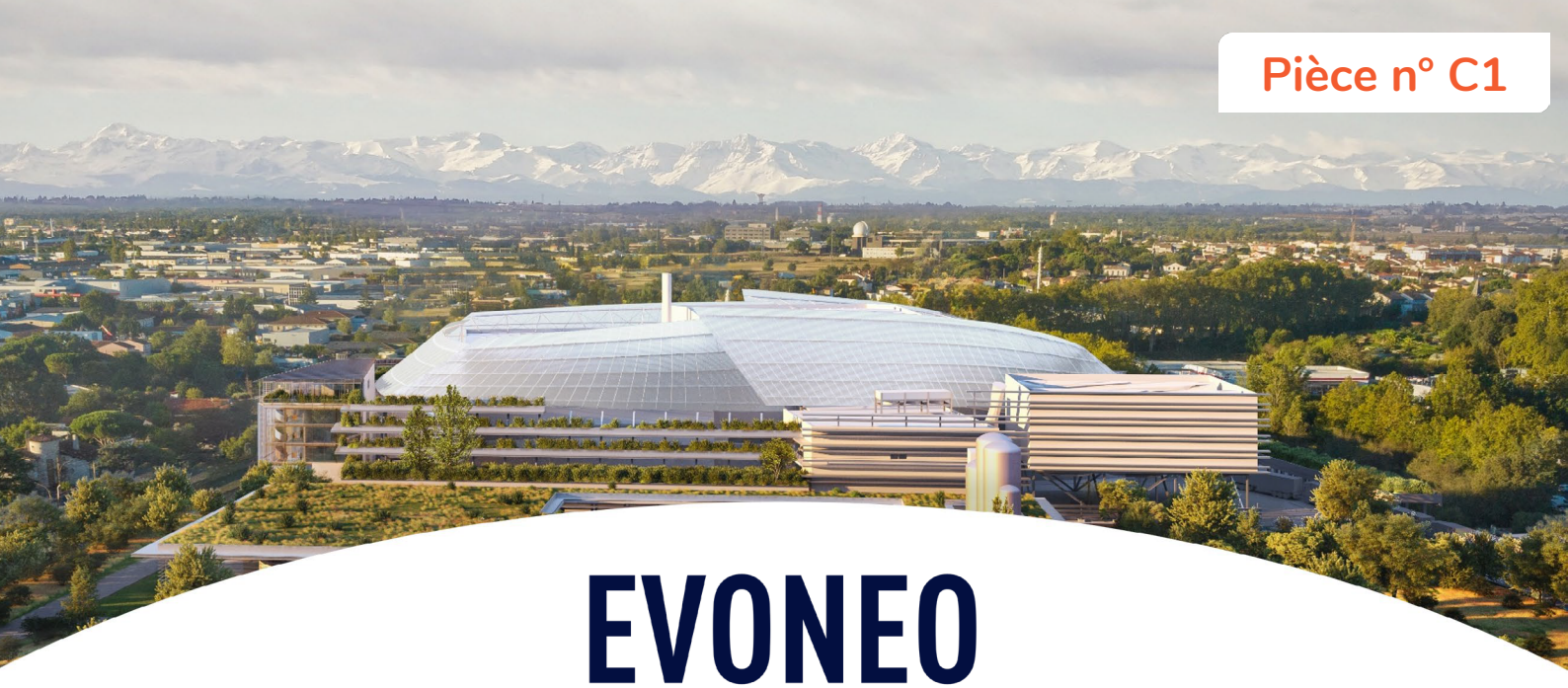
Pièce n° C1



EVONEO

# PROJET DE NOUVELLE UNITÉ DE VALORISATION ÉNERGÉTIQUE DE TOULOUSE (31)

Dossier de demande d'autorisation environnementale

**Étude des dangers, annexes et résumé non technique**

decoset

UVE Toulouse

| N° Dossier | Agence | Document | Rédigé par | Date | Version | Vérifié par |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 130135 – A1NUTEV | SI TOU | Etude de dangers | Emma DEGERT<br>Céline BORDES | 24/02/26 | Version 10 | Céline BORDES |

# SOMMAIRE

**0 RESUME NON TECHNIQUE ..... 14**
**0.1 OBJET DE L'ETUDE DE DANGERS ..... 14**
**0.2 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DU SITE ET DES INSTALLATIONS ..... 15**
0.2.1 OCCUPATION DES SOLS AUX ABORDS DU PROJET ..... 15
0.2.2 PRESENTATION GENERALE DES ACTIVITES ..... 17
**0.3 DANGERS IDENTIFIES SUR LE SITE ET ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES ..... 20**
**0.4 ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES ..... 22**
0.4.1 PRINCIPE D'UNE ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES ..... 22
0.4.2 SYNTHESE DE L'ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES ..... 24
**0.5 BILAN ..... 28**
**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 ..... 47
**2.3 ANALYSE DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES ..... 49**
2.3.1 DOCUMENTS D'INFORMATIONS REGLEMENTAIRES ..... 49
2.3.2 PHENOMENES NATURELS ..... 49
2.3.3 PHENOMENES NON NATURELS ..... 62
2.3.4 SYNTHESE DES SOURCES D'AGRESSIONS EXTERNES IDENTIFIES SUR LE SITE ..... 69
**3 DESCRIPTION DES INSTALLATIONS ..... 70**
**3.1 PRESENTATION GENERALE DES ACTIVITES ..... 70**
**3.2 SITUATION ADMINISTRATIVE ..... 73**
**4 MOYENS DE PREVENTION / DETECTION / PROTECTION ..... 75**
**4.1 CONDITIONS D'AMENAGEMENT ET D'EXPLOITATION DU SITE ..... 75**
4.1.1 ORGANISATION GENERALE DE LA SECURITE ET SURVEILLANCE DE SITE ..... 75
4.1.2 FORMATION DU PERSONNEL ..... 75
4.1.3 CONSIGNES ET PROCEDURES GENERALES ..... 76
4.1.4 PREVENTION CONTRE LA MALVEILLANCE ..... 76
4.1.5 CIRCULATION SUR LE SITE ET SES ABORDS ..... 77

**4.2 SECURITE DES INSTALLATIONS DE L'UVE ..... 78**
4.2.1 SECURITE DES PROCEDES ..... 78
4.2.2 PERTE DES UTILITES ..... 81
4.2.3 STOCKAGE DES PRODUITS CHIMIQUES ..... 83
**4.3 MOYENS DE PREVENTION ET DE PROTECTION DU RISQUE D'INCENDIE ..... 84**
4.3.1 MESURES GENERALES DE PREVENTION ..... 84
4.3.2 DISPOSITIONS ORGANISATIONNELLES ET PROCEDURES EN CAS D'URGENCE ..... 84
4.3.3 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES, DISPOSITIFS DE SURVEILLANCE ET MOYENS DE DETECTION ..... 85
4.3.4 MOYENS DE LUTTE INTERNES CONTRE L'INCENDIE ET RETENTION DES EAUX D'EXTINCTION INCENDIE ..... 90
4.3.5 MOYENS D'INTERVENTION ..... 93
**4.4 MOYENS DE PREVENTION ET DE PROTECTION DU RISQUE D'EXPLOSION ..... 95**
4.4.1 MESURES GENERALES DE PREVENTION ..... 95
4.4.2 DISPOSITIONS ORGANISATIONNELLES ..... 95
4.4.3 DISPOSITIONS TECHNIQUES AU NIVEAU DES DIFFERENTS EQUIPEMENTS ..... 96
4.4.4 MOYENS DE DETECTION ET D'ALARME ..... 97
4.4.5 MOYENS DE PROTECTION ..... 97
**4.5 MOYENS DE PREVENTION ET DE PROTECTION DU RISQUE DE POLLUTION ..... 98**
4.5.1 PREVENTION DU RISQUE DE POLLUTION DE L'AIR – EQUIPEMENTS DE TRAITEMENT DES FUMEES ..... 98
4.5.2 MESURES DE PREVENTION DU RISQUE DE POLLUTION DES EAUX ET DES SOLS ..... 99
4.5.3 MESURES DE PROTECTION VIS-A-VIS DU RISQUE DE POLLUTION DES EAUX ET DES SOLS ..... 99
**5 ACCIDENTOLOGIE ..... 100**
**5.1 ACCIDENTS ET INCIDENTS INTERNES ..... 100**
**5.2 ACCIDENTS SUR D'AUTRES SITES COMPARABLES ..... 100**
5.2.1 LES PRINCIPAUX TYPES D'ACCIDENTS SURVENUS ..... 101
5.2.2 LES PRINCIPALES CONSEQUENCES DES ACCIDENTS ..... 104
5.2.3 LES CIRCONSTANCES ET LES CAUSES ..... 105
**5.3 ANALYSE DU RETOUR D'EXPERIENCE ..... 106**
**6 IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES POTENTIELS DE DANGERS ..... 107**
**6.1 CARACTERISTIQUES DES PRODUITS PRESENTS SUR LE SITE ..... 107**
6.1.1 PRODUITS ENTRANTS, INTERMEDIAIRES ET FINAUX ..... 107
6.1.2 LISTE DES PRODUITS DANGEREUX, CAPACITES DE STOCKAGE ET FINALITES ..... 107
6.1.3 COMPATIBILITE DES PRODUITS ..... 109
**6.2 IDENTIFICATION DES OPERATIONS ET PROCEDES DANGEREUX ..... 110**
6.2.1 RECEPTION / STOCKAGE / ACHEMINEMENT VERS LE FOUR DES DECHETS NON DANGEREUX ..... 111
6.2.2 UNITE MANUTENTION DES DASRI ..... 115
6.2.3 INCINERATION DES DECHETS ..... 118
6.2.4 POLE ENERGIE ..... 124
6.2.5 RISQUES LIES AUX INSTALLATIONS ANNEXES ..... 125

**7 REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS ..... 131**

**7.1 SUBSTITUTION ..... 131**

7.1.1 SUBSTITUTION DE SUBSTANCES ..... 131

7.1.2 SUBSTITUTION DES TECHNIQUES D'EXPLOITATION ..... 131

**7.2 REDUCTION DES QUANTITES ..... 132**

**8 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (APR) ..... 133**

**8.1 PRINCIPE D'UNE ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES ..... 133**

8.1.1 METHODE AMDEC ..... 133

8.1.2 GRILLE DE COTATION DE LA PROBABILITE D'OCCURRENCE ..... 134

8.1.3 GRILLE DE COTATION DE L'INTENSITE ..... 134

8.1.4 GRILLE DE CRITICITE ..... 135

**8.2 RESULTAT DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES ..... 136**

8.2.1 DEROULEMENT DE L'APR ..... 136

8.2.2 TABLEAUX D'ANALYSE DES RISQUES ..... 138

8.2.3 GRILLE DE CRITICITE PROBABILITE X INTENSITE ..... 138

8.2.4 IDENTIFICATION DES PHENOMENES DANGEREUX MAJEURS POTENTIELS ..... 139

**9 ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES (ADR) ..... 140**

**9.1 PRINCIPE D'UNE ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES ..... 140**

9.1.1 GRILLE DE COTATION DE LA PROBABILITE D'OCCURRENCE ..... 141

9.1.2 GRILLE DE COTATION DE LA GRAVITE ..... 141

9.1.3 GRILLE DE CRITICITE ..... 142

**9.2 ESTIMATION DES CONSEQUENCES DE LA MATERIALISATION DES DANGERS POUR LES SCENARIOS D'ACCIDENTS ..... 143**

9.2.1 DEFINITION DES SEUILS REGLEMENTAIRES ..... 143

9.2.2 DESCRIPTION DES MODELES D'EVALUATION DES EFFETS ..... 145

9.2.3 RISQUE INCENDIE ..... 145

9.2.4 RISQUE EXPLOSION – VCE OU UVCE ..... 147

9.2.5 RISQUE D'ECLATEMENT / DE BLEVE ..... 153

9.2.6 CARTOGRAPHIE DES ZONES A RISQUES ..... 161

9.2.7 IDENTIFICATION DES SCENARIOS MAJEURS ..... 167

9.2.8 GRAVITE POTENTIELLE ..... 167

9.2.9 EFFET DOMINO ..... 171

**9.3 CARACTERISATION DE LA PROBABILITE D'OCCURRENCE DES ACCIDENTS IDENTIFIES ..... 175**

9.3.1 PRESENTATION DE LA METHODE ..... 175

9.3.2 COTATION DE LA PROBABILITE ..... 177

**9.4 CARACTERISATION DE LA CINETIQUE DES ACCIDENTS MAJEURS POTENTIELS ..... 182**

9.4.1 CINETIQUE DU PHENOMENE D'EXPLOSION DE GAZ ..... 182

9.4.2 CINETIQUE DU PHENOMENE DE BLEVE / D'ECLATEMENT ..... 183

**9.5 CRITICITE DES SCENARIOS D'ACCIDENT MAJEURS ..... 184**
9.5.1 SYNTHESE DE L'ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES MAJEURS ..... 184
9.5.2 GRILLES DE CRITICITE PROBABILITE X GRAVITE DES RISQUES D'ACCIDENTS ..... 189
**10 DETERMINATION DES MESURES DE MAITRISE DES RISQUES (MMR) ..... 191**
**10.1 DEFINITION BARRIERES DE SECURITE ET MESURES DE MAITRISE DES RISQUES ..... 191**
**10.2 DETERMINATION DES MMR RETENUES DANS LE CADRE DE L'ETUDE ..... 191**
**10.3 EVALUATION DE LA PERFORMANCE DES MMR ..... 193**
**11 SYNTHESE ET CONCLUSION DE L'ETUDE DE DANGERS ..... 194**

# LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Processus de réalisation d'une étude de dangers....14
Figure 2 : Plan des abords du site....16
Figure 3 : Schéma des fonctions de l'UVE....18
Figure 4 : Plan général 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 9 scénarios modélisés....26
Figure 7 : Carte de localisation....33
Figure 8 : Occupation des sols aux abords du site....35
Figure 9 : Zones sensibles à proximité du projet....37
Figure 10 : Etablissements recevant du public....38
Figure 11 : Localisation des ICPE à proximité du site....40
Figure 12 : Réseau routier....42
Figure 13 : Cartographie des sites NATURA 2000 dans un périmètre de 5 km autour du site....44
Figure 14 : Cartographie des zonages ZNIEFF dans un périmètre de 5 km autour du site....45
Figure 15 : Patrimoine culturel, archéologique et paysager à proximité de l'installation....46
Figure 16 : Plan des abords du site....48
Figure 17 : Zonage réglementaire du PPRI au droit du site d'implantation du projet....50
Figure 18 : PAPI de l'agglomération toulousaine....51
Figure 19 : Aléa de remontée de nappes au droit du projet....55
Figure 20 : Localisation des cavités souterraines les plus proches du site....56
Figure 21 : Localisation des cavités souterraines les plus proches du site....57
Figure 22 : Zonage sismique de la France....58
Figure 23 : Infrastructures de transport....63
Figure 24 : Localisation de la canalisation de gaz naturel la plus proche du site....66
Figure 25 : Schéma de fonctionnement simplifié de l'UVE....71
Figure 26 : Plan général du site....72
Figure 27 : Vue 3D de la fosse à vide....85
Figure 28 : Vue en coupe de la fosse remplie au maximum....86
Figure 29 : Vue en coupe de la fosse OM (1/2)....87
Figure 30 : Vue en coupe de la fosse OM (2/2)....88
Figure 31 : Méthode de dimensionnement des rétentions des eaux d'extinction....92
Figure 32 : Localisation des casernes du SDIS31....94
Figure 33 : Cotation de l'intensité (Source : INERIS, 2006, E*tude de dangers d'une installation classée – OMEGA 9*)....134
Figure 34 : Flux thermiques à l'extérieur de la fosse OM....146
Figure 35 : Cartographie des seuils d'effets associés à l'incendie généralisé de la fosse OMR (Sc. 1.1)....163

Figure 36 : Cartographie des seuils d'effets associés à l'éclatement d'un four par effet domino de l'éclatement de bouteilles de gaz (Sc. 3A.1) ..... 163

Figure 37 : Cartographie des seuils d'effets associés à l'explosion suite à une fuite de gaz (réseau gaz naturel aérien interne à l'UVE – sc. 3A.5) ..... 164

Figure 38 : Cartographie des seuils d'effets suite à l'explosion gaz dans les chambres de combustion – Fours d'incinération UVE (Sc. 3A.3+3A.4) ..... 164

Figure 39 : Cartographie des seuils d'effets associés à l'éclatement du ballon d'eau – chaudière de récupération UVE (Sc. 3B.2) ..... 165

Figure 40 : Cartographie des seuils d'effets associés à l'explosion suite à une fuite de gaz dans la chaufferie (Pôle Energie – Sc. 4.1 et 4.3) ..... 165

Figure 41 : Cartographie des seuils d'effets suite à l'explosion gaz dans la chambre de combustion – Chaudières Pôle Energie (Sc. 4.4) ..... 166

Figure 42 : Cartographie des seuils d'effets associés à l'éclatement du ballon d'eau – Chaudière Pôle Energie (Sc. 4.6 ou 4.7) ..... 166

Figure 43 : Représentation du nœud papillon ..... 175

# LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des scénarii d'accidents retenus à l'issue de l'Analyse Préliminaire des Risques ..... 20
Tableau 2 : Cotation de la gravité pour les effets sur les personnes ..... 22
Tableau 3 : Cotation de l'occurrence ..... 23
Tableau 4 : Localisation des ICPE soumises à autorisation ou enregistrement les plus proches du site ..... 39
Tableau 5 : Usages des milieux (eaux souterraines et superficielles) ..... 43
Tableau 6 : Sites NATURA 2000 à proximité du site ..... 43
Tableau 7 : ZNIEFF à proximité du site ..... 45
Tableau 8 : Synthèse des protection foudre (ARF, RG Consultant) ..... 60
Tableau 9 : Localisation des ICPE actuelles les plus proches du site ..... 62
Tableau 10 : Distances d'effets en cas de BLEVE ou d'explosion de camion-citerne de GPL (Source : Circulaire du 10 mai 2010) ..... 65
Tableau 11 : Caractéristiques du barrage de la Ganguise ..... 67
Tableau 12 : Classement ICPE projeté de l'établissement ..... 73
Tableau 13 : Tableau de synthèse des bâtiments / équipements protégés ..... 90
Tableau 14: Classement des activités du site selon le document technique D9 ..... 91
Tableau 15 : Type d'accidents survenus selon la base ARIA ..... 101
Tableau 16 : Conséquences des accidents selon la base ARIA ..... 104
Tableau 17 : Causes des accidents selon la base ARIA ..... 105
Tableau 18 : Liste des produits entrants et finaux ..... 107
Tableau 19 : Liste des produits utilisés dans les installations ..... 108
Tableau 20 : Dangers liés aux chaudières gaz à tubes de fumée ..... 124
Tableau 21 : Substitution de substances ..... 131
Tableau 22 : Substitution des techniques d'exploitation ..... 131
Tableau 23 : Réduction des quantités stockées ..... 132
Tableau 24 : Cotation de l'occurrence ..... 134
Tableau 25 : Grille de criticité Probabilité x Intensité ..... 138
Tableau 26 : Cotation de l'occurrence ..... 141
Tableau 27 : Cotation de la gravité pour les effets sur les personnes ..... 141
Tableau 28 : Valeurs de référence relatives aux seuils de surpression ..... 143
Tableau 29 : Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques ..... 144
Tableau 30 : Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets toxiques ..... 144
Tableau 31 : Caractéristiques de l'incendie ..... 146
Tableau 32 : Effets de surpression – Scénario 3A.5 (canalisation intérieure UVE) ..... 149
Tableau 33 : Effets de surpression – Scénario 4.3 Explosion primaire ..... 151
Tableau 34 : Effets de surpression – Scénario 4.3 Explosion secondaire ..... 152
Tableau 35 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement bouteilles de protoxyde d'azote ..... 154
Tableau 36 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement bouteilles butane ou propane ..... 154

Tableau 37 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement pneumatique du four ..... 155
Tableau 38 : Définition des rayons des zones de dangers – Explosion interne four ..... 156
Tableau 39 : Effets de surpression – Scénario 3A.3+3A.4 – Explosion secondaire ..... 157
Tableau 40 : Définition des rayons des zones de dangers – Explosion interne chambre de combustion chaudière ..... 157
Tableau 41 : Effets de surpression – Scénario 4.4 – Explosion secondaire ..... 158
Tableau 42 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement ballon d'eau UVE – Sc. 3B.2 ..... 160
Tableau 43 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement ballon d'eau Pôle Energie – Sc. 4.6 et 4.7 ..... 160
Tableau 44 : Définition des rayons des zones de dangers (à hauteur d'homme) ..... 161
Tableau 45 : Gravité des différents scénarios ..... 168
Tableau 46 : Synthèse des effets dominos internes ..... 171
Tableau 47 : Grille de criticité ..... 189
Tableau 48 : Barrières de sécurité permettant de réduire significativement la gravité ou la probabilité du scénario d'éclatement d'un ballon d'eau ..... 190
Tableau 49 : Liste des MMR potentielles pour les scénarios d'accident majeur associés à l'UVE ..... 191
Tableau 50 : Liste des MMR potentielles pour les scénarios d'accident majeur associés au Pôle Energie ..... 192
Tableau 51 : Liste des scénarii d'accidents majeurs potentiels identifiés ..... 194
Tableau 52 : Barrières de sécurité permettant de réduire significativement la gravité ou la probabilité du scénario d'éclatement d'un ballon d'eau ..... 197

# LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 Dossier « Plans » ..... 199

ANNEXE 2 Analyse Préliminaire des Risques ..... 200

ANNEXE 3 Modélisation des phénomènes dangereux (SOLER IDE, octobre 2025) ..... 201

ANNEXE 4 Analyse du risque Foudre et Etude Technique Foudre (RG Consultant, septembre 2025) ..... 202

ANNEXE 5 ARIA, Synthèse « Explosions de bouteilles de protoxyde d'azote dans les incinérateurs de déchets non dangereux Bilan 2024 », Septembre 2025 ..... 203

ANNEXE 6 Dimensionnement des besoins en eau pour les opérations de lutte contre l'incendie et des besoins en rétention associés (calculs D9/D9a) ..... 204

# 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<br>Explosion par vaporisation violente d'un liquide |
| | BREF | Best available technique REFerence document<br>Document de référence sur les meilleures techniques disponibles |
| | BREF WI | Best available technique REFerence document for Waste Incineration<br>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<br>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.

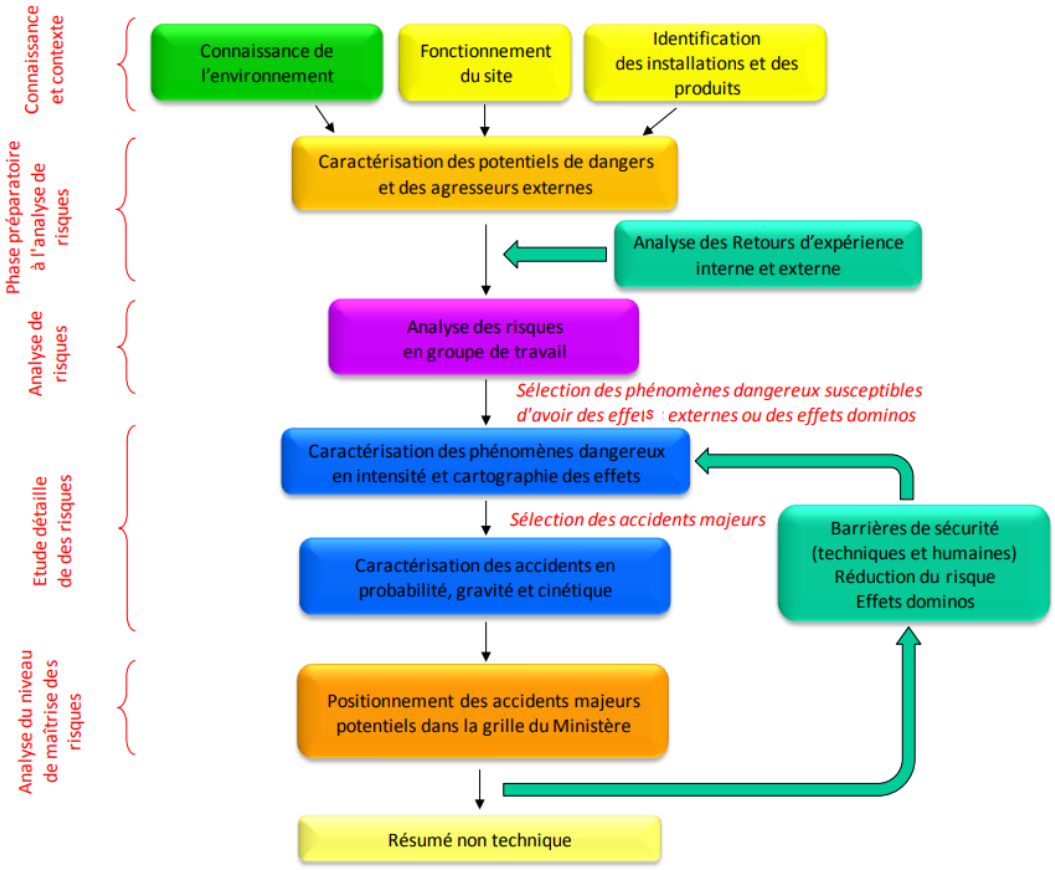



Figure 1 : Processus de réalisation d'une étude de dangers

# 0.2 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DU SITE ET DES INSTALLATIONS

## 0.2.1 OCCUPATION DES SOLS AUX ABORDS DU PROJET

L'unité de valorisation énergétique de Toulouse exploitée par EVONEO est implantée :

- dans le département de la Haute-Garonne (31),
- sur la commune de Toulouse (31),
- à près de 8 km au Sud du centre-ville,
- au sein de la zone industrielle de Monlong.

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 :

- Les établissements recevant du public :
  - l'école élémentaire Georges Bastide à 160 m au Nord (noté (a) sur le plan en page suivante),
  - l'école maternelle Georges Bastide à 270 m au Nord (b),
  - l'école maternelle Les Pinhous à 290 m au Nord (c) et,
  - l'école élémentaire Paul Dottin à 280 m au Nord (d) ;
  - le complexe sportif René Valmy : Quatre terrains de tennis, une piste d'athlétisme et deux terrains de basket à 120 m au Nord (cf. sur le plan en page suivante) ;
- Les bâtiments industriels voisins :
  - Cuisine Centrale CHR Toulouse Purpan – ICPE soumise à enregistrement (n°1 sur le plan) ;
  - GCS Blanchisserie toulousaine de santé – ICPE soumise à enregistrement (n°2) ;
  - Les autres établissements implantés au sein des zones industrielles de Monlong et de Thibaud ;
- Les usagers des voies de circulation aux abords, principalement :
  - de la route de Seysses ;
  - du chemin de Perpignan ;
  - de la rue Paul Rocache.

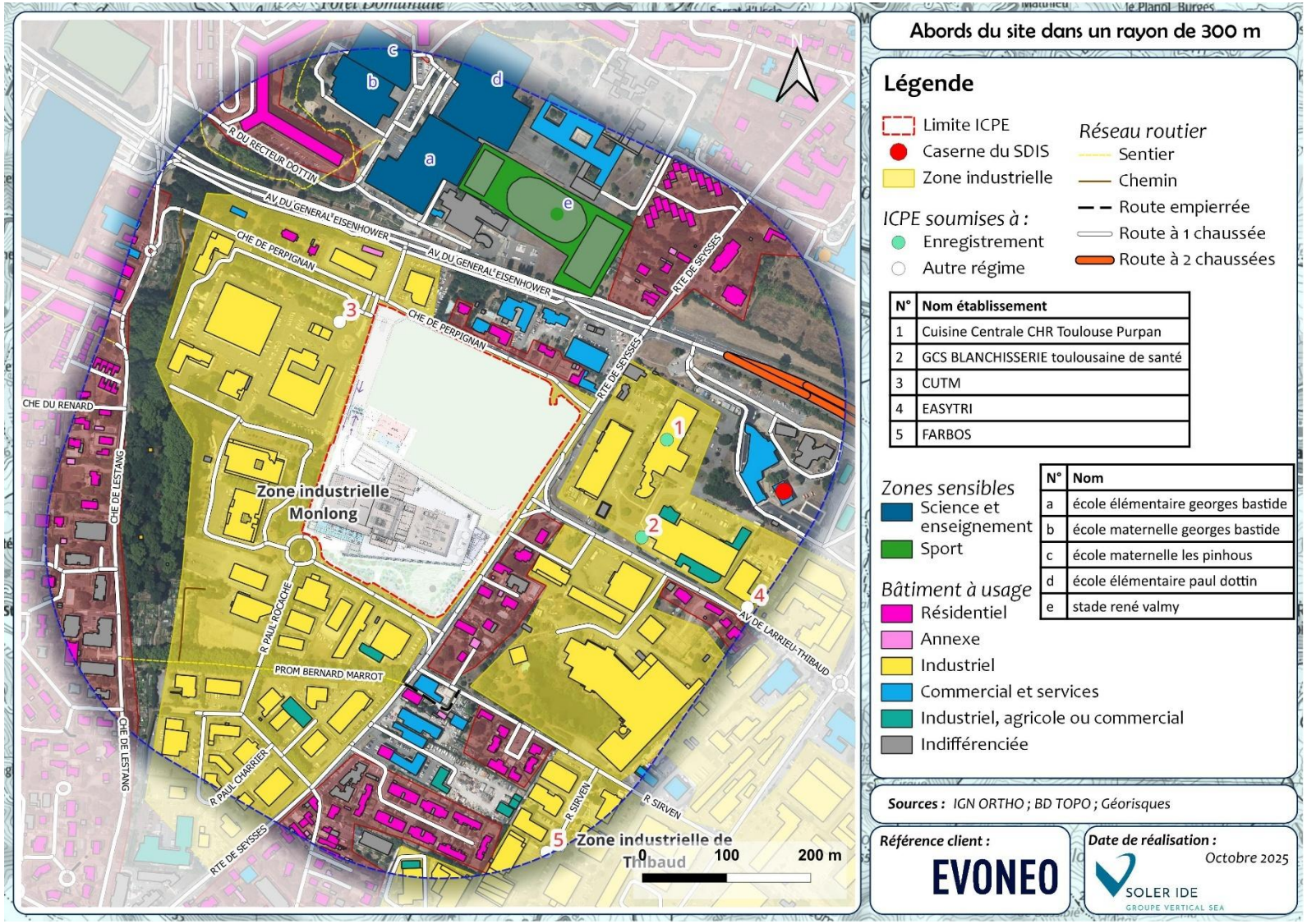



Figure 2 : Plan des abords du site

## 0.2.2 PRESENTATION GENERALE DES ACTIVITES

### 0.2.2.1 Généralités

Le projet d'EVONEO porte sur la construction d'une nouvelle Unité de Valorisation Energétique (UVE) sur le site de l'actuelle UVE de Toulouse. La future UVE disposera d'une capacité totale annuelle d'incinération de 240 000 t/an dont 6 000 t/an pour les déchets d'activités de soins à risques infectieux (DASRI).

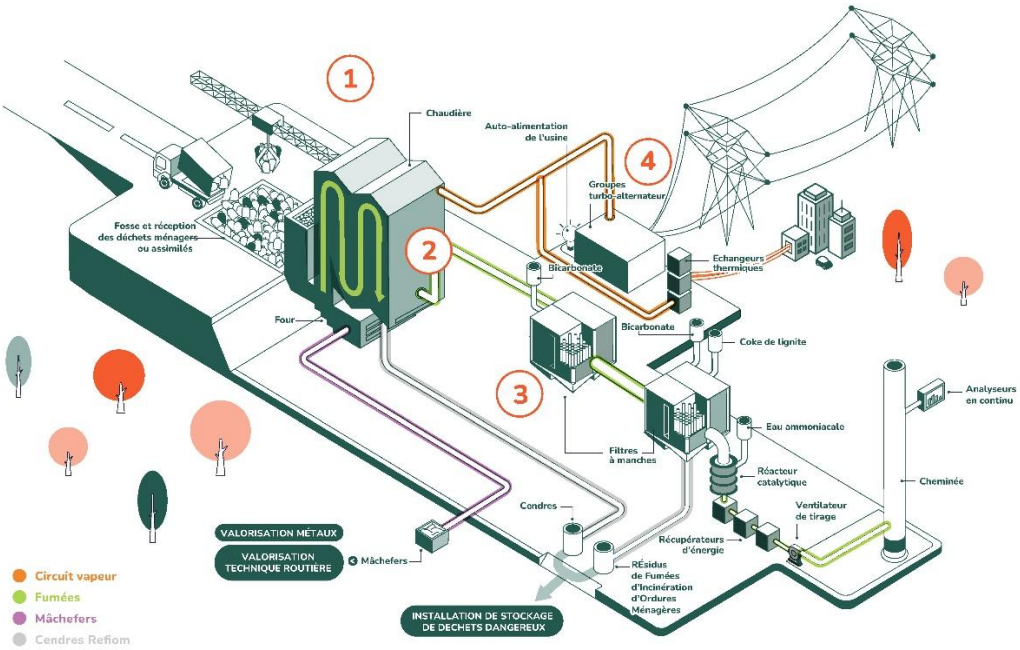
Le procédé en place sur la future UVE est présenté sur le schéma ci-après.

① Les déchets sont déposés dans la **fosse de réception** puis repris à l'aide d'un grappin pour alimenter chaque ligne de traitement. La nouvelle UVE présente **deux lignes de traitement identiques**. Un système d'alimentation spécifique est dédié aux DASRI afin d'assurer une manipulation sécurisée des conteneurs et leur désinfection.

② Chaque **four** est équipé d'une **chaudière** et 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 Chaque ligne est équipée d'une chaîne de **traitement des fumées** produites à la sortie des fours. Elle comprend une double filtration par filtres à manches et un réacteur catalytique permettant d'assurer le **respect des seuils d'émission**. 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 deux Groupes Turbo-Alternateurs (GTA) produisant de l'électricité. Différents **échangeurs thermiques** sont positionnés sur les circuits d'évacuation des fumées afin d'optimiser encore la récupération de la chaleur.




**1** **Réception des déchets.**

**2** **Four-chaudière. Combustion et production** de vapeur.

**3** **Traitement des fumées par voie sèche :** zéro rejet liquide dans le milieu naturel.

**4** **Valorisation énergétique.** La chaleur produite en sortie de chaudière permet de chauffer le réseau de chaleur urbain et de produire de l'électricité grâce à 2 turbo-alternateurs.

### 0.2.2.2 Schéma de fonctionnement global

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

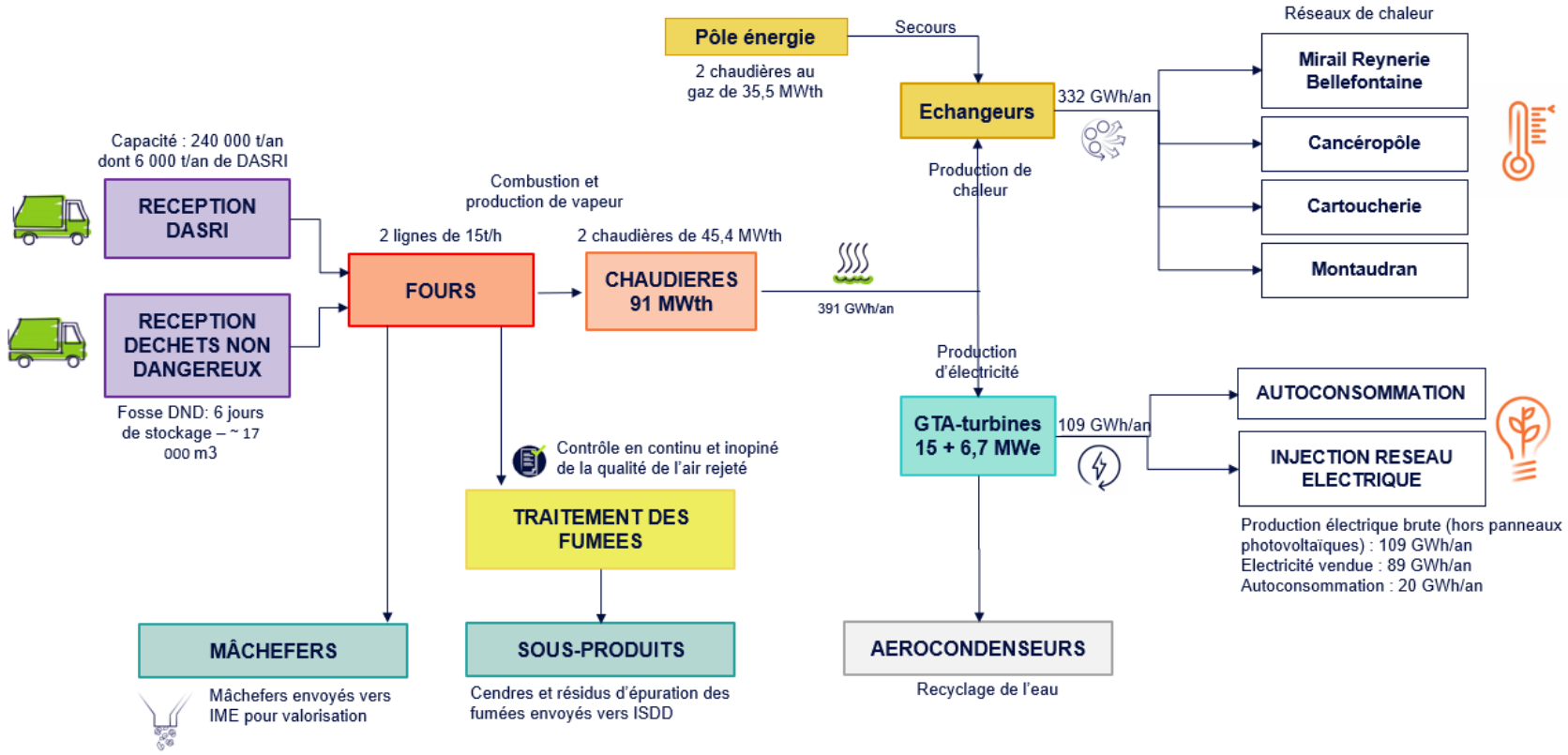



Figure 3 : Schéma des fonctions de l'UVE

### 0.2.2.3 Implantation des installations

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

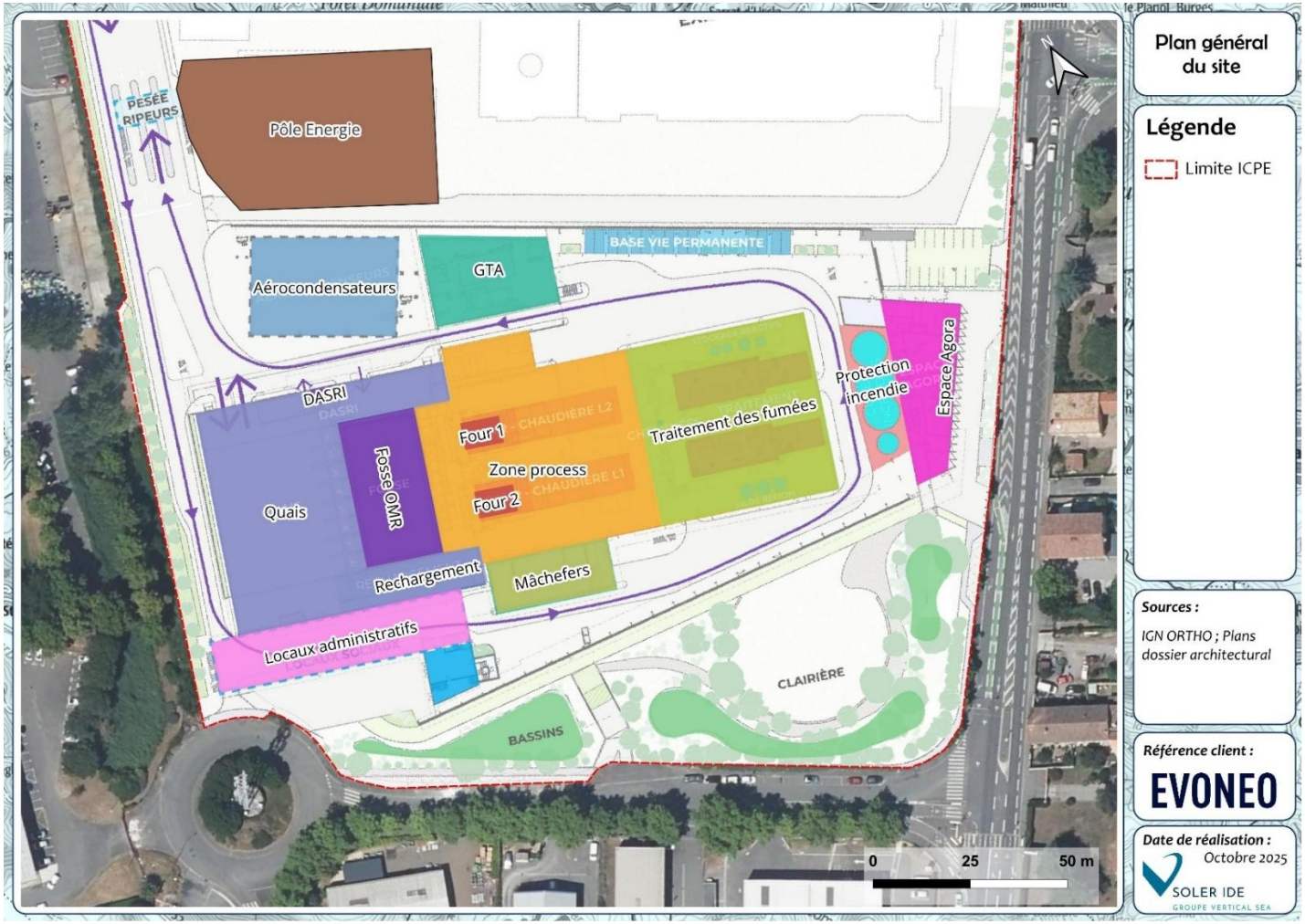



Figure 4 : Plan général du site

## 0.3 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 **10 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 – Sous-ensemble 1 : Réception, stockage et acheminement des déchets non dangereux (OMR)** | | | | |
| Fosse Ordures Ménagères et Résiduelles (OMR) | | Départ de feu dans la fosse | Incendie généralisé des OMR dans la fosse - Effets thermiques | 1.1 |
| **Sous-ensemble 2 – Réception, stockage et acheminement des DASRI** | | | | |
| *Aucun scénario majeur identifié* | | | | |
| **Sous-ensemble 3 – 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 | 3A.1 |
| | Chambre de combustion primaire – Alimentation des brûleurs au gaz | Non allumage des brûleurs de démarrage => Accumulation de gaz dans la chambre de combustion avant redémarrage => Formation d'une Atmosphère Explosive | Explosion chambres de combustion : Effets de surpression | 3A.3+3A.4 |
| | Chambre de combustion secondaire (= chambre de post-combustion) – Alimentation des brûleurs au gaz | | | |
| | Canalisation intérieure d'alimentation fours UVE | Fuite d'une tuyauterie gaz à l'intérieur du bâtiment (phase de démarrage au gaz naturel des fours) | Inflammation d'une Atmosphère Explosive– Explosion en milieu non confiné Effets de surpression | 3A.5 |

| Opérations / Equipements | | Evènement redouté central (ERC) | Phénomène dangereux (PhD) | N° sc. |
|---|---|---|---|---|
| B. Système de récupération de chaleur | Chaudière à tubes à eau – Ballon d'eau | Montée en pression dans le ballon | Explosion par vaporisation violente d'un liquide de la capacité d'eau :<br>Effets de surpression | 3B.2 |
| C. Traitement des fumées (incluant stockage des réactifs) | *Aucun scénario majeur identifié* | | | |
| D. Acheminement et stockage des résidus d'incinération | *Aucun scénario majeur identifié* | | | |
| **Sous-ensemble 4 – Pôle Energie** | | | | |
| Canalisation intérieure d'alimentation chaudières | | Fuite d'une tuyauterie gaz à l'intérieur du bâtiment (lors de la phase de démarrage GN des fours) | Inflammation de l'Atmosphère Explosive – Explosion en milieu non confiné<br>Effets de surpression | 4.1 |
| | | | Fuite de longue durée – Inflammation de l'Atmosphère Explosive – Explosion en milieu confiné (explosion de la chaufferie)<br>Effets de surpression | 4.3 |
| Chaudière à tubes de fumées – Chambre de combustion | | Non allumage des brûleurs de démarrage<br>=> Accumulation de gaz dans la chambre de combustion avant redémarrage<br>=> Formation d'une Atmosphère Explosive | Explosion dans la chambre de combustion –<br>Effets de surpression | 4.4 |
| Chaudière à tubes de fumées – Capacité d'eau | | Montée en pression dans le ballon | Explosion par vaporisation violente d'un liquide de la capacité d'eau :<br>Effets de surpression | 4.6 |
| | | Manque d'eau dans la calandre => Arrivée d'eau sur Traitements des Fumées surchauffés et vaporisation brutale d'eau | Explosion par vaporisation violente d'un liquide de la capacité d'eau :<br>Effets de surpression | 4.7 |
| **Sous-ensemble 5 – Activités connexes** | | | | |
| *Aucun scénario majeur identifié* | | | | |

# 0.4 ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES

## 0.4.1 PRINCIPE D'UNE ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES

### 0.4.1.1 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[1] 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" |

### 0.4.1.2 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[2] ci-après :

[1] 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

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

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[3].

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.

#### 0.4.1.3 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.

Cette **grille distingue trois zones de risques accidentels[4]** :

- 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.

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

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

| Probabilité<br>Gravité | E | D | C | B | A |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 1 | | | | | |

## 0.4.2 SYNTHESE DE L'ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES

### 0.4.2.1 Modélisation des phénomènes dangereux et cartographie des effets

Les 10 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 6 des 10 scénarios modélisés.**

Ainsi, parmi les 10 scénarios modélisés, **6 scénarios majeurs (ayant des effets sur des tiers hors des limites ICPE) sont donc identifiés sur le site** :

- Scénario 3A.3+3A.4 : Explosion des chambres de combustion du four
- Scénario 3B.2 : Explosion de la capacité d'eau (ballon d'eau chaudière) de la chaudière du four (BLEVE)
- Scénario 4.3 : Explosion du local chaufferie gaz du pôle énergie
- Scénario 4.4 : Explosion de la chambre de combustion d'une chaudière gaz du pôle énergie
- Scénario 4.6 et 4.7 : Explosion de la capacité d'eau (calandre chaudière) du pôle énergie (BLEVE)

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.

