFFETS INDIRECTS	
TGBT et alimentation des lignes extérieurs	Mise en place de parafoudres **type 1** onde 10/350 µs, Iimp ≥ 12,5kA, conformément au § 7 de cette étude technique.
Alimentation Sprinkler, Centrale de détection incendie, centrale de détection gaz, Surpresseur RIA	Protection par parafoudres type 2 : onde 8/20 µs, In ≥ 5 kA minimum et Up ≤ 1,5 kV, conformément au § 7 de cette étude technique.
Courant faible portail +pont bascule	Protection par parafoudres courant faible adapté, conformément au § 7 de cette étude technique. Ou Mise en place de câbles écrantés sur les lignes à protéger.
PREVENTION	
Ensemble du site	Procédure à mettre en place et respecter en période orageuse

Tableau 24: Tableau de synthèse

Notre étude est construite sur la base que les installations (électriques, structurelles, mises à la terre, …) sont conformes aux normes et législations en vigueur, qu'elles sont vérifiées et maintenues en état par le maître d'ouvrage.

NOTA :
« *Une installation de protection contre la foudre, conçue et installée conformément aux présentes normes, ne peut assurer la protection absolue des structures, des personnes et des biens, et de l'Environnement. Néanmoins, l'application de celles-ci doit réduire de façon significative les risques de dégâts dus à la foudre sur les équipements, les structures et les hommes* ».

ANNEXE 1

Note de calcul distance de séparation

CALCUL de la DISTANCE de SEPARATION s

PDA 1

Niveau de protection	IV
Coefficient Ki	0,04

Niveau de protection	Ki
I	0,08
II	0,06
III	0,04
IV	0,04

Nombre de conducteurs de descente	2
Coefficient Kc	0,75

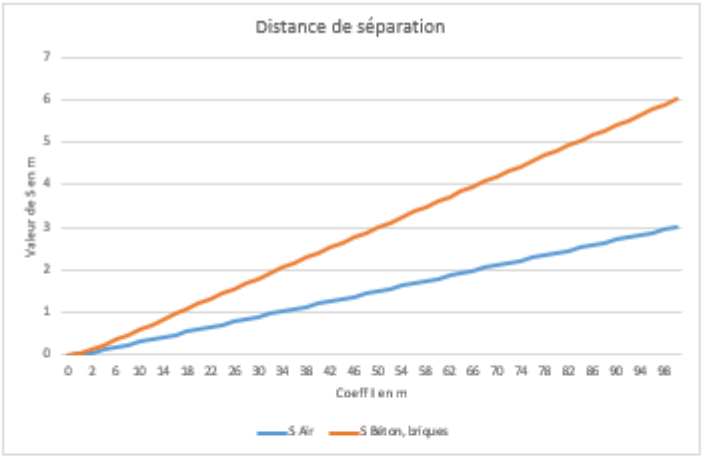
Nombre de conducteurs de descente	Kc
1	1
2	0,75
3	0,6
4 et +	0,41

Coefficient Km Air	1
Coefficient Km Béton, Briques	0,5
Coefficient l	23 m

Matériau	Km
Air	1
Béton, Briques	0,5

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} l$$

Calcul de S Air max	0,870 m
Calcul de S Béton, Briques max	1,740 m



NOTA: *La distance de séparation est la distance minimale pour laquelle il n'y a pas formation d'étincelle dangereuse entre un conducteur de descente écoulant le courant de foudre et une masse conductrice voisine liée la terre. Pour qu'il y ait isolement au sens des étincelles dangereuses, il faut que la distance d séparant le système de protection contre la foudre de l'élément conducteur considéré, soit supérieur à s.*

CALCUL de la DISTANCE de SEPARATION s

PDA 2

Niveau de protection	IV
Coefficient Ki	0,04

Niveau de protection	Ki
I	0,08
II	0,06
III	0,04
IV	0,04

Nombre de conducteurs de descente	2
Coefficient Kc	0,75

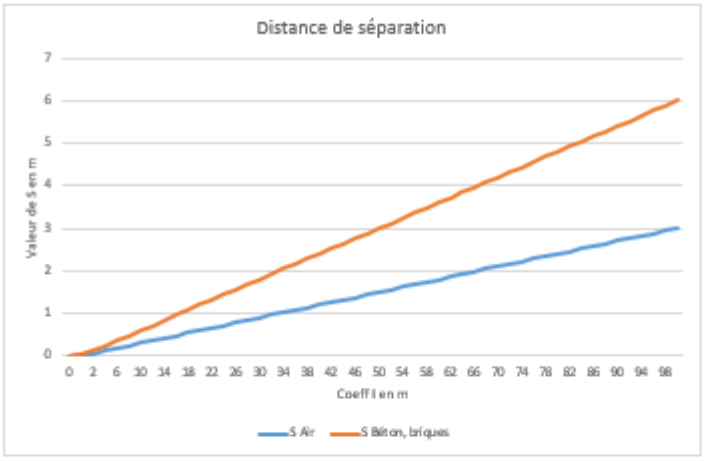
Nombre de conducteurs de descente	Kc
1	1
2	0,75
3	0,6
4 et +	0,41

Coefficient Km Air	1
Coefficient Km Béton, Briques	0,5
Coefficient l	45 m

Matériau	Km
Air	1
Béton, Briques	0,5

Calcul de S Air max	**1,350**	**m**
Calcul de S Béton, Briques max	**2,700**	**m**

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} l$$



NOTA: *La distance de séparation est la distance minimale pour laquelle il n'y a pas formation d'étincelle dangereuse entre un conducteur de descente écoulant le courant de foudre et une masse conductrice voisine liée la terre. Pour qu'il y ait isolement au sens des étincelles dangereuses, il faut que la distance d séparant le système de protection contre la foudre de l'élément conducteur considéré, soit supérieur à s.*

ANNEXE 2

Notice de Vérification et de Maintenance

NOTICE DE VERIFICATION ET DE MAINTENANCE

UVE
LIMOGES (87)

Rédacteur	Vérification	Révision
Nom : **Mohamed-Amin KENZARI** Société : RG CONSULTANT Date : 03/12/2025 Visa 	Nom : **Julien TISON** Société : RG CONSULTANT Date : 08/12/2025 Visa 	**A**

333 cours du 3ème Millénaire - 69800 SAINT-PRIEST - France
Bâtiment Le Pôle – 2ème étage
Tél. +33 (0)4 37 41 16 10
info@rg-consultant.com - www.rg-consultant.com

8 Rue Jean Jaurès – 35000 RENNES - France
Tél. +33 (0)6 79 97 46 02
info@rg-consultant.com - www.rg-consultant.com

Qualifoudre INERIS N° 07117953403 6

SOMMAIRE

1. ORDRES DES VERIFICATIONS 4

1.1 PROCEDURE DE VERIFICATION 4
1.2 VERIFICATION DE LA DOCUMENTATION TECHNIQUE 4
1.3 VERIFICATIONS VISUELLES 4
1.4 VERIFICATIONS COMPLETES 5
1.5 DOCUMENTATION DE LA VERIFICATION 6

2. MAINTENANCE 7

2.1 REMARQUES GENERALES 7
2.2 PROCEDURE DE MAINTENANCE 8
2.3 DOCUMENTATION DE MAINTENANCE 8

3. DESCRIPTION DES SPF MIS EN PLACE 9

3.1 INSTALLATIONS EXTERIEURES DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE (I.E.P.F) 9
3.1.1 Implantations des SPF 9
3.1.2 Caractéristiques des dispositifs de capture 10
3.1.3 Mise à la terre des canalisations 10
3.2 INSTALLATIONS INTERIEURES DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE (I.I.P.F) 11

4. NOTICE DE VERIFICATION 12

4.1 NOTICES DE VERIFICATION DES SYSTEMES DE PROTECTION FOUDRE (SPF) 12
4.2 NOTICE DE VERIFICATION DES PARAFOUDRES 14

5. CARNET DE BORD 15

TABLE DES MODIFICATIONS

Rév	Chrono secrétariat	Date	Objet
A	RGC 32 972	03/12/2025	Notice de vérification et de maintenance

GLOSSAIRE

ICPE : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

EIPS : Equipements Importants Pour la Sécurité

SPF : Système de Protection contre la Foudre

IEPF : Installation Extérieure de Protection contre la Foudre

IIPF : Installation Intérieure de Protection contre la Foudre

1. ORDRES DES VERIFICATIONS

1.1 Procédure de vérification

Le but des vérifications est de s'assurer que le système est conforme aux normes en vigueur.

Elles comprennent la vérification de la documentation technique, les vérifications visuelles, les vérifications complètes et la documentation de ces inspections.

1.2 Vérification de la documentation technique

Il y a lieu de vérifier la documentation technique totalement, pour s'assurer de la conformité à la série des normes NF EN 62305 et de la cohérence avec les schémas d'exécution.

1.3 Vérifications visuelles

Il convient d'effectuer des vérifications visuelles pour s'assurer que :

- La conception est conforme aux normes :
  - NF-EN 62-305,
  - NF C-17-102
  - NF C 15-100-1
  - NF EN 62-561-x (avec x de 1 à 7),
- Le Système de Protection Foudre est en bon état,
- Les connexions sont serrées et les conducteurs et bornes présentent une continuité,
- Aucune partie n'est affaiblie par la corrosion, particulièrement au niveau du sol,
- Les connexions visibles de terre sont intactes (opérationnelles),
- Tous les conducteurs visibles et les composants du système sont fixés et protégés contre les chocs et à leur juste place,
- Aucune extension ou modification de la structure protégée n'impose de protection complémentaire,
- Aucun dommage du système de protection des parafoudres et des fusibles n'est relevé,
- L'équipotentialité a été réalisée correctement pour de nouveaux services intérieurs à la structure depuis la dernière inspection et les essais de continuité ont été effectués,
- Les conducteurs et connexions d'équipotentialité à l'intérieur de la structure sont en place et intacts,
- Les distances de séparation sont maintenues,
- L'inspection et les essais des conducteurs et des bornes d'équipotentialité, des écrans, du cheminement des câbles et des parafoudres ont été contrôlés et testés.

1.4 Vérifications complètes

La vérification complète et les essais des SPF comprennent une inspection visuelle complétée par :

- Vérification du câblage du parafoudre avec ouverture des plastrons le cas échéant.
- Les essais de continuité des parties non visibles lors de la vérification initiale et qui ne peuvent être contrôlées par vérification visuelle ultérieurement ;
- Les valeurs de résistance de la prise de terre. Il convient d'effectuer des mesures de terre isolées ou associées et d'enregistrer les valeurs dans un rapport de vérification du SPF.
- Le contrôle de la partie active des têtes des Paratonnerres à Dispositifs d'Amorçages.
- La résistance de chaque électrode de terre et si possible, la résistance de la prise de terre complète
- Il convient de mesurer chaque prise de terre locale à partir de la borne d'essai en position ouverte (mesure isolée).

Si la valeur de la résistance globale de la prise de terre excède 10 Ω, un contrôle est effectué pour vérifier que la prise de terre soit conforme.

Si la valeur de la résistance de la prise de terre s'est sensiblement accrue, des recherches sont effectuées pour en déterminer les raisons et prendre les mesures nécessaires.

Pour les prises de terre dans des sols rocailleux, il convient de se conformer au chapitre E.5.4.3.5 de la norme NF EN 62305. La valeur de 10 Ω n'est pas applicable dans ce cas.

Les résultats des contrôles visuels des connexions des conducteurs et jonctions ou leur continuité électrique.

Si la prise de terre n'est pas conforme à ces exigences ou si le contrôle de ces exigences n'est pas possible, faute d'informations, il convient d'améliorer la prise de terre par des électrodes complémentaires ou par l'installation d'un nouveau réseau de terre.

1.5 Documentation de la vérification

Le carnet de bord joint en chapitre 5, retrace l'historique des vérifications périodiques destinées à l'inspecteur, et comporte la nature des vérifications (mesure de continuité, de la résistance des terres, vérification à la suite d'un accident, type de vérification : visuelle ou complète), ainsi que les méthodes d'essai et les résultats des données obtenues.

Il est recommandé que l'inspecteur élabore un rapport qui sera conservé avec les rapports de conceptions, de maintenances et de vérifications antérieurs.

Il convient que le rapport de vérification du Système de Protection Foudre comporte les informations suivantes :

- Les conditions générales des conducteurs de capture et des autres composants de capture ;
- Le niveau général de corrosion et de la protection contre la corrosion ;
- La sécurité des fixations des conducteurs et des composants ;
- Les mesures de la résistance de la prise de terre ;
- Les écarts par rapport aux normes ;
- La documentation sur les modifications et les extensions du système et de la structure. De plus, les schémas d'installation et de conception ont lieu d'être revus ;
- Les résultats des essais effectués.

2. MAINTENANCE

Il convient de vérifier régulièrement le SPF afin de s'assurer qu'il n'est pas détérioré et qu'il continue à satisfaire aux exigences pour lesquelles il a été conçu. Il convient que la conception d'un SPF détermine la maintenance nécessaire et les cycles de vérification conformément au Tableau suivant.

Niveau de protection	Inspection visuelle année	Inspection complète année	Inspection complète des situations critiques [a] [b] année
I et II	1	2	1
III et IV	1	4	1

[a] Il convient que les systèmes de protection contre la foudre utilisés dans les applications impliquant des structures avec un risque dû aux matériaux explosifs, fassent l'objet d'une inspection visuelle tous les 6 mois. Il convient de soumettre l'installation à des essais électriques une fois par an. Une exception acceptable au programme d'essai annuel consisterait à effectuer les essais sur un cycle de 14 à 15 mois lorsqu'il est considéré avantageux d'effectuer des essais de résistance de terre à des périodes différentes de l'année pour être informé des variations saisonnières.

[b] Les situations critiques peuvent inclure les structures contenant des réseaux internes sensibles, les immeubles administratifs et commerciaux ou les lieux de présence potentielle d'un grand nombre de personnes.

Tableau 25 : Périodicité selon le niveau de protection.

Les intervalles entre inspections donnés dans le tableau ci-dessus s'appliquent dans le cas où il n'existe pas de texte réglementaire de juridiction. Or, pour le cas du site **UVE de LIMOGES (87)** l'arrêté du 4 Octobre 2010 modifié précise que la vérification visuelle doit être réalisée tous les ans et la vérification complète tous les deux ans.