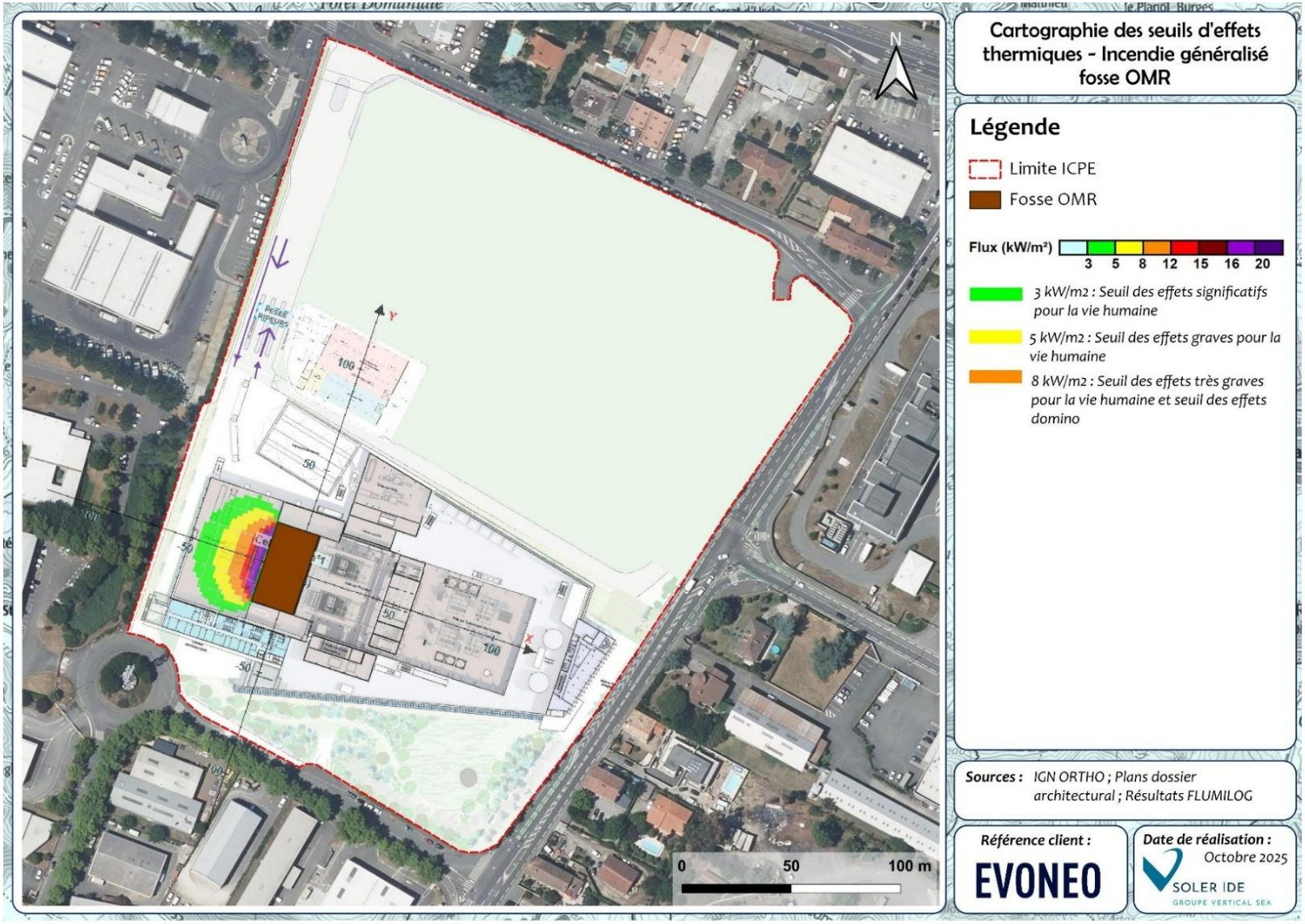



Figure 5 : Cartographie de synthèse - Enveloppe des seuils d'effets thermiques réglementaires pour le scénario modélisé

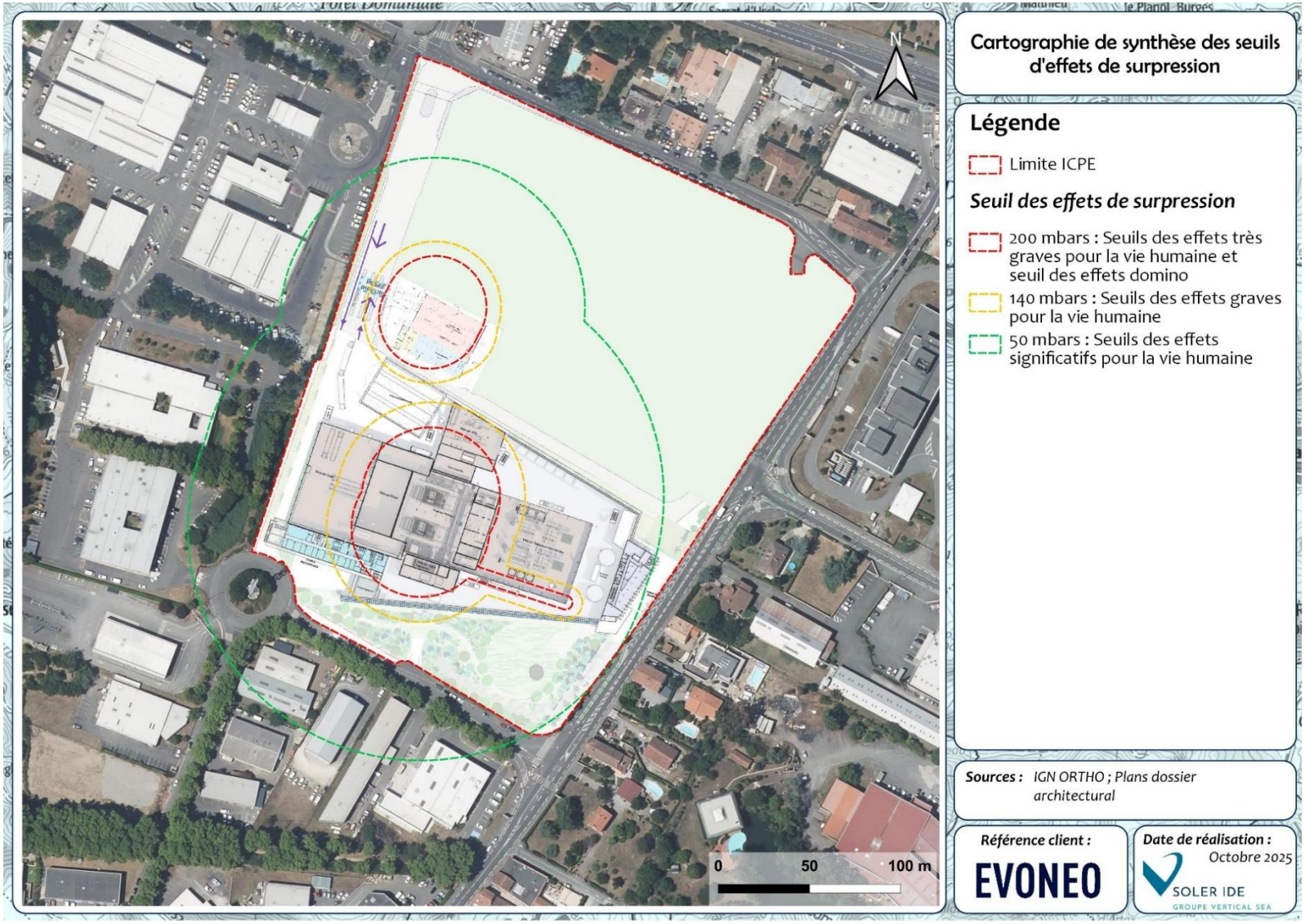



Figure 6 : Cartographie de synthèse - Enveloppe des seuils d'effets de surpression réglementaires pour l'ensemble des 9 scénarios modélisés

### 0.4.2.2 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 0.4.1 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 des 6 scénarios majeurs dans la grille de criticité est le suivant :

| Probabilité / Gravité | E | D | C | B | A |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 3 | 3B.2 – Ballon Four-chaudière n°1 ou n°2 | | | | |
| 2 | 3A.3+3A.4 – Four-Chaudière n°1 ou n°2<br>4.4 – Chaudière gaz n°1 ou n°2<br>4.6 – Calandre Chaudière gaz n°1 ou n°2<br>4.7 – Calandre Chaudière gaz n°1 ou n°2 | | | | |
| 1 | 4.3 –Local chaufferie Pôle Energie | | | | |

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

**La plupart des scénarios modélisés sont positionnés dans la zone des risques faibles** (cases vertes) correspondant aux scénarios acceptables.

**Un scénario est classé dans la zone de risque intermédiaire**, il s'agit du risque d'éclatement (BLEVE) du ballon d'eau de l'une ou l'autre des chaudières des fours de l'UVE. Pour rappel, les scénarios en zone de risques intermédiaire sont considérés comme acceptable si des barrières de sécurité adaptées sont mises en œuvre sur le site ce qui est le cas pour l'UVE projetée. Ainsi, **les barrières de sécurité importantes pour la gestion du risque ont été identifiées pour le scénario d'éclatement du ballon d'un four-chaudière** et sont listées dans le tableau ci-après :

| N° scénario | Principales barrières de sécurité | Type de barrières | Description |
|---|---|---|---|
| Scénario 3B.2 Ballon n°1 ou 2 | « Couper l'alimentation en combustible sur détection de pression haute dans la chaudière » | Mesure de prévention instrumentée | Asservissement de l'alimentation en combustible sur détection de pression haute dans la chaudière. |
| | « Evacuer la surpression dans le ballon d'eau » | Barrière technique de protection active | Deux soupapes de sécurité redondantes |

Considérant les barrières de sécurité mises en place, la probabilité de ce scénario a été évaluée comme extrêmement peu probable (E) car pour que ce scénario se produise, les deux soupapes de sécurité devraient dysfonctionner simultanément. Or, les soupapes sont des barrières de sécurité classiques et reconnues notamment pour les ballons chaudière. **De plus, cet équipement a été doublé pour les chaudières de l'UVE en vue de garantir un niveau de risque le plus bas possible. Le scénario est donc considéré comme acceptable sur le site.**

## 0.5 BILAN

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

- 10 scénarios ont fait l'objet d'une modélisation des effets ;
- Parmi ces 10 scénarios :
  - Aucun n'atteint des seuils d'effets graves et très graves pour la vie humaine à l'extérieur du site ;
  - 6 scénarios atteignent les seuils des effets significatifs en dehors des limites du site ; ils ont donc fait l'objet d'une cotation de gravité, de probabilité et de cinétique ;
  - Parmi ces 6 scénarios, 5 se trouvent en zone de risque faible et 1 se trouve en zone de risque intermédiaire ;
  - Pour ce scénario, les principales barrières de sécurité contribuant à la réduction du risque ont donc été identifiées et feront l'objet d'un suivi renforcé dans le cadre de l'exploitation du site.

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 : soupapes de sécurité sur les ballons chaudière).

**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

Le Syndicat Mixte DECOSET, en charge de la valorisation des déchets ménagers et assimilés de l'aire toulousaine, a confié à EVONEO, filiale du groupe SUEZ et de la Banque des Territoires, le contrat de concession de ses deux UVE (Toulouse, Bessières) pour une durée de 20 ans à compter de janvier 2025.

Pour l'UVE Toulouse, le contrat prévoit la construction d'une nouvelle usine sur le site de l'actuelle, avec une mise en service à l'horizon 2031. Du point de vue de la nomenclature ICPE, la nouvelle UVE de Toulouse sera classée à Autorisation au titre des mêmes rubriques que l'UVE existante, rappelées ci-après :

- n° 2770 « Installation de traitement thermique de déchets dangereux » ;
- 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 ;
- n° 3520-b « Elimination ou valorisation dans des installations d'incinération des déchets ou des installations de co-incinération des déchets » : capacité de traitement de déchets dangereux supérieure à 10 t/j ;
- n° 3110 « Combustion de combustibles dans des installations d'une puissance thermique nominale totale égale ou supérieure à 50 MW ».

**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 :

- Emma DEGERT, 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 du Pôle Industrie et Environnement.

Toutefois, tous les renseignements consignés dans ce document émanent d'EVONEO, 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 de Toulouse exploitée par EVONEO est implantée :

- dans le département de la Haute-Garonne (31),
- sur la commune de Toulouse (31),
- à près de 8 km au Sud du centre-ville,
- au sein de la zone industrielle de Monlong,
- à l'adresse suivante :

  11 Chemin de Perpignan

  31100 TOULOUSE

L'accès au site se fait par l'Avenue du Général Eisenhower :

- puis en empruntant la Route de Seysses et directement le Chemin de Perpignan,
- ou en empruntant la rue Jean-Jacques Bernet.

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

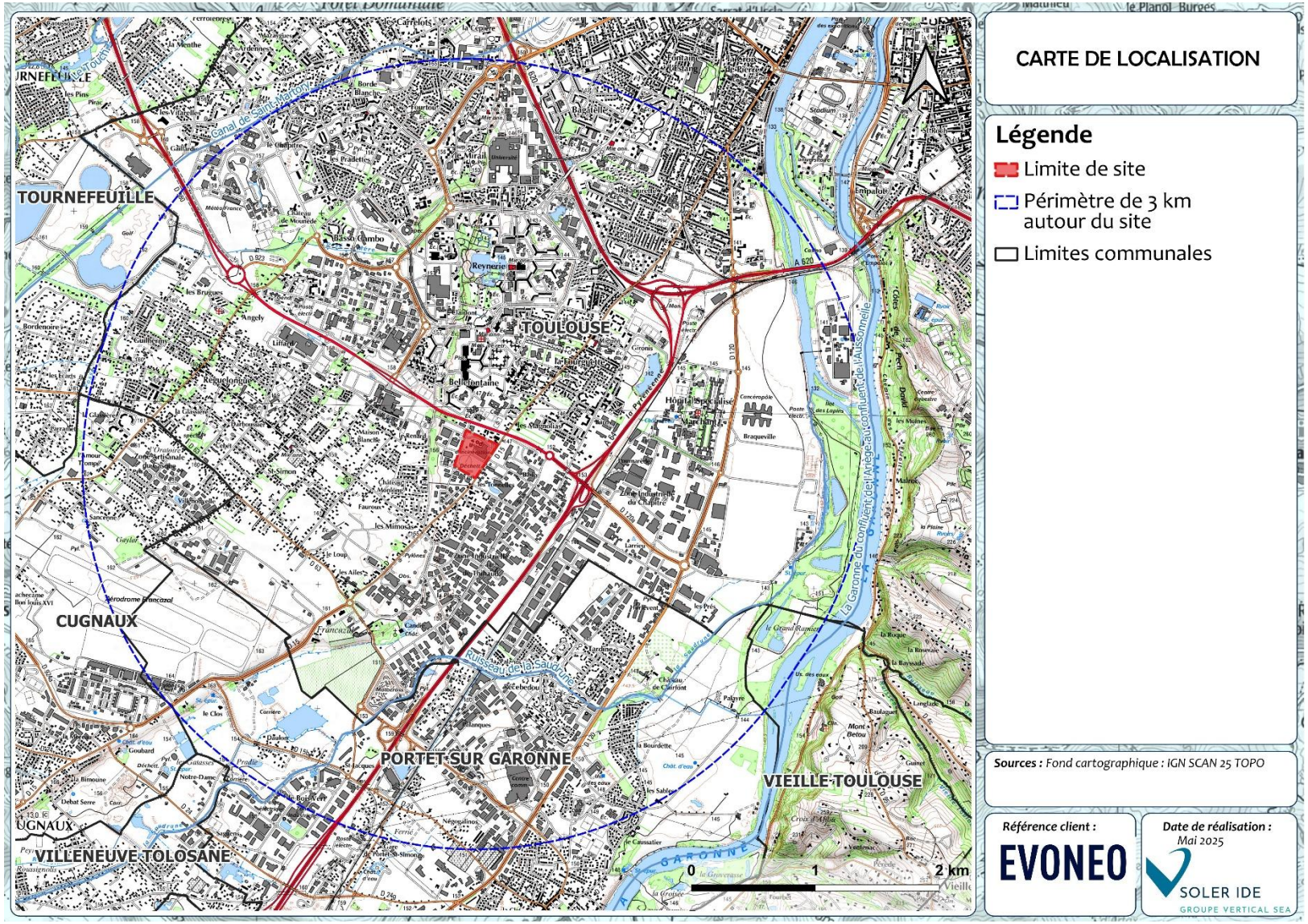



Figure 7 : Carte de localisation

## 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 Toulouse, au sein de la zone industrielle de Monlong, à proximité immédiate de l'autoroute A64 et de la Rocade Arc-en-Ciel.

Ainsi, l'UVE est localisée dans un secteur à vocation industrielle et commerciale et de nombreuses activités économiques sont présentes au voisinage du site :

- au sein de la zone industrielle de Monlong (aux abords immédiats du site à l'Ouest et au Sud),
- au sein de la zone industrielle de Thibaud (à l'Est des installations).

#### 2.2.1.2 Habitats

Dans un rayon de 1 km autour du site, l'habitat est dense. Les habitations les plus proches sont situées à moins de 20 m au Nord et à l'Est du site, de l'autre côté du Chemin de Perpignan et de la Route de Seysses.

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

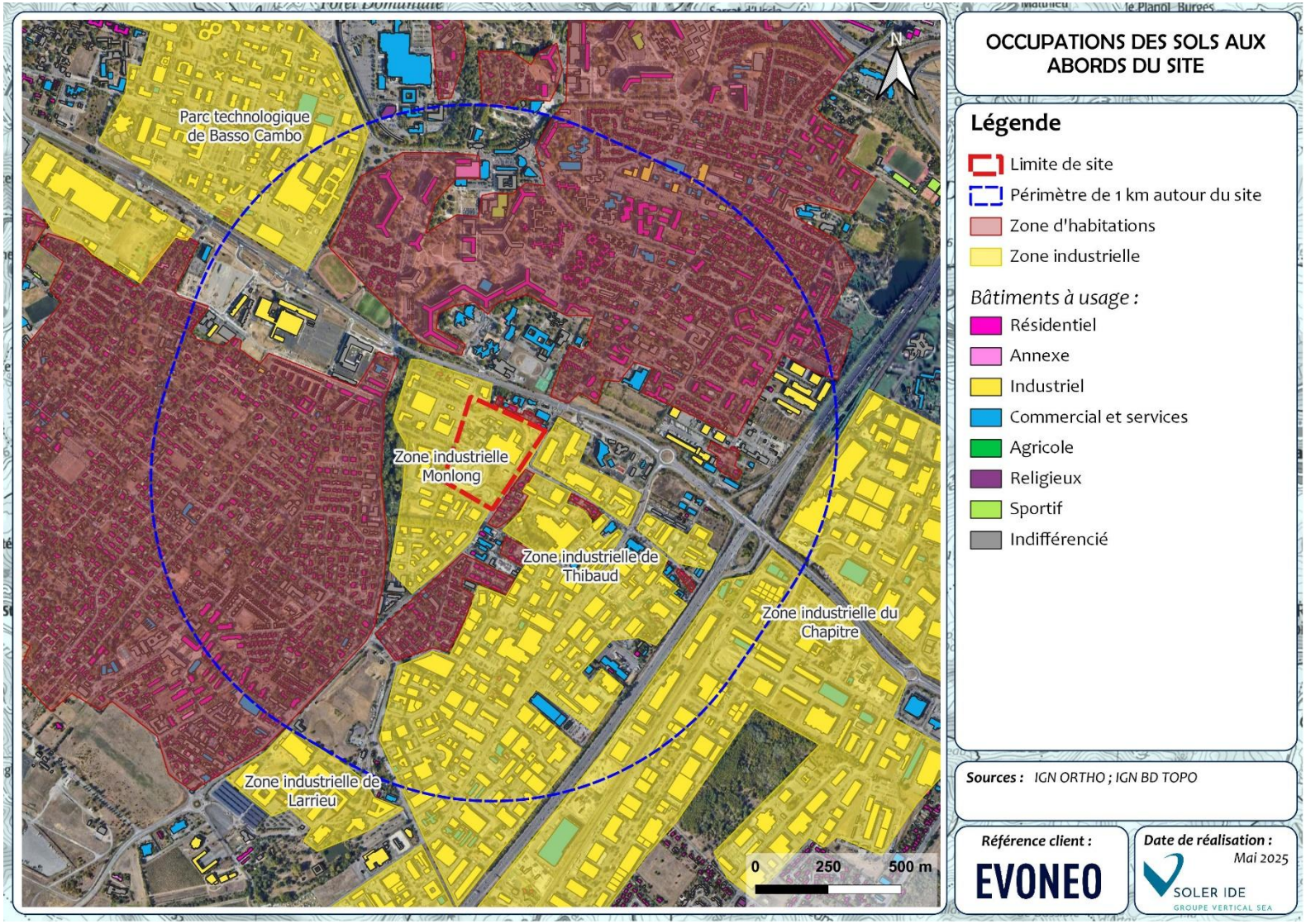



Figure 8 : Occupation des sols aux abords du site

#### 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 …

Dans un rayon de 300 m autour de l'installation, sont recensées les installations sensibles ci-dessous :

- Aucun équipement de santé, les plus proches sont tous deux localisés à près d'1 km au Nord des installations, il s'agit :
  - ITEP Paul Lambert (Institut Thérapeutique Educatif et Pédagogique) ;
  - Centre de rééducation du Mirail ;
- 4 établissements scolaires :
  - l'école élémentaire Georges Bastide à 160 m au Nord (noté (a) sur le plan en page suivante),
  - l'école maternelle Georges Bastide à 270 m au Nord (b),
  - l'école maternelle Les Pinhous à 290 m au Nord (c) et,
  - l'école élémentaire Paul Dottin à 280 m au Nord (d) ;
- Un établissement sportif :
  - le complexe sportif René Valmy : Quatre terrains de tennis, une piste d'athlétisme et deux terrains de basket à 120 m au Nord (f sur le plan en page suivante) ;
- Aucun équipement de culture/loisirs.

Plus largement, dans un rayon de 1 km, on recense en plus des établissements précédents :

- Deux établissements de santé (l'ITEP et le centre de rééducation du Mirail) ;
- 9 établissements scolaires ;
- Plusieurs terrains de sport ;
- Aucun équipement de culture / loisirs (le plus proche est la médiathèque (Grand M) localisée à un peu plus d'un kilomètre au Nord).

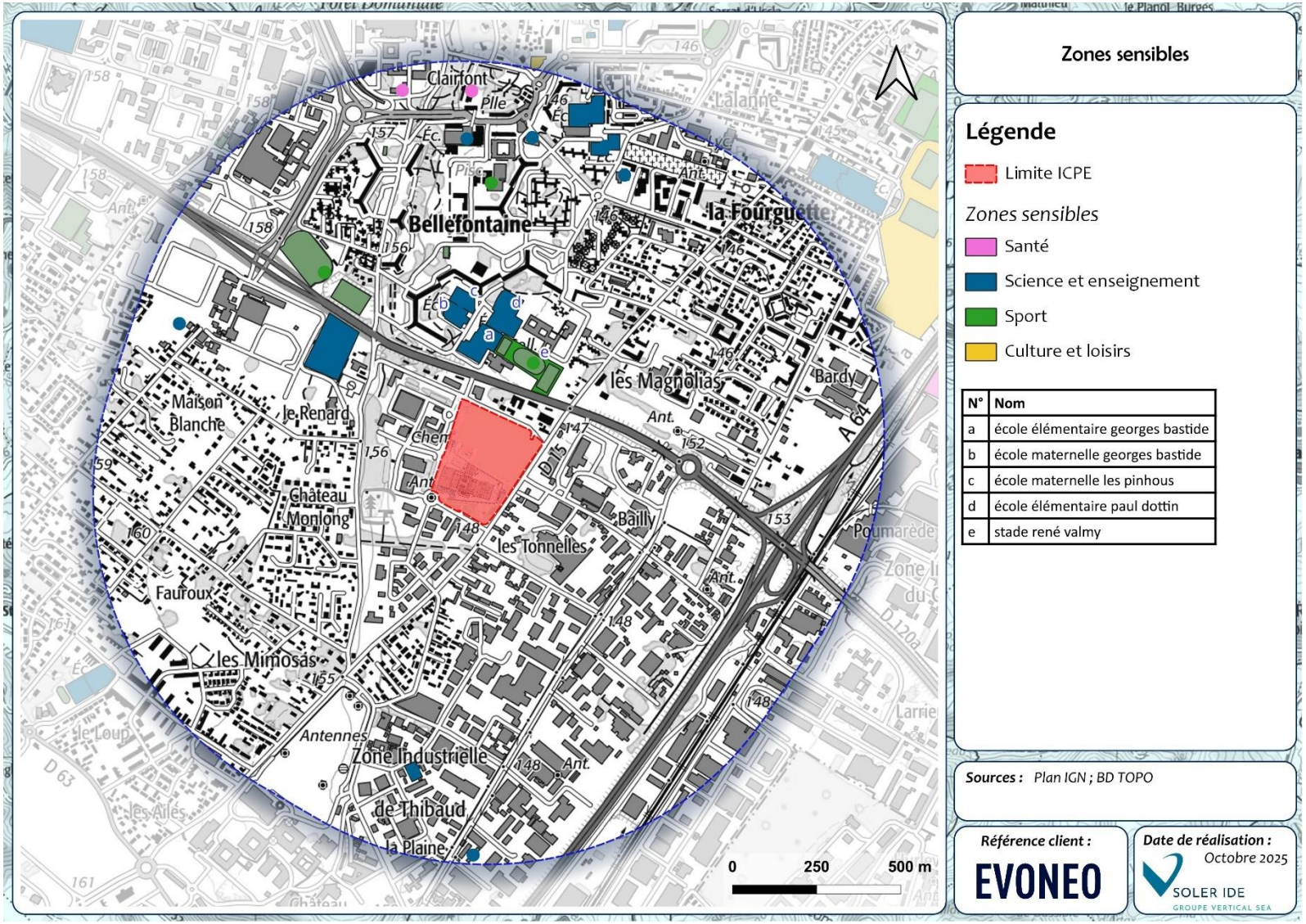



Figure 9 : Zones sensibles à proximité du projet

### b) Autres établissements recevant du public

Dans un rayon de 300 m, il n'est recensé aucun ERP (hors établissements « populations sensibles » listés ci-avant) dans la BD TOPO IGN (Source : SDIS 31, ERP de catégorie 1 à 4 + hébergements). Le plus proche est localisé à un peu plus de 300 mètres au Nord-Est : le « Carrefour Market Seysses ».

Bien que les établissements ou services d'aide par le travail (ESAT), anciennement appelés centres d'aide par le travail (CAT), relèvent du Code du travail et non de la réglementation ERP (cf. arrêté du 13 janvier 2004[5]), on notera toutefois la présence d'un ESAT à l'angle de la rue Paul Rocache et de la route de Seysses (voir carte ci-après).

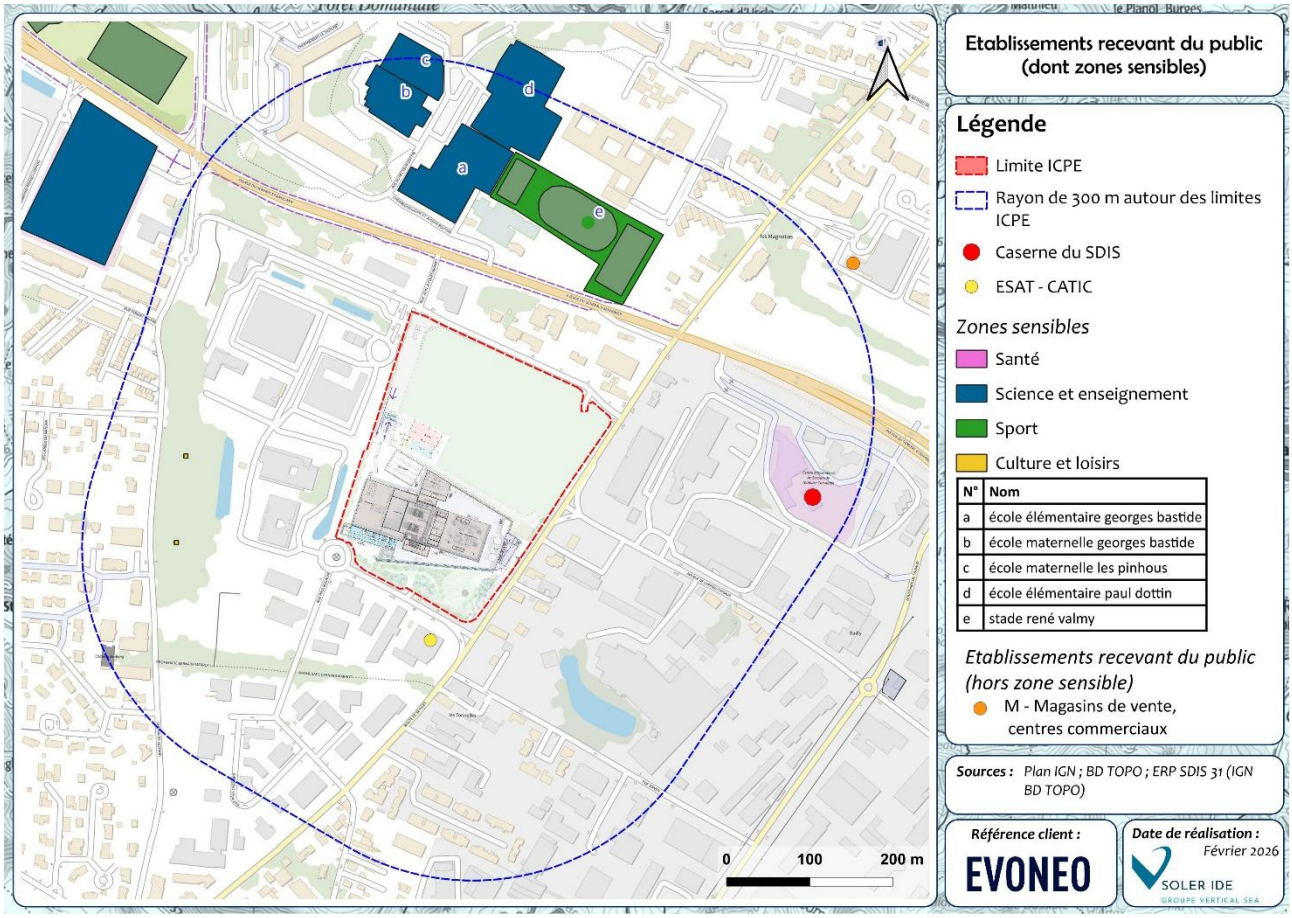



Figure 10 : Etablissements recevant du public

[5] Arrêté du 13 janvier 2004 portant approbation de dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (dispositions générales et établissements de type R)

#### 2.2.1.4 Installations industrielles voisines

##### a) Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

Dans un rayon de 1 km, sont recensées 7 Installations Classées 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) :

**Tableau 4 : Localisation des ICPE soumises à autorisation ou enregistrement les plus proches du site**

| N° plan | Nom de l'établissement | Adresse | Activité | Régime ICPE | Distance / au site |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ZINCAL SARL | 42 Avenue de Larrieu | Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements | Autorisation | 815 m à l'Est |
| 2 | GACHES CHIMIE SAS | 8 Rue Labouche – ZI de Thibaud | Commerce de gros, à l'exception des automobiles et des motocycles | Autorisation | 500 m au Sud-Est |
| 3 | THALES ALENIA SPACE France | 26 Avenue JF Champollion | Construction aéronautique et spatiale | Autorisation | 890 m au Sud |
| 4 | Cuisine Centrale CHR Toulouse Purpan | 1 Place du Docteur Joseph Baylac | Activités pour la santé humaine | Enregistrement | 100 m à l'Est |
| 5 | GCS Blanchisserie toulousaine de santé | 20 Avenue de Larrieu Thibaud - ZI du Chapitre | Autres services personnels | Enregistrement | 140 m à l'Est |
| 6 | ENROBES SUD ENVIRONNEMENT | Lieu-dit Thibaud Sud | Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques | Enregistrement | 990 m au Sud-Est |
| 7 | DENJEAN LOGISTIQUE | Avenue de Larrieu – ZI de Thibaud | Entreposage et services auxiliaires des transports | Enregistrement | 1 km m au Sud-Est |

Cinq installations sont recensées comme soumises à un autre régime, toutes 5 encore en activités dont 3 sont des ICPE soumises à déclaration avec contrôle (n°9, 10 et 12 sur le plan en page suivante).

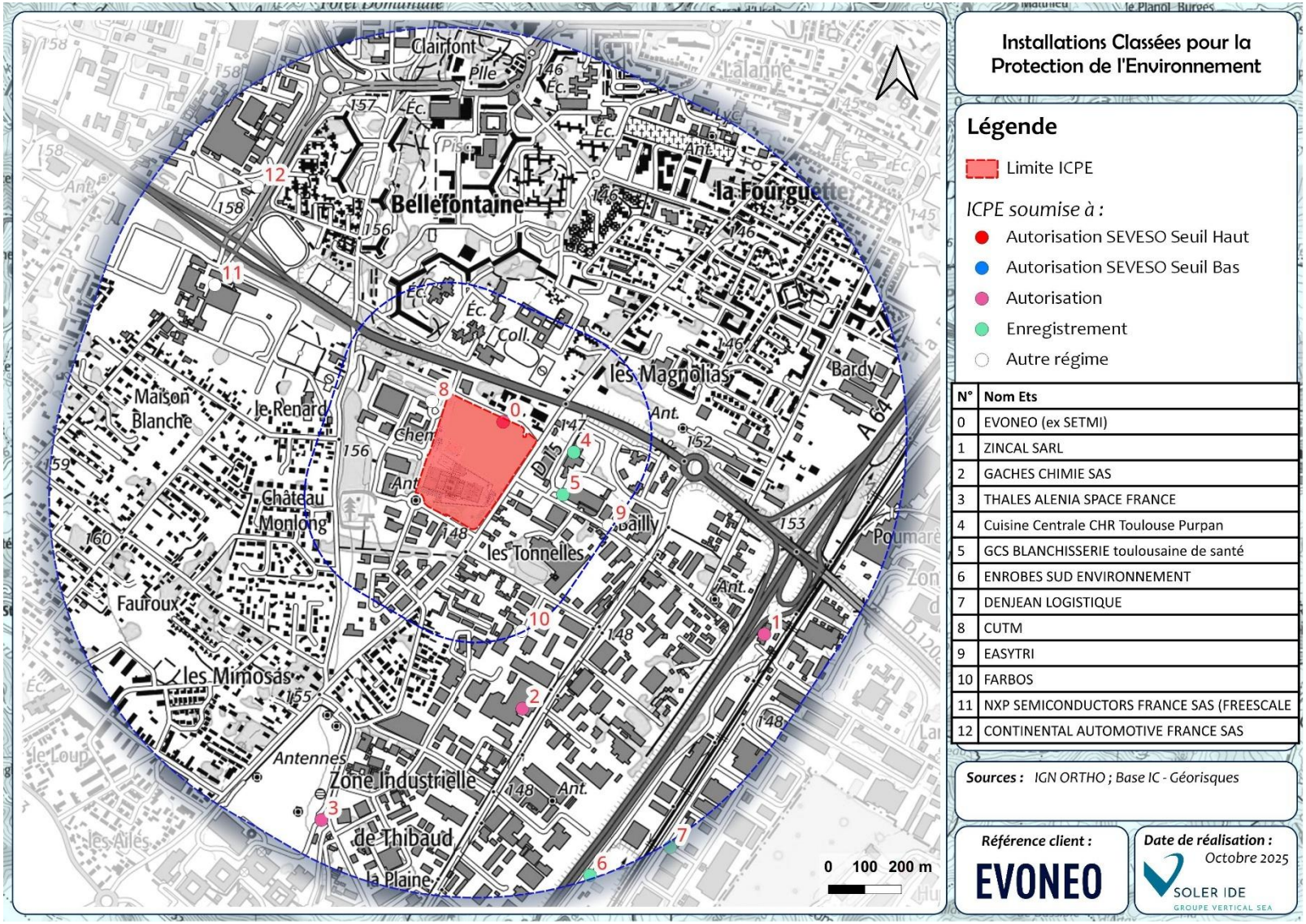



Figure 11 : Localisation des ICPE à proximité du site

b) Autres établissements

La nouvelle UVE vient s'implanter au droit de l'actuelle UVE, sur la partie Sud de la parcelle en venant englober le foncier réservé à la déchèterie de Monlong qui ne sera pas conservée par le projet. Elle est installée au sein de la zone industrielle Monlong et à proximité de plusieurs autres zones industrielles présentant de nombreux établissements industriels (voir Figure 8 : Occupation des sols aux abords du site, en page 35) notamment le centre technique de Toulouse Métropole en partie Ouest et les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement listés en partie précédente.

#### 2.2.1.5 Infrastructures de transport

L'UVE est située à proximité de l'autoroute A64, située à environ 750 m à l'Est, et de la Rocade Arc-en-Ciel à 2,1 km à l'Ouest. La voie ferrée la plus proche est localisée à 880 m à l'Est du site.

L'accès à l'installation se fait depuis l'Avenue du Général Eisenhower :

- puis par la Route de Seysses et le Chemin de Perpignan.
- ou en empruntant la rue Jean-Jacques Bernet.

Les voies d'accès au site sont représentées sur la figure ci-dessous :

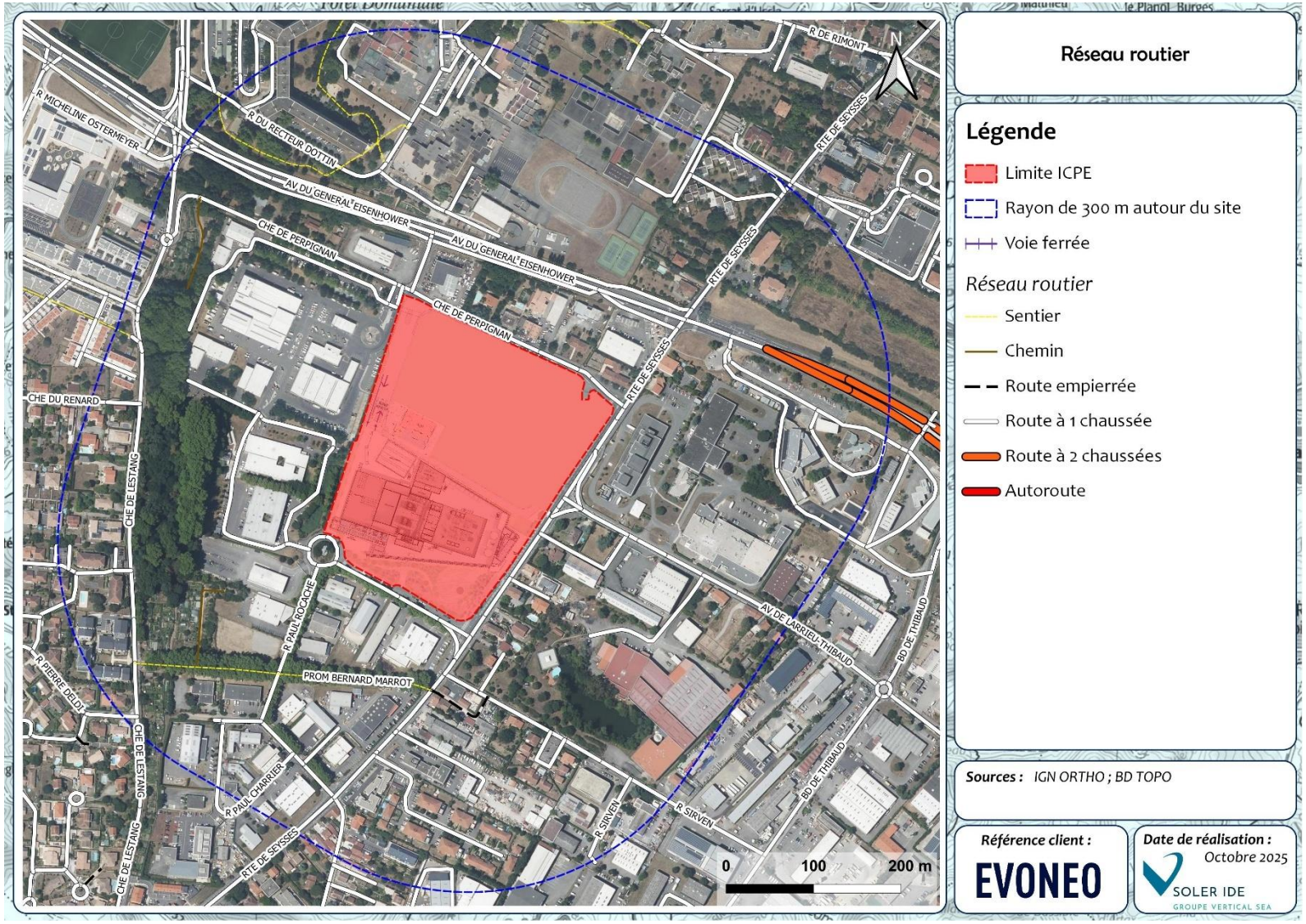



Figure 12 : Réseau routier

## 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 5 : Usages des milieux (eaux souterraines et superficielles)**

| | Données générales | Usages |
|---|---|---|
| **Hydrogéologie** | L'UVE de Toulouse est située au niveau des masses d'eau souterraine n° FRFG020B «Alluvions de la Garonne moyenne autour de Toulouse», nappe d'eau en bon état quantitatif et chimique, et n° FRFG082D « Sables et argiles à graviers de l'Eocène inférieur et moyen majoritairement captif du Sud-Est du Bassin aquitain », nappe en bon état chimique mais pas quantitatif lié à des raisons techniques. | 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** | Le site se situe à 1,4 km du ruisseau de la Saudrune (FRFRR296B_2), affluent rive gauche de la Garonne, qui elle passe à 3 km à l'Est. Ce cours d'eau présente un bon état chimique depuis 2015 et un objectif écologique moins strict. | Il n'y a pas de captage AEP en eaux superficielles à proximité du site. |

### 2.2.2.2 Patrimoine naturel

Deux sites Natura 2000 (ZSC/SIC ou ZPS) se situent dans un périmètre de 5 km[6] autour du site (voir tableau ci-après et carte en page suivante). Toutefois, il ne sont ni dans la zone d'influence des travaux ni dans la zone des effets induits ou éloignés.

**Tableau 6 : Sites NATURA 2000 à proximité du site**

| Code | Nom | Distance par rapport au site |
|---|---|---|
| **NATURA 2000 – Directive Oiseaux** | | |
| FR7312014 | Vallée de la Garonne de Muret à Moissac | 2,9 km |
| **NATURA 2000 - Directive Habitats** | | |
| FR7301822 | Garonne, Ariège, Hers, Salat, Pique et Neste | 2,6 km |

[6] Périmètre classiquement retenu comme aire d'étude éloignée pour l'analyse des enjeux liés aux unités écologiques (pouvant potentiellement perturbées par le projet).

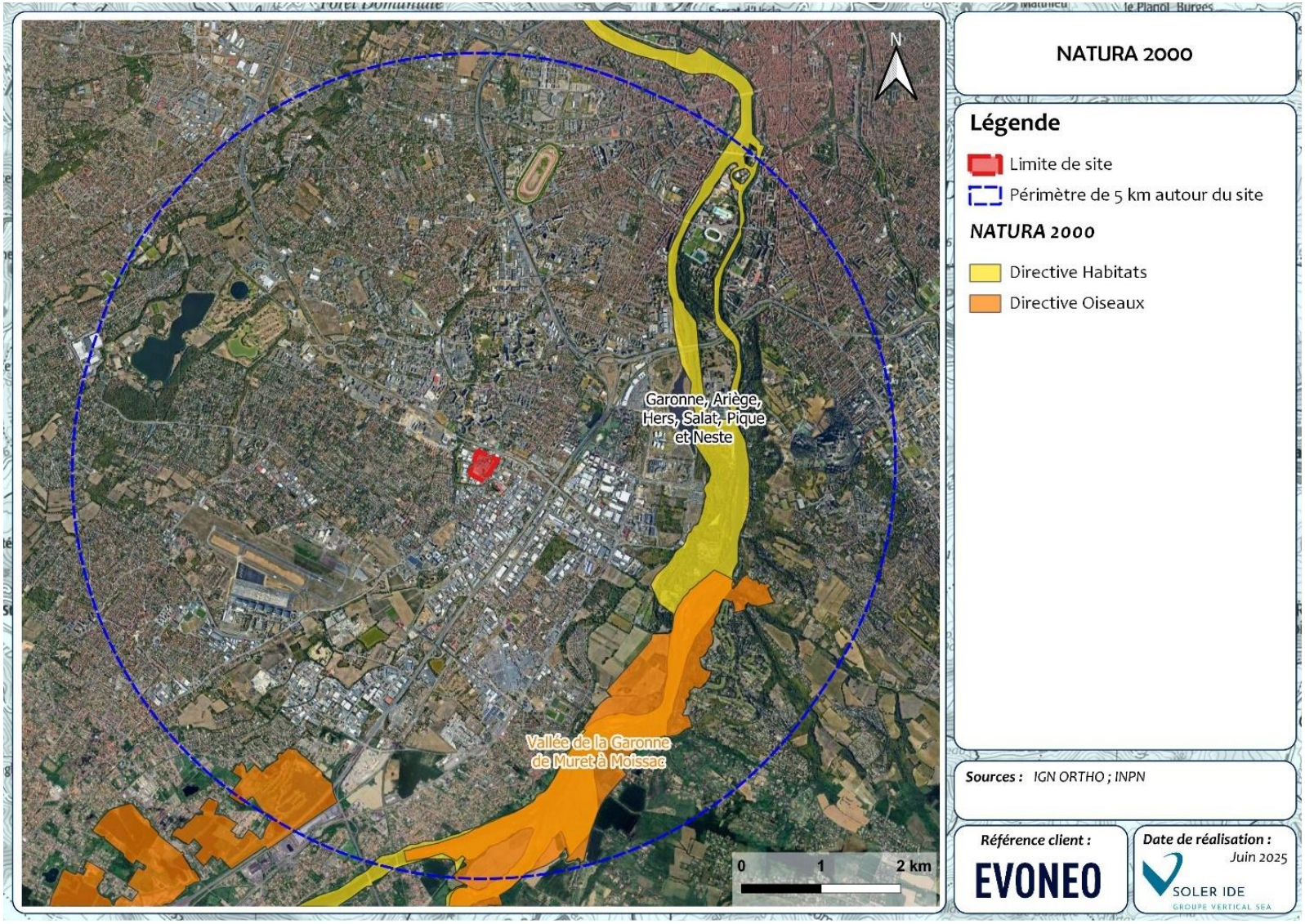
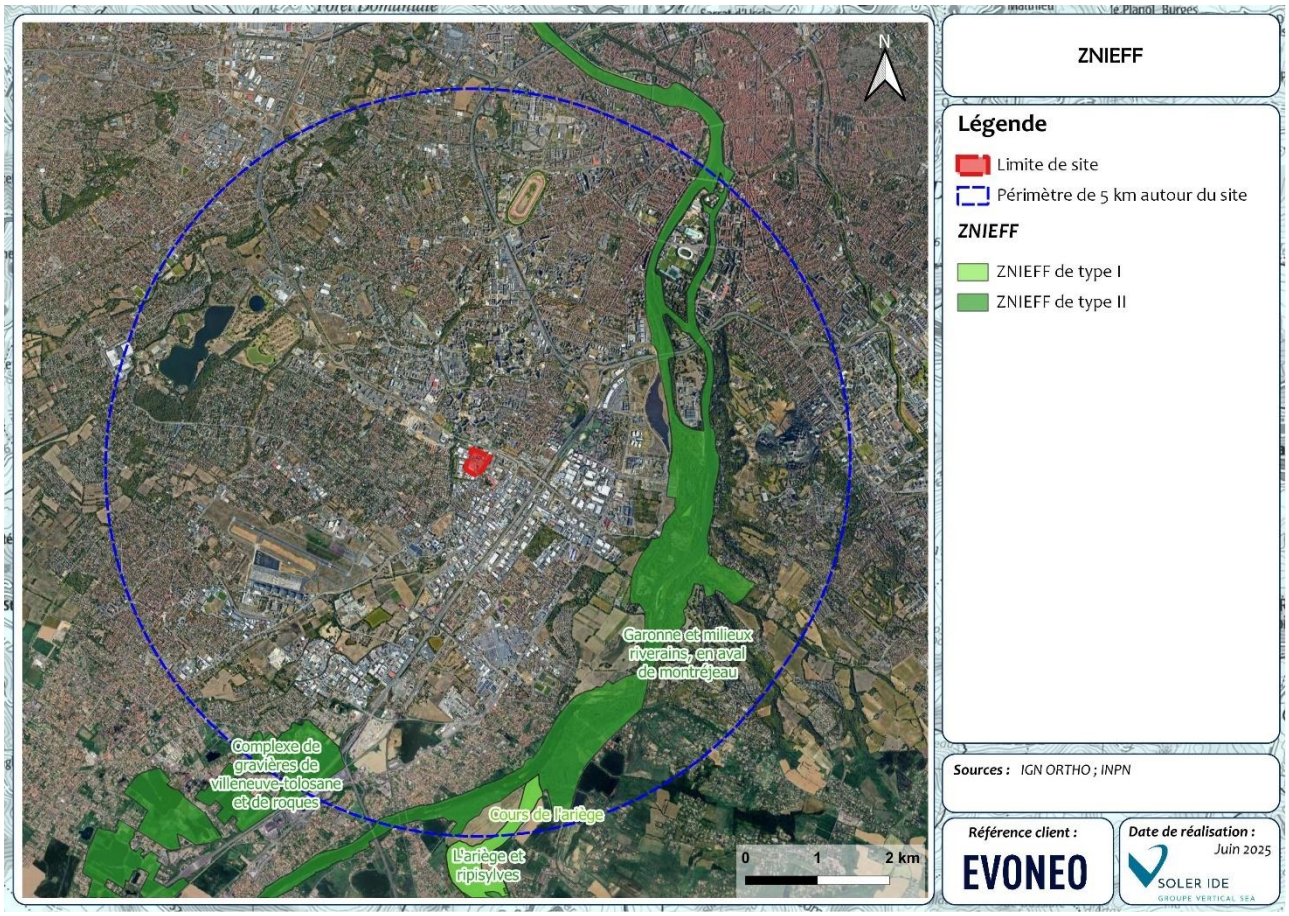



Figure 13 : Cartographie des sites NATURA 2000 dans un périmètre de 5 km autour du site

Le site se situe également à proximité de plusieurs ZNIEFF :

## Tableau 7 : ZNIEFF à proximité du site

| Code | Nom | Distance par rapport au site |
|---|---|---|
| **ZNIEFF – Type I** | | |
| 730010232 | Cours de l'Ariège | 4,3 km |
| **ZNIEFF – Type II** | | |
| 730010521 | Garonne et milieux riverains, en aval de Montréjeau | 2,5 km |
| 730010244 | Complexe de gravières de Villeneuve-Tolosane et de Roques | 4,2 km |
| 730012132 | L'Ariège et ripisylves | 4,3 km |




## Figure 14 : Cartographie des zonages ZNIEFF dans un périmètre de 5 km autour du site

### 2.2.2.3 Patrimoine culturel, archéologique et paysager

Le secteur d'étude immédiat ne présente pas d'intérêt culturel particulier. Seule une zone de présomption archéologique se trouve à 150 m à l'Ouest de l'UVE.