2.1 Remarques générales

Les composants du SPF perdent de leur efficacité au cours des ans en raison de la corrosion, des intempéries, des chocs mécaniques et des impacts de foudre.

Il y a lieu que l'inspection et la maintenance soient faites par un organisme agréé **Qualifoudre**.

Pour effectuer la maintenance et les vérifications du système de protection, il convient de coordonner les deux programmes, vérification et maintenance.

La maintenance d'un système de protection est importante même si le concepteur du SPF a pris des précautions particulières pour la protection contre la corrosion et a dimensionné les composants en fonction de l'exposition particulière contre les dommages de la foudre et les intempéries, en complément des exigences des normes NF EN 62 305 et NF C 17102.

Il convient que les caractéristiques mécaniques et électriques d'un système de protection soient maintenues toute la durée de sa vie afin de satisfaire aux exigences des normes.

Si des modifications sont effectuées sur le bâtiment ou sur l'équipement ou si sa vocation est modifiée, il peut être nécessaire de modifier le système de protection.

Si une vérification montre que des réparations sont nécessaires, celles-ci seront exécutées sans délai et ne peuvent être reportées à la révision suivante.

2.2 Procédure de maintenance

Le site **UVE** sur la commune de **LIMOGES (87)** doit établir des programmes de vérifications périodiques pour tous les SPF.

La fréquence des procédures de maintenance dépend :

- De la dégradation liée à la météorologie et à l'environnement ;
- De l'exposition au danger de foudre ;
- Du niveau de protection donné à la structure.

Une inspection visuelle est obligatoire tous les ans et une inspection complète doit être faite tous les deux ans.

Le carnet de bord comporte un programme de maintenance, listant les vérifications de manière que la maintenance soit régulièrement suivie et comparée avec les vérifications antérieures.

Le programme de maintenance comporte les informations suivantes :

- Vérification de tous les conducteurs et composants du SPF ;
- Vérification de la continuité électrique de l'installation ;
- Mesure de la résistance de terre du système de mise à la terre ;
- Vérification des parafoudres ;
- Re-fixation des composants et des conducteurs ;
- Vérification de l'efficacité du système après modifications ou extensions de la structure et de ses installations.

2.3 Documentation de maintenance

Il convient que des enregistrements complets soient effectués lors des procédures de maintenance et qu'ils comportent les actions correctives prises ou à prendre.

Ces enregistrements fournissent des moyens d'évaluation des composants et de l'installation du SPF.

Il convient que ces enregistrements servent de base pour la révision et la modernisation des programmes de maintenance du SPF et qu'ils soient conservés avec les rapports de conception et de vérification.

3. DESCRIPTION DES SPF MIS EN PLACE

3.1 Installations Extérieures de Protection contre la foudre (I.E.P.F)

3.1.1 Implantations des SPF

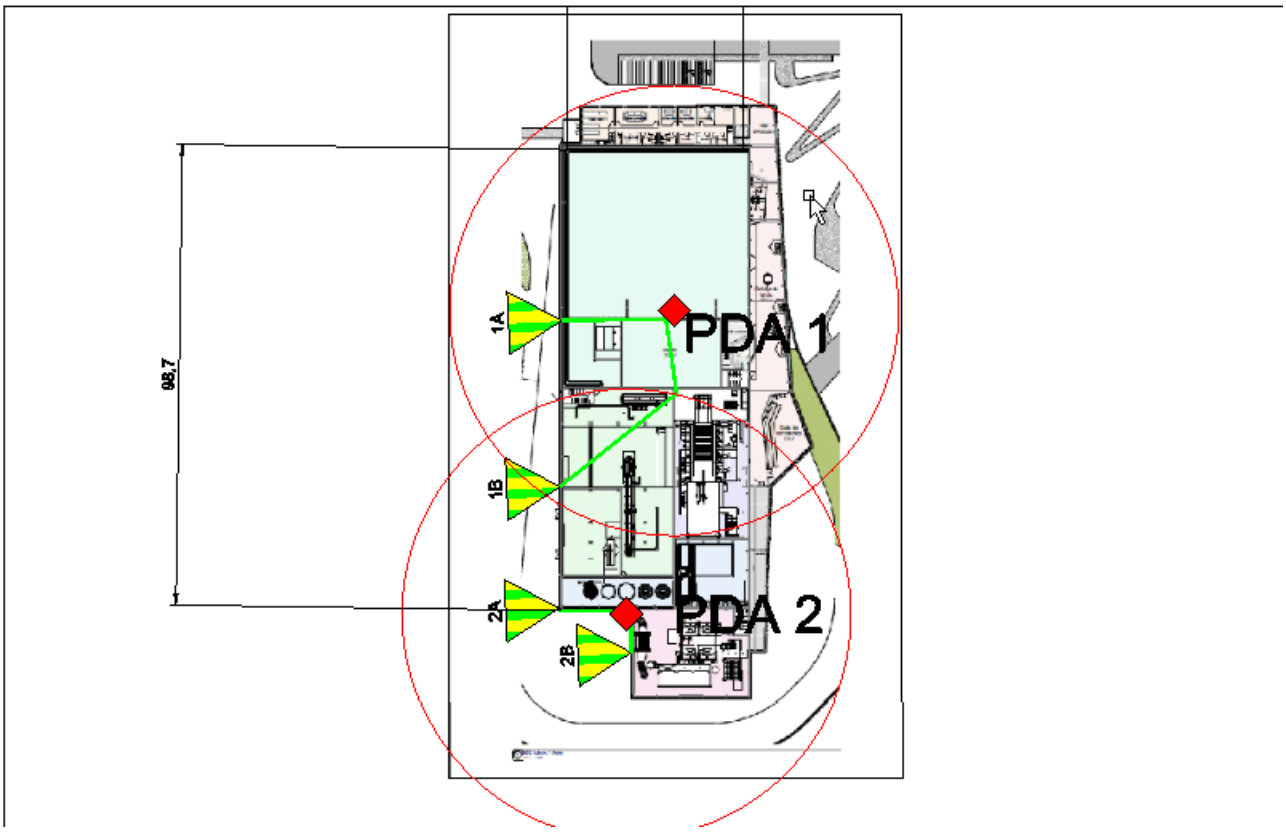


Figure 12 : Implantation des paratonnerres

Légende :			
○	Rayon de protection 48,2 m (réduction des 40% appliquée)	◆	PDA à 5 m de hauteur utile
01	Prise de terre	—	Conducteur de descente

Tableau 26 : Légende des I.E.P.F

3.1.2 Caractéristiques des dispositifs de capture

	PDA 1	PDA 2
Avance à l'amorçage	60 µs	60 µs
Hauteur par rapport à la surface à protéger	6 m	6 m
Niveau de protection	1	1
Rayon de protection	47,4 m	47 ,4 m
Distance de séparation	0,9 m	1,4 m

Tableau 27 : Caractéristiques des dispositifs de capture

3.1.3 Mise à la terre des canalisations

Localisation	Section du conducteur	Etat	Résultat
Canalisation Gaz	*mm²*		
Canalisations Eaux Usées	*mm²*		
Canalisations Eaux Pluviales	*mm²*		
Canalisations AEP	*mm²*		
Canalisations Sprinkler	*mm²*		
Canalisations RCU	*mm²*		