Aucun monument historique ou de site inscrit ou classées n'est localisé à moins d'un kilomètre du site.

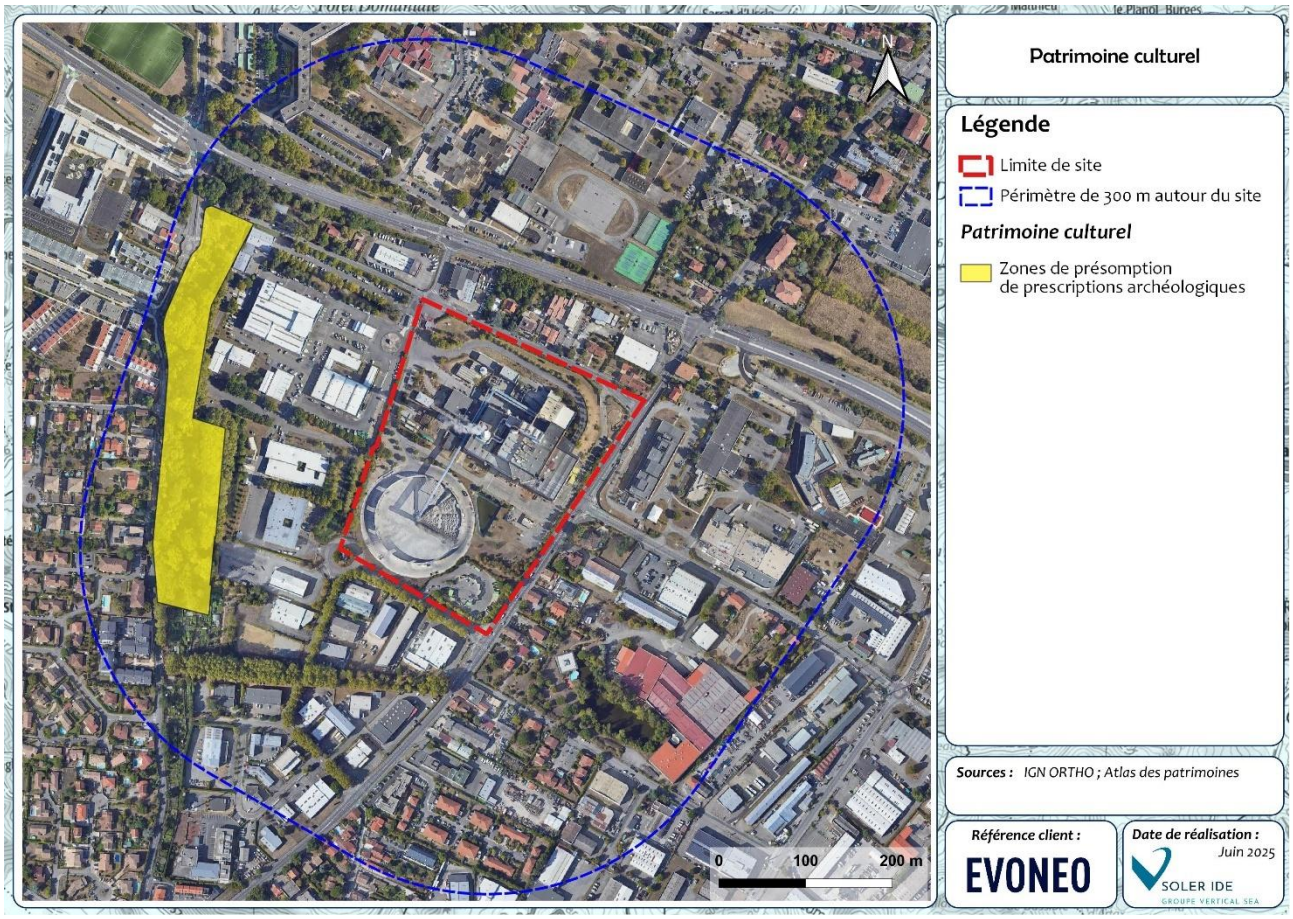



Figure 15 : Patrimoine culturel, archéologique et paysager à proximité de l'installation

### 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 :

- Les établissements recevant du public :
  - l'école élémentaire Georges Bastide à 160 m au Nord (noté (a) sur le plan en page suivante),
  - l'école maternelle Georges Bastide à 270 m au Nord (b),
  - l'école maternelle Les Pinhous à 290 m au Nord (c) et,
  - l'école élémentaire Paul Dottin à 280 m au Nord (d) ;
  - le complexe sportif René Valmy : Quatre terrains de tennis, une piste d'athlétisme et deux terrains de basket à 120 m au Nord (cf. sur le plan en page suivante) ;
- Les bâtiments industriels voisins :
  - Cuisine Centrale CHR Toulouse Purpan – ICPE soumise à enregistrement (n°1 sur le plan) ;
  - GCS Blanchisserie toulousaine de santé – ICPE soumise à enregistrement (n°2) ;
  - Les autres établissements implantés au sein des zones industrielles de Monlong et de Thibaud ;
- Les usagers des voies de circulation aux abords, principalement :
  - de la route de Seysses ;
  - du chemin de Perpignan ;
  - de la rue Paul Rocache.

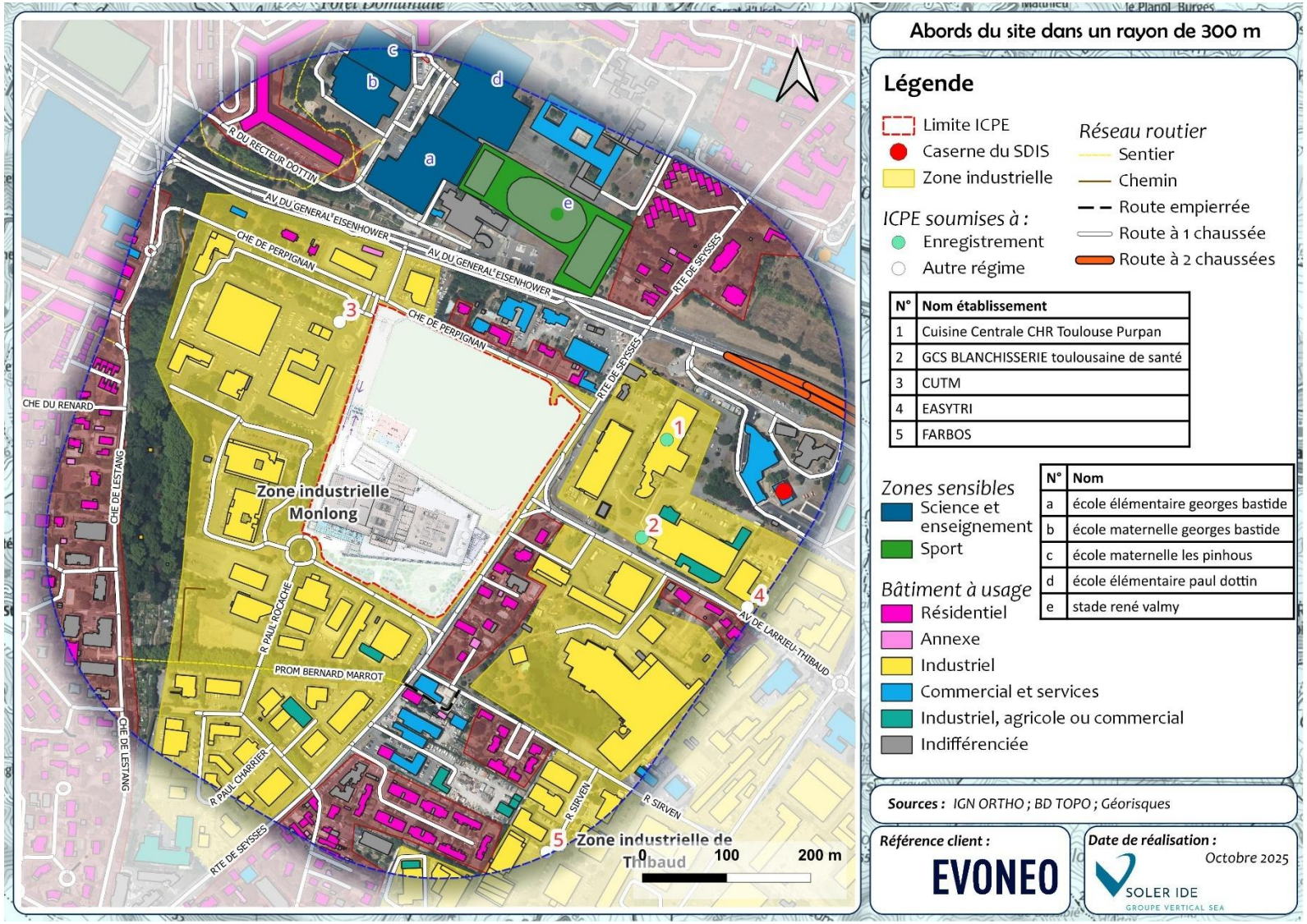



Figure 16 : Plan des abords du site

## 2.3 ANALYSE DES AGRESSIONS EXTERNES POTENTIELLES

### 2.3.1 DOCUMENTS D'INFORMATIONS REGLEMENTAIRES

La commune de Toulouse est incluse dans le périmètre :

- De 3 Plans de Prévention des Risques Naturels :
  - 1 PPR Inondation approuvé le 20 décembre 2011 ;
  - 1 PPR Mouvements de terrain sur les coteaux de Pech David approuvé le 15 juillet 1998 ;
  - 1 PPR Sécheresse approuvé le 25 octobre 2010 ;
- De 2 Plans de Prévention des Risques Technologiques :
  - 1 PPRT de la société ESSO approuvé le 16 octobre 2024 ;
  - 1 PPRT de la société ARIANE GROUP approuvé le 3 avril 2024.

En dehors des risques déjà pris en considération au travers des PPRN et PPRT, le dossier départemental des risques majeurs (DDRM) de Haute-Garonne, datant de 2019, est utilisé pour identifier les risques majeurs existants sur la commune de Toulouse, à savoir :

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

Comme toutes les communes du département, Toulouse 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 Toulouse dispose :

- d'un Plan de Prévention des Risques naturels liés au risque d'inondation approuvé le 20 décembre 2011 ;
- d'un Plan de Prévention des Risques naturels liés aux risques de mouvements de terrain approuvé le 15 juillet 1998 ;
- d'un Plan de Prévention du Risque Sécheresse approuvé le 25 octobre 2010.

a) Risque Inondation

1. **Plan de prévention du risque inondation**

Sont pris en compte dans ce PPRN, les risques d'inondation par débordements :

- de la Garonne, principal cours d'eau du territoire couvert par le PPRN ;
- du Touch (affluent de la Garonne)
- de l'Hers-Mort (affluent de la Garonne)
- de la Sausse (affluent de l'Hers-Mort)
- de la Saune (affluent de l'Hers-Mort)
- de la Marcaisonne (affluent de l'Hers-Mort)

Toutefois, l'UVE n'est pas incluse dans le zonage réglementaire (voir plan ci-après).

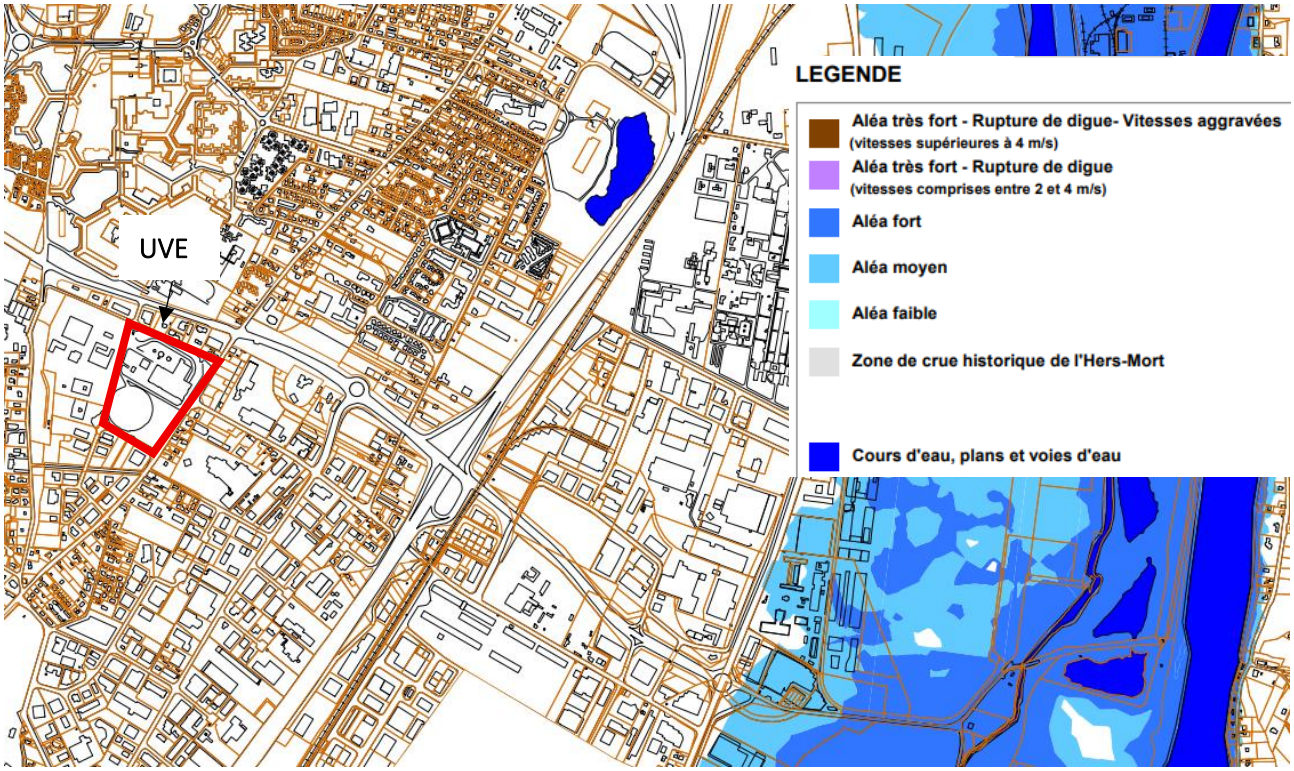



Figure 17 : Zonage réglementaire du PPRI au droit du site d'implantation du projet

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

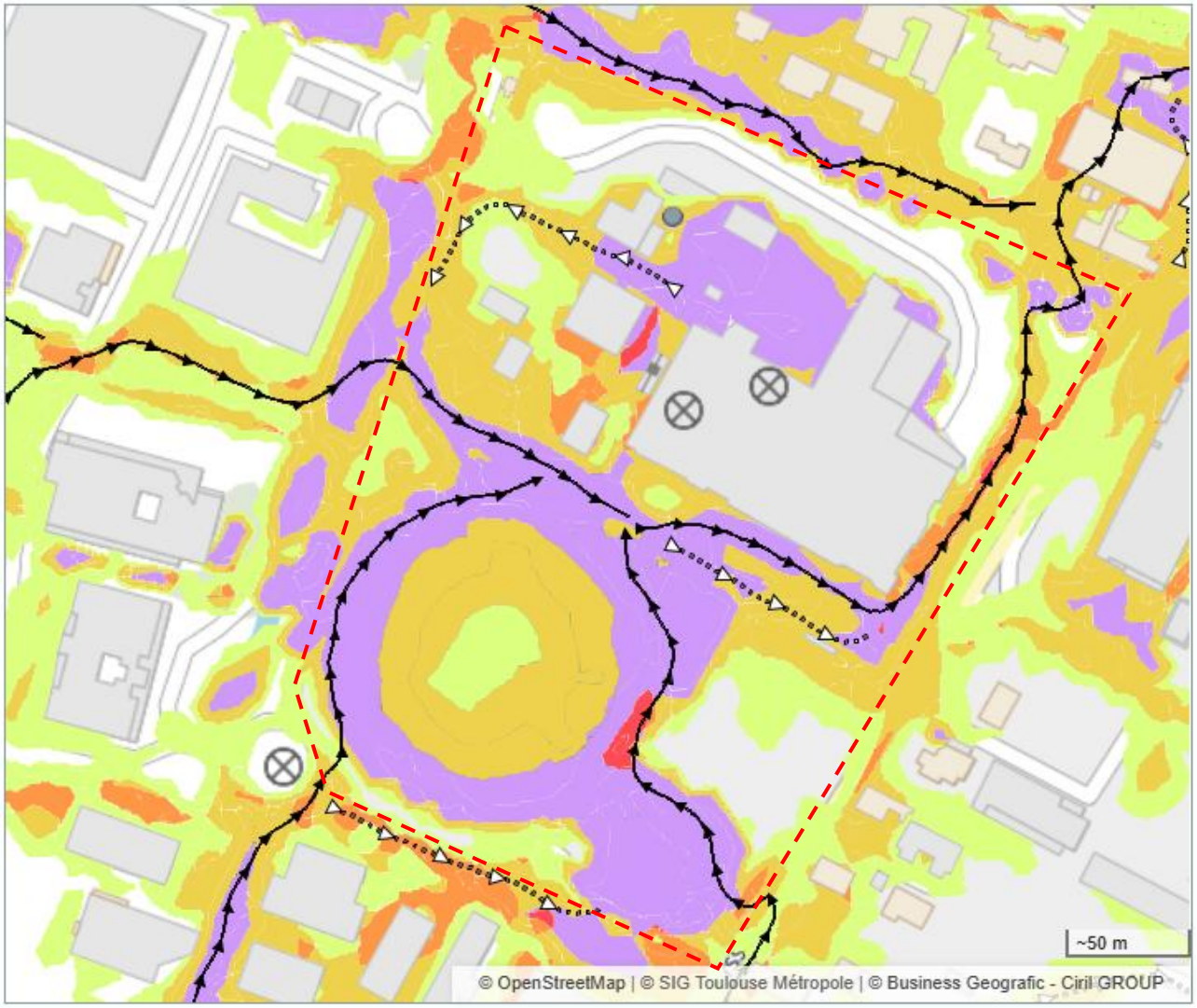
## 2. Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI)

Pour information, un Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) couvre notamment la commune de Toulouse. Le PAPI constitue un programme stratégique porté par les collectivités et l'État visant à améliorer la connaissance du risque, la gestion de crise et la réduction de la vulnérabilité du territoire.

Le programme du PAPI de l'agglomération toulousaine comporte 77 actions, pour un coût total de 51 millions d'euros. Toulouse Métropole porte la majorité des actions (56) et des dépenses (40,6 M€, pour 18,8 M€ de reste à charge). Ceci est cohérent avec son niveau d'exposition aux inondations. Le Muretain Agglo, le SICOVAL, le SMGALT et le Grand Ouest Toulousain Agglomération sont les autres principaux porteurs d'actions.

Ainsi, **le PAPI ne constitue pas un document réglementaire opposable au projet, contrairement au Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI)** présenté ci-avant, mais il apporte des éléments de connaissance complémentaires vis-à-vis de ce risque, notamment, grâce à la mise à disposition récente de cartographies spécifiques associées à l'aléa ruissellement. L'extrait de cette cartographie présenté ci-après montre que **le site est susceptible d'être concerné par un aléa de ruissellement pluvial (sans identification d'enjeu spécifique lié à un débordement de cours d'eau).**

Le ruissellement est un phénomène extrêmement rapide, les inondations par ruissellement sont généralement localisées mais **la quasi-totalité du territoire du PAPI est exposée à ce risque.**




| Axes de ruissellement | Zones inondables par ruissellement |
|---|---|
| Axes de ruissellement<br>Axes naturels simplifiés<br>Axes anthropiques | Méthode affinée<br>Alea<br>Limité (h < 20 cm)<br>Conséquent (h < 50 cm ; v < 0,5 m/s)<br>Fort, avec fortes hauteurs (h > 50 cm ; v < 0,5 m/s)<br>Fort, avec fortes vitesses (h < 50 cm ; v > 0,5 m/s)<br>Très fort, avec fortes hauteurs et fortes vitesses (h > 50 cm ; v > 0,5 m/s) |

Figure 18 : PAPI de l'agglomération toulousaine

Pour l'élaboration de cette cartographie, l'aléa ruissellement a été déterminé par simulation d'un épisode pluvieux exceptionnel (120 mm en 1 heure, soit deux fois le cumul de pluie centennal) selon deux méthodes : analyse topographique ou modélisation bi-dimensionnelle fine. Sur chaque secteur, la donnée la plus fiable disponible est utilisée (modélisation fine, sinon analyse topographique).

La cartographie ci-avant reflète principalement la configuration actuelle des aménagements du site et des surfaces imperméabilisées existantes (notamment parc à mâchefers et déchèterie), déjà intégrées dans le fonctionnement hydraulique du secteur. Aucun dysfonctionnement notable lié au ruissellement n'a été observé sur le site en situation actuelle, celui-ci disposant d'ouvrages de gestion des eaux pluviales adaptés.

### 3. Bilan

L'analyse de la localisation du site au regard des documents disponibles conduit aux constats suivants :

- le site est situé hors zones inondables réglementaires définies par le PPRI Garonne ;
- le projet se situe également en dehors des périmètres associés aux Territoires à Risque Important d'Inondation (TRI) identifiés sur le secteur toulousain ;
- les cartographies récentes issues des démarches PAPI et assimilées ne mettent pas en évidence d'aléa significatif de débordement de cours d'eau sur le site mais font apparaître un aléa de ruissellement.

Dans ce contexte, le risque principal identifié correspond à un aléa de ruissellement pluvial local, caractéristique des secteurs urbanisés et déjà anthropisés. Ce type d'aléa est pris en compte dans la conception du projet via :

- une gestion des eaux pluviales à la source : rejet à débit régulé des EP en sortie de bassins de rétention vers le réseau communal (voir détails dans l'étude d'impact du projet) ;
- le maintien de conditions d'écoulement globalement comparables à la situation actuelle, sans aggravation notable des écoulements vers l'aval,
- Le projet s'implante par ailleurs au sein d'une zone d'activités existante, déjà aménagée et imperméabilisée, sans extension significative en zone naturelle ou en zone d'expansion de crue.

### b) Plan de prévention des risques mouvements de terrain

Sont pris en compte dans ce PPRN, les risques de mouvements de terrain de type :

- Chutes de blocs ou de pierres ;
- Glissements de terrains ;
- Fluages ;
- Coulées de boues.

Toutefois, l'UVE n'est pas incluse dans le zonage réglementaire du PPRN qui concerne uniquement les coteaux de Pech David.

Ainsi, **les différents risques d'origine naturelle intégrés dans le PPRN de la commune de Toulouse n'ont pas d'effet prévisible sur les installations et ne constituent donc pas une source d'agression externe potentielle pour le site.**

### c) PPR Sécheresse

La totalité de la commune de Toulouse est incluse dans la zone exposée du PPR Sécheresse. Les prescriptions applicables à tous les bâtiments (hors abris légers ou annexes d'habitations n'excédant pas 20 m² et s'ils ne sont pas destinés à l'occupation humaine) sont les suivantes (Titre II du règlement du PPR).

« *Pour déterminer les conditions précises de réalisation, d'utilisation et d'exploitation du projet au niveau de la parcelle, il est prescrit la réalisation d'une étude géotechnique sur l'ensemble de la parcelle, définissant les dispositions constructives et environnementales nécessaires pour assurer la stabilité des bâtiments vis-à-vis du risque de tassement différentiel et couvrant les missions géotechniques de type G12 (étude géotechnique d'avant-projet)* ».

Une étude géotechnique a été réalisée de façon à définir les préconisations à mettre en œuvre pour la construction de l'UVE. Le risque de retrait-gonflement des argiles sera donc pris en compte dès la phase de construction et de choix des équipements.

**Le risque lié aux mouvements de terrain dus au retrait-gonflement des argiles n'est donc pas retenu dans cette étude.**

#### 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 « Etude d'impact »).

##### a) Réseau hydrographique

Les risques liés au réseau hydrographique ont été pris en considération dans le PPR Inondation.

Comme précisé en partie précédente, le site n'est pas inclus dans le zonage réglementaire du PPRN, **le risque d'inondation (par le réseau hydrographique) n'est donc pas retenu dans l'analyse des risques.**

##### b) Remontée de nappe

*Source : Géorisques*

Le projet se situe dans une zone potentiellement sujette aux inondations de cave.

Or, sur le site, des installations en sous-sol sont prévues (notamment la fosse OMR, la fosse mâchefers, le local DASRI, le plancher bas du bâtiment process et celui du bâtiment GTA). Ainsi, des mesures ont été prévues à la conception des installations pour prendre en compte le risque de remontée d'eaux dans les sous-sols.

Considérant les dispositions constructives qui seront mises en œuvre, **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.

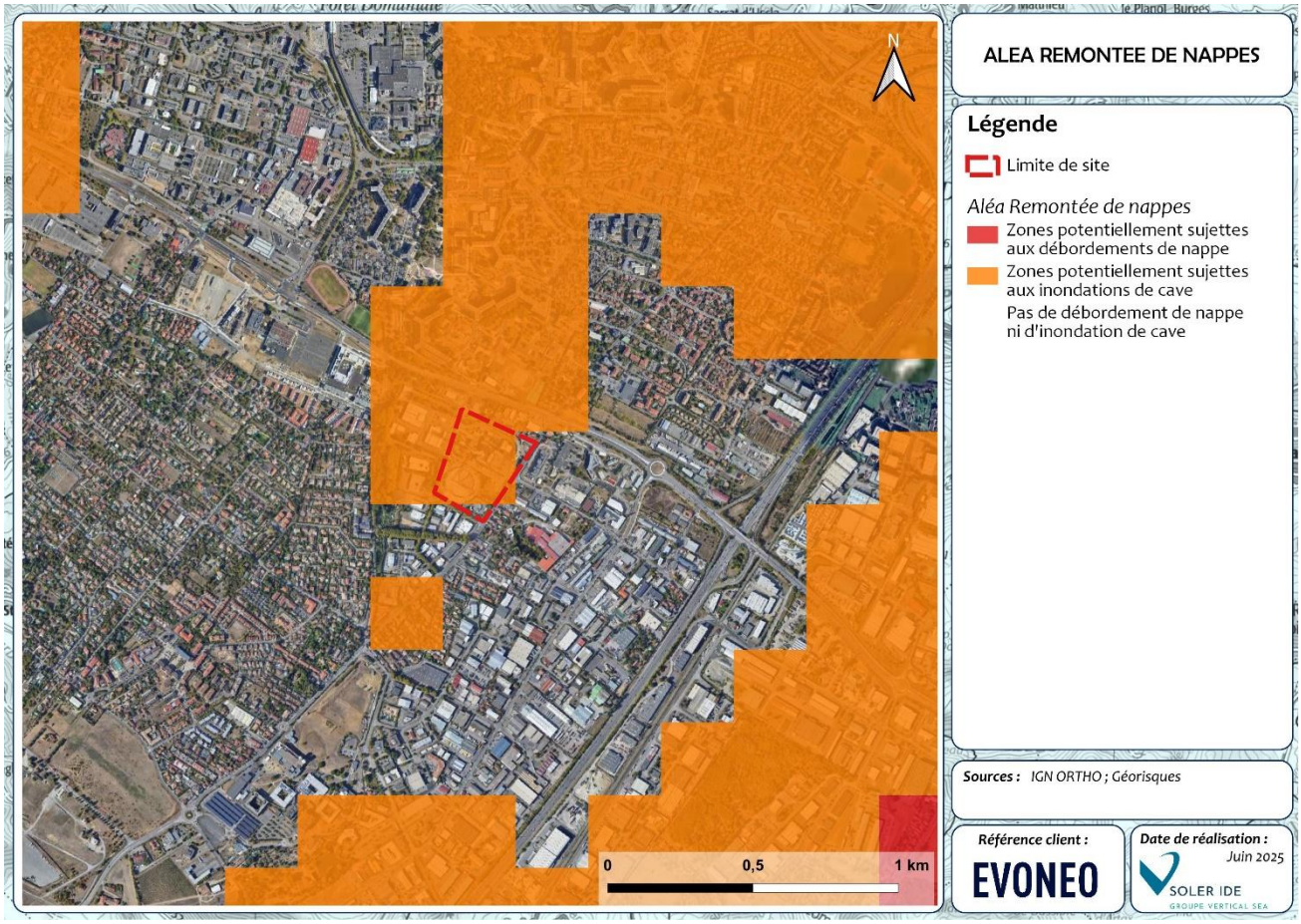



Figure 19 : Aléa de remontée de nappes au droit du projet

#### 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 …

Aucun mouvement de terrain ponctuel n'est recensé dans un périmètre de 300 m, ni même d'1 km autour du site. Les plus proches sont localisés à plus de 3 km en bordure de la Garonne.

**Le risque de mouvements de terrain (autres que le retrait-gonflement des argiles) n'est donc pas retenu dans l'analyse des risques.**

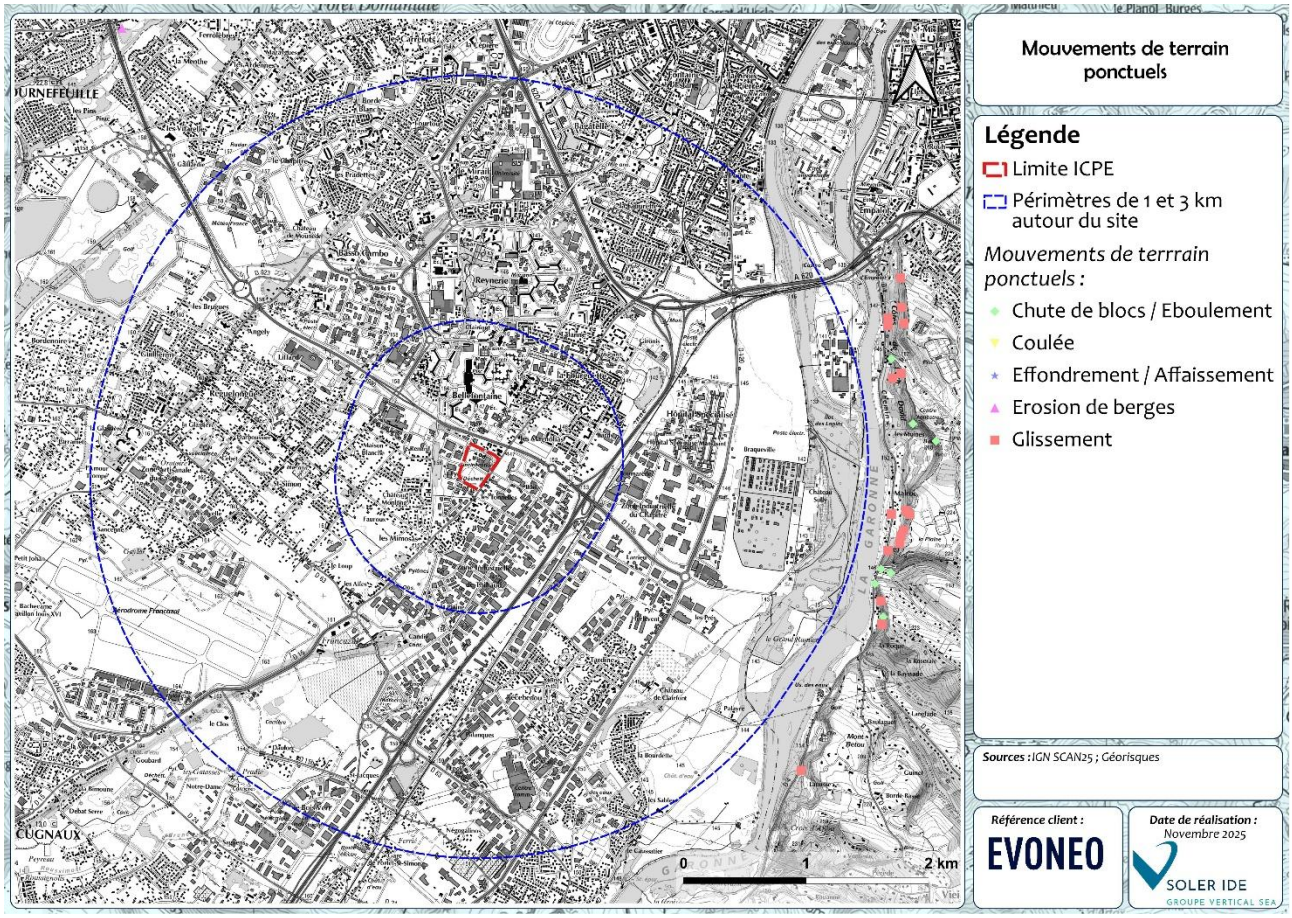



Figure 20 : Localisation des cavités souterraines les plus proches du site

### b) Retrait – gonflement des argiles

Comme explicité précédemment, sur la commune de Toulouse, le risque de retrait-gonflement des argiles est encadré par le PPR « Sécheresse » et ce risque est pris en compte dès la construction des installations.

**En conséquence, les risques liés aux mouvements de terrain ne sont donc pas retenus dans l'analyse des risques.**

### c) Cavités souterraines

Comme démontré au travers de la cartographie suivante, aucune cavité souterraine ne se trouve dans un rayon de 5 km autour du site. La cavité la plus proche étant située à 5,4 km.

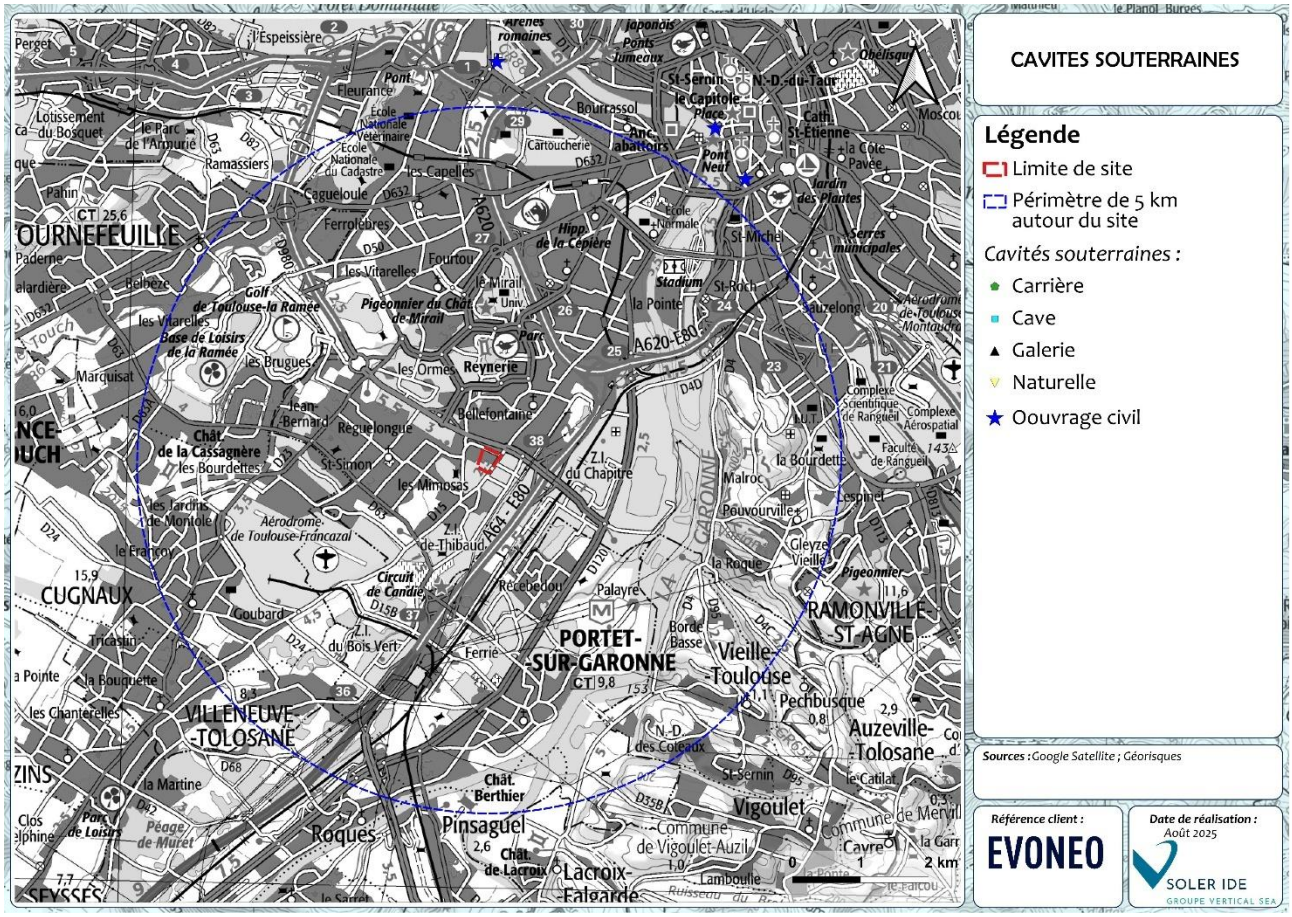



Figure 21 : Localisation des cavités souterraines les plus proches du site

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

#### 2.3.2.4 Sismicité

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.

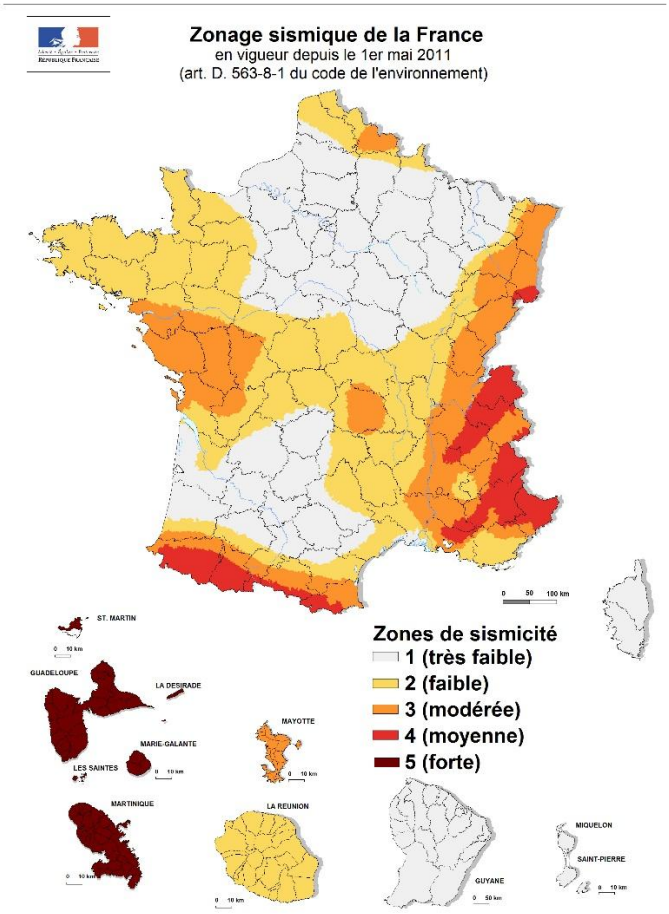



Figure 22 : Zonage sismique de la France

D'après les dispositions de ce texte :

- L'UVE fait partie des installations à risque normal de catégorie d'importance II (bâtiments dont la hauteur est inférieure ou égale à 28 m et bâtiments destinés à l'exercice d'une activité industrielle pouvant accueillir simultanément un nombre de personnes au plus égal à 300);
- La commune de Toulouse est classée en zone de sismicité très faible (1).

Ainsi, dans ce contexte, l'installation n'est pas 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 »).

**Le risque sismique ne sera pas pris en compte dans l'analyse des risques.**

#### 2.3.2.5 Feux de forêts

La commune de Toulouse n'est pas classée comme une commune à enjeux fort pour le risque 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).

De plus, le terrain d'implantation de la nouvelle UVE abrite déjà l'UVE actuelle en activité qui est elle-même située dans une zone industrielle existante et éloignée de tout massif boisé. Le site n'est pas localisé dans une zone d'obligation légale de débroussaillage (Source : Géorisques).

**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 42 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 Toulouse-Blagnac montre que les vents sont souvent faibles, ils ne dépassent que rarement (14,6 % du temps) la vitesse de 16 m/s (58 km/h) et exceptionnellement la vitesse de 28 m/s (0,3% 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 Toulouse, cinq 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 3520-b « Incinération de déchets dangereux» ;
- de la rubrique 2770 « Installation de traitement thermique de déchets dangereux ».
- de la rubrique 2771 « Installation de traitement thermique de déchets non dangereux » ;
- de la rubrique 3110 « Combustion ».

Or, les activités de traitement thermique de déchets dangereux et non dangereux, rubriques 2770 et 2771, et l'activité de combustion, rubrique 3110, sont soumises 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 septembre 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 8 : Synthèse des protection foudre (ARF, RG Consultant)**

| ***Structure*** | ***Protection effets directs*** | ***Protection effets indirects*** |
|---|---|---|
| ***Pôle Energie*** | Protection de **niveau I** | Protection de **niveau I sur les lignes de puissances** |
| | | Protection de **niveau I+ sur les courants faibles** |
| ***UVE*** | Protection de **niveau I** | Protection de **niveau I** |
| Bât. AGORA | Risque tolérable | Protection de **Niveau IV** |
| ***Lignes entrantes Photovoltaïques*** | Sans Objet | Protection de **niveau IV** |

Sont également à protéger, les barrières de sécurité suivantes : centrale incendie, systèmes d'extinction automatique, centrales de détection, système de vidéo-surveillance … (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 danger 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-Garonne, 16 établissements sont soumis aux dispositions de la réglementation SEVESO : 9 sont classés SEVESO Seuil Haut et 7 SEVESO Seuil Bas.

Deux installations SEVESO Seuil Haut se situent dans un rayon de 3 km autour du site et disposent toutes deux d'un Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT). Il s'agit de la société ARIANEGROUP, à 2,7 km à l'Est du site, et de la société LINDE, à 2,9 km au Sud de l'UVE sur la commune voisine de Portet-sur-Garonne.

Toutefois, **la nouvelle UVE ne se trouve pas incluse dans les zonages réglementaires des PPRT de ces deux sociétés, le risque associé aux installations SEVESO n'est donc pas retenu dans la présente étude.**

##### b) ICPE voisines

Dans un rayon de 1 km, sont recensées 7 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) soumises à autorisation ou à enregistrement aucune n'est classée SEVESO (voir carte de localisation en page 40) :

**Tableau 9 : Localisation des ICPE actuelles les plus proches du site**

| N° plan | Nom de l'établissement | Adresse | Activité | Régime ICPE | Distance / au site |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ZINCAL SARL | 42 Avenue de Larrieu | Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements | Autorisation | 815 m à l'Est |
| 2 | GACHES CHIMIE SAS | 8 Rue Labouche – ZI de Thibaud | Commerce de gros, à l'exception des automobiles et des motocycles | Autorisation | 500 m au Sud-Est |
| 3 | THALES ALENIA SPACE France | 26 Avenue JF Champollion | Construction aéronautique et spatiale | Autorisation | 890 m au Sud |
| 4 | Cuisine Centrale CHR Toulouse Purpan | 1 Place du Docteur Joseph Baylac | Activités pour la santé humaine | Enregistrement | 100 m à l'Est |
| 5 | GCS Blanchisserie toulousaine de santé | 20 Avenue de Larrieu Thibaud - ZI du Chapitre | Autres services personnels | Enregistrement | 140 m à l'Est |
| 6 | ENROBES SUD ENVIRONNEMENT | Lieu-dit Thibaud Sud | Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques | Enregistrement | 990 m au Sud-Est |
| 7 | DENJEAN LOGISTIQUE | Avenue de Larrieu – ZI de Thibaud | Entreposage et services auxiliaires des transports | Enregistrement | 1 km m au Sud-Est |

Etant donné l'éloignement de la société GACHES CHIMIE SAS, 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 enregistrement, les AMPG[7] 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

Comme toutes les communes de la Haute-Garonne, la commune de Toulouse est concernée par le risque nucléaire. Le risque nucléaire pour la Haute-Garonne 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.**

#### 2.3.3.3 Circulation extérieure au site et Transport de Matières Dangereuses

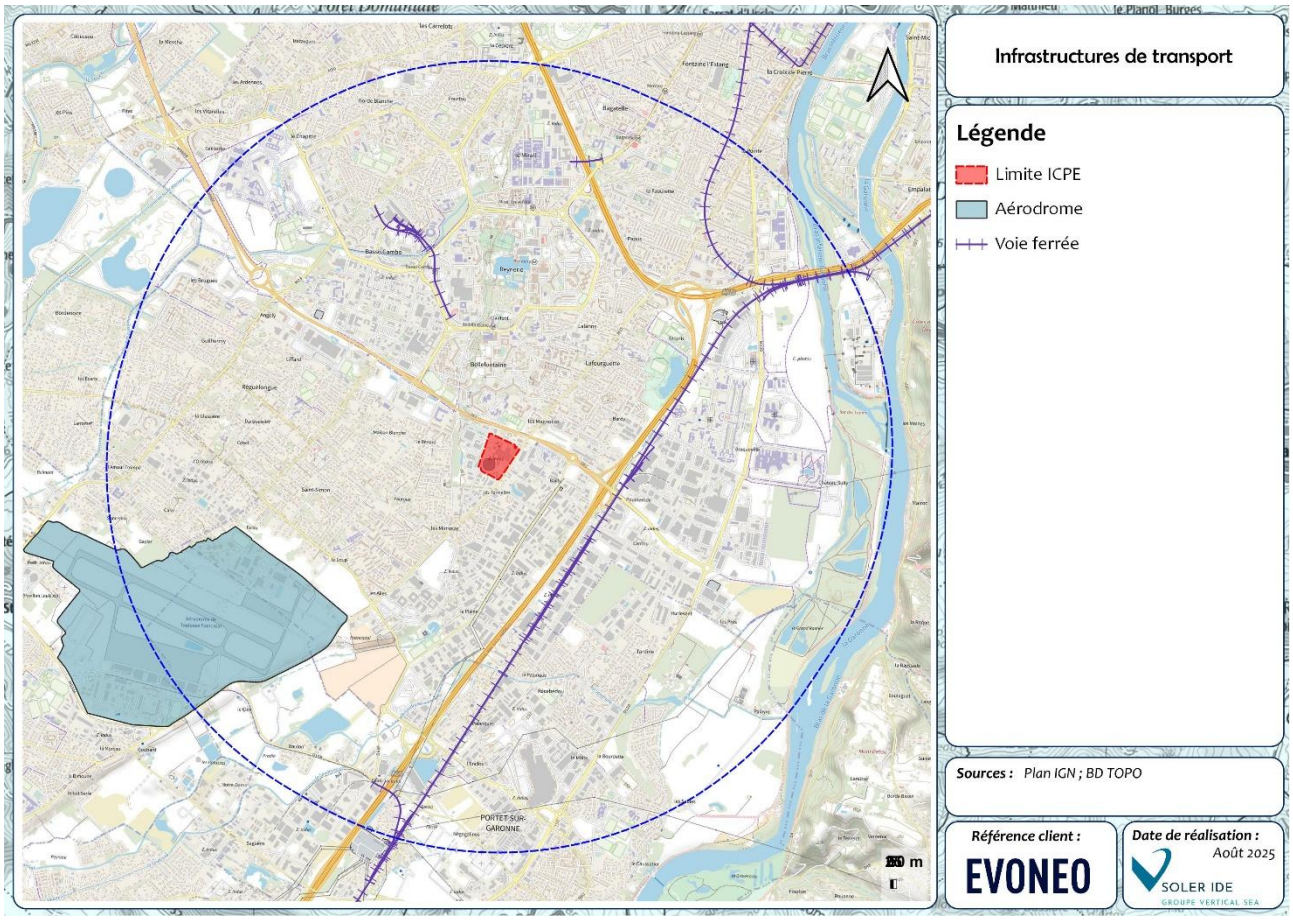



Figure 23 : Infrastructures de transport

[7] AMPG = Arrêté Ministériel de Prescriptions Générales

### 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'aérodrome le plus proche est l'aéroport de Toulouse-Francazal dont la piste (dans le sens de la largeur) est située à 2,2 km des installations (voir carte en page précédente).

Les autres aérodromes à proximité sont l'aéroport de Toulouse-Blagnac situé à 6,3 km au Nord et l'aérodrome de Lasbordes situé à 8,4 km au Nord-Est.

**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 est localisée à 880 m à l'Est du site. En raison de l'éloignement des installations par rapport à la voie ferrée, un accident sur ces dernières 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 (voir carte en page 42) :

- Le Chemin de Perpignan qui dessert le site,
- La Route de Seysses à l'Est du site,
- La Rue Paul Rocache au Sud du site,
- L'Avenue du Général Eisenhower au Nord du site.