Tableau 28 : Mise à la terre des canalisations

3.2 Installations Intérieures de Protection contre la Foudre (I.I.P.F)

Caractéristiques des parafoudres mis en œuvre :

Bâtiment	Armoire/Equipement	Type	Marque - réf	Up (kV)	In- (kA)	Iimp- Imax (kA)	Dispositif de déconnexion
UVE	TGBT	1					
	Alimentation portail	1					
	Alimentation borne IRVE	1					
	Alimentation portail	1					
	Alimentation Centrale SSI	2					
	Alimentation centrale gaz	2					
	Sprinkler	2					
	Surpresseur RIA	2					

Tableau 29 : Liste des parafoudres

4. NOTICE DE VERIFICATION

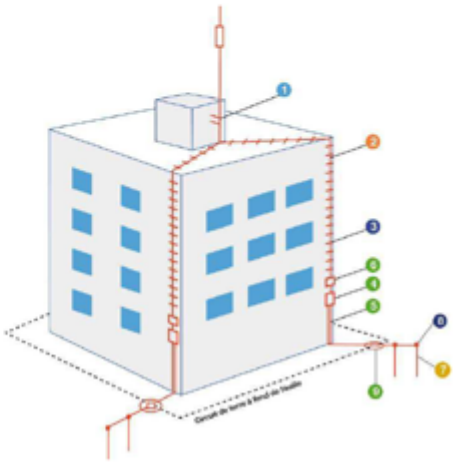
4.1 Notices de vérification des Systèmes de Protection Foudre (SPF)

FICHE CONTROLE PDA

Numéro du PDA : .....

BATIMENT PROTEGE :

CARACTERISTIQUES PDA	
Modèle :	
Marque :	
Hauteur du mât :	
Avance à l'amorçage:	
Testable à distance : Oui ☐ Non ☐	**Résultat du test de la tête :** Positif ☐ Négatif ☐
Nombre de conducteur de descente :	
Niveau de protection : ☐ I ☐ II ☐ III ☐ IV	
Rayon de protection : ..... (m)	



✓ **INSPECTION VISUELLE :**

1- Etat des composants du dispositif de capture :

Etat visuel d'ensemble :	☐ Conforme	☐ Non-conforme	.....
Etat des composants :	☐ Conforme	☐ Non-conforme	.....
Etat du mât du paratonnerre :	☐ Conforme	☐ Non-conforme	.....
Etat des ancrages :	☐ Conforme	☐ Non-conforme	.....
Etat des connexions :	☐ Conforme	☐ Non-conforme	.....

2- Nature et composition des conducteurs de descentes :

Type et matériau :	☐ Conforme	☐ Non-conforme	.....
Présence de joints de contrôle:	☐ Conforme	☐ Non-conforme	.....
Cheminement du conducteur de descente:	☐ Conforme	☐ Non-conforme	.....
Raccordement au dispositif de capture :	☐ Conforme	☐ Non-conforme	.....
Continuité des conducteurs de descente :	☐ Conforme	☐ Non-conforme	.....

3- Installation et état des conducteurs de descentes :

Rayons de courbure des coudes des conducteurs : ☐ Conforme ☐ Non-conforme .....

Etat des connexions : ☐ Conforme ☐ Non-conforme .....

Fixation du conducteur de descente (3 par m) : ☐ Conforme ☐ Non-conforme .....

Croisement avec des canalisations électriques : ☐ Conforme ☐ Non-conforme .....

Connexions équipotentielles avec les dispositifs internes et les plans de masses ou de terre :

☐ Conforme ☐ Non-conforme .....

Distance de séparation par rapport aux masses métalliques : ..... (m)

☐ Conforme ☐ Non-conforme .....

Protection mécanique du conducteur de descente au niveau du sol ou gaine isolée :

☐ Conforme ☐ Non-conforme .....

Compteur de coup de foudre : ☐ Conforme ☐ Non-conforme .....

Nombre d'impact relevé: .....

Pancarte d'avertissement: ☐ Présente ☐ Absente .....

4- Prise de terre :

Appareil utilisé pour les mesures : .....

Constitution : ☐ Conforme ☐ Non-conforme .....

Etat : ☐ Conforme ☐ Non-conforme .....

Prise de terre de type :

☐ A ☐ B .....

Valeur des prises de terre de type A (Ohms) :

Valeur de la prise de terre de type B : .....(Ohms)

☐ Conforme ☐ à Améliorer .....

Présence du piquet de terre :

☐ Conforme ☐ Non-conforme .....

RESULTAT DE LA VERIFICATION :

_____

_____

ACTIONS CORRECTIVES :

_____

_____

4.2 Notice de vérification des parafoudres

➢ **Description de l'équipement à vérifier**

FICHE CONTROLE DES PARAFOUDRES

Nom de l'armoire : ..... Photos : .....

EQUIPEMENTS PROTEGES :

CARACTERISTIQUES PARAFOUDRES

Régime de Neutre : .....

Marque : .....

- ☐ Tétra
- ☐ Tri
- ☐ Mono

Type 1 ☐ Type 3 ☐

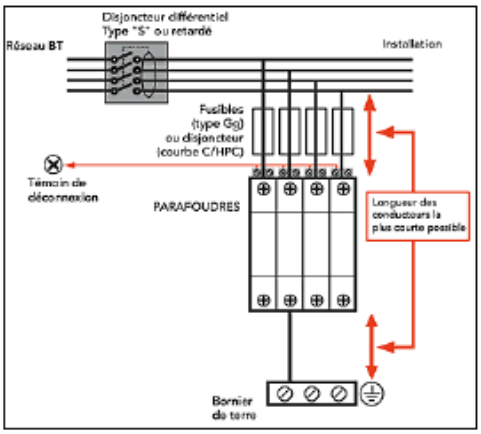
Type 2 ☐

Up : .....kV

Uc : V

Pour type 1 :
I_{imp} : .....kA

Pour type 2 ou 3 :
In : .....kA
Imax : .....kA



INSPECTION VISUELLE :

- ➢ Règle des 50 cm respectée ☐ OUI ☐ NON .....
- ➢ Section des câbles respectée ☐ OUI ☐ NON .....
- ➢ Signalisation du défaut du parafoudre ☐ OUI ☐ NON .....
- ➢ Présence étiquette ☐ OUI ☐ NON .....
- ➢ Dispositif de coupure associé existant ☐ OUI ☐ NON .....
- ➢ Sélectivité ☐ OUI ☐ NON .....
  - – Calibre Disjoncteur Armoire : .....
  - – Calibre Disjoncteur/Fusible PRF : .....
- ➢ Présence fusible dans PF ☐ OUI ☐ NON .....

RESULTAT DE LA VERIFICATION :

_____

_____

ACTIONS CORRECTIVES :

_____

_____

5. CARNET DE BORD

Qualifoudre INERIS

N° 071179534036

INSTALLATIONS DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE

CARNET DE BORD

Raison sociale : _____

Adresse de l'Établissement :

CARNET DE BORD

Ce carnet de bord est la trace de l'historique de l'installation de protection foudre et doit être tenu à jour sous la responsabilité du Chef d'Etablissement.
Il doit rester à la disposition des Agents des Pouvoirs Publics chargés du contrôle de l'Établissement.
Il ne peut sortir de l'Etablissement ni être détruit lorsqu'il est remplacé par un autre carnet de bord.