## 1. Risque TMD

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

- l'avenue du Général Eisenhower situé à 230 m des installations (70 m des limites de propriété),
- l'autoroute A64 qui passe à près de 750 m des limites de propriété et dont l'échangeur n°38 se situe à l'Est du site à près de 700 m des limites du site.

**Au vu de la proximité du site par rapport à l'avenue Eisenhower, conformément à la circulaire du 10 mai 2010, sont fournis ci-après les éléments qualitatifs permettant l'appréciation de la vulnérabilité de l'installation aux flux de matières dangereuses et ainsi, conformément à cette circulaire, le risque TMD ne sera pas pris en compte dans l'appréciation de la démarche de maîtrise des risques à la source.**

Le trafic moyen journalier est de l'ordre de 15 719 véhicules sur l'Avenue Eisenhower dont près de 16% de PL ; par contre, le pourcentage associé au TMD n'est pas connu.

Les types d'accidents de transport de matières dangereuses dont les conséquences pourraient générer des effets domino sont les suivants :

- l'incendie, provoqué par un choc, un échauffement, une fuite, etc. dont le flux thermique ou les dégagements gazeux occasionnent brûlure et asphyxie (parfois sur un large périmètre) ;
- l'explosion, flux mécanique qui se propage sous forme de détonation ou de déflagration. Des risques de traumatismes, directs ou par onde de choc, peuvent en résulter ;
- le BLEVE d'un camion-citerne.

La limite cadastrale du site est située à 70 m de l'avenue Eisenhower, toutefois, les installations de l'UVE seront implantées à plus de 230 m par rapport à cette avenue. Ainsi, compte tenu de l'éloignement des équipements de l'UVE par rapport à l'avenue Eisenhower, aucun risque d'effet domino associé aux flux thermiques, aux effets de surpression ou à un BLEVE d'un camion-citerne (qui peut générer des effets domino jusqu'à 210 mètres) n'est à redouter sur le site (voir tableau ci-après).

**Tableau 10 : Distances d'effets en cas de BLEVE ou d'explosion de camion-citerne de GPL (Source : Circulaire du 10 mai 2010)**

| | Propane ou Butane, réservoir rempli à 85% à température ambiante | Propane ou Butane, réservoir vide de liquide |
|---|---|---|
| **Phénomène dangereux** | **BLEVE – Effets thermique** | **Explosion – Effets de surpression** |
| **Seuils d'effets** | **600 $(kW/m^2)^{4/3}$.s - Effet domino** | **200 mbars - Effet domino** |
| Camion-citerne 20 t | 210 mètres | 45 mètres |
| Camion-citerne 9 t | 150 mètres | 35 mètres |
| Camion-citerne 6t | 120 mètres | 30 mètres |

**Le risque TMD par transport routier ne sera pas pris en compte dans l'étude de danger.**

2. Risque 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 DDRM31, la commune de Toulouse est concernée par le transport de matières dangereuses s'effectuant par canalisation. En effet, un gazoduc enterré longe l'Avenue du Général Eisenhower et dessert le site ; toutefois, il est localisé à plus de 100 m au Nord du Pôle Energie et de la future UVE qui ne sont concernés par aucune servitude d'utilité publique concernant cette canalisation.

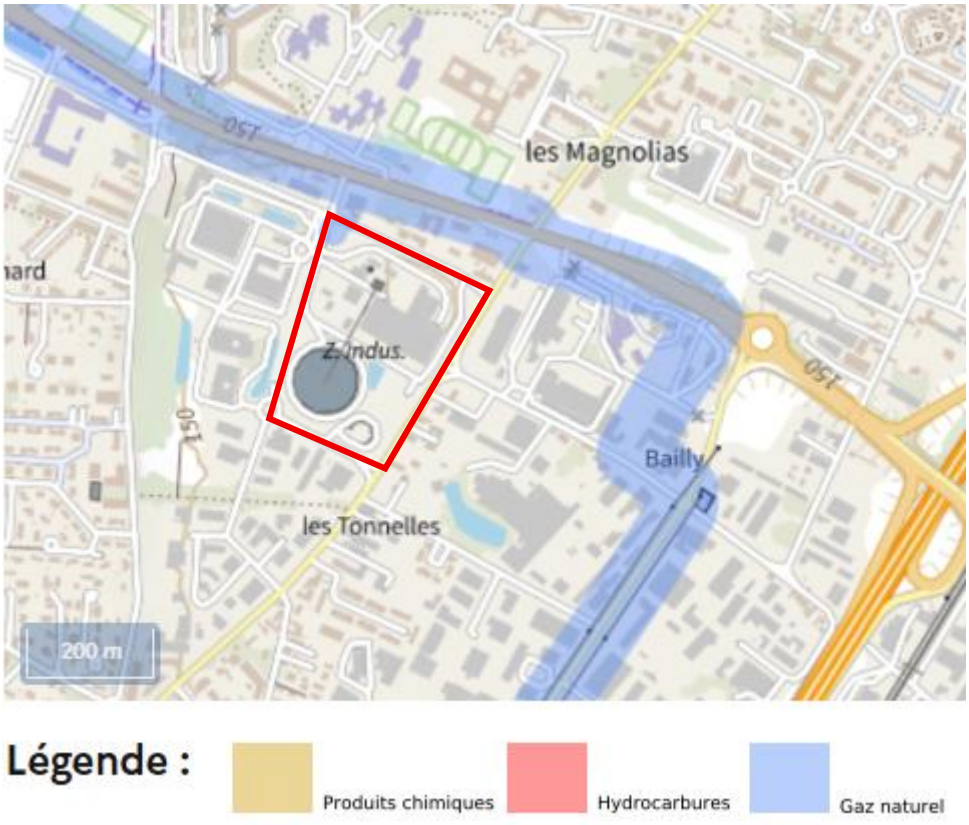



Figure 24 : Localisation de la canalisation de gaz naturel la plus proche du site

**Au regard de l'éloignement des équipements par rapport à la canalisation, le risque lié aux TMD par gazoducs ne sera donc pas pris en considération dans l'analyse des risques.**

#### 2.3.3.5 Aménagement hydraulique

La commune de Toulouse est classée dans le Dossier Départemental des Risques Majeurs comme une commune concernée par le risque de rupture de barrage. Deux barrages concernent la ville de Toulouse en cas de rupture :

- Le barrage de Cap de Long situé dans le département des Hautes-Pyrénées sur la rivière « Neste de Couplan » ;
- le barrage de la Ganguise (ou de l'Estrade) situé dans le département de l'Aude, sur la rivière « La Ganguise ».

**Tableau 11 : Caractéristiques du barrage de la Ganguise**

| Barrage | Département d'implantation | Nature | Hauteur du barrage | Année de mise en service | Volume de la rétention |
|---|---|---|---|---|---|
| Cap de Long | Hautes-Pyrénées | Poids / Voûte | 85 m (au-dessus du TN) | 1952 | 66,6 $hm^3$ |
| La Ganguise | Aude | Barrage en terre | 33 m (au-dessus du TN) | 1979 (barrage initial) 2005 (barrage surélevé) | 44,6 $hm^3$ |

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 la Ganguise, en cas de rupture du barrage et d'après les dernières études, le temps d'arrivée du front de l'onde de submersion est estimé à 4 heures environ au Sud de l'agglomération toulousaine. Aucune prescription particulière n'est induite par le zonage de l'aléa rupture de barrage.

En cas de rupture de barrage de Cap de Long et d'après les études connues à ce jour, la hauteur de la Garonne serait voisine de celle de l'inondation du 23 juin 1875 (hauteur maximale d'eau : 7 mètres). Le temps d'arrivée du front d'onde est estimé à 9 heures environ au Sud de Toulouse et à peine plus de 10 heures à Blagnac.

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 de ces caractéristiques (cf. Tableau 11), **les barrages de Cap de Long et de la Ganguise sont des barrage de classe A (selon l'article R.214-112 du Code de l'Environnement).**

**Or, le risque lié à la rupture de barrage de classe A ou B 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 Transport de Matières Dangereuses par voie routière,
- 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 d'accident TMD a fait l'objet d'une description qualitative mais ne sera pas pris en compte dans la matrice de criticité ;
- la foudre sera prise 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 240 000 t/an dont 6 000 t/an pour les déchets d'activités de soins à risques infectieux (DASRI). Cette unité comprendra :

- une fosse de stockage des déchets non dangereux d'une capacité d'environ 17 000 $m^3$ ;
- un système d'alimentation des fours depuis cette fosse ;
- une zone de stockage / manipulation des bacs DASRI fermés ;
- un système d'alimentation en DASRI des fours ;
- une unité de lavage / désinfection des bacs DASRI vides associés à une aire de stockage tampon des bacs désinfectés ;
- deux lignes d'incinération comprenant chacune un four d'une capacité de 15 t/h (avec 3 brûleurs de démarrage/soutien fonctionnant au gaz naturel) ainsi qu'une chaudière de récupération de chaleur de 45,5 MW (production de vapeur valorisée via 3 consommateurs : 3 RCU toulousains, vapeur directe CHR, production d'électricité par turbo alternateur) ;
- une chaîne de traitement des fumées produites à la sortie des fours permettant le respect des Valeurs Limites d'Emission définies dans le BREF WI[8] applicable sur le site ; cette chaîne comprendra :
  - une injection de bicarbonate de sodium ;
  - une première filtration par filtre à manches ;
  - une injection de bicarbonate de sodium et de coke de lignite ;
  - une deuxième filtration par filtre à manches ;
  - une unité de traitement des oxydes d'azote (DeNOx catalytique) ;
  - un échangeur après le traitement des fumées pour optimiser la récupération d'énergie ;
  - un ventilateur et une cheminée pour l'évacuation des fumées traitées ;
- deux groupes turbo-alternateurs pour la valorisation électrique de la chaleur issue des lignes d'incinération ;
- la gestion des résidus solides (mâchefers, cendres volantes et résidus d'épuration des fumées) ;
- la gestion des effluents liquides : eaux pluviales, eaux process (lavage des bacs DASRI, …)
- l'ensemble des auxiliaires nécessaires au fonctionnement et à la sécurité de l'UVE (notamment détection et protection incendie) ;
- les équipements d'électricité et de contrôle-commande pour l'alimentation de l'UVE et son pilotage ;
- des chaudières de secours au gaz (Pôle Energie) ;
- un bâtiment administratif et divers locaux techniques.

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

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

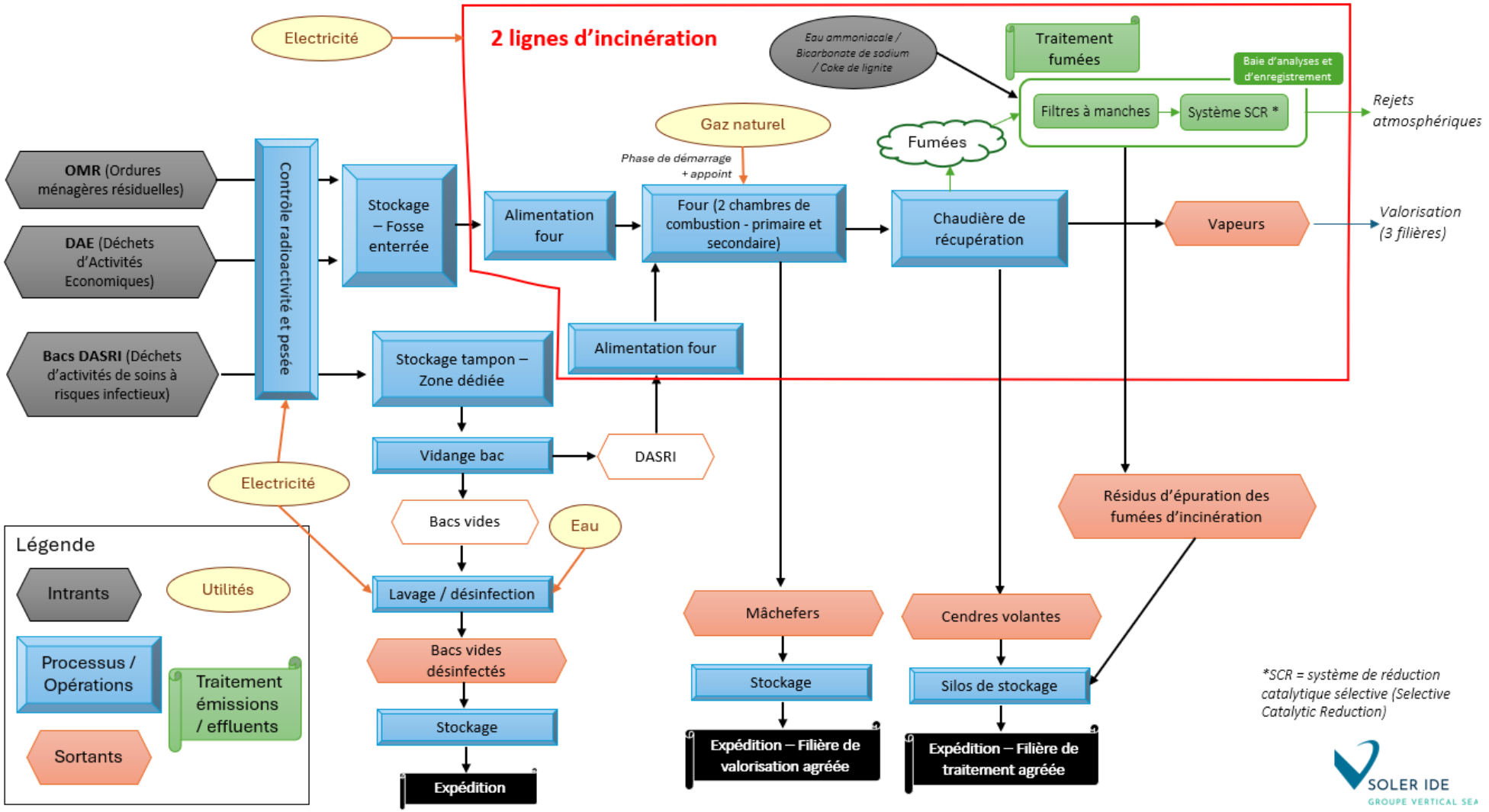



Figure 25 : Schéma de fonctionnement simplifié de l'UVE

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

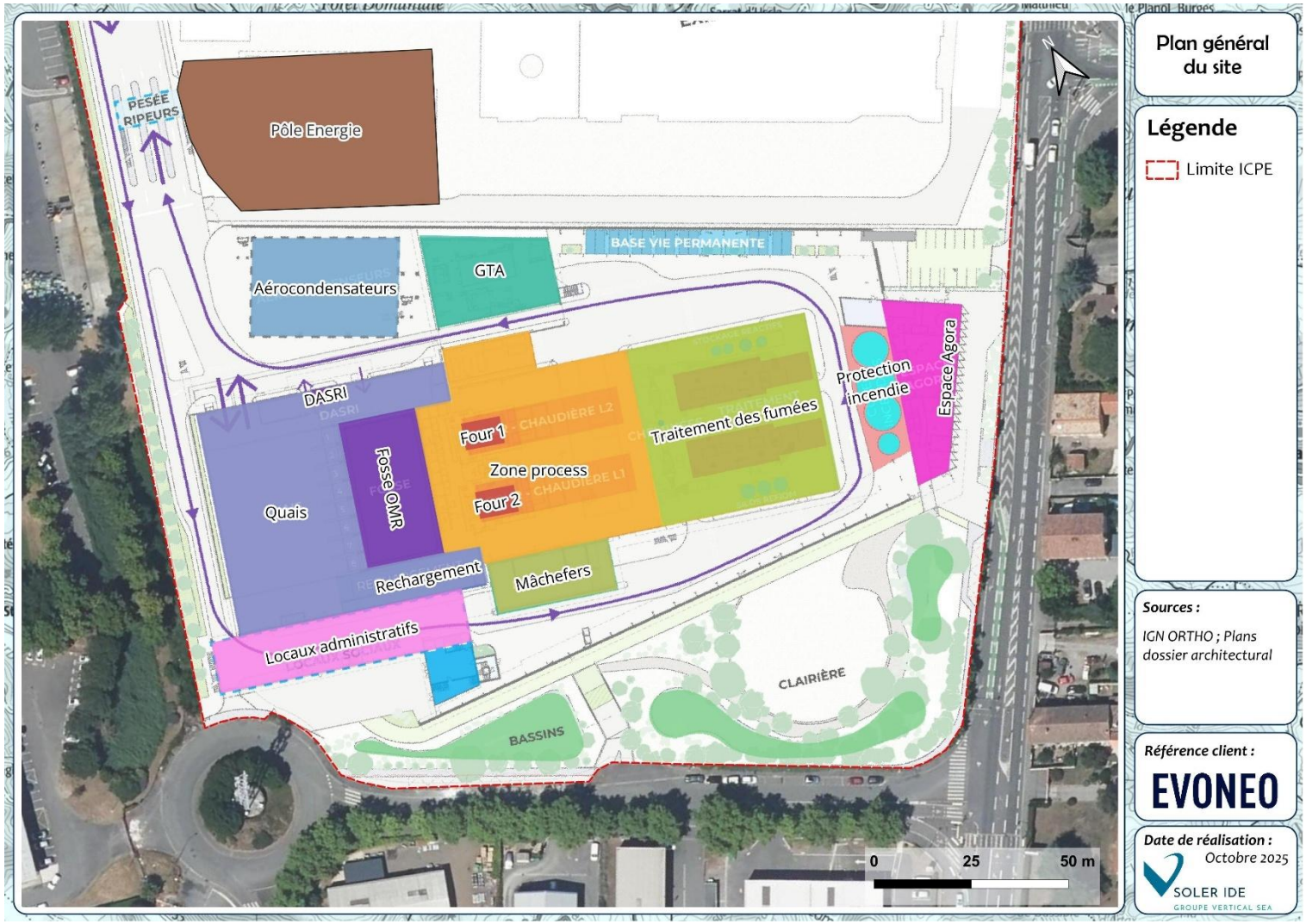



Figure 26 : Plan général du site

## 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 12 : Classement ICPE projeté de l'établissement**

| Numéro | Désignation des activités | Classement | Observations techniques |
|---|---|---|---|
| 3520-a | Elimination ou valorisation de déchets dans des installations d'incinération des déchets ou des installations de co-incinération des déchets.<br>a) Pour les déchets non dangereux avec une capacité supérieure à 3 tonnes par heure | A | Capacité annuelle totale : 240 000 t/an, dont 6 000 t de DASRI<br>Four n°1 et 2:<br>Capacité nominale unitaire = 15 t/h<br>PCI sur brut = 2 600 kcal/kg<br>Puissance thermique unitaire, P th = 45,4 MW<br>**Total : Capacité horaire : 30 t/h**<br>Puissance thermique nominale : 91 MW |
| 2771 | Installation de traitement thermique de déchets non dangereux […] | A | |
| 3520-b | Elimination ou valorisation de déchets dans des installations d'incinération des déchets ou des installations de co-incinération des déchets.<br>b) Pour les déchets dangereux avec une capacité supérieure à 10 tonnes par jour | A | Incinération de déchets d'activités de soins à risques infectieux (DASRI)<br>Capacité annuelle totale : 6 000 t/an<br>**Capacité journalière : 24 t/j** |
| 2770 | Installation de traitement thermique de déchets dangereux […] | A | |
| 3110 | Combustion de combustibles dans des installations d'une puissance thermique nominale totale égale ou supérieure à 50 MW | A | Pôle Energie équipé<br>de 2 chaudières gaz naturel,<br>de puissance unitaire de 35 MW<br>soit une puissance nominale totale de **70 MW** |
| 2510.3 | Exploitation de carrière ou autre extraction de matériaux | A | Excavation, parmi l'ensemble des déblais nécessaires à la construction de la nouvelle UVE, de 30 000 m³ de graves naturelles soit :<br>**50 000 tonnes**<br>*NB : ce classement vise à faciliter administrativement la réutilisation de ces graves naturelles par une installation tierce autorisée pour la production de sables et granulats.* |
| 4511.2 | Dangereux pour l'environnement aquatique de catégorie chronique 2. | DC | Stockage de REFIOM : 3 silos de 130 $m^3$<br>Masse volumique étant 500 kg/$m^3$ => capacité totale de stockage = **195 tonnes**. |
| 4734.1 | Produits pétroliers spécifiques et carburants de substitution<br>1. Pour les cavités souterraines et les stockages enterrés | NC | Une cuve enterrée double-peau de fioul domestique de 35 m³ pour l'alimentation du groupe électrogène de secours<br>Une cuve GNR enterrée double peau pour les engins d'exploitation : 5 m³<br>Soit une quantité totale de 40 m³ soit **35,2 tonnes** |

| Numéro | Désignation des activités | Classement | Observations techniques |
|---|---|---|---|
| 4734.2 | Produits pétroliers spécifiques et carburants de substitution<br>2. Pour les autres stockages | NC | Une réserve de 1 m³ pour le groupe motopompe incendie<br>Soit une quantité totale de **0,88 tonnes** |
| 1435 | Stations-service | NC | Volume annuel de carburant distribué<br>**= 50 m³/an** |
| 2925.2 | Ateliers de charge d'accumulateurs électriques<br>2. Lorsque la charge ne produit pas d'hydrogène | NC | Postes de charge des véhicules électriques.<br>**Puissance de charge totale : 300 kW** |
| 4801 | Houille, coke, lignite, charbon de bois, goudron, asphalte, brais et matières bitumineuses. | NC | Stockage de coke de lignite : silo de **60 m³ (soit 30 tonnes)** |

Le site n'est pas classé SEVESO.

# 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 chef 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.

La salle de contrôle est située en extrémité de la fosse au niveau +9.50 m et à l'opposé de la zone de gerbage. Ceci permet une vue sur l'ensemble de la fosse, des déversoirs et également du quai de déchargement. Les postes pontier sont intégrés dans cette salle afin d'optimiser la communication entre l'équipe d'exploitation et les conditions de travaux. Ces postes permettent le pilotage des grappins et sont complétés par un ensemble de moniteur reliés aux caméras de surveillance.

Le vitrage des postes « pontiers » 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 présentes 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).

Enfin, des employés du site auront reçu la formation et les instructions pour guider efficacement les secours extérieurs en cas d'incendie.

### 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 d'exploitation : elles précisent le fonctionnement normal de l'activité afin d'exercer une activité en toute sécurité.
- des consignes de sécurité : elles précisent l'interdiction de fumer sur le site (hors zones fumeurs), l'interdiction 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 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, 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. Ce contrôle est réalisé par l'intermédiaire de barrières avec interphone et caméras.

Tout accès se fera par le poste d'accueil.

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

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 est dimensionnée afin de permettre le passage des poids lourds.

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

Le plan de circulation affiché sur le site 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.

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

Les piétons portent les équipements de protection individuelle permettant de les signaler.

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 SECURITE DES INSTALLATIONS DE L'UVE

## 4.2.1 SECURITE DES PROCEDES

### 4.2.1.1 Dispositions générales

Les installations sont 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 sont stockées à cet effet dans un magasin de stockage.

Cependant, pour des équipements critiques comme certaines pompes de dosage, d'alimentation de la chaudière, les équipements sont doublés.

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 remplit les fonctions principales suivantes :

- Surveillance continue des principales valeurs process (températures, taux d'oxygène des fumées, sous pression dans le four) ;
- Un contrôle de processus automatisé pour un fonctionnement optimal des installations ;
- Un contrôle de sécurité continu des équipements ;
- Retour d'alarmes continu.

Le système de contrôle-commande et de supervision mis en place est 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 est en communication permanente avec des automates programmables industriels.

#### a) Alimentation des déchets

Une caméra est montée au-dessus de la trémie d'alimentation de chaque four afin d'observer le niveau des déchets présents dans la trémie et la goulotte. La caméra est reliée à un écran vidéo situé dans la salle de contrôle.

Un système d'extinction incendie doté de buses de pulvérisation et d'un système de surveillance de la température est également installé. Le système peut être commandé à distance manuellement ou activé automatiquement.

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

La goulotte doit toujours être pleine pour assurer l'étanchéité et éviter les remontées de feu depuis le four. Un volet de fermeture est utilisé en cas de manque de déchets dans la goulotte, afin d'éviter les entrées d'air.

L'ensemble trémie / goulotte est ainsi équipé d'un système de détection de niveau qui :

- génère un signal sonore et visuel sur le poste de conduite du grappin ;
- déclenche une alarme sur le système de contrôle ;
- ferme le volet de fermeture.

### b) Dispositif de contrôle automatique de la combustion

Le système de contrôle permet de compenser les fluctuations de la teneur en humidité et de la composition du déchet, qui sont dues à la nature et l'hétérogénéité de celui-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 une valeur constante et aussi élevée 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 débit de vapeur,
- le débit, la température et la concentration en oxygène des gaz de combustion,
- les relevés de température dans le four et dans le premier parcours vide,
- les mesures de $CO/CO_2$ dans le premier parcours vide ou en sortie de chaudière.

Les principaux moyens de régulation sont :

- la fréquence des actions de la grille d'alimentation,
- la fréquence du mouvement de va-et-vient de la grille de combustion,
- le débit et la répartition d'air primaire,
- le débit d'air et la distribution d'air secondaire.

A noter que deux hublots (refroidis par air) permettent une inspection visuelle des chambres de combustion et une caméra est installée pour visualiser le processus de combustion depuis la salle de contrôle. Ces hublots sont protégés par une guillotine de protection, à ouvrir pour chaque visualisation.

#### c) Système de contrôle chaudière

Une armoire de commande avec des verrouillages de commande pour les moteurs électriques, l'actionneur du moteur, l'équipement de la vanne d'arrêt principale et la vanne de drainage, le relais, le régulateur de pression, le régulateur de température et les lampes de signalisation, est fournie.

Le débit de l'eau d'alimentation de la chaudière est contrôlé au moyen d'une vanne de régulation du débit (FCV) installée en aval des pompes d'alimentation de la chaudière. Le point de réglage de la FCV est basé sur le niveau du ballon chaudière, en tenant compte du débit de vapeur et du débit d'eau d'alimentation de la chaudière (régulation à trois éléments) :

- Si le niveau d'eau dans le ballon est trop bas, le processus de combustion est arrêté par une procédure d'arrêt rapide. En outre, la purge du ballon est également arrêtée.
- Si la pression de vapeur est trop élevée, elle peut être réduite par la mise en œuvre automatique de la vanne de contrôle de l'évent surchauffeur. Dans ce cas la vapeur surchauffée est partiellement rejetée à l'atmosphère à travers un silencieux.
- Si la pression est supérieure à la pression maximale admissible pour un fonctionnement sûr, les soupapes s'ouvrent, le pressostat s'enclenche et déclenche une mise à bas des feux automatiques.

La qualité de la vapeur et de l'eau est mesurée après les refroidisseurs d'échantillons.

Le nettoyage de la chaudière est commandé à partir d'une unité de commande locale qui détermine la séquence de nettoyage.

### 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 régulier sont effectués sur les installations ; un arrêt annuel des deux lignes d'incinération est notamment planifié pour cela.

L'ensemble des procédures d'entretien et de maintenance sont définies de manière très stricte et rigoureuse. Toutes les anomalies constatées font systématiquement l'objet de mesures correctives, qui sont suivies et adaptées si cela est nécessaire.

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 sont réalisés par des organismes agréés. Leur fréquence est fixée par la réglementation.

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 ou un arrêt de la fourniture d'eau.

#### 4.2.2.1 Panne électrique

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

L'UVE est en autoconsommation électrique via sa turbine. En cas de défaut ou d'insuffisance de la production électrique, l'UVE est alimentée via le réseau ENEDIS.

En cas de perte d'électricité (panne de la turbine et du réseau électrique), un groupe électrogène prendra automatiquement le relais et permettra d'assurer l'arrêt total de l'UVE dans des conditions sécurisées. Ce groupe est alimenté en diesel (stockage intégré) et permet une autonomie de plus de 10 h permettant une mise à l'arrêt en sécurité.

En cas de panne de la turbine et du réseau électrique, seront alors automatiquement prises les mesures suivantes :

- mise en service du réseau d'éclairage de secours ;
- maintien du fonctionnement des équipements vitaux de l'installation par la mise en service du groupe électrogène pour alimenter les équipements sensibles tels que les pompes alimentaires de la chaudière, ... jusqu'à l'arrêt en sécurité de l'installation ;
- maintien en fonctionnement du contrôle commande.

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

#### 4.2.2.2 Perte de l'alimentation en gaz naturel

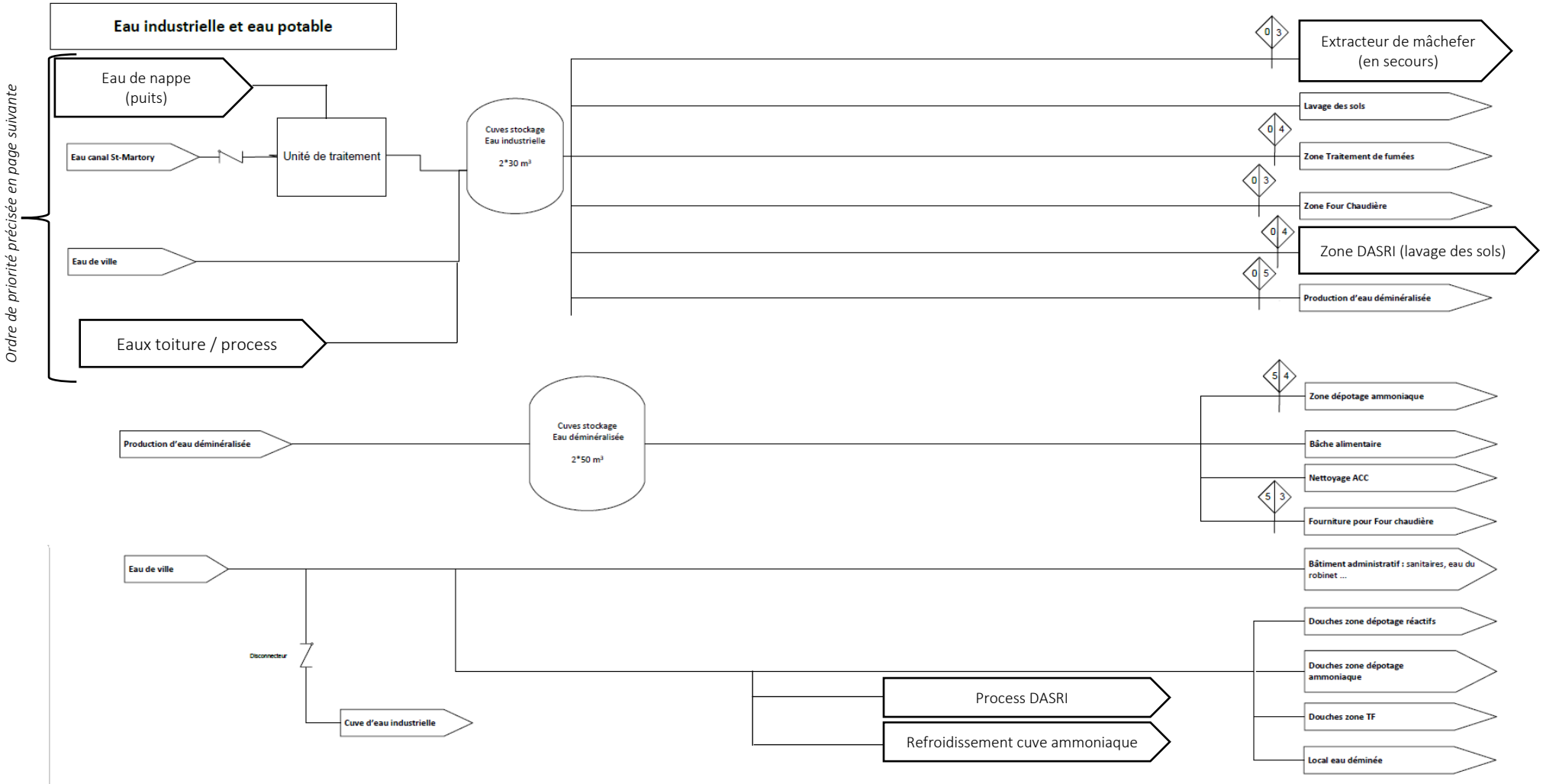
L'unité d'incinération est raccordée au réseau gaz naturel. Toutefois, l'utilisation du gaz naturel n'intervient qu'au démarrage de l'installation et en cas de nécessité pour le maintien en température (850°C).

Des instruments de mesure contrôlent en permanence le bon fonctionnement des brûleurs et détecteront tout défaut d'alimentation.

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 plus atteint.

### 4.2.2.3 Alimentation en eau

L'alimentation en eau se fait de la manière suivante :



Comme explicité sur le schéma en page précédente, le site dispose de plusieurs alimentations en eau : la 1ère par prélèvement dans le canal Saint-Martory, en 2nd, par le puits, en 3ème par l'eau de pluie (si quantité suffisante) et enfin comme ultime secours, l'eau de ville du réseau public

En cas de coupure d'alimentation en eau, les procédés ou opérations ayant recours à son utilisation sont soient arrêtés sans conséquence pour les installations, pour l'homme ou pour l'environnement, sinon, le site peut basculer sur une autre source d'alimentation en eau.

Les installations d'extinction incendie sont connectées aux cuves dédiées sur le site (voir : Plan général du site en page 72).

### 4.2.3 STOCKAGE DES PRODUITS CHIMIQUES

#### 4.2.3.1 Eau ammoniacale

L'eau ammoniacale est stockée à l'intérieur dans une cuve aérienne verticale de 40 $m^3$ en acier inoxydable, avec double-paroi. La cuve est équipée d'une détection de fuite et d'indicateur de niveau.

Le poste de dépotage est situé à l'extérieur du hall process 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 est effectué dans deux silos d'une capacité unitaire de 80 $m^3$ et munis :

- d'un détecteur de niveau haut et ;
- d'un détecteur de niveau bas.

Les équipements associés à ce stockage sont :

- des broyeurs permettant d'atteindre la granulométrie de réactif optimale pour le traitement ;
- deux silos tampon ;
- une série de convoyage par transport pneumatique des réactifs broyés.

#### 4.2.3.3 Absorbant

Dans le cadre du projet, il est installé un silo de 60 $m^3$ pour le stockage d'absorbant (type coke de lignite). Ce dernier est équipé d'un évent d'explosion et de piquage à sa base pour permettre un inertage à l'azote en cas de besoin.

L'ensemble des équipements de dosage et d'injection est certifié ATEX.

## 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 sont mises en place afin de prévenir les sources d'inflammation :

- l'interdiction de feu nu et des procédures de permis de feu ;
- l'interdiction de fumer mise en place sur l'ensemble du site (hors zones fumeurs) permettant également d'éviter l'apport de feu nu (étincelle, mégot, …) ;
- la maintenance préventive des installations ;
- le contrôle périodique réglementaire et la maintenance des équipements par des organismes agréés :
  - extincteurs, trappes de désenfumage, détecteurs d'incendie, alarmes incendie … (annuellement) ;
  - installations électriques (annuellement) ;
  - 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 sont accessibles aux engins incendie et de secours. A cet effet, des voies sent maintenues libres à la circulation et permettent l'accès des engins des sapeurs-pompiers.

Le plan des accès secours au site est fourni dans le dossier « Plans » en annexe.

Les bâtiments et locaux sont 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 indiquent :

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

Des exercices incendie sont 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 dispositions constructives suivantes sont prévues au niveau de l'UVE :

- Bardage métallique extérieur simple peau,
- Murs et planchers en béton armé autour de la fosse OMR (cf. plans ci-dessous),
- Toiture métallique avec isolation en laine de roche.

La figure ci-dessous présente une vue 3D de la fosse vide, simulée depuis le quai de déchargement. En pages suivantes, sont présentées les vues en coupe de la fosse OM de l'UVE de Toulouse.

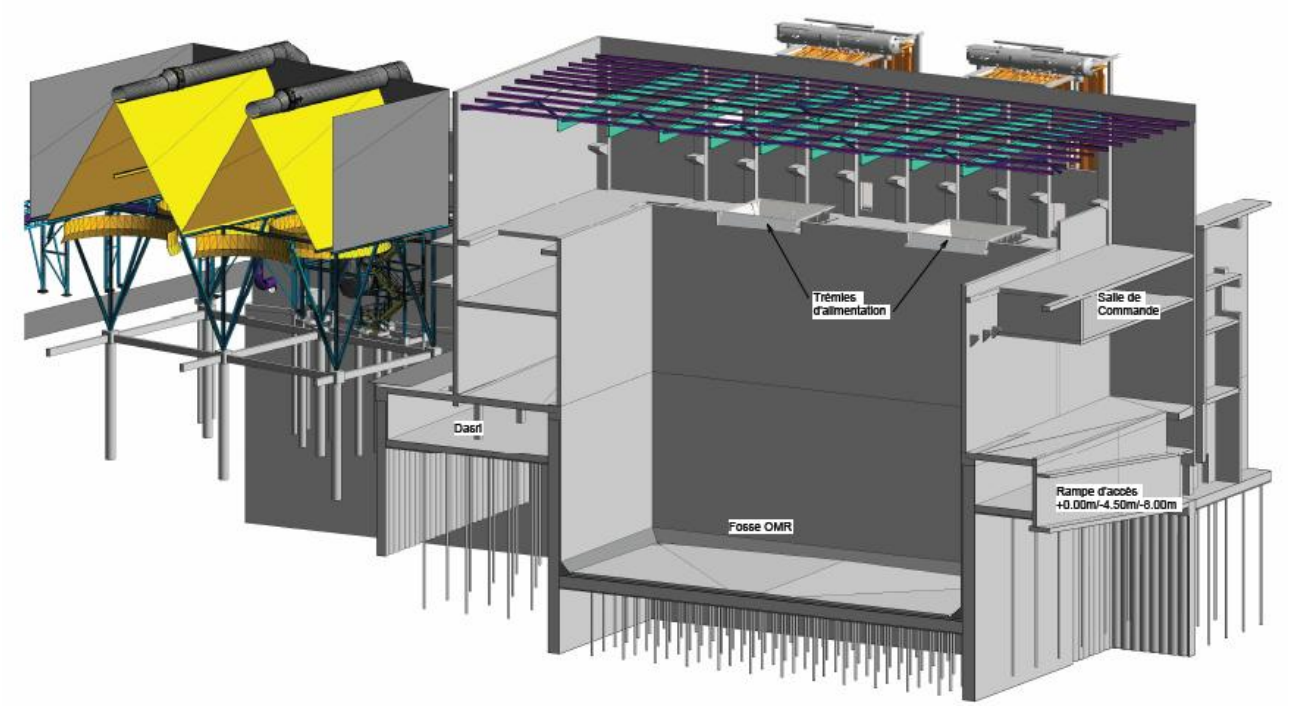



Figure 27 : Vue 3D de la fosse à vide

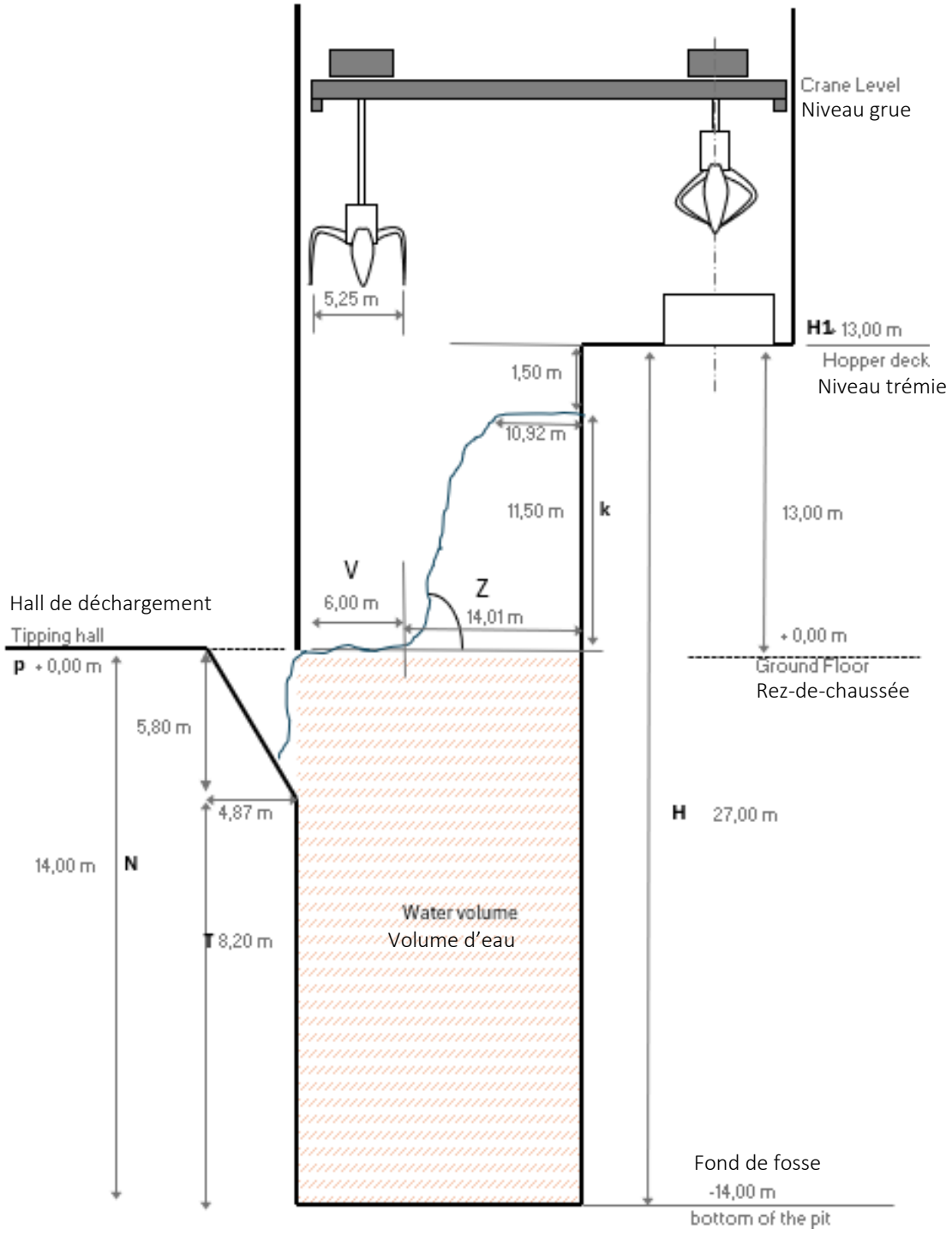



Figure 28 : Vue en coupe de la fosse remplie au maximum

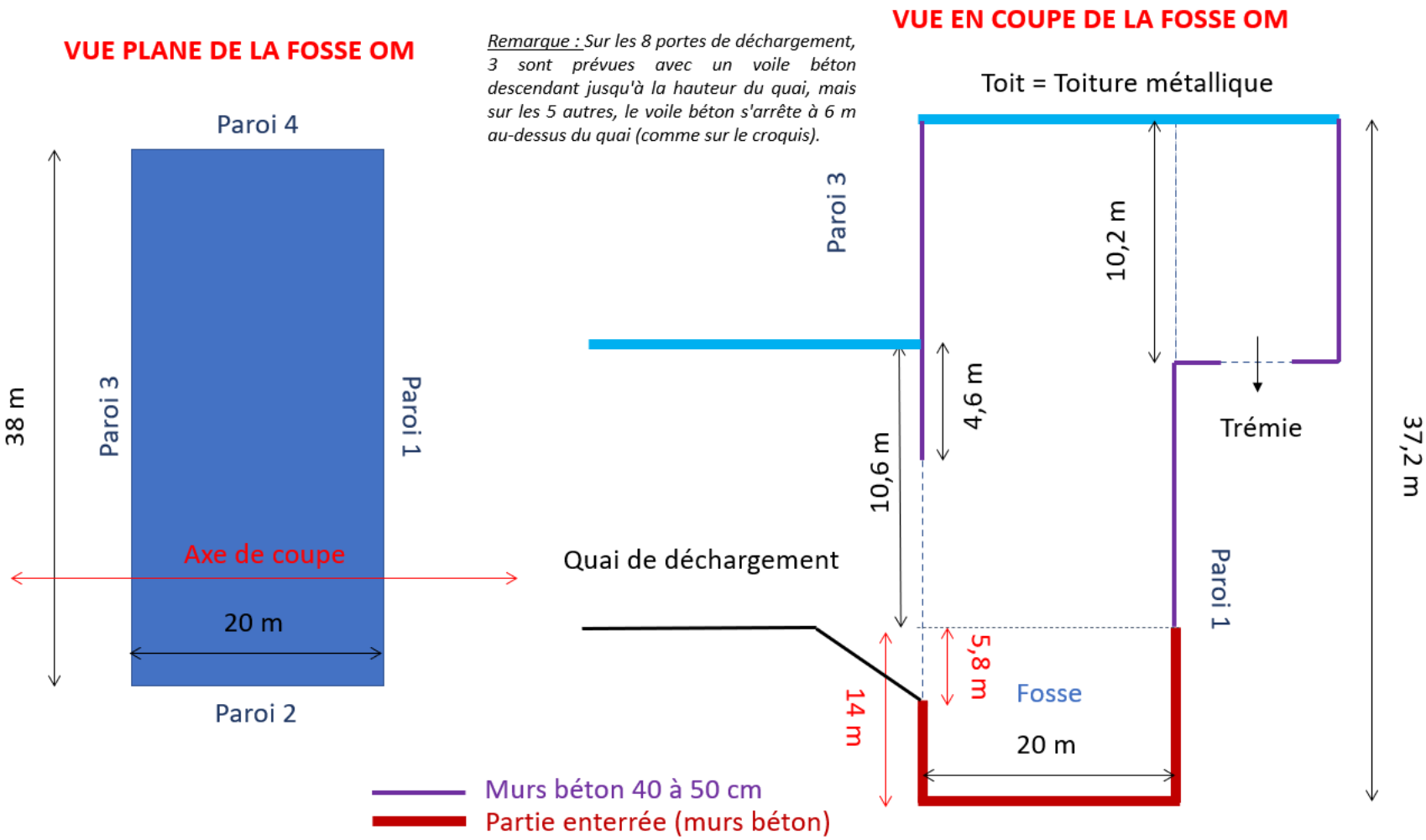



Figure 29 : Vue en coupe de la fosse OM (1/2)

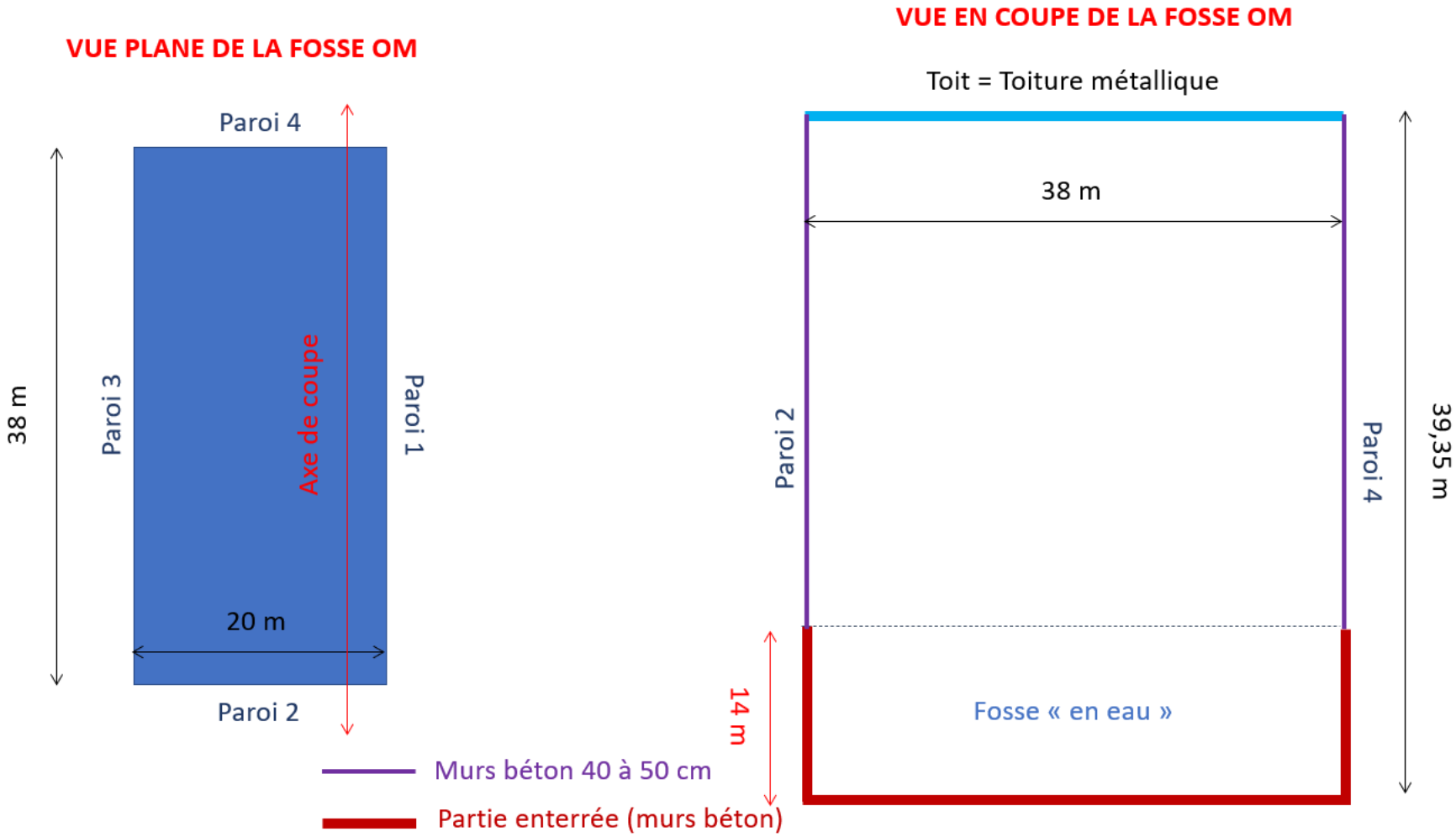



Figure 30 : Vue en coupe de la fosse OM (2/2)

#### 4.3.3.2 Dispositif de désenfumage

Les locaux à risque incendie sont équipés en partie haute de dispositifs d'évacuation naturelle des fumées et de chaleur.