Renseignements sur l'Etablissement

Nature de l'activité : .....

N° de classification INSEE : .....

Classement de l'Etablissement à la date du : …… ; Type : …… ; Catégorie : …….

à la date du : …… ; Type : …… ; Catégorie : …….

à la date du : …… ; Type : …… ; Catégorie : …….

Pouvoirs Publics exerçant le contrôle de l'Etablissement :

Inspection Du Travail
- ……
- ……
- ……

Commission De Sécurité
- ……
- ……
- ……

DREAL
- ……
- ……
- ……

Personne responsable de la surveillance des installations :

NOM	QUALITE	DATE D'ENTREE EN FONCTION

HISTORIQUE DES INSTALLATIONS DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE

I - DEFINITION DES BESOINS DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE

DATE DE REDACTION	INTITULE DU RAPPORT	SOCIETE	NOM DU REDACTEUR / N° QUALIFOUDRE
03/12/2025	Analyse du Risque Foudre	RG Consultant	M.KENZARI 071179534036

II – ETUDE TECHNIQUE DES PROTECTIONS ET NOTICE DE CONTROLE ET DE MAINTENANCE

DATE DE REDACTION	INTITULE DU RAPPORT	SOCIETE	NOM DU REDACTEUR / N° QUALIFOUDRE
03/12/2025	Etude technique foudre	RG Consultant	M.KENZARI 071179534036

Les installations de protection sont décrites dans le rapport initial, leurs modifications sont signalées dans les rapports suivants.

III – INSTALLATION DES PROTECTIONS

DATE DE REDACTION	INTITULE DU RAPPORT	SOCIETE	NOM DU REDACTEUR / N° QUALIFOUDRE

IV– VERIFICATIONS PERIODIQUES & MAINTENANCE

Installation Extérieure de Protection Foudre (I.E.P.F)							
	VERIFICATEUR	**Nom et Qualité** de la personne qui a effectué la vérification ou **N° QUALIFOUDRE**					
	RESULTATS DE LA VERIFICATION	Actions prises ou à prendre					
		Indiquer les valeurs obtenues ou les constations faites Référence des rapports					
	NATURE DE LA VERIFICATION	Mesure de la résistance de terre du système de mise à la terre					
		Vérification de la continuité électrique de l' installation					
		Vérification de tous les conducteurs et composants du SPF (test de l' électronique pour les PDA)					
		Type de protection					
		Date					

Installation Intérieure de Protection Foudre (I.I.P.F)

La vérification des parafoudres type 1 et type 2 se font, tout d'abord, **visuellement** tous **les ans** (signalisation qui donne l'état du parafoudre, lire la notice du constructeur pour connaître la méthode de signalisation utilisée), et la **vérification plus complète** nécessitant le démontage des parafoudres tous les **2 ans** (valise test).

La maintenance doit être faite dès qu'un parafoudre est défectueux, et dès qu'un composant ou un conducteur n'est plus ou mal fixé.

La vérification de l'efficacité du système doit être effectuée après chaque modification ou extension de la structure et de ses installations.

A) Cas des parafoudres à modules déconnectables

- Ouvrir le disjoncteur associé aux parafoudres.
- Enlever le module déconnectable hors service.
- Mettre en place un nouveau module.
- Vérifier la fonction test du disjoncteur.
- Fermer le disjoncteur.
- Vérifier la signalisation (*) des parafoudres (parafoudre en service).

(*) Signalisation qui donne l'état du parafoudre (lire la notice du constructeur pour connaître la méthode de signalisation utilisée).

B) Parafoudres non déconnectables

- Consigner l'armoire électrique (ouverture du disjoncteur général de l'armoire et des disjoncteurs secondaires).
- Ouvrir le disjoncteur associé aux parafoudres.
- Enlever le parafoudre défectueux.
- Mettre en place un nouveau parafoudre.
- Vérifier la fonction test du disjoncteur.
- Fermer le disjoncteur.
- Vérifier la signalisation des parafoudres (parafoudre en service).
- Enlever la consignation de l'armoire (fermer le disjoncteur général, réenclencher les disjoncteurs secondaires un par un).

ANNEXE 3

Lexique

Acronymes	Définitions
AEP	Adduction d'Eau Potable
ARF	Analyse de Risque Foudre
ATEX	Atmosphère EXplosive
BT	Basse Tension
CFA	Courant FAible
CFO	Courant FOrt
CVC	Chauffage, Ventilation et Climatisation
EIPS	Equipements Important Pour la Sécurité
GE (M)	Groupe Électrogène (Mobile)
HT	Haute Tension
ICPE	Installation Classée Protection de l'Environnement
Icc	Courant de court-circuit ou Intensité de Court-Circuit
IEPF	Installation Extérieure de Protection contre la Foudre
Iimp	Courant de décharge impulsionnel = Tenue maximale sans destruction du parafoudre sur 1 choc de foudre (Onde 10/350 µs)
IIPF	Installation Intérieure de Protection contre la Foudre
In	Courant de décharge nominal correspond à la tenue répétitive sans destruction du parafoudre de type 1 ou de type 2 (15 chocs en onde 8/20 µs)
IT	Neutre Isolé et Masse à la terre
MMR	Mesures de Maitrise des Risques
PDA	Paratonnerre à Dispositif d'Amorçage
PTS	Paratonnerre à Tige Simple
SO	Sans Objet
SPF	Système de Protection contre la Foudre
SSI	Système de sécurité incendie
TN S	Terre et Neutre Séparé
TN C	Terre et neutre Confondu
TT	Neutre et Masse à la Terre
Parafoudre Type 1+2	Parafoudre testé et conforme aux courants d'onde 10/350 µs **ET** 8/20 µs
Uc	Tension de fonctionnement pouvant être appliquée de façon continue aux bornes du parafoudre
Uoc	Tension maximale admissible du côté DC de l'onduleur
Up	Valeur de tension maximale aux bornes du parafoudres lorsqu'il est passant
Ut	Tension maximal temporaire acceptable par le parafoudre
Uw	Tension de tenue aux chocs de l'équipement

ANNEXE 5 ARIA, SYNTHESE « EXPLOSIONS DE BOUTEILLES DE PROTOXYDE D'AZOTE DANS LES INCINERATEURS DE DECHETS NON DANGEREUX BILAN 2024 », SEPTEMBRE 2025

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE,
DE LA BIODIVERSITÉ,
DE LA FORÊT, DE LA MER
ET DE LA PÊCHE

Liberté
Égalité
Fraternité

BARPI
DGPR SRT

ARIA

Synthèse

Septembre 2025

Explosions de bouteilles de protoxyde d'azote dans les incinérateurs de déchets non dangereux
Bilan 2024









ARIA

Crédits photos :

Thierry DEGEN/TERRA

DR Exploitant

DREAL Bourgogne-Franche-Comté

Sommaire

INTRODUCTION.....4

1. LE PROTOXYDE D'AZOTE.....5
2. LE NOMBRE D'EVENEMENTS RECENSES.....6
3. LA FREQUENCE DE CES EVENEMENTS.....7
4. LES CONSEQUENCES.....9
5. LE RETOUR D'EXPERIENCE DES EXPLOITANTS.....11

CONCLUSION..... 13

INTRODUCTION

Des usages détournés du protoxyde d'azote, en raison de son effet euphorisant, sont observés depuis 1999 par le dispositif TREND[1]. Une augmentation sensible de ces usages est recensée, avec des conséquences importantes sur la santé. L'augmentation de son utilisation génère une multiplication des déchets de bouteilles de protoxyde d'azote (cartouches métalliques). Ces bouteilles se retrouvent fréquemment dans les incinérateurs de déchets non dangereux et peuvent causer des explosions dans les fours lorsqu'elles ne sont pas totalement vides. En effet, dans ces circonstances, en raison des températures élevées, le gaz restant dans les bouteilles monte en pression jusqu'à ce que ces dernières explosent.