Le nombre d'exutoires respecte la réglementation des ICPE fixant la surface de désenfumage à 2% de la surface de la toiture.

#### 4.3.3.3 Dispositifs de surveillance et de détection incendie

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

- Dans le bâtiment de réception / stockage des DASRI ;
- Au niveau de la goulotte d'alimentation des fours ;
- Dans les locaux électriques ;
- Dans la salle de commande ;
- Dans la zone de stockage des bacs DASRI vides ;
- Dans les locaux administratifs.

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

Ces dispositifs de détection sont associés avec des alarmes sonores sur le site.

Ces matériels font 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 ;
- des Robinets d'Incendie Armés (RIA), disposés selon les exigences réglementaires ;
- des moyens spécifiques de lutte contre l'incendie sont installés au niveau de certains équipements process notamment :
  - au niveau de la fosse de stockage des OMR : caméras thermiques avec déclenchement de canons à eau ;
  - système d'extinction incendie doté de buses de pulvérisation et d'un système de détection IR au niveau de la trémie d'alimentation.

**Tableau 13 : Tableau de synthèse des bâtiments / équipements protégés**

| Zone | Bâtiment / équipement protégé | Type protection |
|---|---|---|
| Bâtiment fosse OM | Fosse OM | Protection par canons à eau |
| Bâtiment fosse OM | Trémie de chargement n°1 | Protection déluge |
| Bâtiment fosse OM | Trémie de chargement n°2 | Protection déluge |
| Bâtiment fosse OM | Vitre pontier | Protection déluge |
| Bâtiment quais de déchargement | Local DASRI RDC | Protection par sprinklers |
| Bâtiment quais de déchargement | Local DASRI Sous-sol | Protection par sprinklers |
| Local source | Local source | Protection par sprinklers |
| Bâtiment GTA | Paliers GTA | Protection déluge |
| Bâtiment GTA | Hall GTA (RDC) | Protection par sprinklers |
| Bâtiment GTA | Rétention GTA (Sous-sol) | Protection déluge |
| Bâtiment Fours / chaufferie / TF | Groupes hydrauliques | Protection déluge |
| Parking souterrain | Parking souterrain (niv. -1) | Protection par sprinklers |

Les salles électriques sont protégées par IEAG - Installation d'Extinction Automatique à Gaz (local TGBT).

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 d'eau est dédié à l'alimentation des moyens de protection incendie interne (RIA, système déluge …) (2 cuves de 980 $m^3$ + 1 de 360 $m^3$). Ce stockage est muni de motopompes diesel et électrique et est pourvu de résistances électriques afin d'éviter le gel.

#### 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, il a été déterminé les besoins en eau d'extinction.

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 se rapprochant le plus des activités exercées sur le site, en application de l'annexe 1 du document technique D9, est le suivant :

**Tableau 14: Classement des activités du site selon le document technique D9**

| Désignation de l'activité | | Catégorie de risque | |
|---|---|---|---|
| **Fascicule S – Activités liées aux déchets** | | **Activité** | **Stockage** |
| 01 | Collecte et traitement (dont incinération) des déchets ménagers et assimilés | 1 | 2 |
| **Fascicule T – Production et distribution d'énergie** | | **Activité** | **Stockage** |
| 01 | Chaufferie fonctionnant au gaz | RF | SO |
| 02 | Production et distribution d'électricité (hors stockage fioul)<br>Transformation et réception d'électricité | 1 | 2 |
| **Fascicule T – Production et distribution d'énergie** | | **Activité** | **Stockage** |
| 02 | Parkings couverts | 1 ou 2* | SO |

* Catégorie de risque 2 pour les zones de stationnement dotées de bornes de charge électrique.

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.

c/ Détermination du débit requis

Le calcul du débit requis pour les différentes zones non recoupées a été réalisé par CYRUS Industrie et est présenté en annexe.

Ainsi, en application du document D9, le débit maximum requis sur site est de **270 m³/h** soit **540 m³ pendant deux heures**. Ce débit sera assuré par les poteaux incendie implantés sur le site.

La carte de localisation des cuves et poteaux incendie est fournie dans le dossier « Plans » en annexe.

#### 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 31 : Méthode de dimensionnement des rétentions des eaux d'extinction

b/ Application au site

Le calcul des besoins en rétention des eaux d'extinction d'incendie a été réalisé par CYRUS Industrie et est présenté en annexe.

### 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 sont effectués et une formation au maniement des extincteurs est 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 31 (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, plusieurs 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 Casarlade situé moins de 300 m à vol d'oiseaux du site.

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

Le plan des accès secours au site est fourni dans le dossier « Plans » en annexe.

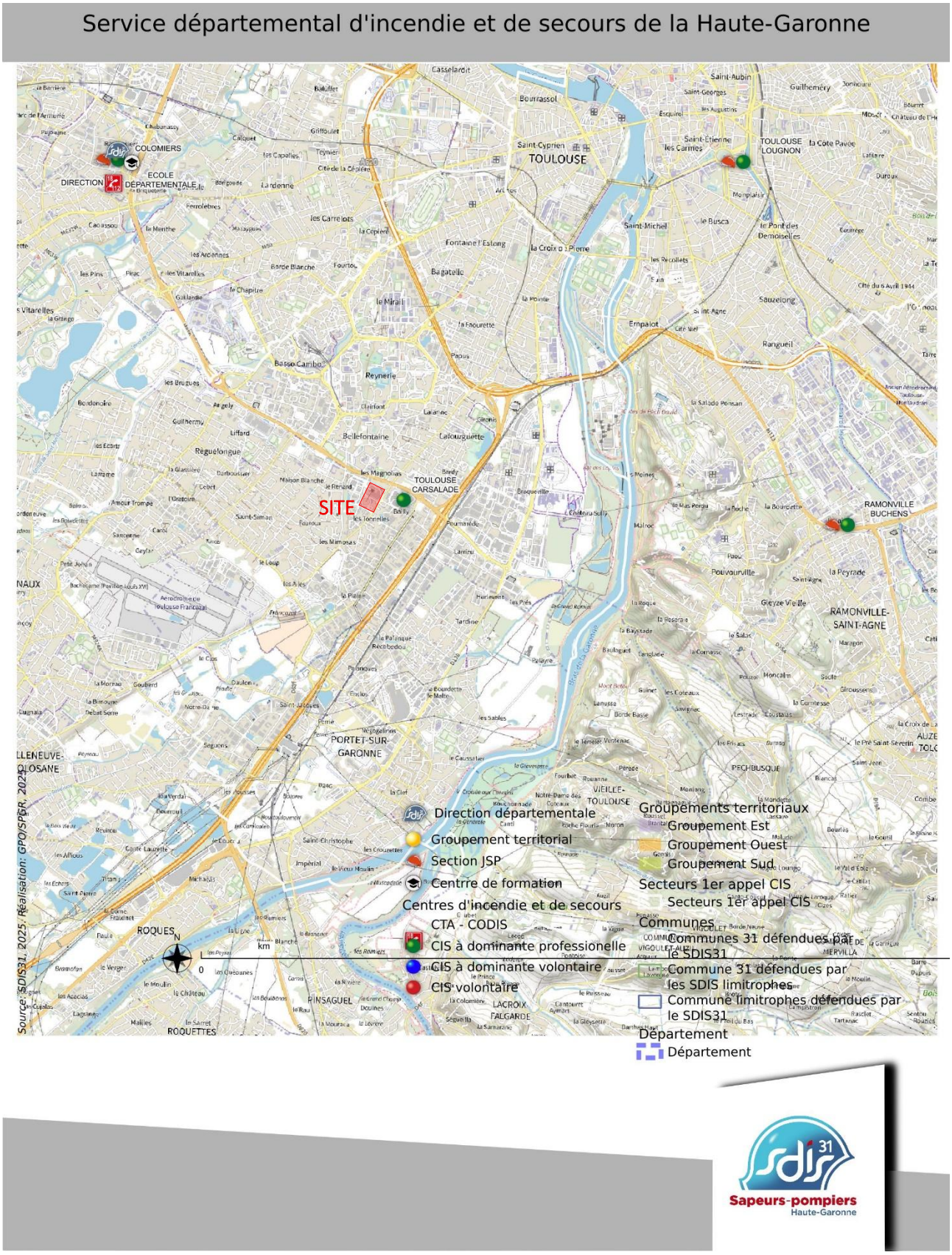



Figure 32 : Localisation des casernes du SDIS31

## 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 sont également à prendre en compte (entre autres mesures) comme moyens de prévention mis en place pour éviter les risques d'explosion.

Un DRPCE (Document relatif à la protection contre les explosions) sera établi pour le site.

Le personnel et les sous-traitants amenés à travailler en zone à risque d'explosion suivent 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 sont 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 en dehors des zones prévues à cet effet ;
- 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 sont également mises en place afin de prévenir les sources d'inflammation :

- 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 fait l'objet de procédures spécifiques de sécurité. Le nettoyage des poussières est 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 chemine en souterrain sur le site. Un poste de livraison et détente gaz est installé en extérieur du bâtiment pour détendre le réseau. Ensuite, au niveau de l'UVE, chaque brûleur a son poste de détente permettant de descendre à la pression de fonctionnement du brûleur.

La tuyauterie d'alimentation en gaz est 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 est également installée en complément de cette électrovanne. Cette vanne est visible et aisément identifiable.

### 4.4.3.2 Brûleur de démarrage / d'appoint

Chaque four est équipé d'un brûleur de démarrage alimenté au gaz naturel. Le brûleur est utilisé pour accélérer le démarrage (surtout à froid) en chauffant la partie basse de l'ensemble four-chaudière.

Le four est équipé de deux brûleurs auxiliaires alimentés au gaz naturel. Ils sont installés au-dessus du niveau d'injection d'air secondaire. Les brûleurs fonctionnent automatiquement pour remplir les fonctions suivantes :

- Chauffer le four lors du démarrage afin d'atteindre une température de 850°C, au moins ;
- S'assurer que les fumées issues de l'incinération de déchets sont maintenues à une température minimale de 850 °C (flux gazeux homogénéisé) pendant au moins 2 secondes après la dernière injection d'air de combustion ;
- Assurer une combustion complète des gaz de combustion lors de l'arrêt de l'installation.

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

Des mesures de pression sur l'air comburant et sur l'alimentation en combustible gaz ainsi que des débitmètres sont mis en place pour le suivi et le réglage du brûleur et permettent 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.

Les chaudières sont conçues 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). Ainsi, **le ballon vapeur et le surchauffeur sont également équipés de soupape de sécurité** dimensionnées conformément au code chaudière et à la DESP.

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

#### 4.4.3.4 Injection de l'absorbant

Le coke de lignite est injecté dans le second réacteur. Occasionnellement du charbon actif dopé est injecté dans le premier. L'ensemble des équipements de dosage et d'injection est certifié ATEX.

### 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 destinés au personnel assurant la surveillance de l'installation ;
- une mise en sécurité de l'installation avec coupure de l'arrivée du combustible.

De même que la détection incendie, la détection gaz est reliée à la salle de contrôle-commande. Elle fait 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 externes 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 permettent de suivre en permanence le fonctionnement de l'évacuation et du traitement des gaz et poussières. Le circuit de traitement des fumées est en dépression, "tiré" par le ventilateur d'exhaure ou d'extraction des fumées. Il comporte les étapes suivantes :

- Poussières captées par un système de filtres à manches ;
- Traitement des gaz acides, notamment l'acide chlorhydrique (HCl), les dioxydes de souffre ($SO_2$) et l'acide fluorhydrique (HF) par un système de traitement dit sec par injection d'un élément réagissant avec les polluants. Ce traitement est effectué par injection de bicarbonate de sodium dans deux réacteurs secs en série, produisant des résidus collectés sous les filtres à manches (positionnés en aval de chacun des réacteurs) ;
- Traitement des dioxines, furannes et métaux lourds par injection d'absorbant (coke de lignite) dans le 2nd réacteur sec. Les produits résiduaires sont captés par le 2nd filtre à manches ;
- Traitement des NOx par une réduction catalytique sélective (SCR) consistant à l'injection d'un réactif (eau ammoniacale), les NOx et le réactif entrent en réaction afin de former de l'azote et de l'eau ;
- Ventilateur d'exhaure et cheminée d'évacuation.

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

- au niveau du réacteur SCR :
  - système de contrôle de l'injection de réactifs par ligne (régulé par la concentration de NOx à la sortie du traitement des gaz de combustion) ;
  - pompes d'injection d'ammoniaque doublées ;
- au niveau des systèmes d'injection des autres réactifs (bicarbonate de sodium et absorbant) :
  - les ventilateurs d'injection sont 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 ;
  - le système de dosage et d'injection du coke de lignite sont régulés en fonction du débit des fumées et de la mesure du Hg en cheminée ;
- au niveau du filtre 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 ;
  - 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 (sauf dioxines/furanes suivis en semi-continu sans redondance) qui permettent de s'assurer du bon fonctionnement des installations et du respect des Valeurs Limites d'Emission (VLE).

## 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 aérienne de stockage d'eau ammoniacale (40 $m^3$) sera en acier inoxydable, avec double paroi et détection des fuites.

Le stockage et la manipulation des produits dangereux ou polluants, solides, liquides ou liquéfiés sont 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 sont réalisées conformément aux procédures et consignes. Le dépotage et le chargement des camions se font notamment sous la surveillance d'une personne de l'exploitation.

Notons qu'il n'y a 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 dispose 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 15 : 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 16 : 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 17 : 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 la chaufferie, l'utilisation du gaz sera limitée à la phase de démarrage et en appoint pour le maintien en température.

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 Sécurité 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 18 : Liste des produits entrants 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 17 000 $m^3$ | 240 000 t/an (dont 6 000 t/an de DASRI) | Incendie |
| | Déchets industriels banals (DIB) | | | |
| | Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux (DASRI) | Stock tampon des bacs 230 à 240 bacs de 660 litres | | Incendie |
| **Produits sortants** | Mâchefers | Fosse mâchefers 545 $m^3$ | Maximum : 56 000 t / an | Pas de risques particuliers * |
| | Cendres sous chaudières | 3 silos de 130 $m^3$ chacun | Maximum : 21 600 t / an | Explosion de poussières |
| | Résidus d'épuration des fumées d'incinération (REFIOM) | | | |
| | Bacs vidés désinfectés (pour le stockage des DASRI) | 450 bacs de 660 litres | 150 000 bacs / an | Incendie |

* Les mâchefers sont évacués par le biais d'un extracteur rempli d'eau permettant un refroidissement efficace (pas de risque de feu couvant).

### 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 carburant utilisé pour l'alimentation des engins de manutention, le groupe électrogène et le groupe moto-pompe.

Les produits utilisés et stockés au sein du site 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 des fours ;
- l'achèvement de la combustion des déchets présents dans les fours lors des arrêts ;
- le soutien de la combustion en cas de baisse de la température de combustion.

## Tableau 19 : 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 (10% ≤ x ≤ 25%) | Liquide | Traitement des fumées – Traitement catalytique des oxydes d'azote | Bâtiment Traitement fumées | Cuve aérienne double peau de 40 $m^3$ | 40 $m^3$ | H314 : Provoque de graves brûlures de la peau et des lésions oculaires<br>H335 : Peut irriter les voies respiratoires<br>H412 : Nocif pour les organismes aquatiques entraîne des effets néfastes à long terme |
| Bicarbonate de sodium | Solide | Traitement des fumées (neutralisation des gaz acides) | Bâtiment Traitement fumées | 2 silos de 80 $m^3$ | 160 $m^3$ (144 t) | Aucune |
| Absorbant (coke de lignite) | Solide | Traitement des fumées (fixation des dioxines, furannes et des métaux lourds et mercure) | Bâtiment Traitement fumées | Silo de 60 $m^3$ | 60 $m^3$ (30 t) | Aucune |
| Charbon actif boosté | Solide | Traitement des fumées (mercure) | Bâtiment Traitement fumées | Big-bag de 2 $m^3$ | 2 $m^3$ | Aucune |
| Gazole | Liquide | Alimentation du groupe moto-pompe | Réservoir intégré | Réservoir de 1 $m^3$ | 41$m^3$ | H226 : Liquides et vapeurs inflammables<br>H304 : Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires<br>H315 : Provoque une irritation cutanée<br>H332 : Nocif par inhalation<br>H351 : Matière auto-échauffante ; peut s'enflammer<br>H373 : Risque présumé d'effets graves pour les organes<br>H411 : Toxique pour les organismes aquatiques entraîne des effets néfastes à long terme |
| Fioul domestique | | Alimentation du groupe électrogène | Extérieur | 1 cuve enterrée double-peau de 35 $m^3$ | | |
| GNR | | Carburant engins de manutention | Extérieur | 1 cuve enterrée double-peau de 5 $m^3$ | | |
| Traitement des eaux de chaudières | | | Bâtiment | Stockage en petits contenants pour un volume total de quelques $m^3$ | | |
| Production d'eau déminéralisée | | | | Stockage en petits contenants pour un volume total de quelques $m^3$ | | |

| Nom du produit | Etat physique | Utilisation | Lieu de stockage | Conditionnement | Quantité max sur site | Mentions de dangers H |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gaz naturel | Gazeux | Allumage et à la mise en température des fours<br>Achèvement de la combustion des déchets présents dans les fours lors des arrêts<br>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 « 6.2.3 Incinération des déchets ».

### 6.1.3 COMPATIBILITE DES PRODUITS

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

Il n'y a pas d'incompatibilité entre les principaux réactifs (stockés en contenants de grande capacité sur le site). 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 sont 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 et DIB
  - Stockage des déchets non dangereux
  - Acheminement des DND vers le four

- Réception et stockage des Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux :
  - Déchargement des bacs de DASRI
  - Stockage des bacs pleins
  - Manutention / levage / basculement des bacs dans la navette benne métallique
  - Acheminement des DASRI vers le four
  - Lavage / Désinfection des bacs DASRI vides
  - Stockage des bacs désinfectés

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

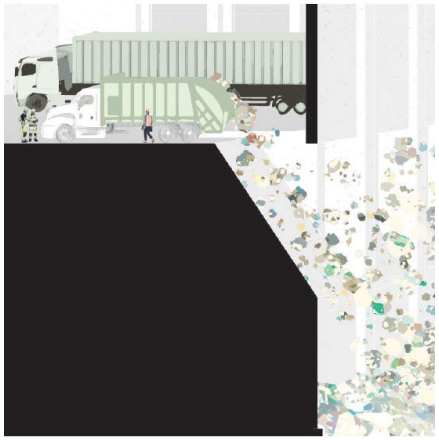
- Pôle énergie
  - Chaudières gaz naturel

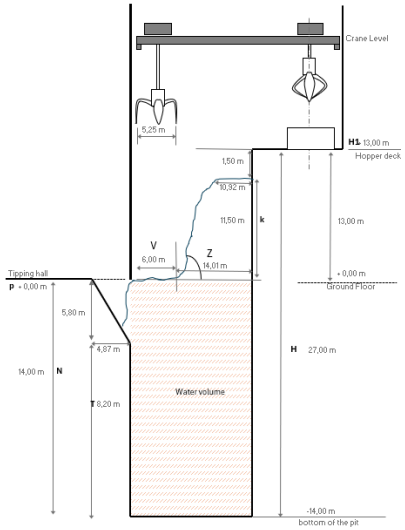
- Activités / installations annexes
  - Circulation sur le site / Contrôle réception
  - Canalisation d'usine de gaz naturel (alimentation fours et chaudières)
  - Production d'air comprimé
  - Production d'eau déminéralisée
  - Locaux électriques
  - Stockage et distribution de carburant
  - Stockage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

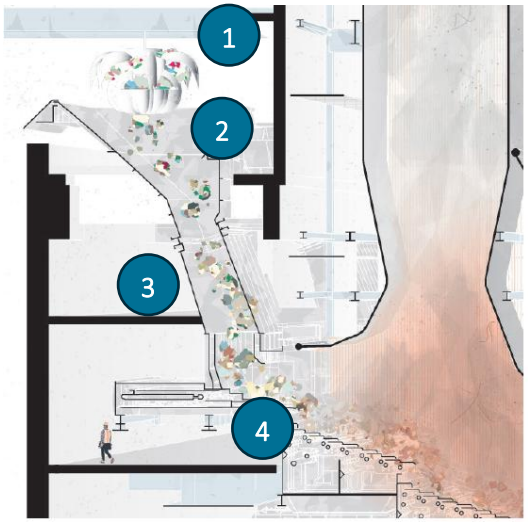
### 6.2.1 RECEPTION / STOCKAGE / ACHEMINEMENT VERS LE FOUR DES DECHETS NON DANGEREUX

Pour chaque opération, les dangers potentiels ont été identifiés :

<table>
<tr><th colspan="2">Opération / Equipements</th><th>Description synthétique</th><th>Caractérisation des dangers</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Sous-ensemble 1</td><td rowspan="2">Hall de déchargement</td><td>En cas de détection avérée de radioactivité, camion dirigé vers la baie de rechargement :<ul><li>Déversement du chargement</li><li>Identification de l'élément radioactif qui sera stocké dans un local confiné spécifique</li></ul>Rechargement du camion</td><td rowspan="2">Les risques liés à la circulation des camions sur le site sont traités en partie 6.2.5.1 en page 125.</td></tr>
<tr><td>Bâtiment mis en dépression (gestion des odeurs)<br>Quai de déchargement : 60 mètres sur 30 mètres équipé de protections mécaniques (butées de roues)<br>  </td></tr>
</table>

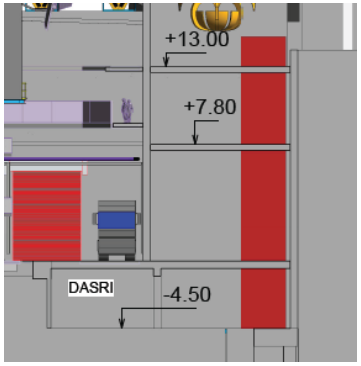
| Opération / Equipements | | Description synthétique | Caractérisation des dangers |
|---|---|---|---|
| *Sous-ensemble 1* | Fosse OMR | Fosse de 17 000 m$^3$ (6 jours d'autonomie)<br>Fosse de 38 m sur 20 m – Profondeur 14 m avec gerbage sur environ 2/3 de la largeur sur une hauteur de 11,5 m :<br>  <br> | <u>Risque d'incendie :</u> Pour les activités de réception et de stockage des déchets non dangereux, le risque majeur est le départ d'un incendie.<br><br><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. Le pouvoir calorifique moyen des ordures ménagères, couramment retenu, est d'environ 2 000 kcal/kg soit 8,36 MJ/kg.<br><br><u>Source d'inflammation :</u> Un incendie sur les installations de réception et de stockage des déchets pourrait avoir plusieurs origines :<br>▪ une défaillance électrique,<br>▪ la foudre,<br>▪ un acte de malveillance,<br>▪ un apport de feu (mégot de cigarettes, étincelles …),<br>▪ la présence de déchets dangereux dans la zone de stockage,<br>▪ 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.<br><br><u>Bilan :</u> Les déchets ménagers et assimilés présentent des propriétés combustibles et sont donc identifiés comme le principal potentiel de dangers au niveau de la zone de déchargement des déchets ménagers.<br>**Le risque de départ de feu dans la fosse de stockage sera donc pris en compte dans l'analyse préliminaire des risques.** |

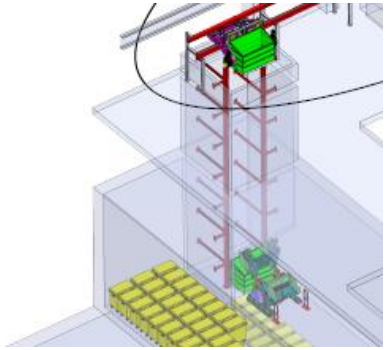
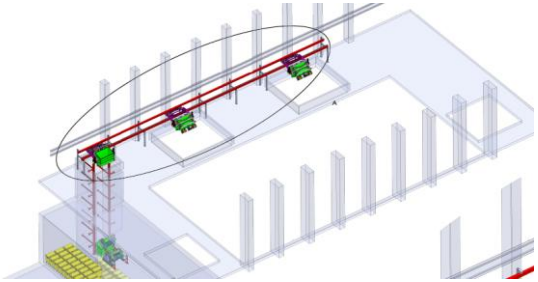
| Opération / Equipements | | Description synthétique | Caractérisation des dangers |
|---|---|---|---|
| *Sous-ensemble 1* | Fosse OMR | / | <u>Risque d'explosion :</u> Présence de déchets interdits (bouteilles de gaz, produits chimiques dangereux, …) => risque d'explosion dans la fosse<br>Pour une 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.<br>A noter que, en cas d'explosion dans la fosse, les effets resteraient limités au site et plus vraisemblablement au hall de déchargement.<br>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.<br>**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><br>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.<br>**Le risque de pollution des sols et des eaux ne sera pas pris en compte dans l'analyse des risques.** |

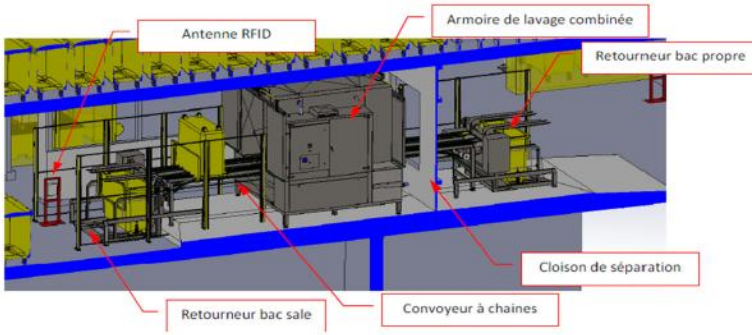
| Opération / Equipements | | Description synthétique | Caractérisation des dangers |
|---|---|---|---|
| | Alimentation du four : grappins / trémie d'alimentation | Système d'alimentation du four :<br>- Grappins (1)<br>- Trémie d'alimentation (2)<br>- Goulotte équipée d'un clapet de fermeture (3)<br>- Table d'alimentation (assurant une alimentation uniforme vers la grille de combustion) (4)<br>  | <u>Produits et substances combustibles</u><br>La présence de produits combustibles en quantité importante est le caractère le plus sensible au niveau des dangers liés aux produits.<br>Dans le cas de l'alimentation du four, le volume de déchets sera limité.<br><br><u>Source d'inflammation</u><br>Les sources d'inflammation existantes sont les mêmes que celles recensées sur les installations de réception et de stockage des déchets.<br><br><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 UNITE MANUTENTION DES DASRI

Pour chaque opération, les dangers potentiels ont été identifiés :

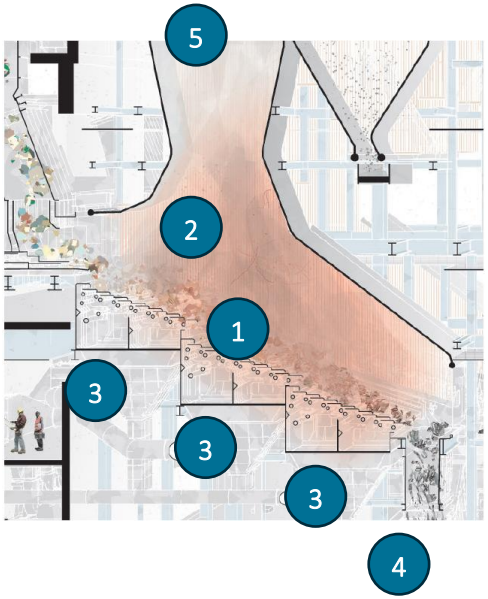
<table>
<tr><th colspan="2">Opération / Equipements</th><th>Description synthétique</th><th>Caractérisation des dangers</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Sous-ensemble 2</td><td rowspan="2">Hall de réception des bacs DASRI</td><td>Hall de réception dédié aux DASRI équipé d'une détection des bacs radioactifs</td><td rowspan="2">Les risques liés à la circulation des camions sur le site sont traités en partie 6.2.5.1 en page 125.</td></tr>
<tr><td>En cas de détection avérée de radioactivité, stockage temporaire du bac concerné et application de la procédure</td></tr>
<tr><td>Stockage tampon des bacs DASRI</td><td>Stock tampon des bacs<br>230 à 240 bacs de 660 litres au total<br><br>Stock au niveau du hall (+0,0 m) : env. 80 m² de stockage<br>Stock au niveau -4,5 m : env. 170 m²<br> 
</td><td><u>Risque d'incendie :</u> Pour les activités de réception et de stockage des DASRI, le risque majeur est le départ d'un incendie.<br><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. Les DASRI arrivent sur le site dans des bacs fermés.<br><u>Source d'inflammation :</u> Les sources d'inflammation existantes sont les mêmes que celles recensées sur les installations de réception et de stockage des déchets non dangereux. Le pouvoir calorifique moyen de ces déchets stockés en fûts plastiques est d'environ 17 MJ/kg.<br><u>Bilan :</u> Le risque de départ de feu dans la zone de stockage sera donc pris en compte dans l'analyse préliminaire des risques.<br><br><u>Risque de pollution des sols et des eaux</u><br>Les DASRI stockés sur le site peuvent présenter des risques pour l'environnement mais, les contenants sont étanches et stockés sur une zone imperméabilisée.<br>Le risque de pollution des sols et des eaux ne sera pas pris en compte dans l'analyse des risques.</td></tr>
</table>

| Opération / Equipements | | Description synthétique | Caractérisation des dangers |
|---|---|---|---|
| *Sous-ensemble 2* | Zone de manutention des bacs | Zone de manutention / levage / basculement des bacs dans la navette benne métallique<br>  | Les risques sont identiques à ceux identifiés pour la zone de stockage des bacs pleins. |
| | Alimentation du four | Système d'alimentation du four :<br>- Levage / basculement de la navette dans la trémie sélectionnée par l'opérateur<br>  <br>- Trémie d'alimentation / Goulotte / Table d'alimentation | Dans le cas de l'alimentation du four et comme pour les déchets non dangereux, le volume de déchets sera limité.<br>Le risque est identique à celui identifié pour le système d'alimentation des fours par les déchets non dangereux traités en partie précédente. |

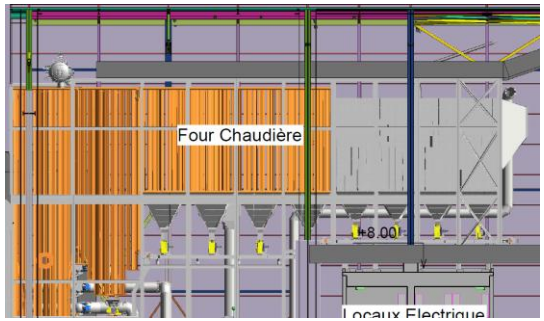
| Opération / Equipements | | Description synthétique | Caractérisation des dangers |
|---|---|---|---|
| *Sous-ensemble 2* | Lavage / Désinfection des bacs DASRI vides | Lavage à l'eau (haute pression) et désinfection de toutes les faces intérieures et extérieures des bacs, couvercle compris   | *Aucun risque particulier.* |
| | Stockage des bacs désinfectés | Aire de désinfection et rechargement des camions comprenant une aire de stockage tampon des bacs propres, située au niveau +0,0 m.<br>Stockage de 450 bacs de 660 litres maximum | Comme pour les bacs pleins, **le risque principal au niveau de la zone de stockage des bacs vides est le risque d'incendie qui sera donc étudié dans l'analyse préliminaire des risques.** |

### 6.2.3 INCINERATION DES DECHETS

La nouvelle UVE sera équipée de deux fours-chaudières identiques, d'une capacité unitaire de 15 t/h et d'une puissance thermique de 45,4 MW compte tenu d'un PCI moyen de 2 600 kcal /kg pour les déchets enfournés. Pour chaque opération, les dangers potentiels ont été identifiés :

| Opération / Equipements | | | Description synthétique | Caractérisation des dangers |
|---|---|---|---|---|
| *Sous-ensemble 3* | *Zone de combustion et post-combustion*<br>  <br> | Grille de combustion (1) et chambre de combustion primaire (2) | Grille constituée de trois zones disposées sur toute la longueur du four :<br>- zone de séchage (zone A),<br>- zone de combustion (zone B),<br>- zone de fin de combustion (zone C).<br>Injection de l'air primaire préchauffé sous grille (prélevé au niveau de la fosse OMR)<br>Brûleur de démarrage alimenté au gaz naturel permettant d'accélérer le démarrage en chauffant la partie basse de l'ensemble four-chaudière | **Les scénarios identifiés et pris en compte pour une UVE au niveau de la zone d'incinération** sont les suivants :<br>- 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,<br>- une explosion dans la chambre primaire suite à un dysfonctionnement des brûleurs en phase de démarrage qui peut entraîner une accumulation de gaz qui pourraient former une ATEX pouvant exploser ou à une panne du ventilateur de tirage. |
| | | Trémies de collecte des fines sous grille (3) | Trois trémies de collecte des fines sous grille (une sous chaque zone)<br>Transport des fines par convoyeur (situé sous toute la longueur de la grille) jusqu'au convoyeur 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. |
| | | Chambre de combustion secondaire (= chambre de post-combustion) (5) | Combustion du mélange gazeux s'échappant des déchets sur la grille de combustion<br>Injection de l'air secondaire préchauffé (prélevé au niveau du hall four-chaudière) et des fumées recirculées<br>Présence de 2 brûleurs auxiliaires alimentés au gaz naturel | Au niveau de la chambre de post-combustion, comme pour la chambre primaire, le principal danger est un dysfonctionnement des brûleurs en phase de démarrage peut entraîner une accumulation de gaz qui pourraient former une ATEX pouvant exploser, **scénario pris en compte dans l'analyse des risques.** |

| Opération / Equipements | | | Description synthétique | Caractérisation des dangers |
|---|---|---|---|---|
| *Sous-ensemble 3* | / | Tuyauterie gaz naturel intérieure | Chaque four intègre un brûleur de démarrage gaz installé dans la paroi du foyer proche de l'entrée du combustible dans le foyer.<br>Ils sont également équipés de deux brûleurs auxiliaires chacun, alimentés au gaz naturel. Ils sont installés au-dessus du niveau d'injection d'air secondaire. Ces brûleurs fonctionnent automatiquement pour remplir les fonctions suivantes :<br>- chauffage du four au démarrage<br>- maintien en température des fumées<br>- 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 (CH4) dans l'air en théorie. Dans le cas du site (fours d'incinération), le gaz ne sera utilisé qu'occasionnellement.<br><br>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 :<br>- soit le dysfonctionnement est constaté et des mesures sont prises pour supprimer l'ATEX avant son inflammation ;<br>- soit l'ATEX est enflammée après accumulation et avant que le dysfonctionnement soit constaté, ce qui déclenche une explosion à l'intérieur du local.<br><br>**Les risques de feu torche et 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 sont donc pris en considération dans l'analyse de risques.**<br><br>Remarque : Ce scénario n'existe que durant les phases d'utilisation du gaz naturel (cf. ci-contre). |

<table>
<tr><th colspan="3">Opération / Equipements</th><th>Description synthétique</th><th>Caractérisation des dangers</th></tr>
<tr>
<td>Sous-ensemble 3</td>
<td>Chaudière de récupération de chaleur<br> 
</td>
<td>Chaudières à tubes d’eau<br>Ballon d’eau</td>
<td>En aval du four, se trouve la chaudière de récupération de chaleur. Elle permet de produite de la vapeur surchauffée, valorisée énergétiquement.<br>L'énergie produite par la combustion est récupérée par une chaudière horizontale de 45,4 MWth /PCI (charge thermique au point nominal).<br><br>La chaudière qui sera installée sur le site est une chaudière à tubes d’eau, parcourus intérieurement par l’eau et l’émulsion eau-vapeur.</td>
<td>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[9].
<table>
<tr><th>Equipements</th><th>Substances</th><th>Conditions opératoires</th><th>Phénomènes dangereux redoutés</th></tr>
<tr><td>Capacités d’eau (ballon d’eau)</td><td>Eau, vapeur d’eau</td><td>Démarrage de la chaudière<br>Fonctionnement de la chaudière</td><td>BLEVE de la capacité d’eau<br>Eclatement de capacité</td></tr>
<tr><td>Fuite ou éclatement d’un tube d’eau / Surchauffeur</td><td>Eau, vapeur d’eau</td><td>Démarrage de la chaudière<br>Fonctionnement de la chaudière</td><td>Eclatement du surchauffeur</td></tr>
</table>
Les scénarii potentiels d’accident sont donc l’explosion de la chambre de combustion suite à une accumulation de gaz, le BLEVE ou l’éclatement de la capacité d’eau ou du surchauffeur.<br>On notera que le risque associé au surchauffeur n’a pas été retenu comme majeur[10] par l’INERIS.</td>
</tr>
</table>

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

[10] Les scénarios accidentels majeurs sont définis comme les scénarios ayant des effets sur des tiers hors des limites ICPE.

| Opération / Equipements | | | Description synthétique | Caractérisation des dangers |
|---|---|---|---|---|
| *Sous-ensemble 3* | *Traitement des fumées* | Circuit de traitement des fumées | Le circuit de traitement des fumées comportera les étapes suivantes :<br>▪ une injection de bicarbonate de sodium ;<br>▪ une première filtration par filtre à manches ;<br>▪ une injection de bicarbonate de sodium et de coke de lignite ;<br>▪ une deuxième filtration par filtre à manches ;<br>▪ une unité de traitement des oxydes d'azote (DeNOx catalytique) ;<br>▪ un échangeur après le traitement des fumées pour optimiser la récupération d'énergie ;<br>▪ un ventilateur et une cheminée pour l'évacuation des fumées traitées. | **Les scénarios identifiés et pris en compte pour les installations de traitement de fumées d'une unité de combustion** sont les suivants :<br>▪ une fuite de $NH_3$ en cas de fuite au niveau de la réduction catalytique (SCR),<br>▪ une défaillance au niveau du système de pulvérisation de coke de lignite pouvant entraîner la formation d'une ATEX pouvant générer une explosion (un mélange bicarbonate et coke de lignite sera réalisé en amont de l'injection afin de limiter ce risque) ;<br>▪ une température trop élevée des fumées en entrée des filtres à manche entraînant leur inflammation.<br><br>Remarque : 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). |

| Opération / Equipements | | | Description synthétique | Caractérisation des dangers |
|---|---|---|---|---|
| *Sous-ensemble 3* | *Traitement des fumées* | Stockage de réactifs | Eau Ammoniacale (10% ≤ x ≤ 25%) : Cuve aérienne double peau de 40 $m^3$<br>Absorbant (coke de lignite) : Silo de 60 $m^3$<br>Charbon actif : 1 big-bag de 2 $m^3$<br>Bicarbonate de sodium : 2 silos de 80 $m^3$ | Concernant le stockage d'eau ammoniacale, il n'est pas classé comme toxique et compte tenu de la concentration (10-25% en poids de $NH_3$), il ne présente aucun risque de dispersion toxique pour les riverains du site.<br><br>**Le coke de lignite** étant stocké dans le silo sous forme de poudre, il présente d'une part, un risque d'inflammation (mais produit difficilement inflammable) et d'autre part, un risque de formation d'ATEX et d'explosion de poussières en présence d'une source d'inflammation. **Ces risques seront donc étudiés dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques.**<br><br>Les autres réactifs n'étant pas inflammables, ils ne présentent aucun risque d'inflammation ou d'explosion. |
| | *Acheminement et stockage des résidus d'incinération* | Tri mâchefers | En sortie d'extracteur (rempli d'eau), 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 fosse dédiée par un transporteur métallique vibrant. | Pas de risque particulier. |

| Opération / Equipements | | | Description synthétique | Caractérisation des dangers |
|---|---|---|---|---|
| *Sous-ensemble 3* | | Fosse mâchefers | Fosse mâchefers : 545 $m^3$ | 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.).<br><br>De plus, les mâchefers sont évacués par le biais d'un extracteur rempli d'eau permettant un refroidissement efficace (pas de risque de feu couvant).<br><br>**Les mâchefers ne présentent donc aucun risque majeur particulier.** |
| | | Fosse « monstres » | Fosse « monstres » : 148 $m^3$ | Tout comme les mâchefers, **les « monstres » collectés en fond de four ne présentent aucun risque particulier.** |
| | | REFIOM | Stockage dans 3 silos de 130 $m^3$ chacun | Comme pour le coke de lignite, les REFIOM et cendres sous chaudières étant stockés en sous forme de poudre, ils présentent un risque de formation d'ATEX et d'explosion de poussières en présence d'une source d'inflammation. **Ces risques seront donc étudiés dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques.** |
| | | Cendres sous chaudière | Cendres collectés dans les mêmes silos que les REFIOM | |

### 6.2.4 POLE ENERGIE

Le pôle énergie a pour fonction de fournir l'énergie au réseau en phase d'arrêt / maintenance de l'UVE accueillera 2 chaudières de 35 MW PCI. **Les chaudières qui seraient installées sur le site sont des chaudières à tubes de fumée**.

Les phénomènes dangereux les plus représentatifs des chaudières à gaz sont l'explosion et l'incendie ainsi que le rejet de matières dangereuses (il peut être soit le phénomène initial, soit une conséquence de celui-ci ; le rejet de gaz est inclus dans cette catégorie).

L'éclatement et la rupture d'équipements sous pression peut également survenir, voire provoquer des atteintes aux installations alentours.

Les scénarios accidentels impliquant les chaudières à gaz peuvent être catégorisés de la manière suivante :

- Fuites de gaz en amont de la chaudière pouvant conduire à un incendie ou une explosion du local chaufferie ;
- Explosion dans la chambre de combustion de la chaudière (par accumulation de gaz) ;
- Accidents impliquant le circuit de vapeur.

Le tableau suivant présente une identification des dangers liés aux procédés obtenue sur la base d'un travail préalable aux analyses de risques[11].

**Tableau 20 : Dangers liés aux chaudières gaz à tubes de fumée**

| Equipements | Substances | Conditions opératoires | Phénomènes dangereux redoutés |
|---|---|---|---|
| Tuyauterie | Gaz naturel | Transfert, fonctionnement de la chaudière | VCE (Explosion de la chaufferie), UVCE, Feu torche |
| Chambre de combustion | Gaz naturel | Démarrage de la chaudière<br>Fonctionnement de la chaudière | VCE (Explosion de la chambre de combustion) |
| Capacités d'eau (calandre) | Eau, vapeur d'eau | Démarrage de la chaudière<br>Fonctionnement de la chaudière | BLEVE de la capacité d'eau<br>Eclatement de capacité |

Or, le risque lié à une fuite de gaz dans la chaufferie, les scénarios d'explosion de la chambre de combustion et d'éclatement de la capacité d'eau (calandre) font partie des phénomènes dangereux majeurs identifiés pour les chaudières à tubes de fumée par l'INERIS dans le « guide pour la prise en compte des chaudières industrielles dans la rédaction d'une étude de dangers » (rapport d'étude DRA-14-141532-12702A du 19 décembre 2016), **ils sont donc considérés dans l'analyse des risques**.

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

## 6.2.5 RISQUES LIES AUX INSTALLATIONS ANNEXES

### 6.2.5.1 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 relèvent 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.**

#### 6.2.5.2 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 enterrée et par voie de conséquence de formation d'une ATEX peut être considéré comme « physiquement impossible ».**

#### 6.2.5.3 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 la dégradation des installations générant une fuite du mélange air + huile sous pression, donc création d'un aérosol et inflammation en cas de présence d'une source d'inflammation (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 pouvant 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 400 kWe 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) et ne sont pas retenus pour l'analyse des risques.**

#### 6.2.5.4 Unité de production d'eau déminéralisée

La production d'eau déminéralisée est effectuée à partir de l'eau industrielle issue du canal de Saint-Martory. **Cette installation ne présente aucun risque particulier.**

#### 6.2.5.5 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 le local électrique de l'usine.

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 contenue dans le transformateur.

A noter que, dans les différents locaux, l'équipement électrique est conforme à la réglementation en vigueur et fait 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 (notamment compte tenu des distances avec les limites de propriété). Par contre, une défaillance électrique peut constituer un évènement initiateur potentiel (notamment une source d'inflammation) à prendre en considération dans les analyses des risques.**

#### 6.2.5.6 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 fuel et le gazole sont des liquides inflammables de 3ème catégorie (catégorie C) selon la réglementation des ICPE. Leur point éclair[12] est compris entre 55 et 60 °C.

Le GNR est utilisé pour l'alimentation des engins de manutention (cuve souterraine double-peau de 5 $m^3$) et le diesel pour l'alimentation de la motopompe (réservoir intégré de capacité totale de 1 $m^3$).

Une cuve double-peau enterrée de 35 $m^3$ de fuel sert pour l'alimentation du groupe électrogène.

[12] 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.

1. *Risque de feu de nappe*

Source d'inflammation

La liste non exhaustive ci-dessous présente les différentes sources d'inflammation 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 en cas de fuite d'un flexible ou au niveau d'une vanne , le risque d'incendie demeure très limité et ne sera donc pas pris en considération dans l'analyse de risque.

Par contre, **le risque de feu de nappe sur les aires de déchargement des carburants suite au départ d'un camion avec le flexible branché sera pris en compte dans l'analyse préliminaire des risques ; de même qu'au poste de distribution de carburant.**

2. *Risques de feux de cuvette et de feux de bac*

Le carburant étant stocké dans une cuve enterrée, les risques de feu de cuvette et de feu de bac peuvent donc être écartés.

3. *Risque Pressurisation « lente »*

La pressurisation « lente » est un phénomène dangereux qui se caractérise par une montée en pression relativement lente, du fait de la vaporisation du produit contenu dans un réservoir pris dans un feu enveloppant. La pression atteinte par les vapeurs de liquide inflammable peut alors être importante et lorsque l'enveloppe du réservoir cède, une boule de feu, liée à une vaporisation partielle instantanée du produit surchauffé et une inflammation des produits, peut être générée.

Dans le cas du site, en l'absence de stationnement des camions de carburant sur le site, une pressurisation « lente » des camions citernes ne pourrait se produire qu'en cas d'atteinte du camion par le seuil des effets domino d'un incendie interne ou externe (incendie de longue durée) **au moment du dépotage**.

Remarque : Au niveau de l'aire de dépotage, le seul scénario de feu de nappe « longue durée » suppose le départ du camion citerne avec le flexible branché donc il ne peut être à l'origine du phénomène considéré (les autres scénarios d'épandage ne génèreront qu'une nappe de volume limité)

De plus, toutes les citernes sont munies d'évents de respiration conforme aux normes en vigueur pour ce type d'équipement et répondant aux prescriptions réglementaires associées au transport de matières dangereuses.

Ensuite, vu la faible résistance thermique de l'enceinte de la citerne (alliage d'aluminium), elle ne résistera pas à un feu (perte d'intégrité mécanique de la citerne bien avant que celle-ci ne puisse explosée). **Le phénomène de pressurisation lente de la citerne est donc considéré comme un phénomène physiquement impossible conformément à la circulaire du 10 mai 2010.**

### 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.

Les cuves enterrées de GNR et de fioul domestique seront des cuves double-peau avec détection de fuite.

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 21 : Substitution de substances**

| Source | Alternative visant à réduire le potentiel danger |
|---|---|
| Déchets non dangereux (OMR / DIB) et DASRI | 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 compte des dispositions associées aux Meilleures Techniques Disponibles. 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 22 : Substitution des techniques d'exploitation**

| Technique d'exploitation | Alternative visant à réduire le potentiel danger |
|---|---|
| Réception – Expédition | Le trafic des véhicules ne peut pas être remplacé. |
| Stockage des déchets | Les différentes opérations réalisées au sein des différentes installations sont bien connues et maîtrisées par le personnel.<br>Tout nouvel employé suivra une formation adaptée à son poste de travail et sera informé des risques inhérents au site.<br>Des procédures seront établies et diffusées auprès du personnel : interdiction de fumer, surveillance au vidage des camions …<br>Les étapes listées ci-contre font parties du procédé mis en œuvre classiquement dans une unité de valorisation énergétique et ne peuvent pas être substituées. |
| Acheminement des déchets vers les fours | |
| 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 danger est de limiter les quantités des substances sources de danger (voir tableau ci-dessous).

**Tableau 23 : Réduction des quantités stockées**

| Source | Limitation des quantités visant à réduire le potentiel danger |
|---|---|
| Stockage des déchets non dangereux | Capacité de stockage des OMR (= fosse) requise par l'organisation générale de l'activité.<br>Capacité calculée de la fosse pour permettre le stockage pendant 6 jours en cas d'arrêt total de l'UVE. |
| Stockage de DASRI | Stockage tampon des DASRI. Traitement en moins de 48 heures après leur réception. |
| Stockage des réactifs pour le traitement des fumées | Capacité de stockage nécessaire pour permettre le traitement en continu des fumées.<br>Autonomie de :<br>▪ plus de 10 jours pour le bicarbonate de sodium ;<br>▪ de l'ordre de 17 jours pour le coke de lignite<br>▪ de plus de 40 jours pour l'eau ammoniacale. |
| 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 résultant 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 permet 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 LA PROBABILITE D'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 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* |

### 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.

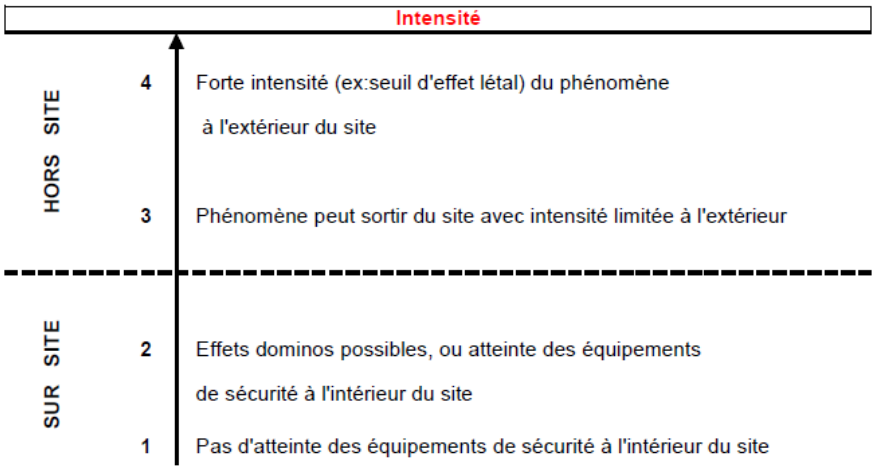



**Figure 33 : Cotation de l'intensité (Source : INERIS, 2006, *Etude de dangers d'une installation classée – OMEGA 9*)**

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, grille issue de la circulaire du 10 mai 2010.

| Probabilité / Intensité | 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 réduction 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

L'APR a été réalisée par SOLER IDE en concertation avec l'exploitant :

- M. Guillaume TURBEZ, Senior Process Manager, Engineering & Construction R&R, SUEZ ;
- M. Vincent CARLES, Directeur Infrastructures Waste, SUEZ ;
- Mme Eve BALLOUHEY, Chef de projets, Division Waste Flow et Stratégie, SUEZ ;
- Mme Caroline VERDIER, Chef de projets Développement, Direction Waste-Flow & Stratégie, SUEZ ;
- M. TISSOT Daniel, Directeur du Pôle Industrie Environnement, SOLER IDE ;
- Mme BORDES Céline, Ingénieure Experte Risques Sanitaires et Technologiques, Pôle Industrie et Environnement, SOLER IDE.

Les sous-ensembles définis sont :

1. Réception, stockage et acheminement vers les fours des déchets non dangereux (OMR)
2. Réception, stockage et acheminement vers les fours des DASRI (Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux)
3. 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
4. Pôle Energie
5. 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 danger (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 25 : Grille de criticité Probabilité x Intensité**

| Intensité \ Probabilité | E | D | C | B | A |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 3 | 4.3 | 1.1<br>3A.5<br>3B.2<br>4.1 ; 4.6 ; 4.7 | | | |
| 2 | 5F.2 ; 5F.5 | 3A.2 ; 3A.6<br>3C.5<br>3D.3<br>4.2<br>5B.1 ; 5B.2 | 3A.3 ; 3A.4<br>4.4 | | **3A.1** |
| 1 | 3C.3<br>5F.1 ; 5F.6 | 1.2 ; 1.3<br>2.1 ; 2.4 ; 2.5<br>3B.1<br>3C.1 ; 3C.2<br>3C.4<br>4.5<br>5F.4 | 2.2 ; 2.3<br>3D.1 ; 3D.2<br>5F.3 | | |

Seuls les scénarios situés dans les cases MMR1, MMR2, NA1 et NA2 de la grille de criticité ci-dessus à l'issue 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 potentiellement majeur pour les personnes extérieures au site et qui font l'analyse de l'analyse détaillée des risques en partie suivante :

- Sous-ensemble 1 :
  - Scénario 1.1 : Incendie généralisé de la fosse de stockage des déchets non dangereux (OMR)
- Sous-ensemble 2 :
  - *Aucun scénario potentiellement majeur*
- Sous-ensemble 3 :
  - Scénario 3A.1 : Explosion dans le four (bouteilles de gaz)
  - Scénario 3A.3 et 3A4 : Explosion de la chambre de combustion primaire et secondaire
  - Scénario 3A.5 : Fuite de la canalisation de gaz dans le bâtiment et inflammation de l'ATEX
  - Scénario 3B.2 : BLEVE de la capacité d'eau (ballon d'eau chaudière)
- Sous-ensemble 4 :
  - Scénario 4.1 : Fuite de la canalisation de gaz dans le bâtiment et inflammation de l'ATEX
  - Scénario 4.3 : Fuite longue durée de la canalisation de gaz et explosion de la chaufferie
  - Scénario 4.4 : Explosion de la chambre de combustion
  - Scénario 4.6 et 4.7 : BLEVE de la capacité d'eau
- Sous-ensemble 5 :
  - *Aucun scénario potentiellement majeur*

# 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 LA PROBABILITE D'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 26 : 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 27 : 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 contenus 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.

| 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 réduction 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 28 : 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.

Ces effets ne seront donc pas modélisés dans la présente étude de dangers.

## Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques

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

### Tableau 29 : 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 30 : 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, octobre 2025). 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 produits par un stockage en masse de combustibles solides 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.

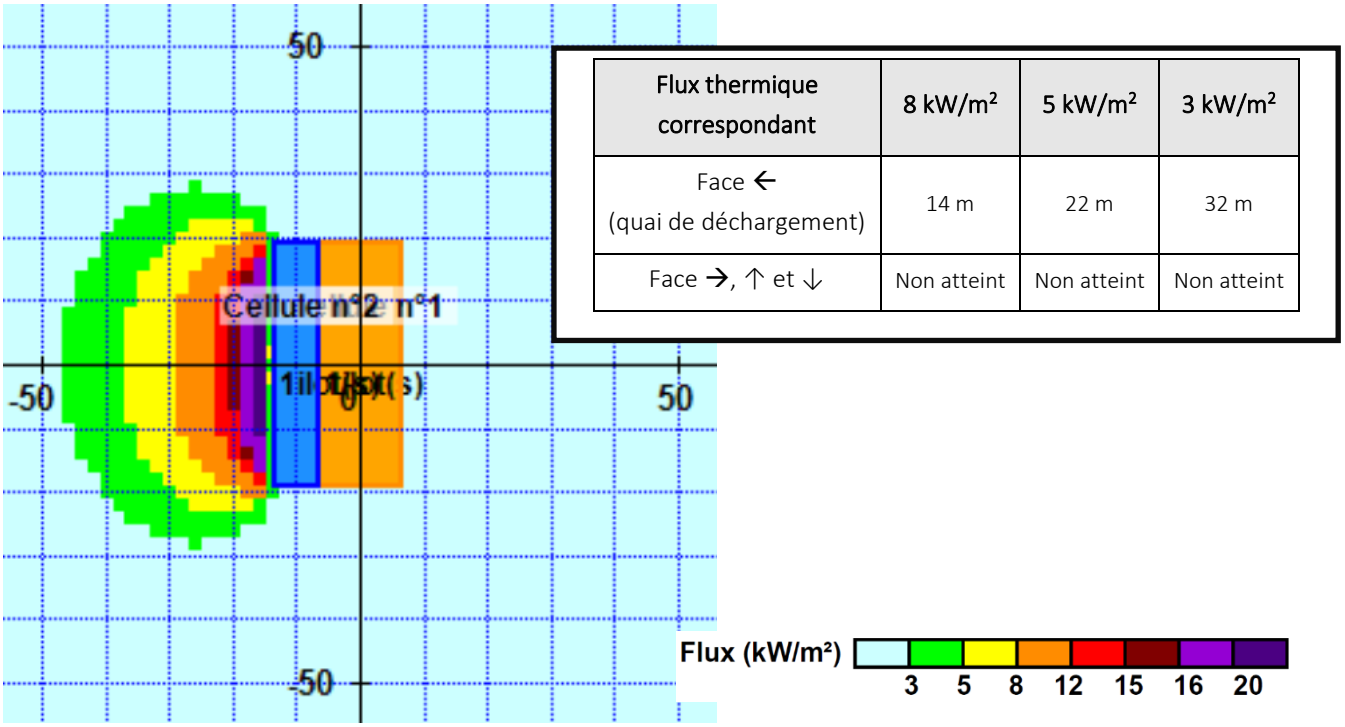
Ne sont présentés ci-après que les distances d'effet et les cartographies des zones de dangers.

### 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 31 : 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) | 346 min | 109,7 MW | 8,8 kW/m² | 14,5 m |
| Cellule 2 | 73 min | 24,9 MW | 16,0 kW/m² | 2,2 m |




| Flux thermique correspondant | 8 kW/m² | 5 kW/m² | 3 kW/m² |
|---|---|---|---|
| Face ← (quai de déchargement) | 14 m | 22 m | 32 m |
| Face →, ↑ et ↓ | Non atteint | Non atteint | Non atteint |

**Figure 34 : 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 plus de 5 heures.

Rappelons que **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.

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. Dans cette étude ne seront abordés que les calculs dédiés aux ondes de pression, les rayons des zones de dangers des effets thermiques étant bien inférieurs devant ceux des effets de surpression.

En effet, l'expérience montre qu'en pratique, les effets thermiques de l'explosion ne sont pas dus au rayonnement thermique (très court) du nuage enflammé, mais uniquement au passage du front de flamme. Autrement dit, toute personne se trouvant sur le parcours de la flamme est susceptible de subir l'effet létal, mais celui-ci n'excède pas la limite extrême atteinte par le front de flamme (circulaire du 10 mai 2010).

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 importants 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 bâtiment UVE (sc. 3A.5) et dans la chaufferie du Pôle Energie (Sc. 4.1 et 4.3)

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

Dans le cadre de l'étude, on considère :

- Scénario 3A.5 : Fuite de la canalisation de gaz dans le hall process de l'UVE et inflammation de l'ATEX, canalisation cheminant à au-moins 6 m de hauteur ;
- Scénario 4.1 : Fuite de la canalisation de gaz dans la chaufferie (Pôle Energie) et inflammation de l'ATEX, canalisation cheminant à près de 6 m de hauteur ;
- Scénario 4.3 : Fuite longue durée de la canalisation de gaz et explosion de la chaufferie.

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[13] de 12 mm avec rejet horizontal[14].

Ensuite, la pression interne maximale dans la canalisation de gaz naturel sera considérée :

- soit 4 bars rel pour la partie à l'intérieur du hall process de l'unité d'incinération ;
- soit 4 bars rel pour la partie intérieure à la chaufferie du Pôle Energie.

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'inflammation potentielles. On notera également qu'un nombre significatif de fuites de gaz ne rencontre pas de source d'inflammation et ne produit pas d'explosion.

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

[14] 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 process UVE (Sc. 3A.5)

#### 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 2,91 kg pour une fuite de la canalisation aérienne de 4 bars (voir détails des calculs en annexe).

A partir de la masse de méthane inflammable de 2,91 kg, le volume du nuage de vapeurs à la limite inférieure d'inflammabilité est alors de 86 $m^3$ soit une énergie de combustion de près de 145,6 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 = faible.

#### 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 32 : Effets de surpression – Scénario 3A.5 (canalisation intérieure UVE)**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Energie d'explosion (en J)** | **145 648 100** | | | |
| Pression atmosphérique (en Pa) | 101 325 | | | |
| **Indice de violence** | **5** | | | |
| Surpression (en mbar) | 200 mbar | 140 mbar | 50 mbar | 20 mbar[15] |
| Distance réduite (en m) | 0,5 | 0,9 | 2,2 | / |
| **Distance R (en m) à la hauteur de la canalisation (h=6 m)** | **6 m** | **10 m** | **25 m** | **50 m** |
| **Distance R (en m) à h=1,8 m** | **4 m** | **9 m** | **24 m** | **49 m** |

[15] 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.

### c) Détermination des zones de dangers – Fuite de la canalisation aérienne de gaz naturel dans la chaufferie Pôle Energie (Sc. 4.1 et 4.3)

#### 1. Scénario 4.1 – Inflammation rapide de l'ATEX

La canalisation de gaz aérienne dans la chaufferie du Pôle Energie devrait avoir les mêmes caractéristiques que celle de l'UVE.

En conséquence, les rayons d'effets seront les mêmes.

#### 2. Scénario 4.3 – Fuite de longue durée, explosion de la chaufferie

a. Description du scénario d'explosion

Dans le cadre de l'étude, on considère une fuite au niveau des joints de la canalisation de gaz, le volume en méthane dans le local augmente ensuite jusqu'à atteindre la LIE, volume de gaz qui explose en présence d'une source d'inflammation.

Il est donc considéré la formation d'une ATEX à la LIE d'un mélange d'air et de méthane (soit 5%) dans le local chaufferie. Le volume inflammable à considérer correspond donc au volume libre (volume hors équipement) dans le local, ce volume est estimé à 25% du volume total de la chaufferie (hypothèse).

**Le local chaufferie a un volume total de 7 535,3 m³ (753,53 m² sur 10 m de haut) soit un volume libre de 1 883,8 m³.** En considérant la chaufferie remplie de gaz à la LIE, le **temps de fuite nécessaire pour atteindre ces conditions est de près de 87 min** pour une fuite via une brèche de 12 mm.

En considérant que le local chaufferie est équipé d'un toit soufflable qui est donc le premier élément à être ruiné lors de l'explosion, la pression de rupture est prise égale à celle du toit (ou autre surface soufflable) soit 50 mbars **(hypothèse qui sera à confirmer lors de la définition du projet)** qui correspond donc à la pression d'explosion primaire.

L'explosion primaire éjecte ensuite à l'extérieur une très grande partie du volume inflammable initial à travers le toit formant ainsi une boule de feu[16]. Le nuage formé est fortement turbulent sous l'impulsion de la pression résiduelle de l'explosion primaire. Le local devient largement ventilé. Dans ces conditions, les effets de pression sont largement supérieurs à l'extérieur du local (explosion secondaire) qu'à l'intérieur (explosion primaire).

Remarque : Ce scénario suppose que :

- la ventilation du local ne fonctionne pas,
- la pression dans la canalisation de gaz ne chute pas car une baisse de pression entraînerait l'arrêt de l'alimentation en gaz,
- le système de détection de $CH_4$ dans le local ne fonctionne pas.

[16] Source : Rapport de l'INERIS DRA-14-141532-12702A « Guide pour la prise en compte des chaudières industrielles dans la rédaction d'une étude de dangers », décembre 2016.

b. Explosion primaire – Détermination des zones de dangers

*1. Détermination de l'énergie de combustion*

L'énergie d'explosion, calculée à partir de l'énergie de Brode, est alors de 30,9 MJ (voir annexe).

*2. Résultats de la modélisation des effets de surpression*

Pour la première phase, la méthode multi-énergie est appliquée avec un indice de violence de 10 (atmosphère confinée).

**Tableau 33 : Effets de surpression – Scénario 4.3 Explosion primaire**

| **Energie d'explosion (en J)** | **30 882 377** | | | |
|---|---|---|---|---|
| Pression atmosphérique (en Pa) | 101 325 | | | |
| **Indice de violence** | **10** | | | |
| Surpression (en mbar) | 200 mbar | 140 mbar | 50 mbar | 20 mbar [17] |
| Distance réduite (en m) | 1,5 | 2,3 | 5,1 | / |
| **Distance R * (en m)** | ***Non atteint*** ** | ***Non atteint*** ** | **34 m** | **69 m** |
| **Distance observée à h = 1,8 m** | ***Non atteint*** ** | ***Non atteint*** ** | **33 m** | **68 m** |

* à la hauteur du centre de l'explosion (= du toit soit h = 10 m)
** La pression de rupture étant de 50 mbar, les surpressions de 140 et 200 mbar ne peuvent être atteintes lors de cette phase.

*3. Explosion secondaire – Détermination des zones de dangers*

**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 3 172 MJ.

**2. Détermination de l'indice de violence et résultats de la modélisation des effets de surpression**

Pour l'explosion secondaire, l'évaluation des effets de pression se fait avec un indice de violence de 5 qui correspond selon Kinsella :

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

[17] 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.

Suite à l'explosion primaire dans le bâtiment, les gaz non brûlés sont éjectés par le toit, formant une boule de feu[18] dont les distances d'effets de surpression sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau 34 : Effets de surpression – Scénario 4.3 Explosion secondaire**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Energie d'explosion (en J)** | **3 171 620 123** | | | |
| Pression atmosphérique (en Pa) | 101 325 | | | |
| **Indice de violence** | **5** | | | |
| Surpression (en mbar) | 200 mbar | 140 mbar | 50 mbar | 20 mbar |
| Distance réduite (en m) | 0,5 | 0,9 | 2,2 | / |
| **Distance R * (en m)** | **16 m** | **28 m** | **69 m** | **139 m** |
| **Distance observée à h = 1,8 m** | **13 m** | **27 m** | **69 m** | **138 m** |

* à la hauteur du centre de l'explosion (h = 10 m)

**Ces calculs confirment que l'explosion secondaire produit des effets de pression largement supérieurs à l'explosion primaire.**

[18] Source : Rapport de l'INERIS DRA-14-141532-12702A « Guide pour la prise en compte des chaudières industrielles dans la rédaction d'une étude de dangers », décembre 2016.

## 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. 3A.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 un des fours 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 un des fours d'incinération.

### b) Eclatement des bouteilles – Détermination des zones de dangers (sc. 3A.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 35 : 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 36 : 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 exclu. 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 37 : 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 | 61 m |

#### 9.2.5.3 Analyse du risque d'explosion de gaz (chambres de combustion – sc. 3A.3+3A.4 et 4.4)

##### 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'inflammation 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 est 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. 3A.3+3A.4)

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 38 : 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 | 67 m |

L'énergie d'explosion déterminée par PROJEX est de $2{,}7823.10^7$ J soit 27,8 MJ.

##### c) Explosion secondaire – Détermination des zones de dangers (sc. 3A.3+3A.4)

**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 775 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 7** 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 = faible.

*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 39 : Effets de surpression – Scénario 3A.3+3A.4 – Explosion secondaire**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Energie d'explosion (en J)** | **700 762 000** | | | |
| Pression atmosphérique (en Pa) | 101 325 | | | |
| **Indice de violence** | **7** | | | |
| Surpression (en mbar) | 200 mbar | 140 mbar | 50 mbar | 20 mbar[19] |
| Distance réduite (en m) | 1,5 | 2,3 | 5,1 | / |
| **Distance R (en m)** | **30 m** | **45 m** | **100 m** | **201 m** |

#### d) Explosion primaire – Détermination des zones de dangers (sc. 4.4)

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 40 : Définition des rayons des zones de dangers – Explosion interne chambre de combustion chaudière**

| 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** |
| Chaudière – Explosion primaire | 15 m | 20 m | 45 m | 90 m |

[19] 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.

L'énergie d'explosion déterminée par PROJEX est de 6,6531.$10^7$ J.

### e) Explosion secondaire – Détermination des zones de dangers (sc. 4.4)

#### 4. 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 273 MJ.

#### 5. 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 7** 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 = faible.

*Remarque : Dans tous les cas, au-dessus de l'indice 6, les abaques sont confondus pour les seuils de surpression inférieurs à 200 mbars.*

#### 6. 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 41 : Effets de surpression – Scénario 4.4 – Explosion secondaire**

| **Energie d'explosion (en J)** | **273 469 000** | | | |
|---|---|---|---|---|
| Pression atmosphérique (en Pa) | 101 325 | | | |
| **Indice de violence** | **7** | | | |
| Surpression (en mbar) | 200 mbar | 140 mbar | 50 mbar | 20 mbar[20] |
| Distance réduite (en m) | 1,5 | 2,3 | 5,1 | / |
| **Distance R (en m)** | **21 m** | **32 m** | **71 m** | **142 m** |

[20] 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.

#### 9.2.5.4 Modélisation des effets de surpression – Sc. 3B.2 et 4.6-4.7 « Eclatement capacité d'eau »

##### a) Préambule

Dans le cas d'une chaudière, deux types de scénarios peuvent conduire à un éclatement de la capacité en eau :

- une vaporisation brutale d'eau suite à une remise en eau sur des tubes de fumées surchauffées peut générer un éclatement de la calandre (pressurisation rapide).
- l'augmentation de la pression dans la capacité d'eau peut engendrer un BLEVE « froid ».

Dans les deux cas de figures, les effets sont uniquement de type dynamique : effet de surpression et effet de projection et ses effets peuvent être modélisés à l'aide de l'outil PROJEX[21].

Dans le cadre du guide INERIS pour la prise en compte des chaudières industrielles dans les études de dangers, seuls les effets de suppression ont été pris en considération. La fiche de calcul est présentée en annexe.

##### b) Hypothèses et données d'entrée

Concernant la chaudière de récupération installée sur le site (UVE), le volume du ballon d'eau sera de 22 $m^3$ (diamètre interne de 1 580 mm et longueur de 11,532 m). La pression de service du ballon serait de 78 bar abs.

Concernant les chaudières installées au Pôle Energie (2 x 35 $MW_{PCI}$), les ballons seront identiques pour les deux chaudières et le volume d'un ballon d'eau sera de 80 $m^3$ (diamètre interne de 5 m et longueur de 4 m). La pression de service du ballon serait de 6 bars.

##### c) Résultats de la modélisation – Scénario 3B.2 et 4.6 / 4.7

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.

**Rappelons également que les différents ballons sont munis de soupape (= barrières de protection vis-à-vis du scénario d'éclatement) :**

- **deux soupapes tarées à 80,8 bars abs pour les ballons - chaudières de l'UVE**
- **une soupape pour les chaudières du Pôle.**

Les feuilles de résultats établies par le modèle PROJEX - INERIS sont fournies en annexe. Les résultats obtenus sont reportés dans les tableaux ci-après :

[21] INERIS, Décembre 2016, Guide pour la prise en compte des chaudières industrielles dans les études de dangers

Tableau 42 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement ballon d'eau UVE – Sc. 3B.2

| 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 ballon | 44 mètres | 57 mètres | 130 mètres | 259 mètres |

Ces effets sont calculés à hauteur du ballon soit près de 26 mètres de haut, ramenés à une hauteur d'homme les rayons de dangers sont donc de :

| 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 |
|---|---|---|---|---|
| | **200 mbar** | **140 mbar** | **50 mbar** | **20 mbar** |
| A h = 1,8 m | 37 mètres | 52 mètres | 128 mètres | 258 mètres |

Tableau 43 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement ballon d'eau Pôle Energie – Sc. 4.6 et 4.7

| 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 ballon | 28 m | 36 m | 82 m | 165 m |

### 9.2.6 CARTOGRAPHIE DES ZONES A RISQUES

Le rayon des différentes zones de dangers est donc :

**Tableau 44 : 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 UVE – Sc. 3A.5 | | 4 m | 9 m | 24 m | 49 m |
| | Canalisation intérieure d'alimentation chaudière – Sc. 4.1 | | 4 m | 9 m | 24 m | 49 m |
| | Explosion de la chaufferie – Sc. 4.3 | Phase 1 | *Non atteint* | *Non atteint* | 33 m | 68 m |
| | | Phase 2 | 13 m | 27 m | 69 m | 138 m |
| BLEVE / Eclatement | Eclatement du four par effet domino éclatement bouteille de gaz – Sc. 3A.1 | | *Non atteint* | *Non atteint* | 31 m | 61 m |
| | Four – Chambres de combustion – Sc. 3A.3+3A.4 | Phase 1 | *Non atteint* | *Non atteint* | 34 m | 67 m |
| | | Phase 2 | 30 m | 45 m | 100 m | 201 m |
| | Ballon eau – Sc.3B.2 | | 3 m | 52 m | 128 m | 260 m |
| | Chaudière – Chambres de combustion – Sc. 4.4 | Phase 1 | 15 m | 20 m | 45 m | 90 m |
| | | Phase 2 | 21 m | 32 m | 71 m | 142 m |
| | Capacité d'eau – Sc.4.6 et 4.7 | | 28 m | 36 m | 82 m | 165 m |
| **Seuil des effets thermiques** | | | **8 kW/m²** | **5 kW/m²** | **3 kW/m²** | |
| Incendie | Fosse OMR – Sc. 1.1 | Face ← (quai déchargement) | 14 m | 22 m | 32 m | |
| | | Autres faces | Non atteint | Non atteint | Non atteint | |

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 naturel des fours, 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 3A.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

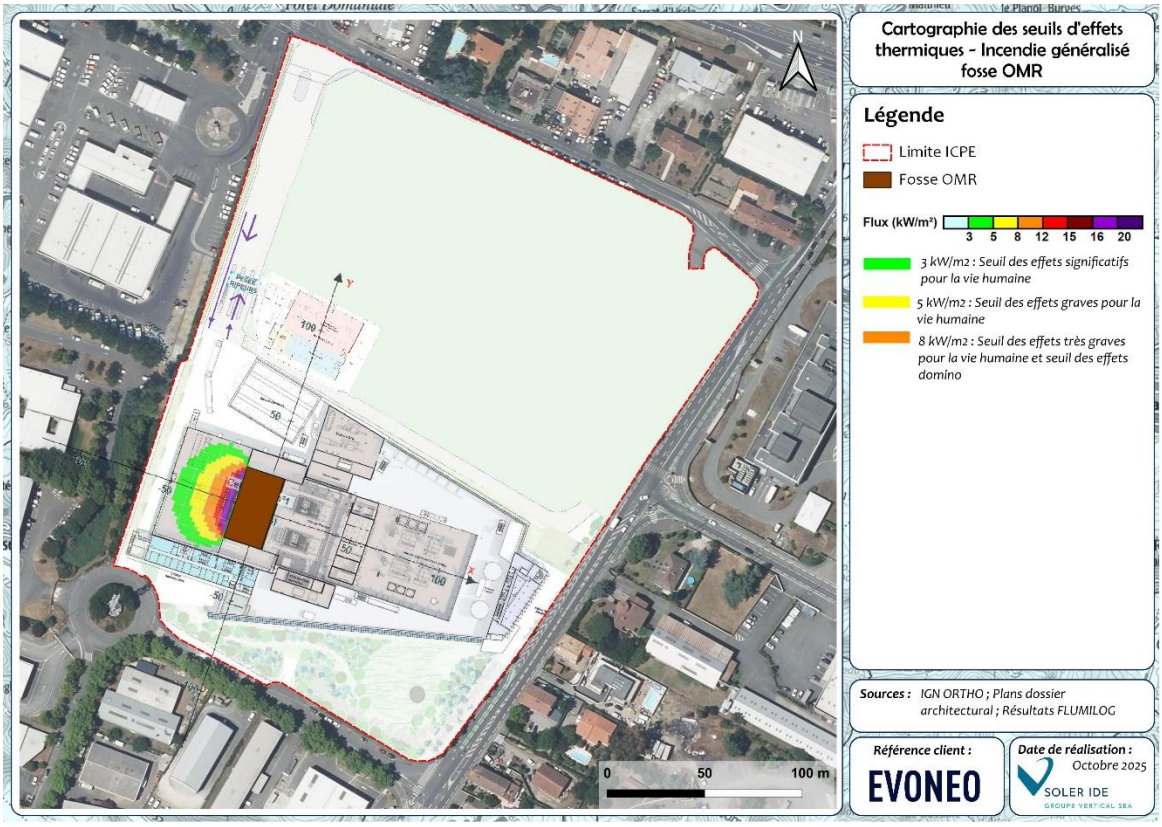



Figure 35 : Cartographie des seuils d'effets associés à l'incendie généralisé de la fosse OMR (Sc. 1.1)

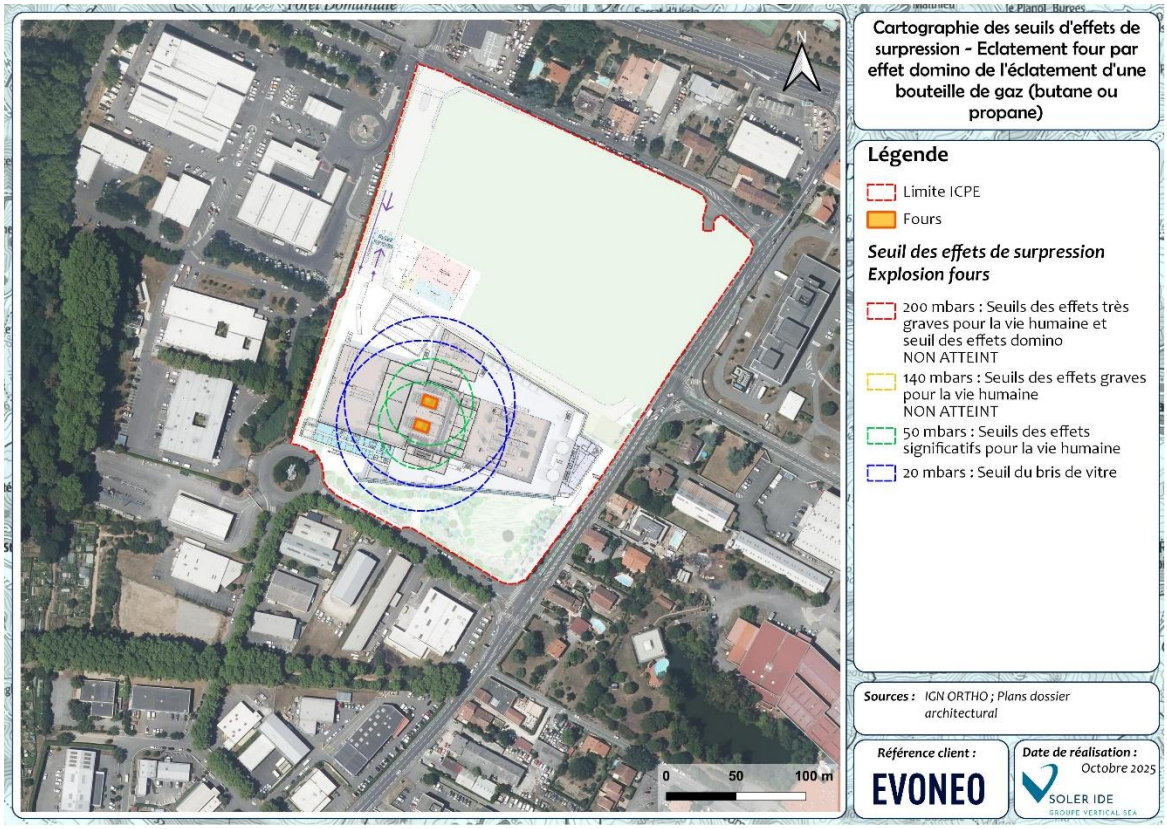



Figure 36 : Cartographie des seuils d'effets associés à l'éclatement d'un four par effet domino de l'éclatement de bouteilles de gaz (Sc. 3A.1)

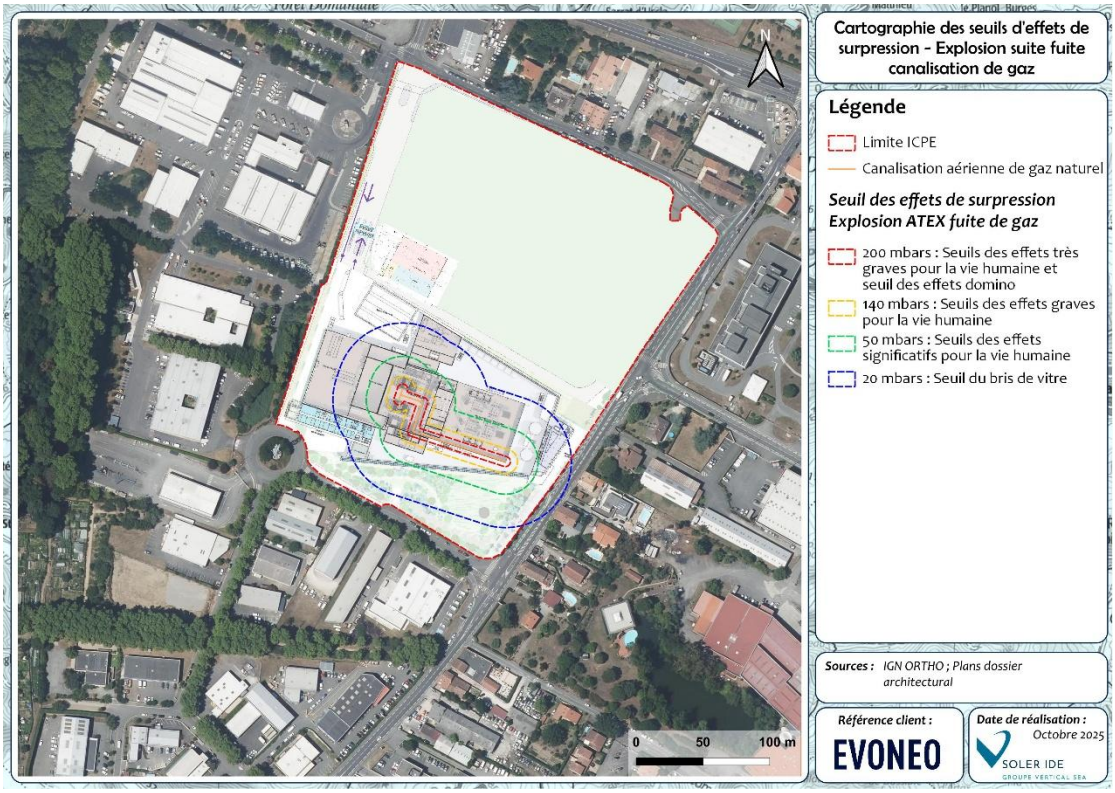



Figure 37 : Cartographie des seuils d'effets associés à l'explosion suite à une fuite de gaz (réseau gaz naturel aérien interne à l'UVE – sc. 3A.5)

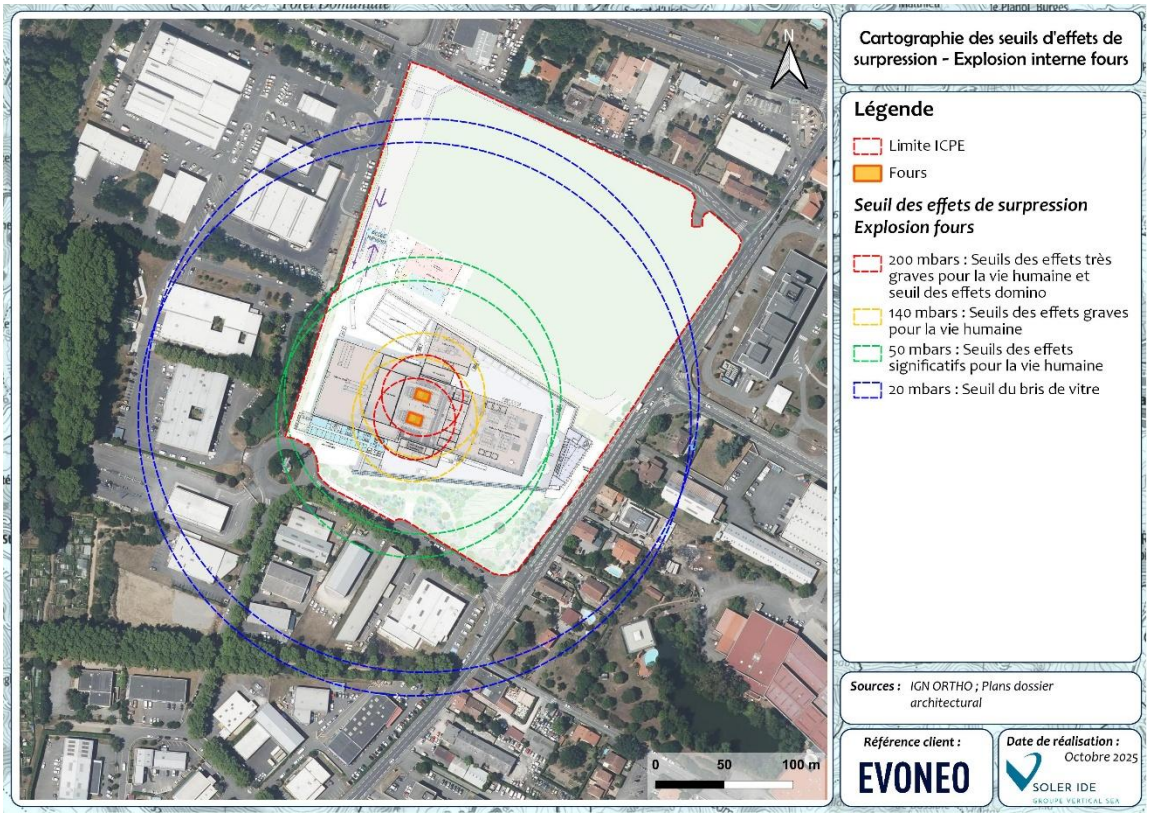



Figure 38 : Cartographie des seuils d'effets suite à l'explosion gaz dans les chambres de combustion – Fours d'incinération UVE (Sc. 3A.3+3A.4)

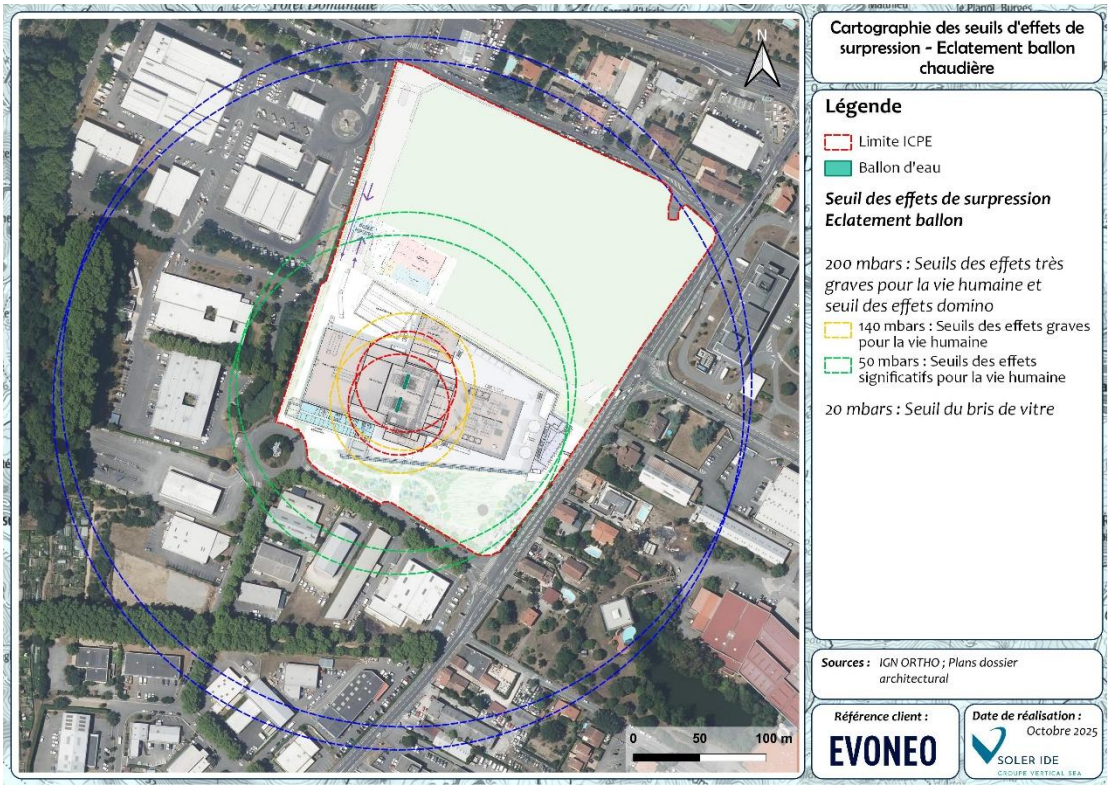



Figure 39 : Cartographie des seuils d'effets associés à l'éclatement du ballon d'eau – chaudière de récupération UVE (Sc. 3B.2)

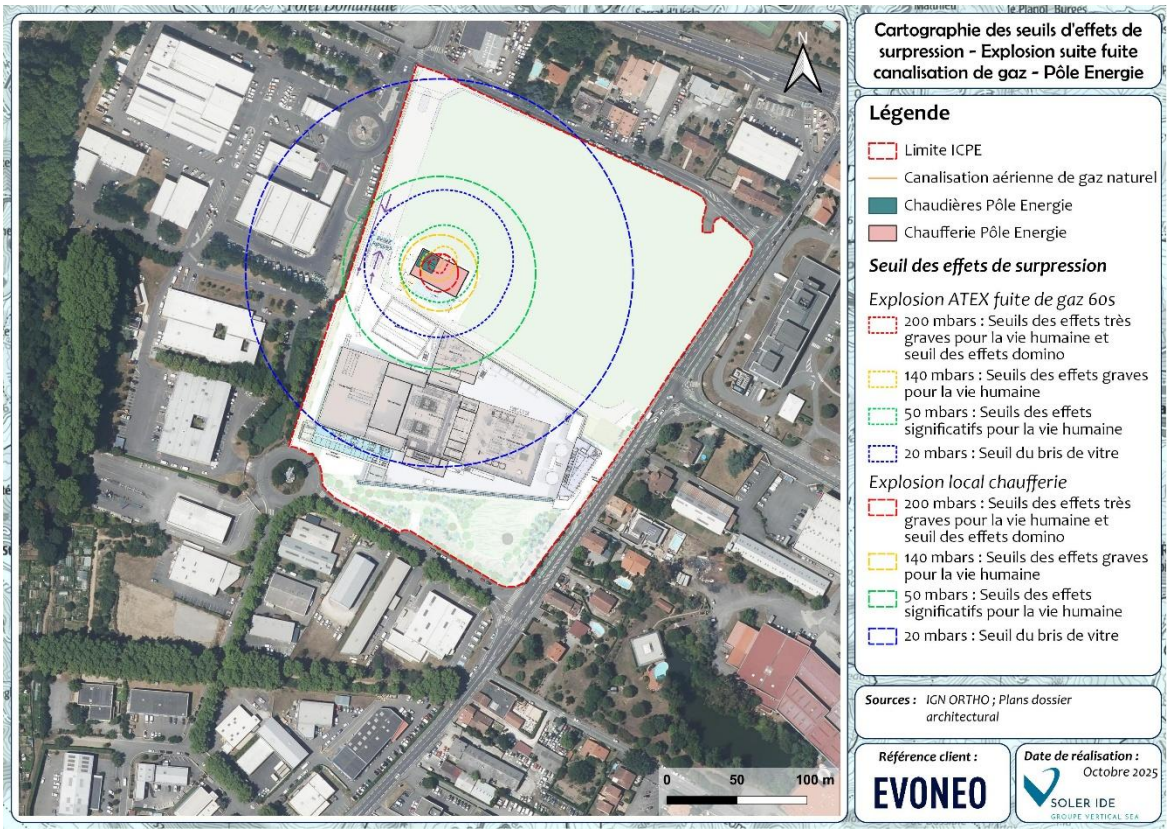



Figure 40 : Cartographie des seuils d'effets associés à l'explosion suite à une fuite de gaz dans la chaufferie (Pôle Energie – Sc. 4.1 et 4.3)

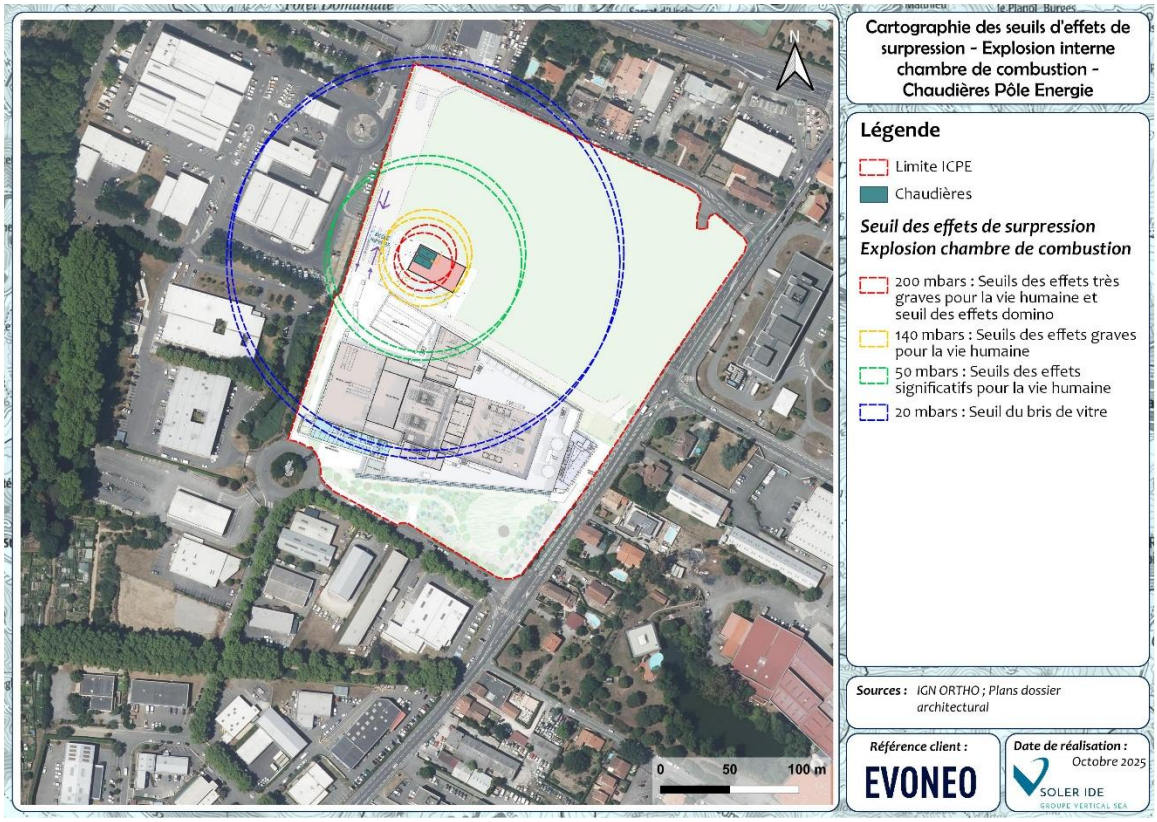



Figure 41 : Cartographie des seuils d'effets suite à l'explosion gaz dans la chambre de combustion – Chaudières Pôle Energie (Sc. 4.4)

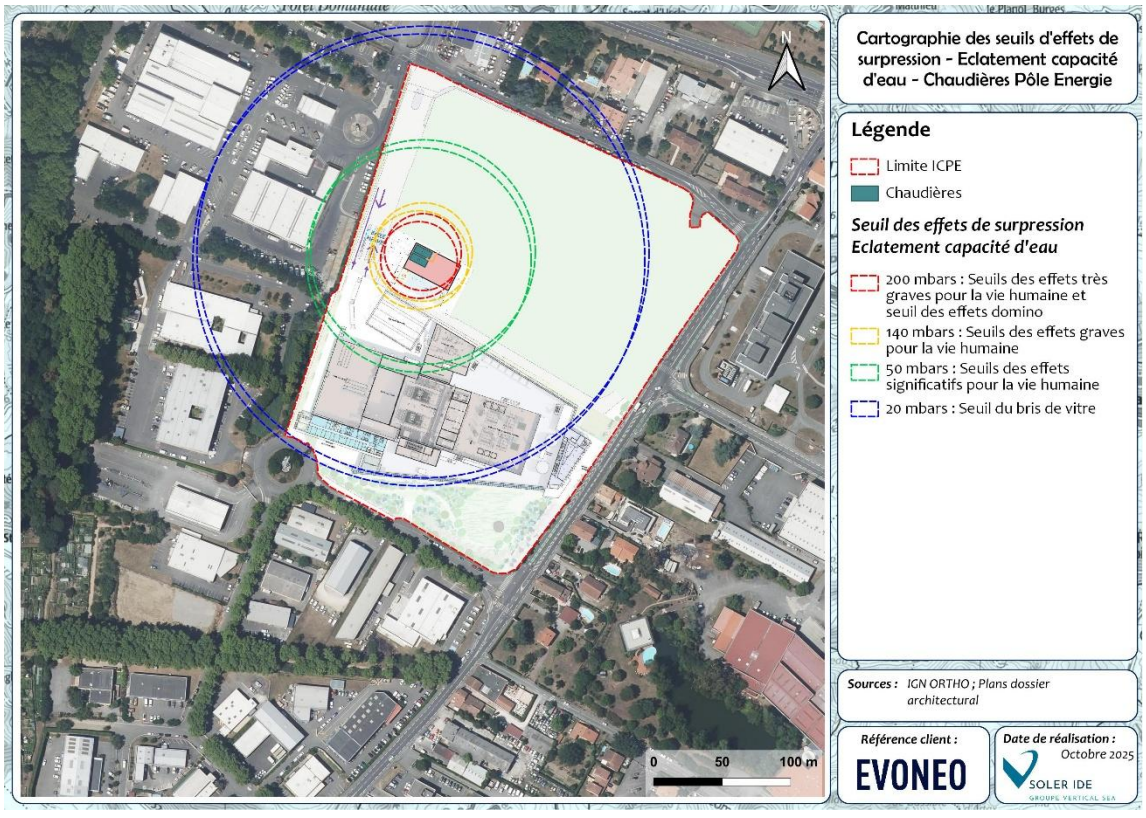



Figure 42 : Cartographie des seuils d'effets associés à l'éclatement du ballon d'eau – Chaudière Pôle Energie (Sc. 4.6 ou 4.7)

### 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 3A.3+3A4 : Explosion de la chambre de combustion primaire et secondaire
- Scénario 3B.2 : BLEVE de la capacité d'eau (ballon d'eau chaudière)
- Scénario 4.3 : Explosion du local chaufferie gaz (Pôle Energie)
- Scénario 4.4 : Explosion de la chambre de combustion d'une chaudière gaz (Pôle Energie)
- Scénario 4.6 et 4.7 : BLEVE de la capacité d'eau (Pôle Energie)

### 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 voies de circulation : 0,4 personnes permanentes par km exposé par tranche de 100 véhicules / jour ;
- pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friche …) : 1 personne par tranche de 100 ha ;
- pour les terrains aménagés mais peu fréquentés (jardins et zones horticoles, vignes, zones de pêche, gare de triage …) : 1 personne par tranche de 10 ha ;
- pour les terrains aménagés mais potentiellement fréquentés (parkings, parcs et jardins publics, terrains de sport …) : compter la capacité du terrain ou 10 personnes à l'hectare ;
- pour les zones d'activités : prendre le nombre de salariés[22] :
  - pour le site ADJOINT (16 rue Paul ROCACHE), le nombre de salariés est de 20 à 49 personnes soit considérant la superficie de la parcelle (parcelle n°108 d'une surface de 2 202 m$^2$) au maximum 223 personnes à l'hectare ;
  - au sein 16 B rue Paul ROCACHE sont recensées plusieurs sociétés sans salariés (3 entreprises individuelles et 4 sociétés non employeuses), le nombre maximal de personnes sera pris à 7 personnes soit 26 personnes à l'hectare (parcelle n°126 d'une superficie de 2 690 m$^2$) ;
  - pour le site secondaire INTERSOL (18 rue Paul ROCACHE), le nombre de salariés est de 10 à 19 personnes soit 93 personnes à l'hectare (parcelle n°123 de 2 038 m$^2$) ;
  - pour l'établissement ESAT CATIC localisé au 20 rue Paul ROCAHCE, le nombre de personnes est compris entre 100 et 199 soit 478 personnes à l'hectare (parcelle n°124 de 4 159 m$^2$).