Les explosions de bouteilles de protoxyde d'azote peuvent rentrer dans le cadre des dispositions de l'article R. 512-69 du code de l'environnement[2]. Quand elles ont pour conséquences l'arrêt d'un four d'incinération, elles donnent lieu à un enregistrement dans la base de données ARIA[3].

Jusqu'à récemment, la majorité de ces événements ne faisait pas l'objet de déclaration de la part les exploitants, et n'était donc pas enregistrée dans la base. L'impact principalement économique de ces événements, sans conséquences environnementales ou humaines, pourrait expliquer cette situation.

Par ailleurs, les fédérations professionnelles ont diffusé plusieurs documents explicitant la récurrence et les conséquences de ces événements[4].

Pour disposer d'un état des lieux de ces événements et de les enregistrer le cas échéant dans la base de données ARIA, la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) a décidé de lancer en mars 2025 un recensement, pour l'année 2024, des explosions ayant entraîné un arrêt technique non programmé de la ligne d'incinération. Il a été demandé aux DREAL de transmettre à tous les incinérateurs de leur région cette demande de recensement.

Ce document présente une analyse des retours obtenus à la date du 1er avril 2025.

[1] Tendances récentes et nouvelles drogues (TREND) est un dispositif national de collecte d'informations, piloté depuis 1999 par l'Observatoire Français des Drogues et des Tendances addictives (OFDT)

[2] Article R. 512-69 du code de l'environnement : l'exploitant d'une installation soumise à autorisation, à enregistrement ou à déclaration est tenu de déclarer, dans les meilleurs délais, à l'inspection des installations classées les accidents ou incidents survenus du fait du fonctionnement de cette installation qui sont de nature à porter atteinte aux intérêts mentionnés à l'article L. 511-1.

[3] ARIA : la base de données ARIA est une base de données accessible gratuitement sur internet : https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr. Cette base de données est vivante et s'enrichit au fur et à mesure des remontées d'information, notamment de l'Inspection des Installations Classées. Il ne s'agit pas d'une base de données statistiques et n'est donc pas exhaustive de l'accidentologie observée.

[4] https://www.fnade.org/ressources/documents/source/1/6260-rapport_protoxyde_d_azote_VF_SVDU.pdf

1 Le protoxyde d'azote

Le protoxyde d'azote ou monoxyde de diazote, ou oxyde nitreux, ou hémioxyde d'azote est un composé chimique de formule N_2O. Il est également communément appelé « gaz hilarant » ou « proto ».

Ce gaz comburant est incolore, d'odeur et de saveur légèrement sucrées. Il est principalement utilisé dans le domaine médical, mélangé à de l'oxygène, pour son action anesthésiante/analgésiante, ou dans le domaine culinaire, pour les siphons à chantilly par exemple.

Le conditionnement de ce gaz est effectué dans des bouteilles métalliques, sous pression. Le volume de ces dernières est variable en fonction de l'usage auquel il est destiné.

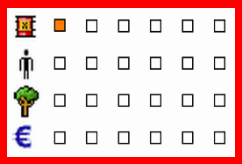
2 LE NOMBRE D'EVENEMENTS RECENSES

Sur les 119 incinérateurs de déchets non dangereux de métropole, le BARPI a eu connaissance d'informations sur 48 d'entre eux à la date du 1er avril 2025.

Ce recensement a permis d'enregistrer, dans la base de données ARIA, 148 explosions de bouteilles de protoxyde d'azote **ayant conduit à un arrêt technique non programmé**, au cours de l'année 2024.

3 LA FREQUENCE DE CES EVENEMENTS

Ces 148 événements concernent 29 installations d'incinération de déchets non dangereux. L'installation la plus impactée enregistre 19 arrêts techniques non programmés liés à des explosions de bouteilles de protoxyde d'azote. Cela représente plus de la moitié des arrêts techniques non programmés de cette installation (29 au total sur l'année 2024 sur ses 2 lignes d'incinération).



Explosion de bouteilles de protoxyde d'azote dans un incinérateur de déchets non dangereux
ARIA 63891 – 01/01/2024 – Thiverval-Grignon (78)

Des bouteilles de protoxyde d'azote explosent dans un four d'un incinérateur de déchets non dangereux. À 4h07, le four est arrêté pour réparer les dégâts matériels.

Des barreaux de la grille sont cassés. La ligne d'incinération est arrêtée pendant 46 h. Les pertes financières sont estimées à 58 000 €. 500 t de déchets ne peuvent pas être incinérées et 255 MWh d'électricité ne sont pas produits.

L'exploitant prend les mesures suivantes :

- communication auprès du syndicat intercommunal de gestion des déchets de l'obligation de jeter les bouteilles de protoxyde d'azote en déchetterie et sensibilisation des adhérents ;
- contrôle de manière inopinée des camions avant vidage. Toutefois, les résultats sont peu probants car les bouteilles sont difficiles à déceler sans procéder à l'ouverture des sacs d'ordures ménagères ;
- programmation de la modification des barreaux de grille par une technologie différente au prochain arrêt technique annuel.

Sur l'année, l'incinérateur a connu 18 autres arrêts techniques non programmés liés à des explosions de bouteilles de protoxyde d'azote conduisant au total à l'indisponibilité d'une ligne d'incinération pendant 980 h (ARIA 63892, 63893, 63894, 63895, 63896, 63897, 63898, 63899, 63900, 63901, 63919, 63920, 63921, 63974, 63975, 63976, 63978, 63980). 11 553 t de déchets n'ont pas pu être incinérées, 6 087 MWh d'électricité n'ont pas été produits et le coût financier est de l'ordre de 1,3 M€.

Toutefois, la présence d'une bouteille de protoxyde d'azote dans les déchets arrivant dans une installation d'incinération de déchets non dangereux ne conduit pas forcément à une explosion dans le four d'incinération. Les bouteilles ayant contenu du protoxyde d'azote et totalement vides n'explosent pas et sont retrouvées en sortie de l'incinérateur dans les mâchefers. L'analyse des mâchefers et le recensement des bouteilles de protoxyde d'azote dans ces derniers peuvent permettre de montrer l'ampleur du phénomène.

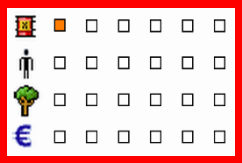




Bouteilles de protoxyde d'azote retrouvées dans les mâchefers d'un incinérateur de déchets non dangereux

Ainsi, en 2023, un incinérateur a recensé durant 15 jours le nombre de bouteilles de protoxyde d'azote retrouvées dans les mâchefers et a dénombré une moyenne journalière de 60 bouteilles.