Remarque :Concernant la rue Paul Rocache passant au Sud du site, avec la suppression de la déchèterie de Monlong, cette rue permettra principalement la desserte des entreprises situées le long de cette rue ; en l'absence de données de trafic sur cette voie, application de la règle de la circulaire du 10/05/2010 pour les terrains aménagés mais potentiellement fréquentés.

[22] Source : Annuaire des entreprises (https://annuaire-entreprises.data.gouv.fr/)

## Tableau 45 : 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. 3A.3-3A4 - Four n°1 (Nord) | SELS | Seuil des effets contenu dans le site | 0 | 1* |
| | SEL | Seuil des effets contenu dans le site | 0 | 1* |
| | SEI | 2 073 $m^2$ au sein de la zone industrielle de Monlong (au niveau d'espaces verts, de voiries et parkings d'entreprises ainsi que sur env. 70 m de la rue Paul Rocache) | => Application de la règle de la circulaire du 10/05/2010 pour les **terrains aménagés et potentiellement fréquentés** (10 pers. à l'hectare) : $2073.10^{-4}$ x 10<br>=> 1 personne < **2,1 pers exposées** < 10 personnes | 2 |
| Sc. 3A.3-3A4 - Four n°2 (Sud) | SELS | Seuil des effets contenu dans le site | 0 | 1* |
| | SEL | Seuil des effets contenu dans le site | 0 | 1* |
| | SEI | 4 454 $m^2$ au sein de la zone industrielle de Monlong (au niveau d'espaces verts de voiries et parkings d'entreprises ainsi que sur env. 150 m de la rue Paul Rocache) | => Application de la règle de la circulaire du 10/05/2010 pour les **terrains aménagés et potentiellement fréquentés** (10 pers. à l'hectare) : $4\,454.10^{-4}$ x 10<br>=> 1 personne < **4,4 pers exposées** < 10 personnes | 2 |
| Sc. 3B.2 – Ballon eau n°1 (Nord) | SELS | Seuil des effets contenu dans le site | 0 | 1* |
| | SEL | Seuil des effets contenu dans le site | 0 | 1* |
| | SEI | Entreprise 16 rue ROCHACHE : 1 001 $m^2$<br>Entreprise 16B rue ROCACHE : 581 $m^2$<br>Entreprise 18 rue Paul ROCAHE : 344 $m^2$<br>+ 9 222 $m^2$ au sein de la zone industrielle de Monlong (au niveau d'espaces verts de voiries et parkings d'entreprises ainsi que sur env. 200 m de la rue Paul Rocache) | **Pour les entreprises de la rue Paul ROCACHE :**<br>1 001 x 0,022 + 581 x 0,0026 + 344 x 0,0093 = 27 personnes<br><br>Pour le reste des terrains : => Application de la règle de la circulaire du 10/05/2010 pour les **terrains aménagés et potentiellement fréquentés** (10 pers. à l'hectare) : $9\,222.10^{-4}$ x 10 = 9,2<br><br>=> 10 personne < **36,2 pers exposées** < 100 personnes | 3 |

| 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. 3B.2 – Ballon eau n°2 (Sud) | SELS | Seuil des effets contenu dans le site | 0 | 1* |
| | SEL | Seuil des effets contenu dans le site | 0 | 1* |
| | SEI | Entreprise 16 rue ROCHACHE : 1 880 $m^2$<br>Entreprise 16B rue ROCACHE : 1 057 $m^2$<br>Entreprise 18 rue Paul ROCACHE : 778 $m^2$<br>Entreprise 20 rue Paul ROCACHE : 632 $m^2$<br>+ 9 845 $m^2$ au sein de la zone industrielle de Monlong (au niveau d'espaces verts de voiries et parkings d'entreprises ainsi que sur env. 260 m de la rue Paul Rocache) | **Pour les entreprises de la rue Paul ROCACHE :**<br>1 880 x 0,022 + 1 057 x 0,0026 + 778 x 0,0093 + 632 x 0,048 = 82,1 personnes<br><br>Pour le reste des terrains : => Application de la règle de la circulaire du 10/05/2010 pour les **terrains aménagés et potentiellement fréquentés** (10 pers. à l'hectare) : 9 845.$10^{-4}$ x 10 = 9,8<br><br>=> 10 personne < **91,9 pers exposées** < 100 personnes | 3 |
| Sc. 4.3 - Chaufferie | SELS | Seuil des effets contenu dans le site | 0 | 1* |
| | SEL | Seuil des effets contenu dans le site | 0 | 1* |
| | SEI | 350 $m^2$ au sein de la zone industrielle de Monlong (au niveau d'espaces verts de voiries et parkings d'entreprises) | => Application de la règle de la circulaire du 10/05/2010 pour les **terrains aménagés et potentiellement fréquentés** (10 pers. à l'hectare) :<br><br>350.$10^{-4}$ x 10 = **0,35 pers exposées** < 1 personne | 1 |
| Sc. 4.4 - Chaudière n°1 (Nord) | SELS | Seuil des effets contenu dans le site | 0 | 1* |
| | SEL | Seuil des effets contenu dans le site | 0 | 1* |
| | SEI | 1 351 $m^2$ au sein de la zone industrielle de Monlong (au niveau d'espaces verts, de voiries et parkings d'entreprises) | => Application de la règle de la circulaire du 10/05/2010 pour les **terrains aménagés et potentiellement fréquentés** (10 pers. à l'hectare) : 1351.$10^{-4}$ x 10<br>1 personne < **1,35 pers exposées** < 10 personnes | 2 |

| 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. 4.4 - Chaudière n°2 (Sud) | SELS | Seuil des effets contenu dans le site | 0 | 1* |
| | SEL | Seuil des effets contenu dans le site | 0 | 1* |
| | SEI | 1 436m$^2$ au sein de la zone industrielle de Monlong (au niveau d'espaces verts de voiries et parkings d'entreprises) | => Application de la règle de la circulaire du 10/05/2010 pour les **terrains aménagés et potentiellement fréquentés** (10 pers. à l'hectare) : 1436.10$^{-4}$ x 10 = => 1 personne < **1,4 pers exposées** < 10 personnes | 2 |
| Sc. 4.6 et 4.7 – Capacité d'eau n°1 (Nord) | SELS | Seuil des effets contenu dans le site | 0 | 1* |
| | SEL | Seuil des effets contenu dans le site | 0 | 1* |
| | SEI | 2 718 m$^2$ au sein de la zone industrielle de Monlong (au niveau d'espaces verts, de voiries et parkings d'entreprises) | => Application de la règle de la circulaire du 10/05/2010 pour les **terrains aménagés et potentiellement fréquentés** (10 pers. à l'hectare) : 2718.10$^{-4}$ x 10 => => 1 personne < **2,7 pers exposées** < 10 personnes | 2 |
| Sc. 4.6 et 4.7 – Capacité d'eau n°2 (Sud) | SELS | Seuil des effets contenu dans le site | 0 | 1* |
| | SEL | Seuil des effets contenu dans le site | 0 | 1* |
| | SEI | 2 832 m$^2$ au sein de la zone industrielle de Monlong (au niveau d'espaces verts, de voiries et parkings d'entreprises) | => Application de la règle de la circulaire du 10/05/2010 pour les **terrains aménagés et potentiellement fréquentés** (10 pers. à l'hectare) : 2832.10$^{-4}$ x 10 => => 1 personne < **2,8 pers exposées** < 10 personnes | 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.**

Le tableau ci-après récapitule, pour les phénomènes dangereux modélisés, les équipements compris dans la zone des effets domino 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 46 : Synthèse des effets dominos internes

| N° Sc. | Scénario | Installations ou équipements atteints par les effets domino | Effets domino potentiels |
|---|---|---|---|
| 1.1 | Incendie Fosse OMR | Aucun équipement atteint, seuil des effet domino ne sortant qu'au niveau des quais de déchargement | / |
| 3A.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 |
|---|---|---|---|
| 3A.3+3A.4 Four n°1 | Eclatement chambre de combustion – Fours UVE | Seuil des effets domino impactant l'ensemble des équipements du bâtiment fours-chaudières.<br><br>Hors bâtiment four-chaudière, seuil des effets domino atteignant la fosse OMR, les locaux électriques entre les fours chaudières et le traitement des fumées, le local pompes alimentaires | 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.<br><br>Au niveau du périmètre « Fours-chaudières », un éclatement de la chambre de combustion 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.<br><br>Concernant la fosse OMR et les locaux électriques, ils seront protégés par des murs béton (pas de risque d'effets domino).<br><br>En cas d'endommagement des pompes alimentaires, l'effet à redouter à terme serait un manque d'eau dans les ballons. Cependant, en cas d'accident, les installations seraient mises à l'arrêt ; il n'y a donc pas de risques de sur-accident. |
| 3A.3+3A.4 Four n°2 | Eclatement chambre de combustion – Fours UVE | Seuil des effets domino impactant l'ensemble des équipements du bâtiment fours-chaudières.<br><br>Hors bâtiment four-chaudière, seuil des effets domino atteignant la fosse OMR, la fosse mâchefer, les locaux électriques entre les fours chaudières et le traitement des fumées. | 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.<br><br>Au niveau du périmètre « Fours-chaudières », un éclatement de la chambre de combustion 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.<br><br>Concernant la fosse OMR et les locaux électriques, ils seront protégés par des murs béton (pas de risque d'effets domino).<br>Pour la fosse mâchefers, il n'y a aucun risque de sur-accident. |

| N° Sc. | Scénario | Installations ou équipements atteints par les effets domino | Effets domino potentiels |
|---|---|---|---|
| 3B.2<br>Four n°1 | Eclatement ballon d'eau – UVE | Seuil des effets domino impactant l'ensemble des équipements du bâtiment fours-chaudières.<br><br>Hors bâtiment four-chaudière, seuil des effets domino atteignant la fosse OMR, la fosse mâchefer , les locaux électriques entre les fours chaudières et le traitement des fumées, le local pompes alimentaires ainsi qu'une partie du local GTA | 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.<br><br>Au niveau du périmètre « Fours-chaudières », un éclatement du ballon d'eau 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.<br><br>Concernant la fosse OMR et les locaux électriques, ils seront protégés par des murs béton (pas de risque d'effets domino).<br>Pour la fosse mâchefers, il n'y a aucun risque de sur-accident.<br><br>En cas d'endommagement des pompes alimentaires, l'effet à redouter à terme serait un manque d'eau dans les ballons. Cependant, en cas d'accident, les installations seraient mises à l'arrêt ; il n'y a donc pas de risques de sur-accident.<br><br>Au niveau du bâtiment GTA, un éclatement du ballon (uniquement pour le four-chaudière n°1) 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 fours-chaudières et le local GTA qui absorberont, au moins en partie, les effets de surpression. |
| 3B.2<br>Four n°2 | Eclatement ballon d'eau – UVE | Seuil des effets domino impactant l'ensemble des équipements du bâtiment fours-chaudières.<br><br>Hors bâtiment four-chaudière, seuil des effets domino atteignant la fosse OMR, la fosse mâchefer , les locaux électriques entre les fours chaudières et le traitement des fumées, le local pompes alimentaires | |
| 3A.5 | Fuite canalisation intérieure d'alimentation four + inflammation ATEX - UVE | Seuil des effets domino touchant en partie les fours-chaudières ainsi que la fosse mâchefers | Une explosion de gaz dans le local « fours-chaudières » pourrait générer un endommagement des équipements notamment des fours-chaudières pouvant nécessiter la mise à l'arrêt des installations.<br><br>Pour la fosse mâchefers, il n'y a aucun risque de sur-accident. |

| N° Sc. | Scénario | Installations ou équipements atteints par les effets domino | Effets domino potentiels |
|---|---|---|---|
| 4.1 | Canalisation intérieure d'alimentation chaudière + inflammation ATEX – Pôle Energie | Seuil des effet domino touchant en partie les chaudières | En cas de fuite de gaz au sein du local chaufferie, le seuil des effets domino suite à une explosion serait atteint au niveau des chaudières et de leurs équipements connexes pouvant les endommager mais sans risque de sur-accident. |
| 4.3 | Explosion chaufferie | Seuil des effets domino impactant l'ensemble des équipements du local chaudières<br>Seuil des effets domino touchant en partie la zone « échangeurs UVE » | 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.<br><br>Un éclatement de la chaufferie pourrait engendrer un endommagement important des équipements dans le bâtiment du Pôle Energie et de la structure du bâtiment. A noter qu'une partie de l'explosion sera absorbée par la structure du bâtiment. |
| 4.4 – Chaudière n°1 | Eclatement chambre de combustion chaudière – Pôle Energie | Seuil des effets domino impactant l'ensemble des équipements du local chaudières<br>Seuil des effets domino touchant en partie la zone « échangeurs UVE » ainsi que le local électrique | 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.<br><br>Un éclatement d'une des chambres de combustion ou d'un ballon chaudière pourrait engendrer un endommagement important des équipements dans le bâtiment du Pôle Energie et de la structure du bâtiment. A noter qu'une partie de l'explosion sera absorbée par la structure du bâtiment.<br><br>Concernant le local électrique, il sera protégé par des murs béton (pas de risque d'effets domino). |
| 4.4 – Chaudière n°2 | Eclatement chambre de combustion chaudière – Pôle Energie | | |
| 4.6 / 4.7 Capacité d'eau n°1 | Eclatement capacité d'eau – Pôle Energie | Seuil des effets domino impactant l'ensemble des équipements du local chaudières<br>Seuil des effets domino touchant en partie la zone « échangeurs UVE » ainsi que le local électrique | |
| 4.6 / 4.7 Capacité d'eau n°2 | Eclatement capacité d'eau – Pôle Energie | | |

## 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 3A.3+3A4 : Explosion de la chambre de combustion primaire et secondaire
- Scénario 3B.2 : BLEVE de la capacité d'eau (ballon d'eau chaudière)
- Scénario 4.3 : Explosion du local chaufferie gaz (Pôle Energie)
- Scénario 4.4 : Explosion de la chambre de combustion d'une chaudière gaz (Pôle Energie)
- Scénario 4.6 et 4.7 : BLEVE de la capacité d'eau (Pôle Energie)

### 9.3.1 PRESENTATION DE LA METHODE

La méthode de représentation utilisée dans cette étude pour conduire l'estimation de la probabilité est le nœud papillon. Afin de formaliser le vocabulaire, le schéma ci-dessous rappelle la représentation du nœud papillon qui sera retenue pour l'ensemble du document.

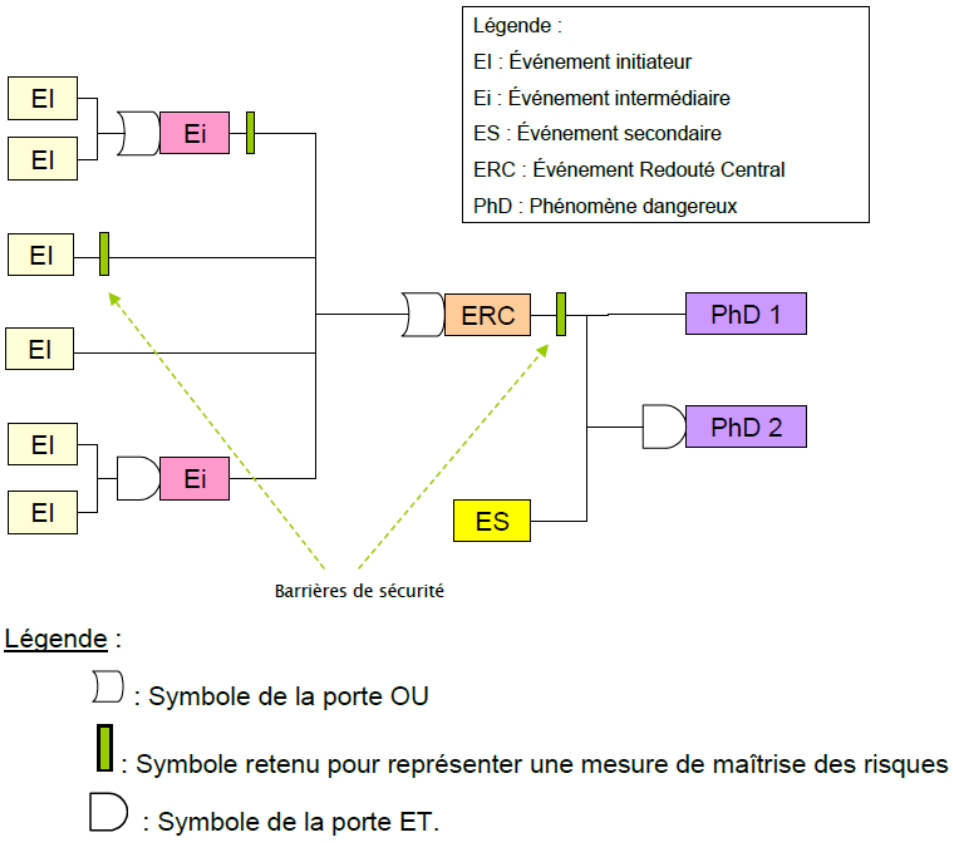



Figure 43 : Représentation du nœud papillon

Les éléments qui vont intervenir dans le calcul de la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux (PhD) sont donc :

- les événements initiateurs (EI),
- les mesures de maîtrise des risques ou barrières de sécurité,
- les ES (événement secondaire).

Pour mémoire, les événements initiateurs peuvent être des événements dits indésirables (dysfonctionnements, dérives internes ou agressions externes) ou des événements courants. Par exemple, la présence de combustibles dans un entrepôt est un événement courant qui sera traité dans le nœud papillon si l'on étudie la possibilité d'un feu de cellule en combinaison avec d'autres événements (présence de carburant et d'une source d'inflammation).

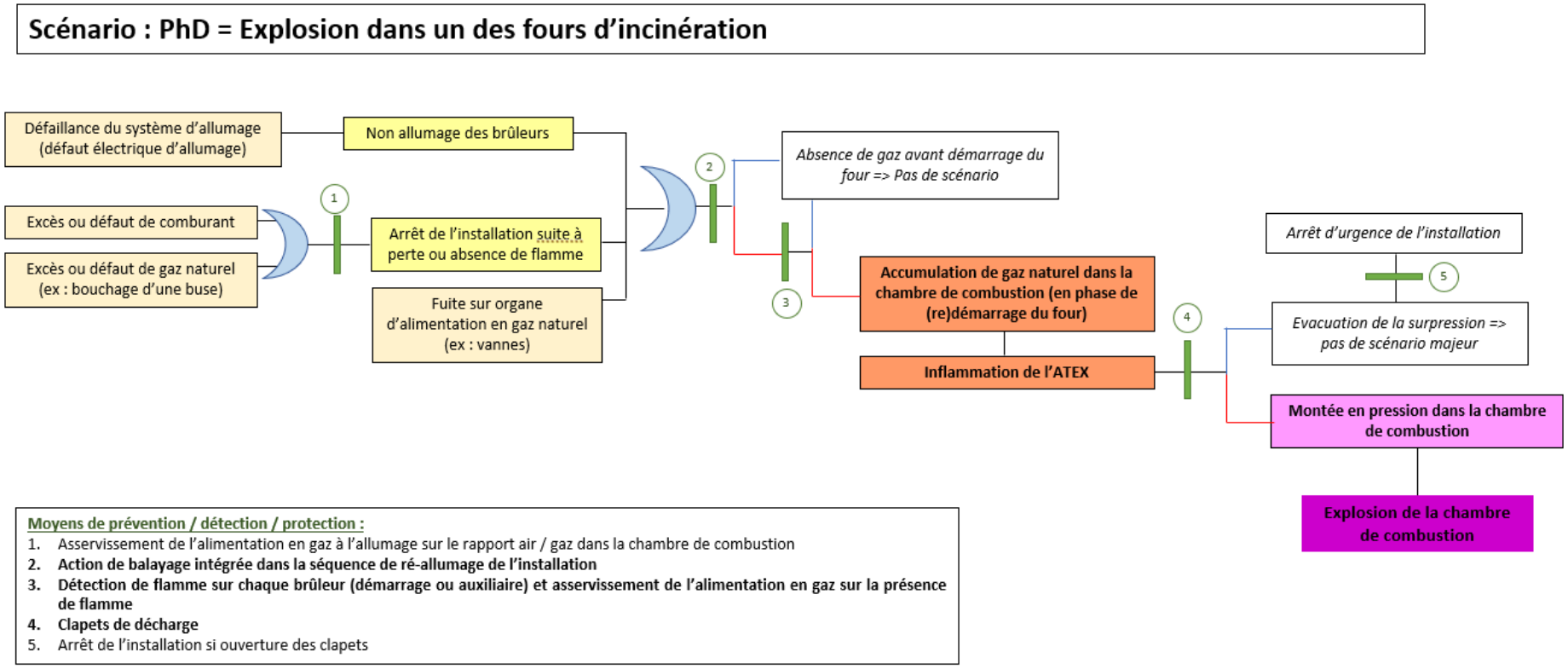
Les événements secondaires sont des événements de type : présence d'une source d'inflammation, présence de pluie, vent, etc.

Le retour d'expérience et les problématiques d'accidents majeurs relativement limitées au niveau du site (site soumis à autorisation simple, non SEVESO) justifient **une approche qualitative voire semi-quantitative de la probabilité des scénarios** en s'appuyant sur la grille d'échelle de probabilité fournie en annexe I de l'arrêté du 29 septembre 2005 et en se basant sur le retour d'expérience sur les installations similaires et sur des bases de données reconnues (INERIS, TNO Purple Book, …).

## 9.3.2 COTATION DE LA PROBABILITE

### 9.3.2.1 Scénario 3A.3+3A4 : Explosion de la chambre de combustion primaire et secondaire

Dans le cadre des scénarii considérés, l'arbre de défaillance est le suivant :




Sont notées en gras ci-dessus les barrières de sécurité retenues sur le site comme barrières de sécurité importantes pour la gestion du risques (voir partie 10.2 en page 191).

Vis-à-vis des scénarios identifiés, les principales barrières de sécurité préventives suivantes sont établies :

- Asservissement de l'alimentation en combustible gaz sur la présence de flamme dans la chambre de combustion ;
- Action de balayage intégrée d'air dans la séquence de ré-allumage de la chaudière.

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 faible débit d'introduction du gaz, la formation d'une ATEX dans un tel volume nécessiterait un temps relativement important.

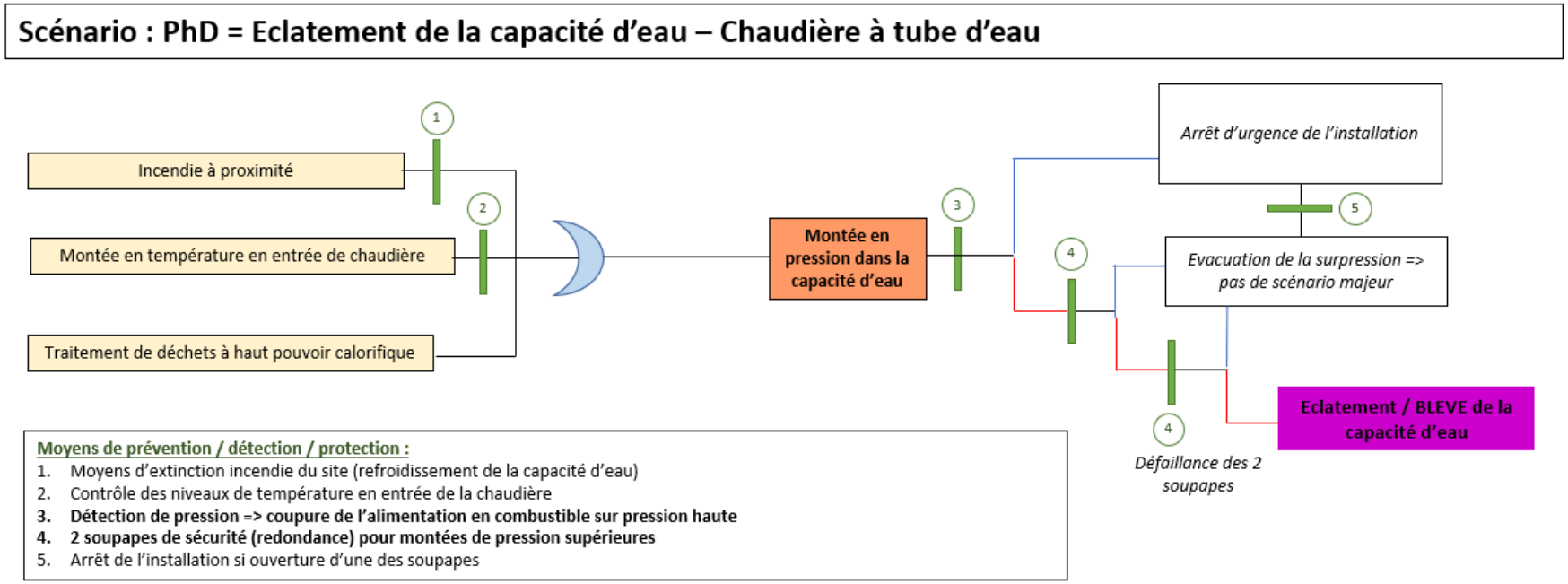
Ainsi, **la probabilité est évaluée à E dans une approche qualitative.**

#### 9.3.2.2 Scénario 4.4 : Explosion de la chambre de combustion d'une chaudière gaz – Pôle Energie

L'arbre de défaillance pour les chaudières gaz du Pôle Energie sera similaire à celui établi en page précédente pour l'UVE, la même probabilité sera donc associée au scénario d'explosion dans la chambre de combustion d'une chaudière. (soit E).

#### 9.3.2.3 Scénario 3B.2 : BLEVE de la capacité d'eau (ballon d'eau chaudière)

Dans le cadre des scénarii considérés, l'arbre de défaillance est le suivant :




Sont notées en gras ci-dessus les barrières de sécurité retenues sur le site comme barrières de sécurité importantes pour la gestion du risques (voir partie 10.2 en page 191).

La bibliographie fournie les valeurs suivantes de fréquences annuelles pour la rupture pneumatique d'un réservoir sous pression :

| Source | Fréquence | Notes |
|---|---|---|
| FRED | $2.10^{-6}$ à $6.10^{-6}$ | La rupture catastrophique sera plutôt de $2.10^{-6}$ / an si la capacité suit des normes de construction telles que la BS 5500 |
| Reldat | $3.10^{-6}$ | - |
| OGP | $4,7.10^{-7}$ | La fréquence d'un BLEVE d'une capacité sous pression doit être calculée à partir de l'arbre des défaillances, en tenant compte des sources d'incendies adjacentes capables de causer cet évènement. Des analyses antérieures montrent que la fréquence attendue pour un tel évènement est comprise entre $10^{-7}$ et $10^{-5}$ par capacité par an. |
| TNO Purple Book | $5.10^{-6}$ | - |
| Handbook failure frequencies 2009 | $3,2.10^{-6}$ | - |

**Ainsi, sur le site,** au vu de l'accidentologie passée, de la connaissance de ce type d'installation et eu égard aux barrières de sécurité mises en place sur le site notamment les deux soupapes de sécurité redondante qui doivent dysfonctionner simultanément pour que le scénario puisse advenir, l**a probabilité d'occurrence du scénario d'éclatement de capacité (scénario 3B.2) est évaluée à E (probabilité d'occurrence < $10^{-5}$ évènement par an).**

#### 9.3.2.4 Scénario 4.6 et 4.7 : BLEVE de la capacité d'eau (Pôle Energie)

Compte tenu des probabilités exposées dans le tableau ci-avant, la probabilité du scénario 4.6 et 4.7 « Eclatement de la capacité d'eau » pour les chaudière du Pôle Energie est évaluée à E également.

#### 9.3.2.5 Scénario d'explosion dans le local chaufferie suite à une fuite sur la canalisation aérienne (scénario 4.3)

Pour ces scénarios, l'ERC est une fuite sur la canalisation gaz aérienne, fuite qui peut avoir pour origine :

- usure, fatigue, corrosion ;
- agressions externes sur la tuyauterie (chocs de véhicules …) ;
- surpression dans la tuyauterie de gaz suite à défaillance du détendeur.

Vis-à-vis des scénarios de fuite identifiés, les barrières de prévention suivantes sont établies :

- réalisation des soudures et des montages accessoires (joints, brides, vannes, …) selon les normes en vigueur ;
- contrôles réguliers des canalisations ;
- protection de la partie aérienne de la canalisation contre une agression physique ;
- **fermeture de la vanne d'alimentation sur détection de pression basse pour stopper rapidement la fuite de gaz** et ainsi stopper rapidement un feu torche ou limiter la taille d'une éventuelle ATEX.

Une fuite de la canalisation est donc un évènement dont la probabilité est évaluée à C. Toutefois, le fait que le débit soit suffisant pour former une ATEX et l'apparition simultanée d'une source d'inflammation a une probabilité beaucoup plus faible notamment au regard des barrières de sécurité mises en place dans le local abritant les installations de combustion du Pôle Energie ainsi que des consignes de sécurité mises en place autour des installations.

Des mesures sont mises en œuvre dans le local chaudière :

- **Présence de détecteurs de gaz gérés par un automate de sécurité ;**
- Fermeture automatique de l'arrivée de gaz en cas d'alerte ;
- Alarmes en cas de coupure de gaz (ou électricité) ;
- Ventilation naturelle du local.

Ainsi, le scénario d'explosion d'un local de combustion nécessiterait :

- que la ventilation du local ne fonctionne pas ;
- que la pression dans la canalisation de gaz ne chute pas car une baisse de pression entraînerait l'arrêt de l'alimentation en gaz,
- que le système de détection de $CH_4$ dans le local ne fonctionne pas sachant que chaque local dispose de plusieurs détecteurs en redondance ;
- que la durée de fuite soit suffisante pour atteindre la LIE d'inflammabilité du méthane au sein du local chaufferie (estimé à près de 56 min pour le local chaudière– cf. modélisation des effets de surpression en annexe) ;
- la présence d'une source d'inflammation.

**Dans ce contexte, les différents scénarios d'explosion dans un local (faisant suite à une fuite de longue durée de la canalisation de gaz et nécessitant une source d'inflammation) correspondent à un évènement possible mais extrêmement peu probable pour le local chaudière (nécessité d'avoir une fuite alimentée de 87 min et la défaillance de barrières de sécurité) – probabilité E.**

## 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.

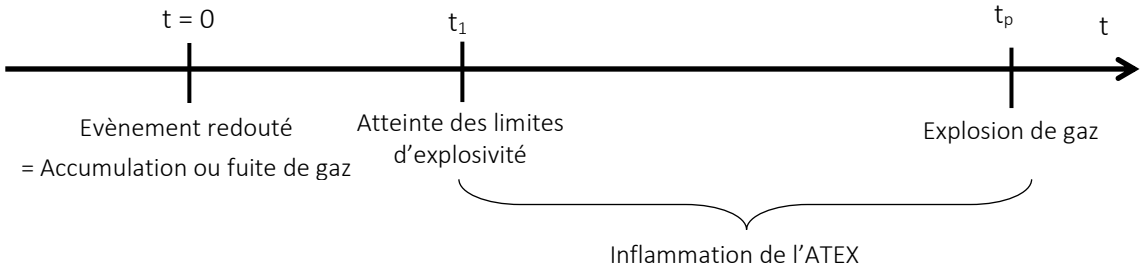
L'arrêté du 29 septembre 2005 évoque deux types de cinétiques :

- 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'inflammation.




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[23] 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).

[23] 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 3 – Incinération des déchets | A. Zone incinération et post-incinération | Four n°1 | Chambre de combustion primaire – Alimentation brûleurs gaz | Défaillance du système d'allumage (défaut électrique d'allumage)<br>Excès ou défaut de comburant ou gaz naturel | Non allumage des brûleurs de démarrage => Accumulation de gaz dans la chambre de combustion avant re-démarrage => Formation d'une ATEX | Contrôle de la combustion dans le four par caméra + deux hublots (refroidis par air) permettant une inspection visuelle des chambres de combustion<br>Détecteur de flamme au niveau de tous les brûleurs<br>Entretien préventif<br>Action de balayage du four et de la chambre de post-combustion avant démarrage intégrée à la séquence d'allumage de l'installation | **Explosion dans le four – Effets de surpression** | **Rapide** | Type d'installation conçu pour résister sans dommage à des explosions causées par exemple par une bouteille de gaz butane.<br>Installation mise en dépression par extraction (ventilateur d'exhaure de ligne de traitement des fumées) d'air limitant donc les possibilités de surpression ou de retour de flamme<br>Explosion du four amortie le long du circuit des fumées + clapets de décharge<br>Arrêt de la ligne d'incinération | **SELS = 29,5 m**<br>**SEL = 45,3 m**<br>**SEI = 100,5 m** | Aucun à l' extérieur du site. | E | 2 | **3A.3+3A.4 – Four n°1** |
| | | | Chambre de combustion secondaire (= chambre de post-combustion) – Alimentation brûleurs gaz | | | | | | | | | | | |
| | | Four n°2 | Chambre de combustion primaire – Alimentation brûleurs gaz | | | | | | | | | E | 2 | **3A.3+3A.4 – Four n°2** |
| | | | Chambre de combustion secondaire (= chambre de post-combustion) – Alimentation brûleurs gaz | | | | | | | | | | | |

| 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 3 – Incinération des déchets | B. Système de récupération de chaleur | Four-chaudière n°1 | Chaudière à tubes à eau – Ballon d'eau | Augmentation de la température en entrée de chaudière<br>Traitement de déchets à haut pouvoir calorifique<br>Incendie à proximité<br>+<br>Défaillance soupapes de sécurité | Montée en pression dans le ballon | Contrôle des niveaux de température en entrée de la chaudière<br>Maintenance préventive et contrôle réglementaire des équipements sous pression<br>Moyen d'extinction pour l'incendie à proximité | **BLEVE de la capacité d'eau :**<br>**Effet de surpression**<br>**Effet de projection** | **Rapide** | Présence de 2 soupapes sur le ballon | **SELS = 37,9 m**<br>**SEL = 51,6 m**<br>**SEI = 127,7 m** | Aucun à l' extérieur du site. | **E** | **3** | **3B.2- Ballon n°1** |
| | | Four-chaudière n°2 | | | | | | | | | | **E** | **3** | **3B.2- Ballon n°2** |

| 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 4 – Pôle Energie | Canalisation intérieure d'alimentation chaudières | Usure, fatigue, corrosion<br>Surpression dans la tuyauterie de gaz suite à défaillance du détendeur<br>Sources d'inflammation : engins, cigarettes, foudre, étincelles … | Perte de confinement des tuyauteries gaz à l'intérieur du bâtiment (phase de démarrage GN des fours) | Maintenance préventive<br>Contrôle régulier des canalisations<br>Coupure alimentation brûleur sur détection de pression basse<br>Détecteurs gaz dans le bâtiment<br>Dispositif de coupure manuel du gaz naturel placé à l'extérieur<br>Coupure automatique de l'alimentation gaz par deux vannes automatiques redondantes asservie à la détection gaz<br>Matériel ATEX<br>Ventilation haute et basse du local | **Inflammation de l'ATEX – VCE (explosion de la chaufferie)**<br>**Effet de surpression** | **Rapide** | Coupure automatique de l'alimentation gaz par deux vannes automatiques redondantes asservie à la détection gaz<br>Toiture soufflable<br>Procédure en cas d'urgence<br>Système de défense incendie du site<br>Intervention des services de secours externe | **SELS = 13,5 m**<br>**SEL = 27,2 m**<br>**SEI = 68,8 m** | Aucun à l' extérieur du site. | E | 1 | **4.3** |

| 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 4 – Pôle Energie | Chaudière n°1 | Chambre de combustion | Défaillance du système d'allumage (défaut électrique d'allumage)<br>Excès ou défaut de comburant ou gaz naturel | Non allumage des brûleurs de démarrage<br>=> Accumulation de gaz dans la chambre de combustion avant re-démarrage<br>=> Formation d'une ATEX | Détecteur de flamme au niveau de tous les brûleurs<br>Entretien préventif<br>Action de balayage de la chambre de combustion avant démarrage intégrée à la séquence d'allumage de l'installation | **Explosion dans la chambre de combustion – Effets de surpression** | **Rapide** | Type d'installation conçu pour résister à une certaine surpression<br>Soupape de sécurité | **SELS = 20,9 m<br>SEL = 32,0 m<br>SEI= 71,0 m** | Aucun à l' extérieur du site. | E | 2 | **4.4 – Chaudière n°1** |
| | Chaudière n°2 | Chambre de combustion | | | | | | | | | E | 2 | **4.4 – Chaudière n°2** |
| | Chaudière n°1 | Chaudière à tubes de fumées – Capacité d'eau | Défaut de régulation de pression<br>Incendie à proximité<br>+<br>Défaillance d'une soupape de sécurité | Montée en pression dans la calandre | Contrôle pression chaudière (pression haute => arrêt de l'alimentation gaz)<br>Maintenance préventive et contrôle réglementaire des équipements sous pression<br>Moyen d'extinction pour l'incendie à proximité | **BLEVE de la capacité d'eau :<br>Effet de surpression<br>Effet de projection** | **Rapide** | Présence d'une soupape sur la capacité d'eau | **SELS = 28,0 m<br>SEL = 36,0 m<br>SEI= 82,0 m** | Aucun à l' extérieur du site. | E | 2 | **4.6 – Chaudière n°1** |
| | Chaudière n°2 | Chaudière à tubes de fumées – Capacité d'eau | | | | | | | | | E | 2 | **4.6 – Chaudière n°2** |

| 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 4 – Pôle Energie | Chaudière n°1 | Chaudière à tubes de fumées – Capacité d'eau | Fuite sur réseau<br>Arrêt de pompe (défaillance) | Absence d'alimentation en eau dans le réseau chaudière (niveau d'eau trop bas) => Montée en pression du réseau | Détecteur niveau bas => Arrêt d'urgence de l'installation | **BLEVE de la capacité d'eau :**<br>**Effet de surpression**<br>**Effet de projection** | **Rapide** | Présence d'une soupape sur la capacité d'eau | **SELS = 28,0 m**<br>**SEL = 36,0 m**<br>**SEI= 82,0 m** | Aucun à l' extérieur du site. | **E** | **2** | **4.7 – Chaudière n°1** |
| | Chaudière n°2 | Chaudière à tubes de fumées – Capacité d'eau | | | | | | | | | **E** | **2** | **4.7 – Chaudière n°2** |

### 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 3A.3+3A4 : Explosion de la chambre de combustion primaire et secondaire
- Scénario 3B.2 : BLEVE de la capacité d'eau (ballon d'eau chaudière)
- Scénario 4.3 : Explosion du local chaufferie gaz (Pôle Energie)
- Scénario 4.4 : Explosion de la chambre de combustion d'une chaudière gaz (Pôle Energie)
- Scénario 4.6 et 4.7 : BLEVE de la capacité d'eau (Pôle Energie)

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 11 scénarios sont concernés, tous les autres scénarios ont l'ensemble des seuils d'effets contenus dans le site :

**Tableau 47 : Grille de criticité**

| Gravité \ Probabilité | E | D | C | B | A |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 3 | 3B.2 – Four-chaudière n°1<br>3B.2 – Four-chaudière n°2 | | | | |
| 2 | 3A.3+3A.4 – Four-Chaudière n°1<br>3A.3+3A4 – Four-Chaudière n°2<br>4.4 – Chaudière gaz n°1<br>4.4 – Chaudière gaz n°2<br>4.6 – Chaudière gaz n°1<br>4.6 – Chaudière gaz n°2<br>4.7 – Chaudière gaz n°1<br>4.7 – Chaudière gaz n°2 | | | | |
| 1 | 4.3 | | | | |

Les scénarios majeurs identifiés pour le site sont tous classés comme acceptable à l'exception des scénarios d'éclatement du ballon d'eau pour les 2 fours-chaudières de l'UVE qui sont classés comme acceptables avec des moyens de maîtrise des risques. La liste des barrières de sécurité retenue pour ces scénarios est fournie dans le tableau en page suivante

## Tableau 48 : Barrières de sécurité permettant de réduire significativement la gravité ou la probabilité du scénario d'éclatement d'un ballon d'eau

| Scénario | Réduction la probabilité d'occurrence | Réduction de la gravité des scénarios |
|---|---|---|
| 3B.2 – Eclatement du ballon d'eau (four-chaudière n°1 ou four-chaudière n°2) | Contrôle des niveaux de température en entrée de la chaudière<br>Maintenance préventive et contrôle réglementaire des équipements sous pression<br>Moyen d'extinction pour l'incendie à proximité | Présence **de 2 soupapes** sur le ballon |

# 10 DETERMINATION DES MESURES DE MAITRISE DES RISQUES (MMR)

## 10.1 DEFINITION BARRIERES DE SECURITE ET MESURES DE MAITRISE DES RISQUES

**Les barrières de sécurité désignent un ensemble d'éléments techniques et/ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité**, fonction ayant pour but la réduction de la probabilité d'occurrence et/ou des effets et conséquences d'un événement non souhaité dans un système.

Les principales actions assurées par les fonctions de sécurité en matière d'accidents majeurs dans les installations classées sont : empêcher, éviter, détecter, contrôler, limiter. Les fonctions de sécurité identifiées peuvent être assurées à partir d'éléments techniques de sécurité, de procédures organisationnelles (activités humaines), ou plus généralement par la combinaison des deux.

Une barrière de sécurité est qualifiée de **Mesure de Maîtrise des Risques (MMR)** lorsque celle-ci est mise en œuvre et permet, seule ou avec d'autres barrières, d'atteindre le niveau de risque résiduel souhaité pour un accident majeur.

Toute barrière de sécurité associée à un accident majeur et pour laquelle un niveau de confiance non nul a été établi est qualifiée de Mesure de Maîtrise des risques.

## 10.2 DETERMINATION DES MMR RETENUES DANS LE CADRE DE L'ETUDE

Dans le cas de la présente étude de dangers, pour un site, soumis à autorisation simple non SEVESO, la cotation de la probabilité a été réalisée de manière qualitative sur la base du retour d'expérience sur les installations similaires et des bases de données reconnues (INERIS, TNO Purple Book, …).

**Aucun niveau de confiance n'a donc été établi pour une barrière de sécurité ; aucune ne peut donc être strictement qualifiée de MMR.**

Toutefois, sur la base de l'ensemble des barrières de sécurité identifiées, **les barrières de sécurité importantes pour la gestion du risque ont été identifiées pour les scénarios d'accidents majeurs** et sont listées dans les tableaux ci-dessous ; ces dernières sont appelées « *MMR potentielles* » :

**Tableau 49 : Liste des MMR potentielles pour les scénarios d'accident majeur associés à l'UVE**

| N° scénario | n° de la MMR potentielle | Type de barrières | Description |
|---|---|---|---|
| Scénario 3A.3+3A.4 Four n°1 | MMR n°1 « Balayer l'air de la chambre de combustion avant allumage » | Barrière technique de prévention active | Action de balayage intégrée dans la séquence de ré-allumage de l'installation. |
| | MMR n°2 « Couper l'alimentation en combustible si absence de flamme dans la chambre de combustion » | Mesure de maîtrise du risque instrumentée | Asservissement de l'alimentation en combustible sur la présence de la flamme dans la chambre de combustion. |
| | MMR n°3 « Evacuer la surpression générée dans la chambre de combustion » | Barrière technique de protection active | Clapet de décharge permettant d'évacuer les gaz en cas d'augmentation de la pression dans le four. |

| N° scénario | n° de la MMR potentielle | Type de barrières | Description |
|---|---|---|---|
| Scénario 3A.3+3A.4 Four n°2 | *Les MMR sont les mêmes que pour le four n°1* | | |
| Scénario 3B.2 Ballon n°1 | MMR n°4 « Couper l'alimentation en combustible sur détection de pression haute dans la chaudière » | Mesure de maîtrise du risque instrumentée | Asservissement de l'alimentation en combustible sur détection de pression haute dans la chaudière. |
| | MMR n°5 « Evacuer la surpression dans le ballon d'eau » | Barrière technique de protection active | Deux soupapes de sécurité redondantes et tarées à 80,8 bars. |
| Scénario 3B.2 Ballon n°2 | *Les MMR sont les mêmes que pour le ballon n°1* | | |

## Tableau 50 : Liste des MMR potentielles pour les scénarios d'accident majeur associés au Pôle Energie

| N° scénario | n° de la MMR potentielle | Type de barrières | Description |
|---|---|---|---|
| Scénario 4.3 | MMR n°1 « Fermer la vanne d'alimentation sur détection de pression basse » | Mesure de maîtrise du risque instrumentée | Fermeture de la vanne sur détection de pression basse en entrée d'une chaudière |
| | MMR n°2 « Fermeture de la 2ème vanne d'alimentation sur détection de gaz »[24] | Mesure de maîtrise du risque instrumentée | Coupure automatique de l'alimentation gaz par deux vannes automatiques redondantes asservie à la détection gaz dans le local chaufferie |
| | MMR n°3 « Evacuer la surpression dans le local chaufferie » | Barrière technique de protection active | Toiture soufflable |
| Scénario 4.4 Chaudière n°1 | MMR n°4 « Balayer l'air de la chambre de combustion avant allumage » | Barrière technique de prévention active | Action de balayage intégrée dans la séquence de ré-allumage de l'installation. |
| | MMR n°5 « Couper l'alimentation en combustible si absence de flamme dans la chambre de combustion » | Mesure de maîtrise du risque instrumentée | Asservissement de l'alimentation en combustible sur la présence de la flamme dans la chambre de combustion. |
| | MMR n°6 « Evacuer la surpression générée dans la chambre de combustion » | Barrière technique de protection active | Clapet de décharge permettant d'évacuer les gaz en cas d'augmentation de la pression dans le four. |
| Scénario 4.4Chaudière n°2 | *Les MMR sont les mêmes que pour la chaudière n°1* | | |

[24] Dans le cadre du projet définitif et avec le choix des équipementiers, il conviendra de vérifier que la vanne d'alimentation de la MMR n°1 est bien différente que les deux vannes visées par la MMR n°2 sinon, les MMR n°1 et n°2 ne constitueront qu'une seule MMR.

| N° scénario | n° de la MMR potentielle | Type de barrières | Description |
|---|---|---|---|
| Scénario 4.6 Calandre n°1 | MMR n°7 « Couper l'alimentation en combustible sur détection de pression haute dans la chaudière » | Mesure de maîtrise du risque instrumentée | Asservissement de l'alimentation en combustible sur détection de pression haute dans la chaudière. |
| | MMR n°8 « Evacuer la surpression dans la calandre d'eau » | Barrière technique de protection active | Soupape de sécurité (x1) permettant d'évacuer la surpression dans la calandre |
| Scénario 4.7 Calandre n°1 | MMR n°9 « Couper l'alimentation en eau sur niveau bas d'eau dans la calandre » | Mesure de maîtrise du risque instrumentée | Asservissement de l'alimentation en combustible sur détection de niveau bas d'eau dans la chaudière. |
| | MMR n°8 => identique scénario 4.6 | / | / |
| Scénario 4.6 et 4.7 Calandre n°2 | *Les MMR sont les mêmes que pour la calandre de la chaudière n°1* | | |

## 10.3 EVALUATION DE LA PERFORMANCE DES MMR

Conformément à l'article 4 de l'arrêté du 29 septembre 2005 modifié, **pour être prises en compte dans l'évaluation de la probabilité, les mesures de maîtrise des risques doivent être efficaces, avoir une cinétique de mise en œuvre en adéquation avec celle des événements à maîtriser, être testées et maintenues**.