Par ailleurs, chaque explosion liée à la présence d'une bouteille de protoxyde d'azote dans le four d'incinération ne conduit pas systématiquement à un arrêt technique non programmé. Ainsi, en 2024, une installation a recensé 474 explosions de bouteilles de protoxyde d'azote sur ses 2 lignes d'incinération qui ont conduit au total à 6 arrêts techniques non programmés. Le recensement a, par ailleurs, été effectué avec un outil qui sous-estime le nombre d'explosions.



Explosion de bouteilles de protoxyde d'azote dans un incinérateur de déchets non dangereux
ARIA 63910 – 24/01/2024 – Carrières-sous-Poissy (78)

Des bouteilles de protoxyde d'azote explosent dans un four d'un incinérateur de déchets non dangereux. Le four est arrêté pour réparer les dégâts matériels.

Des barreaux de grille sont cassés. Des dépassements sont observés sur les VLE en CO et COT. La ligne d'incinération est arrêtée pendant 37 h. Les pertes financières (pertes d'exploitation et frais de maintenance) sont de l'ordre de 55 000 €.

L'exploitant prend les mesures suivantes :

- communication et sensibilisation auprès du syndicat sur la gestion des déchets de bouteilles de protoxyde d'azote ;
- réflexion sur une nouvelle technologie de barreaux de grille en lien avec des travaux du groupe auquel il appartient.

Sur l'année, l'incinérateur a connu 5 autres arrêts techniques non programmés liés à des explosions de bouteilles de protoxyde d'azote conduisant au total à l'indisponibilité d'une ligne d'incinération pendant 188 h (ARIA 63912, 63914, 63917, 63918, 63927). Les pertes financières sur l'année sont de 328 000 €. Un outil interne a estimé 474 explosions de bouteille de protoxyde d'azote sur les 2 lignes d'incinération au cours de l'année. Cet outil sous-estime le nombre réel. En raison de ces explosions, des travaux supplémentaires ont été réalisés lors de l'arrêt technique annuel sur les barreaux des grilles, les réfractaires et les tubes des chaudières.

4 LES CONSEQUENCES

Les conséquences sont de diverses natures :

- matérielles : des équipements de grille cassés (barreaux, demi-lune…), des chutes de réfractaire sur la grille, des convoyeurs bloqués, des défauts sur le béton réfractaire, des fuites de cendres ;
- environnementales : des dépassements de VLE (Valeurs Limites d'Émission) semi-horaires dans les rejets atmosphériques pour les paramètres CO et COT. Ces dépassements sont liés à la perturbation de la combustion dans le four lors des phases d'arrêt et de redémarrage ;
- économiques : liées aux dégâts matériels mais également à la perte de la capacité d'incinération des déchets, la perte de la fourniture de chaleur, la perte de production d'électricité et une consommation de gaz supplémentaire (liée à l'arrêt du four).

Le coût de ces conséquences peut être important, chiffré dans un cas à plus de 800 000 euros pour un seul arrêt technique (comprenant les dégâts matériels et les pertes d'exploitation).

Explosion de bouteilles de protoxyde d'azote dans un incinérateur de déchets non dangereux
ARIA 63922 – 10/11/2024 – Saint-Ouen-l'Aumone (95)



Des bouteilles de protoxyde d'azote explosent dans un four d'un incinérateur de déchets non dangereux. À 23h14, le four est arrêté pour réparer les dégâts matériels.

Les grilles sont abîmées et de nombreux sommiers sont déformés. La ligne d'incinération est arrêtée pendant 157 h. Les pertes financières sont estimées à 818 000 € comprenant notamment les dégâts matériels et les pertes d'exploitation concernant les déchets non incinérés et l'arrêt de production de chaleur et d'électricité. 1 570 t de déchets ne peuvent pas être incinérées, 490 MWh d'électricité ne sont pas produits et 1596 MWh de chaleur ne sont pas distribués.

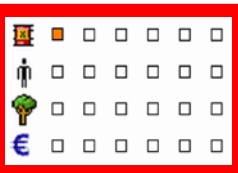
Pour 74 événements, les conséquences économiques ont été communiquées et s'élèvent à un total de plus de 6,7 millions d'euros, soit une moyenne de l'ordre de 90 000 euros par événement.

Par ailleurs, les exploitants rapportent que la répétition d'explosions entraîne une usure prématurée des équipements et nécessite des travaux plus importants lors des arrêts techniques annuels programmés sur les fours (casses mécaniques, défauts sur les réfractaires), sur la chaudière (impacts sur les tubes, génération de fuites), sur les extracteurs sous le four ou les convoyeurs (casses mécaniques). Toutefois, ce phénomène d'usure reste difficilement quantifiable.

Au-delà de ces conséquences directes, des conséquences indirectes liées à la prise en charge des déchets en attente d'incinération apparaissent, que ce soit par une augmentation des stockages sur les sites, une réorientation des déchets vers d'autres sites de traitement de déchets non dangereux,

impliquant une multiplication des transports, voire une modification du traitement final avec un envoi dans des installations de stockage de déchets non dangereux.

Les événements recensés en 2024 n'ont pas eu de conséquences humaines. Toutefois, un des exploitants a mentionné le cas de vitres de protection des hublots de chaudières soufflées par l'explosion, qui auraient pu blesser des opérateurs.



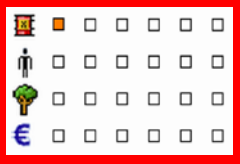
Explosion de bouteilles de protoxyde d'azote dans un incinérateur de déchets non dangereux
ARIA 64001 – 18/11/2024 – Lyon (69)

Des bouteilles de protoxyde d'azote explosent dans un four d'un incinérateur de déchets non dangereux. Le four est arrêté pour réparer les dégâts matériels.

Cinq barreaux de la grille sont cassés. La ligne d'incinération est arrêtée pendant 3 jours.

Plusieurs fois par semaine, des déflagrations liées à la présence de bouteilles de protoxyde d'azote sont constatées et les bouteilles sont retrouvées dans les mâchefers. La modification de la technologie sur les fixations des barreaux de grille de combustion, permet de maintenir les barreaux en place même s'ils sont cassés dans 80 % des cas selon l'exploitant. La fréquence des arrêts techniques non programmés a ainsi considérablement baissé sur le site par rapport aux années post-Covid, où entre 5 et 10 arrêts non programmés par an étaient nécessaires. Des vitres de protection des hublots de chaudières ont également été soufflées, montrant la dangerosité de ces explosions pour les opérateurs.

Sur les 148 événements recensés en 2024, la durée de l'arrêt technique est connue pour 118 événements et est comprise entre 24 minutes et 227 heures (soit 9 jours et 11 heures), avec une moyenne de 56 heures et une médiane de 49 heures.



Explosion de bouteilles de protoxyde d'azote dans un incinérateur de déchets non dangereux
ARIA 63952 – 07/10/2024 – Sarcelles (95)

Des bouteilles de protoxyde d'azote explosent dans un four d'un incinérateur de déchets non dangereux. Le four est arrêté pour réparer les dégâts matériels.
La ligne d'incinération est arrêtée pendant 227 h. De la chaleur ne peut pas être distribuée et de l'électricité ne peut pas être produite.
L'exploitant prend les mesures suivantes :

- sensibilisation des équipes à la problématique. Il est toutefois difficile de détecter une bouteille dans plusieurs tonnes de déchets ;
- communication auprès de l'établissement public en charge de la gestion des déchets ;
- réalisation d'une maintenance approfondie des grilles pendant les arrêts techniques pour limiter l'impact des explosions ;
- reprise du béton réfractaire à l'intérieur des fours pour éviter toute perte d'étanchéité entre l'enceinte du four et l'extérieur, et garantir la sécurité des employés.

Sur l'année, l'exploitant recense en moyenne par jour une dizaine d'explosions cumulées sur les 2 lignes d'incinération de son installation. L'incinérateur a, par ailleurs, connu un autre arrêt technique non programmé lié à des explosions de bouteilles de protoxyde d'azote conduisant au total à l'indisponibilité d'une ligne d'incinération pendant près de 305 h (ARIA 63965). Le coût financier est de l'ordre de 570 000 €, dont 300 000 € liés au détournement des déchets vers d'autres exutoires.

5 LE RETOUR D'EXPERIENCE DES EXPLOITANTS

Les déchets de bouteilles de protoxyde d'azote ne devraient pas être jetés avec les ordures ménagères et donc ne pas se retrouver dans les incinérateurs de déchets non dangereux. Cela est également vrai pour d'autres déchets. La particularité des bouteilles de protoxyde d'azote réside dans le fait qu'il s'agit de contenants sous pression qui peuvent exploser lors du processus d'incinération quand ils ne sont pas vides. Par ailleurs, l'augmentation de l'usage récréatif est à l'origine d'une recrudescence de ces bouteilles sur la voie publique. Enfin, ce type de déchets ne dispose pas, à ce jour, d'une filière dédiée.

Les mesures prises ou proposées par des exploitants sont les suivantes :

- sur l'état des lieux :
  - réalisation d'audits sur les mâchefers afin d'évaluer le taux de bouteilles de protoxyde d'azote par tonne de déchets traités ;
  - mise en place ou amélioration d'un outil de suivi du nombre d'explosions dans les fours ;

- sur la conception des installations :
  - recherche de nouvelles solutions techniques pour modifier la conception des barreaux de four (à noter qu'un exploitant a changé la conception de ses barreaux, mais finalement sans l'impact positif escompté) ;
  - modification de la technologie de fixation des barreaux de grille de combustion, permettant de maintenir les barreaux en place même s'ils sont cassés dans un certain nombre de cas ;
  - diminution de la course de grille afin de réduire l'impact des explosions sur le nez des barreaux qui est une zone fragile ;

- sur la prévention :
  - examen de la possibilité d'implantation de points de collecte des bouteilles de protoxyde d'azote dans des lieux ciblés de la commune. L'installation de tels points de collecte engendre toutefois un coût de prise en charge pouvant être important pour la collectivité ;
  - recherche de solutions pour identifier les bouteilles de protoxyde d'azote en amont dans les bennes de déchets non dangereux ;

- étude de l'amélioration du tri de ce type de bouteilles dans les centres de tri, transit, regroupement de déchets non dangereux, situés en amont des installations d'incinération, afin d'accroître la captation des bouteilles de protoxyde d'azote avant l'incinération des déchets ;

- contrôle de manière inopinée des camions avant vidage. Toutefois, les résultats sont peu probants car les bouteilles sont difficiles à déceler sans procéder à l'ouverture des sacs d'ordures ménagères ;

- actions de communication et de sensibilisation auprès des collectivités sur les risques liés à la présence de ces bouteilles dans les déchets voués à être incinérés. Une attention renforcée est demandée notamment lors des collectes des poubelles de rues, particulièrement aux abords des lieux de fêtes ou de sorties. À ce titre, il peut être envisagé d'intégrer cette problématique dans tous les plans « fêtes » des communes. Ces actions peuvent être également ciblées auprès des directeurs de services techniques, des agents municipaux, des jeunes publics (un exploitant a diffusé un film sur les réseaux sociaux), des parents, des usagers des déchetteries, de l'ensemble des apporteurs de déchets des incinérateurs (avec par exemple la création d'une affiche) ;

- <u>sur l'exploitation</u> :

  - sensibilisation des équipes au retrait des bouteilles qui seraient repérées lors du déchargement des ordures ménagères dans la fosse. Il est toutefois difficile de détecter une bouteille dans plusieurs tonnes de déchets ;

  - prise en compte dans les procédures d'exploitation de la possibilité d'explosion dans le four lors d'une ronde de contrôle ou lors d'une intervention de maintenance ;

- <u>sur la maintenance</u> :

  - mise en place d'une procédure pour l'inspection des grilles de four ;

  - réalisation d'une maintenance approfondie des rouleaux ou des grilles pendant les arrêts techniques pour limiter l'impact des explosions ;

  - reprise du béton réfractaire à l'intérieur des fours, lors d'un arrêt technique programmé, pour éviter toute perte d'étanchéité entre l'enceinte du four et l'extérieur, et garantir la sécurité des employés.

Conclusion

Véritable enjeu de société, en raison de ses usages détournés, le protoxyde d'azote est également un sujet majeur pour les exploitants d'installations d'incinération de déchets non dangereux. En effet, les bouteilles le contenant sont trop souvent dirigées vers les filières de traitement des ordures ménagères résiduelles, qui ne sont adaptées à ce type de déchets. Ces bouteilles lorsqu'elles ne sont pas totalement vidées, sont à l'origine d'explosions dans les fours des unités d'incinération. Ce phénomène dangereux a pour conséquence principale des détériorations matérielles, qui génèrent soit une usure prématurée du four d'incinération conduisant à des travaux plus conséquents lors des arrêts techniques programmés, soit des arrêts techniques non programmés afin de maintenir le four en fonctionnement. Au-delà des conséquences économiques directes (travaux de réparation mais également perte de la capacité d'incinération des déchets, de la fourniture de chaleur, de la production d'électricité et consommation de gaz supplémentaire), la gestion des déchets ne pouvant être incinérés durant ces arrêts forcés est un véritable enjeu.

Ce bilan pour l'année 2024 établit que de nombreuses installations d'incinération de déchets non dangereux sont concernées par la problématique des explosions de bouteilles de protoxyde d'azote. Il met également en exergue les mesures prises ou proposées par les exploitants pour tenter de limiter ce risque. Sa diffusion contribue ainsi au partage de retour d'expérience sur cette thématique.

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE,
DE LA BIODIVERSITÉ,
DE LA FORÊT, DE LA MER
ET DE LA PÊCHE

Liberté
Égalité
Fraternité

Direction générale de la prévention des risques
Service des risques technologiques
Bureau d'analyse des risques et pollutions industriels
5, place Jules Ferry - 69006 Lyon
Tél. 33 (04) 26 28 62 00
barpi@developpement-durable.gouv.fr
Site Internet :
www.aria.developpement-durable.gouv.fr

SOLER IDE

GROUPE VERTICAL SEA

SOLER IDE Toulouse

Bureau d'études et de conseils en Environnement

4, impasse René Couzinet

31500 TOULOUSE

Tél : 05 62 16 72 72