Cependant, dans le cadre du site, soumis à autorisation simple non SEVESO, la cotation de la probabilité n'a pas été faite de manière quantitative mais qualitative sur la base du retour d'expérience sur les installations similaires et des bases de données reconnues (INERIS, TNO Purple Book, …).

Aucune mesure de maîtrise des risques n'a donc pas été utilisée pour l'évaluation de la probabilité.

# 11 SYNTHESE ET CONCLUSION DE L'ETUDE DE DANGERS

Le Syndicat Mixte DECOSET, en charge de la valorisation des déchets ménagers et assimilés de l'aire toulousaine, a confié à EVONEO, filiale du groupe SUEZ et de la Banque des Territoires, le contrat de concession de ses deux UVE (Toulouse, Bessières) pour une durée de 20 ans à compter de janvier 2025.

Pour l'UVE Toulouse, le contrat prévoit la construction d'une nouvelle usine sur le site de l'actuelle, avec une mise en service à l'horizon 2031. La future UVE disposera d'une capacité totale annuelle d'incinération de 240 000 t/an dont 6 000 t/an pour les déchets d'activités de soins à risques infectieux (DASRI).

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 51 : Liste des scénarii d'accidents majeurs potentiels identifiés

| Opérations / Equipements | | Evènement redouté central (ERC) | Phénomène dangereux (PhD) | N° sc. |
|---|---|---|---|---|
| **Sous-ensemble 1 – 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<br>Effet thermique | 1.1 |
| **Sous-ensemble 2 – Réception, stockage et acheminement des DASRI** | | | | |
| *Aucun scénario majeur identifié* | | | | |
| **Sous-ensemble 3 – 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 | 3A.1 |
| | Chambre de combustion primaire – Alimentation des brûleurs au gaz | Non allumage des brûleurs de démarrage<br>=> Accumulation de gaz dans la chambre de combustion avant re-démarrage<br>=> Formation d'une ATEX | Explosion de la chambre de combustion :<br>Effet de surpression | 3A.3 |
| | Chambre de combustion secondaire (= chambre de post-combustion) – Alimentation des brûleurs au gaz | | Explosion de la chambre de combustion :<br>Effet de surpression | 3A.4 |
| | 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<br>Effet de surpression | 3A.5 |

| Opérations / Equipements | | Evènement redouté central (ERC) | Phénomène dangereux (PhD) | N° sc. |
|---|---|---|---|---|
| B. Système de récupération de chaleur | Chaudière à tubes à eau – Ballon d'eau | Montée en pression dans le ballon | BLEVE de la capacité d'eau :<br>Effet de surpression<br>Effet de projection | 3B.2 |
| C. Traitement des fumées (incluant stockage des réactifs) | *Aucun scénario majeur identifié* | | | |
| D. Acheminement et stockage des résidus d'incinération | *Aucun scénario majeur identifié* | | | |
| **Sous-ensemble 4 – Pôle Energie** | | | | |
| Canalisation intérieure d'alimentation chaudières | | Perte de confinement des tuyauteries gaz à l'intérieur du bâtiment (phase de démarrage GN des fours) | Inflammation de l'ATEX – UVCE<br>Effet de surpression | 4.1 |
| | | | Fuite de longue durée – Inflammation de l'ATEX – VCE (explosion de la chaufferie)<br>Effet de surpression | 4.3 |
| Chaudière à tubes de fumées – Chambre de combustion | | Non allumage des brûleurs de démarrage<br>=> Accumulation de gaz dans la chambre de combustion avant re-démarrage<br>=> Formation d'une ATEX | Explosion dans la chambre de combustion – Effets de surpression | 4.4 |
| Chaudière à tubes de fumées – Capacité d'eau | | Montée en pression dans le ballon | BLEVE de la capacité d'eau :<br>Effet de surpression<br>Effet de projection | 4.6 |
| | | Manque d'eau dans la calandre => Arrivée d'eau sur TF surchauffés et vaporisation brutale d'eau | BLEVE de la capacité d'eau :<br>Effet de surpression<br>Effet de projection | 4.7 |
| **Sous-ensemble 5 – 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 EVONEO** (ayant des effets sur des tiers hors des limites ICPE) sont les suivants :

- **Scénario 3A.3+3A4 : Explosion de la chambre de combustion primaire et secondaire**
- **Scénario 3B.2 : BLEVE de la capacité d'eau (ballon d'eau chaudière)**
- **Scénario 4.3 : Explosion du local chaufferie gaz (Pôle Energie)**
- **Scénario 4.4 : Explosion de la chambre de combustion d'une chaudière gaz (Pôle Energie)**
- **Scénario 4.6 et 4.7 : BLEVE de la capacité d'eau (Pôle Energie)**

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 les 7 scénarios listés ci-avant.

Enfin, considérant les gravités et probabilités établies, ces scénarios sont positionnés dans la grille de criticité ci-dessous :

| Probabilité / Gravité | E | D | C | B | A |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 3 | 3B.2 – Four-chaudière n°1<br>3B.2 – Four-chaudière n°2 | | | | |
| 2 | 3A.3+3A.4 – Four-Chaudière n°1<br>3A.3+3A4 – Four-Chaudière n°2<br>4.4 – Chaudière gaz n°1<br>4.4 – Chaudière gaz n°2<br>4.6 – Chaudière gaz n°1<br>4.6 – Chaudière gaz n°2<br>4.7 – Chaudière gaz n°1<br>4.7 – Chaudière gaz n°2 | | | | |
| 1 | 4.3 | | | | |

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 à l'exception des scénarios d'éclatement du ballon d'eau pour les 2 fours-chaudières de l'UVE qui sont classés comme acceptables avec des moyens de maîtrise des risques (la liste des barrières de sécurité pour ces scénarios est fournie dans le tableau en page suivante) ;
- 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 les scénarios majeurs identifiés.

## Tableau 52 : Barrières de sécurité permettant de réduire significativement la gravité ou la probabilité du scénario d'éclatement d'un ballon d'eau

| Scénario | Réduction la probabilité d'occurrence | Réduction de la gravité des scénarios |
|---|---|---|
| 3B.2 – Eclatement du ballon d'eau (four-chaudière n°1 ou four-chaudière n°2) | Contrôle des niveaux de température en entrée de la chaudière<br>Maintenance préventive et contrôle réglementaire des équipements sous pression<br>Moyen d'extinction pour l'incendie à proximité | Présence **de 2 soupapes** sur le ballon |

# ANNEXES

ANNEXE 1 Dossier « Plans »

ANNEXE 2 Analyse Préliminaire des Risques

ANNEXE 3 Modélisation des phénomènes dangereux (SOLER IDE, octobre 2025)

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

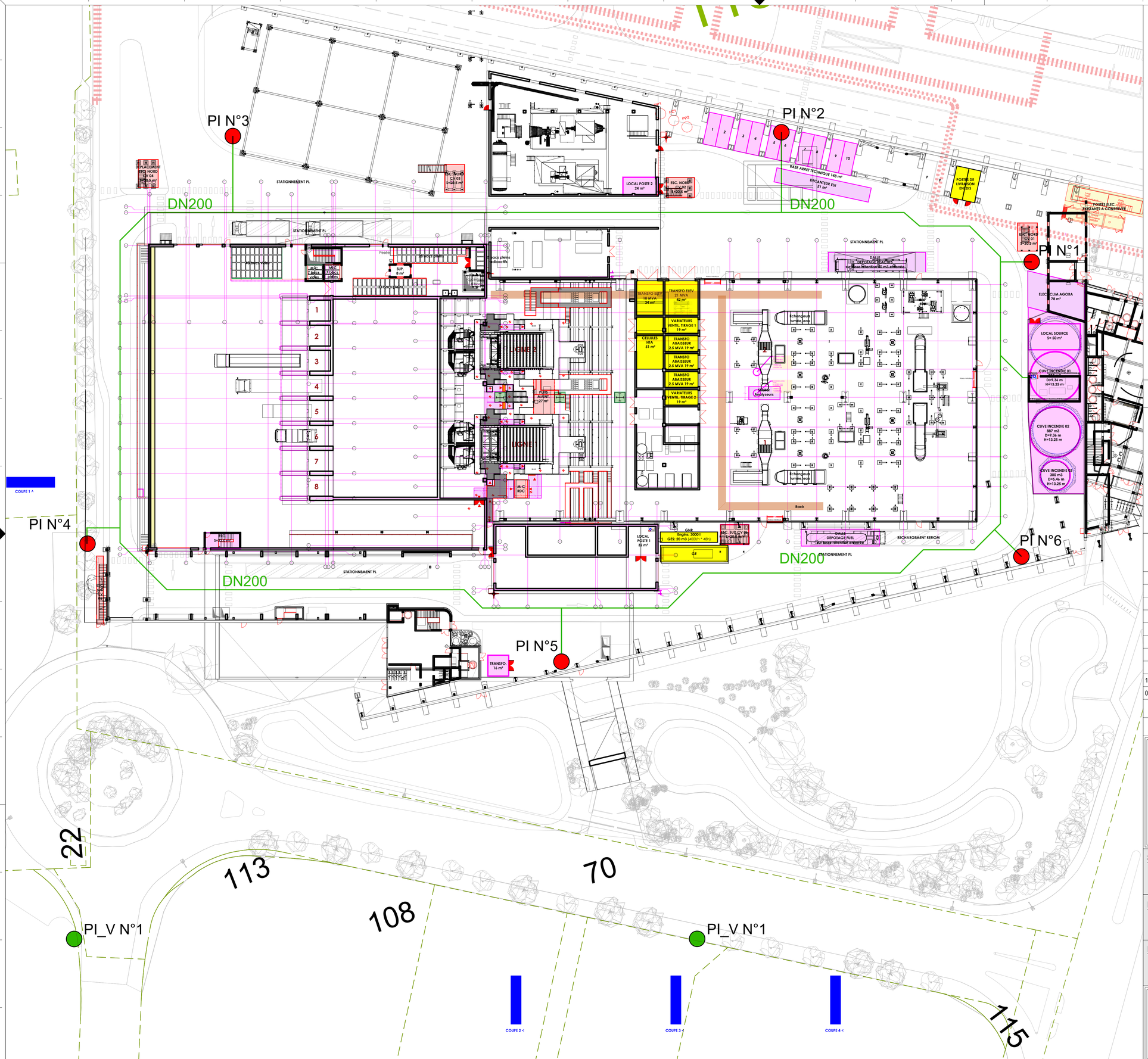
ANNEXE 5 ARIA, Synthèse « Explosions de bouteilles de protoxyde d'azote dans les incinérateurs de déchets non dangereux Bilan 2024 », Septembre 2025

ANNEXE 6 Dimensionnement des besoins en eau pour les opérations de lutte contre l'incendie et des besoins en rétention associés (calculs D9/D9a)

# ANNEXE 1 DOSSIER « PLANS »

1- Plan de localisation des PEI

2- Accès secours au site




## LEGENDES

RESEAU DECI

POTEAU INCENDIE A CREER

POTEAU INCENDIE PUBLIC

ORIGINAL

| DATES | IND. | DESSINE | MODIFICATIONS | VERIFIE | APPROUVE |
|---|---|---|---|---|---|
| 13/09/2025 | B | A.GABORIT | Reprise suite à commentaires SDIS | J.BERTHOLOM | P.CABAZ |
| 06/08/2025 | A | A.GABORIT | 1ère EMISSION | J.BERTHOLOM | P.CABAZ |

Ce document est la propriété du client. Il ne peut être utilisé, communiqué ou reproduit, même partiellement sans son autorisation.

CLIENT :

SUEZ R&V
16 Place de l'Iris
92040 Paris La Defense

SITE : UVE TOULOUSE - EVONEO

-

PROJET : UNITE DE VALORISATION DES DECHETS

PLAN : VRD

DECI

CYRUS INDUSTRIE
56 Rue des Garottières
44115 HAUTE GOULAINE
02 40 32 83 69

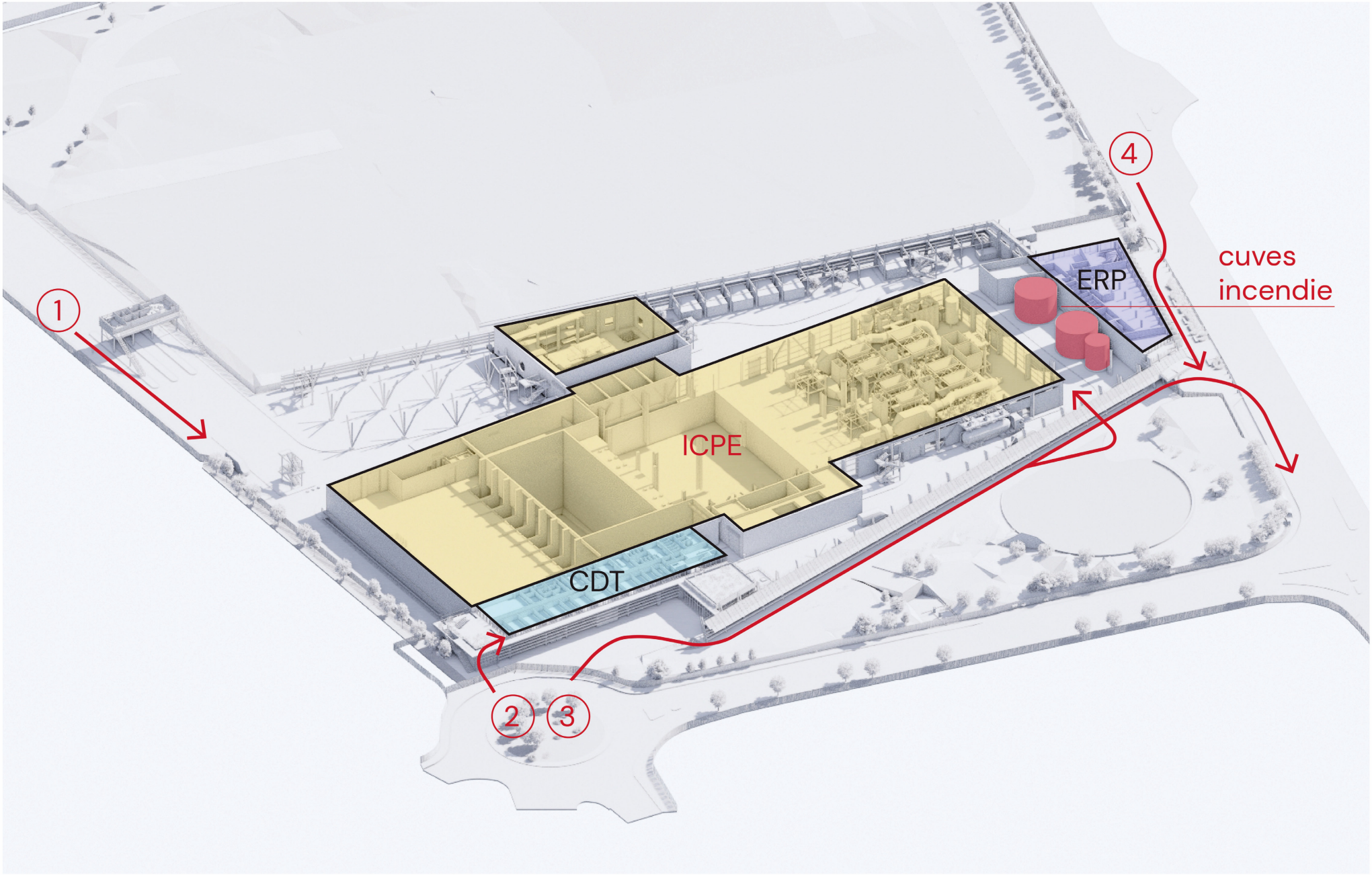
| PHASE | ECHELLE | FORMAT |
|---|---|---|
| APD | 1:30 | A1 |

N° DU PLAN

| N°AFFAIRE | DOMAINE | TYPE DOC | N° D'ORDRE | REVISION |
|---|---|---|---|---|
| 25080 | VRD | DWG | 002 | B |

Vue axonométrique

**Plan de coupe niveau 1**



# ANNEXE 2 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

# Analyse préliminaire des risques de l’Unité de Valorisation Energétique EVONEO de Toulouse

# 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<br>Source d'ignition : choc métallique, effet loupe, étincelle issue du pot d'échappement<br>Fermentation des déchets<br>Travaux de proximité<br>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<br>Surveillance vidéo de la fosse 24h/24 + caméras thermiques sur la fosse<br>Limitation de la durée de stockage dans la fosse + Mélange régulier des déchets = limitation du risque de fermentation et d'incendie<br>Entreprise de travaux : plan de prévention, permis feu, inspection après travaux<br>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 :<br>* RIA sur le quai OM<br>* 4 canons téléguidés par caméras thermiques ou manuel<br>Protection de la salle de contrôle et du pontier par une vitre épaisse, coupe-feu et arrosé<br>Murs de séparation du hall de déchargement et du reste de l'installation = mur béton 40 cm min = coupe-feu 2h (=> pas de risque d'effet domino vers les autres installations)<br>Hall en dépression et air aspiré (et donc fumées) envoyé vers les installations d'incinération.<br>Rétention des eaux d'extinction dans la fosse | Fosse de 38 m sur 20 m – Profondeur 14 m avec gerbage sur environ 2/3 de la largeur sur une hauteur de 11,9 m<br>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 très improbable<br>=> probabilité D<br>Déchets ménagers et assimilés = fort taux d'humidité et même en cas d'incendie, flux d'un incendie d'OM demeurant limités<br>+ Murs coupe-feu séparant le hall de déchargement des autres installations => risque d'effet domino limité<br>+ Eloignement des limites de propriété<br>=> intensité = 3, flux pouvant potentiellement sortir des limites de propriété avec une intensité limitée. | D | 3 | 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<br>Surveillance vidéo de la fosse 24h/24<br>Mélange régulier des déchets => limitation des poches de gaz<br>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 40 cm min = coupe-feu 2h (=> pas de risque d'effet domino vers les autres installations) | Evènement très improbable => Probabilité = D<br>Quantité de gaz inflammables limitée, effets limités au site et plus vraisemblablement au hall de déchargement, sans risque d'effets domino => 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<br>Déchets coincés dans le clapet d'obturation | Inflammation de déchets dans la goulotte d'alimentation | Caméra au-dessus de la trémie<br>Contrôle des montées en température du four = base de type régulation de ce type d'installations<br>Dépression maintenue dans le four limitant fortement la propagation de la chaleur vers la trémie<br>Surveillance de la température par le système de contrôle-commande permettant :<br>- d'activer des systèmes de refroidissement si nécessaire,<br>- Si température trop élevée, mise en route des buses d'extinction de la trémie.<br>Détection de niveau dans l'ensemble trémie / goulotte<br>Détection incendie au niveau de la trémie et de la goulotte d'alimentation des fours | 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 goulette de la trémie peu probable car absence de déchets stockés à cet endroit<br>=> probabilité = D<br>Volume de déchets limité dans la trémie<br>Conséquences d'un tel incendie limitées à la trémie<br>=> intensité = 1 | D | 1 | 1.3 |

# Sous-ensemble 2 : Réception, stockage et acheminement des DASRI

| 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zone de stockage des containers et fûts de DASRI | Erreur humaine – Chute d'un container lors du déchargement<br>Collision avec un engin de manutention<br>Source d'ignition : Choc métallique, effet loupe, étincelle issue du pot d'échappement, effet domino d'un incendie, travaux à proximité | Départ et propagation d'un feu | Zone DASRI dotée d'un système de détection incendie<br>Surveillance vidéo de la zone de stockage DASRI 24h/24<br>Stockage tampon = temps de séjours limité<br>Entreprise de travaux : plan de prévention, permis feu, inspection après travaux | Incendie généralisé du stockage – Effets thermiques | Système de défense incendie du site<br>Sprinklage de la zone DASRI<br>Murs de séparation du hall de déchargement et du reste de l'installation = mur béton 40 cm min = coupe-feu 2h (=> pas de risque d'effet domino vers la zone DASRI)<br>Procédure d'arrêt d'urgence du mât élévateur pour éviter la propagation d'un éventuel container en flamme d'un stockage à l'autre (containers pleins / containers vides)<br>Confinement du site | Départ d'incendie de déchets est un évènement probable. Toutefois au regard des moyens de détection et protection mis en place la propagation de l'incendie à l'ensemble des déchets stockés dans le bâtiment est très improbable => probabilité D<br><br>Stockage en sous-sol, stockage tampon (230 à 240 bacs de 660 litres)<br>=> risque d'effet domino limité<br>+ Eloignement des limites de propriété<br>=> intensité = 1<br><br>Remarque : Séparation stockage des containers pleins et de stockage des containers vides désinfectés par grillage ou marquage au sol | D | 1 | 2.1 |
| Introduction des DASRI – Zone de manutention | Erreur humaine<br>Erreur mécanique<br><br>Source d'ignition : Choc métallique, effet loupe, effet domino d'un incendie | Chute d'un container lors de l'acheminement au four | Zone DASRI dotée d'un système de détection incendie<br>Surveillance vidéo de la zone de stockage DASRI 24h/24<br>Entreprise de travaux : plan de prévention, permis feu, inspection après travaux | Incendie – Effets thermiques | Procédure d'intervention et de nettoyage de la zone<br>Système de défense incendie du site<br>Sprinklage de la zone DASRI<br>Séparation stockage des containers pleins et de stockage des containers vides désinfectés par grillage ou marquage au sol<br>Murs de séparation du hall de déchargement et du reste de l'installation = mur béton 40 cm min = coupe-feu 2h (=> pas de risque d'effet domino vers la zone DASRI)<br>Procédure d'arrêt d'urgence du mât élévateur pour éviter la propagation d'un éventuel container en flamme d'un stockage à l'autre (containers pleins / containers vides)<br>Confinement du site | Pas de risque d'épandage en dehors de bâtiment => Pas de risque de pollution<br><br>Chute d'un container peut se produire mais le départ d'incendie nécessite la présence d'une source d'ignition => Evènement peu probable => Probabilité C<br><br>Conséquence limitée au site, pas de risque d'effet domino au vu des mesures de protection et du faible volume de l'épandage => Intensité 1 | C | 1 | 2.2 |
| Introduction DASRI – système acheminement automatisé des navettes | | | Idem ligne précédente +<br>Système adapté d'attache des navettes pour leur acheminement vers le four<br>Système automatique de mise en sécurité du monte-bac<br>Maintenance préventive | Incendie – Effets thermiques | | Pas de risque d'épandage en dehors de bâtiment => Pas de risque de pollution<br><br>Renversement d'une navette + départ d'un incendie => Evènement peu probable = Probabilité C<br><br>Conséquence limitée au site, pas de risque d'effet domino au vu du faible volume de l'épandage => Intensité 1 | C | 1 | 2.3 |

| 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Introduction des DASRI – Goulotte d'enfournement | Montée en température ou retour de flamme en provenance du four consécutif à une augmentation de pression dans le four | Inflammation de déchets dans la goulotte d'alimentation | **Identique au système d'introduction des OMR :**<br>Caméra au-dessus de la trémie<br>Contrôle des montées en température du four = base de type régulation de ce type d'installations<br>Dépression maintenue dans le four limitant fortement la propagation de la chaleur vers la trémie<br>Surveillance de la température par le système de contrôle-commande permettant :<br>- d'activer des systèmes de refroidissement si nécessaire,<br>- Si température trop élevée, mise en route des buses d'extinction de la trémie.<br>Détection de niveau dans l'ensemble trémie / goulotte<br>Détection incendie au niveau de la trémie et de la goulotte d'alimentation des fours | 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<br>=> probabilité = D<br><br>Volume de déchets limité dans la trémie<br>Conséquences d'un tel incendie limitées à la trémie<br>=> intensité = 1 | D | 1 | 2.4 |
| *Lavage des containers* | *Pas de risque retenu* | | | | | | | | |
| Zone de stockage des containers lavés et désinfectés | Source d'ignition : Choc métallique, effet loupe, étincelle issue du pot d'échappement, effet domino d'un incendie, travaux à proximité | Départ et propagation d'un feu | Zone DASRI dotée d'un système de détection incendie avec système d'extinction<br>Surveillance vidéo de la zone de stockage DASRI 24h/24<br>Entreprise de travaux : plan de prévention, permis feu, inspection après travaux | Incendie généralisé du stockage | Système de défense incendie du site<br>Sprinklage de la zone DASRI<br>Murs de séparation du hall de déchargement et du reste de l'installation = mur béton 40 cm min = coupe-feu 2h (=> pas de risque d'effet domino vers la zone DASRI)<br>Procédure d'arrêt d'urgence du mât élévateur pour éviter la propagation d'un éventuel container en flamme d'un stockage à l'autre (containers pleins / containers vides)<br>Confinement du site | Départ d'un incendie sur les containers vides improbable car nécessitant une forte source d'ignition pour déclencher l'incendie.<br>De plus, compte tenu des mesures de détection et de protection mises en place, sa propagation à l'ensemble des bacs stockés dans le bâtiment est très improbable => probabilité D<br><br>Stockage en sous-sol de 300 bacs de 660 litres maximum<br>=> risque d'effet domino limité<br>+ Eloignement des limites de propriété<br>=> intensité = 1<br><br>Remarque : Séparation stockage des containers pleins et de stockage des containers vides désinfectés par grillage ou marquage au sol | D | 1 | 2.5 |

# Sous-ensemble 3 : Incinération des déchets

## A. Zone d'incinération et de post-combustion

| Equipements | Evènements initiateurs | Evènement redouté central | Mesures de prévention et de détection | Phénomène dangereux | Mesures de protection | Observations | Probabilité | Intensité | N° scénario |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Grille de combustion et chambre de combustion primaire | 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<br>Surveillance vidéo de la fosse 24h/24 | Explosion dans le four – Effets de surpression | Type d'installation conçu pour résister sans dommage à des explosions causées par exemple par une bouteille de gaz butane.<br>Installation mise en dépression par extraction (ventilateur d'exhaure de ligne de traitement des fumées) d'air limitant donc les possibilités de surpression ou de retour de flamme<br>Explosion du four amortie le long du circuit des fumées + clapets de décharge<br>Arrêt de la ligne d'incinération | ERC constituant l'accident le plus redouté sur ce type d'installation<br>Evénement pouvant se produire à plusieurs reprises dans la vie du site = probabilité A<br>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<br>Pour des engins explosifs plus importants :<br>- canalisation de l'explosion par le volume des installations (four + circuit de fumées) permettant d'absorber la surpression dynamique en cas de besoin<br>- 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<br>=> conséquences = destruction d'une partie des réfractaires du four + risque d'endommagement des parties mobiles mais sans conséquences répercutables à l'extérieur<br>=> intensité = 2 (effets domino possibles) | A | 2 | 3A.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, sous-pression dans le four)<br>Contrôle de la combustion dans le four par caméra + deux hublots (refroidis par air) permettant une inspection visuelle des chambres de combustion | Explosion dans le four – Effets de surpression | Type d'installation conçu pour résister sans dommage à des explosions<br>Ouverture des clapets de décharge Arrêt de la ligne d'incinération<br>Canalisation de l'explosion par le volume des installations permettant d'absorber la surpression dynamique en cas de besoin | 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)<br>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 + post-combustion + circuit de fumées) permettant d'absorber la surpression dynamique en cas de besoin<br>Conséquences = destruction d'une partie des réfractaires du four + risque d'endommagement des parties mobiles mais sans conséquences répercutables à l'extérieur<br>=> intensité = 2 (effets domino possibles) | D | 2 | 3A.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 primaire – Alimentation des brûleurs gaz | Défaillance du système d'allumage (défaut électrique d'allumage)<br>Excès ou défaut de comburant ou gaz naturel | Non allumage des brûleurs de démarrage => Accumulation de gaz dans la chambre de combustion avant re-démarrage<br>=> Formation d'une ATEX | Contrôle de la combustion dans le four par caméra + deux hublots (refroidis par air) permettant une inspection visuelle des chambres de combustion<br>Détecteur de flamme au niveau de tous les brûleurs<br>Entretien préventif<br>Action de balayage du four et de la chambre de post-combustion avant démarrage intégrée à la séquence d'allumage de l'installation | Explosion dans le four – Effets de surpression | Type d'installation conçu pour résister sans dommage à des explosions causées par exemple par une bouteille de gaz butane.<br>Installation mise en dépression par extraction (ventilateur d'exhaure de ligne de traitement des fumées) d'air limitant donc les possibilités de surpression ou de retour de flamme<br>Explosion du four amortie le long du circuit des fumées + clapets de décharge<br>Arrêt de la ligne d'incinération | 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)<br>Conséquences = identiques aux scénarios précédents => Intensité = 2 | C | 2 | 3A.3 |
| Chambre de combustion secondaire (= chambre de post-combustion) – Alimentation des brûleurs au gaz | | | | Explosion dans le four – Effets de surpression | | | C | 2 | 3A.4 |
| Trémie de collecte des fines sous grille | *Pas de risque retenu – Cf. étude de dangers* | | | | | | | | |
| Extracteur mâchefers | *Pas de risque retenu – Cf. étude de dangers* | | | | | | | | |
| Canalisation gaz naturel (partie extérieure) | *Cf. sous-ensemble 4 – Installations annexes* | | | | | | | | |
| Canalisation intérieure d'alimentation fours UVE | Usure, fatigue, corrosion, coup lors des arrêts techniques<br>Surpression dans la tuyauterie de gaz suite à défaillance du détendeur<br>Sources d'ignition : engins, cigarettes, foudre, étincelles … | Perte de confinement des tuyauteries gaz à l'intérieur du bâtiment (phase de démarrage GN des fours) | Maintenance préventive<br>Contrôle régulier des canalisations<br>Fermeture de la vanne d'alimentation sur détection de pression basse<br>Détecteur incendie dans le bâtiment<br>Dispositif de coupure du gaz naturel placé à l'extérieur | Inflammation de l'ATEX – UVCE / Flash-fire<br>Effet de surpression / Effets thermiques | Procédure en cas d'urgence<br>Système de défense incendie du site<br>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<br>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<br>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<br>Remarque : Les rayons des zones de dangers associés aux effets thermiques sont bien inférieurs à ceux des effets de surpression. | D | 3 | 3A.5 |
| | | | | Feu torche<br>Effet thermique | | Probabilité identique au scénario précédent<br>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 | 3A.6 |

## 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<br>Corrosion / Usure<br>Défaillance d'une soupape de sécurité | Fuite ou éclatement d'un tube de chaudière ou des parties sous pressions (circuits vapeurs, ...) | Maintenance préventive et contrôle réglementaire des équipements<br>Ramonage de la chaudière<br>Si pression de vapeur est trop élevée, => réduction par la mise en œuvre automatique de la vanne de contrôle de l'évent surchauffeur<br>Pression > Pression maximale admissible => arrêt immédiat de l'installation | Nuage de vapeurs<br>Explosion par montée en pression | Clapet de décharge | Type d'équipement disposant d'un grand REX et mesures de prévention mises en place en conséquence => Probabilité D<br>Conséquences limitées = déformation de la paroi de la chambre voire arrachement du brûleur mais pas d'effets à l'extérieur (donc pas d'effets domino) => intensité = 1 | D | 1 | 3B.1 |
| Chaudière à tubes à eau – Ballon d'eau | Erreur humaine<br>Défaillance d'une soupape de sécurité<br>Augmentation de la température en entrée de chaudière<br>Traitement de déchets à haut pouvoir calorifique<br>Incendie à proximité | Montée en pression dans le ballon | Contrôle des niveaux de température en entrée de la chaudière<br>Maintenance préventive et contrôle réglementaire des équipements sous pression<br>Moyen d'extinction pour l'incendie à proximité | BLEVE de la capacité d'eau :<br>Effet de surpression<br>Effet de projection | Présence de 2 soupapes sur le ballon | Type d'équipement disposant d'un grand REX et mesures de prévention mises en place en conséquence => Probabilité D<br>Seuil d'effet pouvant potentiellement sortir des limites du site mais avec une intensité limitée => Intensité = 3 | D | 3 | 3B.2 |

## 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 manche | Refroidissement insuffisant des fumées => Température des fumées trop élevées en entrée des équipements | inflammation du filtre à manche | Déclenchement alarme si température trop élevée<br>Dispositif de contrôle de la température => arrêt automatique de l'unité si température des fumées trop élevée<br>Présence d'un analyseur de poussière en continu | Incendie filtres à manche – Effets thermiques | Arrêt de l'alimentation des déchets dans le four en cas d'indisponibilité des analyseurs de gaz en cheminée<br>Défense incendie du site | Type d'équipement disposant d'un grand REX et mesures de prévention mises en place en conséquence => probabilité D<br><br>Conséquences = dégâts matériels sans risque d'effets domino mais sans incidence notable à l'extérieur des bâtiments => Intensité = 1 | D | 1 | 3C.1 |
| Pulvérisation d'absorbant | Défaillance – mauvais réglage | Formation d'une ATEX | Injection en mélange avec le bicarbonate (limitation risque formation ATEX)<br>Maintenance des équipements<br>Surveillance des installations permettant de détecter tout dysfonctionnement sur la ligne de traitement des fumées | Inflammation de l'ATEX<br>Effet de surpression | Défense incendie du site | Type d'équipement disposant d'un grand REX et mesures de prévention mises en place en conséquence => probabilité D<br><br>Conséquences = dégâts matériels sans risque d'effets domino mais sans incidence notable à l'extérieur des bâtiments => Intensité = 1 | D | 1 | 3C.2 |
| Réacteur SCR | Défaillance d'un ou plusieurs organes appartenant au procédé catalytique | Dégagement d'ammoniac au niveau de l'équipement | Supervision du débit des pompes doseuses permettant l'injection d'ammoniaque (détection d'une fuite si augmentation de la consommation en réactif). | Dégagement de $NH_3$ à l'atmosphère | Système de traitement des fumées maintenu en dépression permanente au moyen des ventilateurs 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.<br>=> probabilité E<br><br>Compte tenu de la concentration de la solution ammoniaque injectée (25% en poids de $NH_3$) , elle ne présente aucun risque de dispersion toxique pour les riverains du site.<br>=> intensité = 1 | E | 1 | 3C.3 |
| Equipements de traitement des fumées | *Percement du filtre à manches*<br>*Dysfonctionnement au niveau de l'injection des réactifs par colmatage* | *Dysfonctionnement du système de traitement* | | | | ***RISQUE NON RETENU***<br>*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).*<br><br>*=> Ce type de dysfonctionnement n'est donc pas dans l'analyse préliminaire des risques.* | | | |

| 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Silo de stockage de coke de lignite | Erreur humaine | Sur-remplissage du silo | Système de niveau haut et très haut de remplissage<br>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<br>Procédure d'intervention mise en place sur le site en cas d'épandage | V = 60 $m^3$<br>Type d'équipement disposant d'un grand REX sur ce type d'installation et mise en place d'une surveillance des installations => Probabilité D<br>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 | 3C.4 |
| | Remplissage du silo<br>Mise à la terre défectueuse | Création d'une atmosphère explosive | Matériaux en conformité ATEX<br>Silo relié à la terre<br>Contrôle périodique des installations foudre et électrique | Inflammation de l'ATEX<br>Effet de surpression | Silo équipé d'évent d'explosion<br>Piquage à la base du silo pour inertage à l'azote | Le coke de lignite est un produit difficilement inflammable De plus, la température nécessaire pour l'ignition d'une ATEX est également relativement élevée.=> probabilité = D<br>Silo équipé d'évent d'explosion + éloignement des limites de propriété => intensité = 2 (effets domino possibles) | D | 2 | 3C.5 |
| *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<br>Arrachage du système de chargement par déplacement du camion | Manche de chargement du camion-citerne équipé d'un dispositif d'arrêt en cas de débordement.<br>Détecteur de niveau haut de produit sous la manche.<br>Fermeture guillotine du silo<br>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<br>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 | 3D.1 |
| | Défaillance détection | Sur-remplissage du silo | Système de niveau haut et très haut de remplissage | | | | C | 1 | 3D.2 |
| | Remplissage du silo<br>Mise à la terre défectueuse | Création d'une atmosphère explosive | Matériaux en conformité ATEX<br>Silo relié à la terre<br>Contrôle périodique des installations foudre et électrique | Inflammation de l'ATEX<br>Effet de surpression | Piquage à la base du silo pour inertage à l'azote | Comme pour le charbon actif, produit difficilement inflammable …=> probabilité = D<br>Eloignement des limites de propriété => intensité = 2 car effets domino possibles | D | 2 | 3D.3 |
| *Mâchefer* | *Présence d'eau dans les mâchefers chauds* | Production $H_2$ | Refroidissement des mâchefers en sortie de fours | Inflammation $H_2$ | / | **Pas de risque retenu :**<br>Ce scénario ne présente un risque qu'aux abords immédiats de la fosse à mâchefers => scénario non majeur au sens d'une étude de dangers | | | |

# Sous-ensemble 4 : Pôle Energie

| Equipements | Evènements initiateurs | Evènement redouté central | Mesures de prévention et de détection | Phénomène dangereux | Mesures de protection | Observations | Probabilité | Intensité | N° scénario |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Canalisation gaz naturel (partie extérieure) | *Cf. sous-ensemble 4 – Installations annexes* | | | | | | | | |
| Canalisation intérieure d'alimentation chaudières | Usure, fatigue, corrosion<br>Surpression dans la tuyauterie de gaz suite à défaillance du détendeur<br>Sources d'ignition : engins, cigarettes, foudre, étincelles … | Perte de confinement des tuyauteries gaz à l'intérieur du bâtiment (phase de démarrage GN des fours) | Maintenance préventive<br>Contrôle régulier des canalisations<br>Coupure alimentation brûleur sur détection de pression basse<br>Détecteurs gaz dans le bâtiment<br>Dispositif de coupure manuel du gaz naturel placé à l'extérieur<br>Coupure automatique de l'alimentation gaz par deux vannes automatiques redondantes asservie à la détection gaz<br>Matériel ATEX<br>Ventilation haute et basse du local | Inflammation de l'ATEX – UVCE / Flash-fire<br>Effet de surpression / Effets thermiques | Coupure automatique de l'alimentation gaz par deux vannes automatiques redondantes asservie à la détection gaz<br>Toiture soufflable<br>Procédure en cas d'urgence<br>Système de défense incendie du site<br>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<br>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<br>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<br>Remarque : Les rayons des zones de dangers associés aux effets thermiques sont bien inférieurs à ceux des effets de surpression. | D | 3 | 4.1 |
| | | | | Feu torche<br>Effet thermique | | Probabilité identique au scénario précédent<br>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 | 4.2 |
| | | | | Inflammation de l'ATEX – VCE (explosion de la chaufferie) / flash-fire<br>Effet de surpression / Effets thermiques | | Scénario retenu dans le guide INERIS « Guide pour la prise en compte des chaudières industrielles dans la rédaction d'une étude de dangers »<br>Scénario possible mais extrêmement peu probable considérant le volume important du local => probabilité = E<br>Eloignement des limites de propriété, toutefois, explosion semi-confinée + volume important de l'ATEX (atteinte de la LIE dans le local) => possibilité que les effets de surpression puissent sortir avec une intensité potentiellement forte du site => Intensité = 4<br>Remarque : Les rayons des zones de dangers associés aux effets thermiques sont bien inférieurs à ceux des effets de surpression. | E | 4 | 4.3 |

| 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 | Défaillance du système d'allumage (défaut électrique d'allumage)<br>Excès ou défaut de comburant ou gaz naturel | Non allumage des brûleurs de démarrage<br>=> Accumulation de gaz dans la chambre de combustion avant re-démarrage<br>=> Formation d'une ATEX | Détecteur de flamme au niveau de tous les brûleurs<br>Entretien préventif<br>Action de balayage de la chambre de combustion avant démarrage intégrée à la séquence d'allumage de l'installation | Explosion dans la chambre de combustion – Effets de surpression | Type d'installation conçu pour résister à une certaine surpression<br>Soupape de sécurité | 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)<br><br>Conséquences = identiques aux scénarios précédents => Intensité = 2 | C | 2 | 4.4 |
| Chaudière à tubes de fumées | Mauvais entretien du matériel<br>Corrosion / Usure<br>Défaillance d'une soupape de sécurité | Fuite ou éclatement d'un tube de chaudière ou des parties sous pressions (circuits vapeurs, ...) | Maintenance préventive et contrôle réglementaire des équipements<br>Si pression de vapeur est trop élevée => réduction par la mise en œuvre automatique de la vanne de contrôle de l'évent surchauffeur<br>Pression > Pression maximale admissible => arrêt immédiat de l'installation | Nuage de vapeurs<br>Explosion par montée en pression | Soupape de sécurité | Type d'équipement disposant d'un grand REX et mesures de prévention mises en place en conséquence => Probabilité D<br>Conséquences limitées = déformation de la paroi de la chambre voire arrachement du brûleur mais pas d'effets à l'extérieur => intensité = 1 | D | 1 | 4.5 |
| Chaudière à tubes de fumées – Capacité d'eau | Erreur humaine<br>Défaillance d'une soupape de sécurité<br>Défaut de régulation de pression<br>Incendie à proximité | Montée en pression dans la calandre | Contrôle pression chaudière (pression haute => arrêt de l'alimentation gaz)<br>Maintenance préventive et contrôle réglementaire des équipements sous pression<br>Moyen d'extinction pour l'incendie à proximité | BLEVE de la capacité d'eau :<br>Effet de surpression<br>Effet de projection | Présence d'une soupape sur la capacité d'eau | Type d'équipement disposant d'un grand REX et mesures de prévention mises en place en conséquence => Probabilité D<br>Seuil d'effet pouvant potentiellement sortir des limites du site mais avec une intensité limitée => Intensité = 3 | D | 3 | 4.6 |
| | Fuite sur réseau<br>Arrêt de pompe (défaillance)<br>Panne pompes de la bâche alimentaire | Absence d'alimentation en eau dans le réseau chaudière (niveau d'eau trop bas) => Montée en pression du réseau | Détecteur niveau bas sur le ballon EC => Arrêt d'urgence de l'installation | BLEVE de la capacité d'eau :<br>Effet de surpression<br>Effet de projection | Présence d'une soupape sur la capacité d'eau | Type d'équipement disposant d'un grand REX et mesures de prévention mises en place en conséquence => Probabilité D<br>Seuil d'effet pouvant potentiellement sortir des limites du site mais avec une intensité limitée => Intensité = 3 | D | 3 | 4.7 |

# Sous-ensemble 5 : 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<br>Existence d'un plan de circulation sur le site<br>Vitesse limitée sur le site– Présence de panneaux signalétiques<br>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<br>Kits anti-pollution et absorbants sur le site<br>Procédure d'intervention mise en place sur le site en cas d'épandage | ***Scénario non retenu :***<br>*Comme explicité dans l'étude de dangers, le risque de collusion entre deux véhicules n'est pas considéré comme majeur et ne sera donc pas considéré 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<br>Incident inopinée sur la ligne gaz | Arrêt de l'alimentation en gaz | | | | **Pas de risque retenu :**<br>Utilisation du gaz naturel qu'au démarrage de l'installation et en cas de nécessité pour le maintien en température (850°C).<br>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<br>(uniquement en façade du bâtiment – UVE et pôle énergie) | Usure, fatigue, corrosion<br>Agressions externes sur la tuyauterie (chocs de véhicules …)<br>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<br>Maintenance préventive<br>Contrôle régulier des canalisations<br>Coupure de l'alimentation du brûleur sur détection de pression basse | Inflammation de l'ATEX – UVCE / Flash-fire<br>Effet de surpression / Effets thermiques | Procédure en cas d'urgence<br>Système de défense incendie du site<br>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<br>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<br>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 (Remarque : Les rayons des zones de dangers associés aux effets thermiques sont bien inférieurs à ceux des effets de surpression). | D | 2 | 5B.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 en façade du bâtiment – UVE et pôle énergie) | Usure, fatigue, corrosion<br>Agressions externes sur la tuyauterie (chocs de véhicules …)<br>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<br>Maintenance préventive<br>Contrôle régulier des canalisations<br>Coupure de l'alimentation du brûleur sur détection de pression basse | Feu torche<br>Effet thermique | Procédure en cas d'urgence<br>Système de défense incendie du site<br>Intervention des services de secours externe | Probabilité identique au scénario précédent<br>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 | 5B.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<br>Foudre | Pertes de l'utilité « électricité » | Groupe électrogène de secours pour arrêt en sécurité des installations<br>Alimentations électriques des dispositifs de détection de fumée, de détection explosimétrique et de détection incendie secourues par des batteries. | / | 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 | Approvisionnement en eau provenant de 2 sources sur le site :<br>- eau de ville du réseau public,<br>- prélèvement dans le canal Saint-Martory | / | / | **Aucun scénario retenu**<br>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* | | | |

| 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 | Camions livraison fioul | Erreur humaine / Malveillance : Départ d'un porteur avec flexible branché | Epandage de fioul | Procédure spécifique de dépotage<br>Prise de mise à la terre du véhicule avant dépotage<br>Présence systématique du chauffeur au dépotage | Pollution des milieux | Zone de dépotage imperméabilisée et sur rétention<br>Kits anti-pollution sur le site<br>Procédure d'intervention | Le dépotage s'effectue par gravité (non sous pression)<br>Départ d'un porteur avec flexible branché = évènement possible mais très peu probable => Probabilité E | E | 1 | 5F.1 |
| | | | | | Feu en présence d'une source d'ignition | Système de défense incendie du site | En raison des mesures de protection, conséquence d'un épandage limité au site => Intensité = 1<br>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 | 5F.2 |
| | Flexibles<br>Pomperie et accessoires | Fuite/rupture de flexibles<br>Rupture – fuite de pompes – fuites brides, vannes | Epandage de fioul | Procédure spécifique de dépotage<br>Prise de mise à la terre du véhicule avant dépotage<br>Présence systématique du chauffeur au dépotage<br>Maintenance préventive des flexibles | Pollution des milieux | Zone de dépotage imperméabilisée et sur rétention<br>Kits anti-pollution sur le site<br>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<br>Volume de l'épandage en jeu faible, conséquence limitée au site => Intensité 1 | C | 1 | 5F.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<br>Volume d'épandage faible et conséquence d'un incendie limitée (pas de risque d'effets domino) => Intensité = 1 | D | 1 | 5F.4 |
| | Cuve de fioul enterrée | Remplissage / Vidange => mouvement de produit dans la cuve<br>+ 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<br>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<br>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 | 5F.5 |
| | | Corrosion de la cuve | Perçage de la cuve | Cuve double peau | Pollution des milieux | Pompage du volume contenu dans la cuve<br>Arrêt utilisation de la cuve<br>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<br>Volume de l'épandage en jeu faible, conséquence limitée au site => Intensité 1 | E | 1 | 5F.6 |

# ANNEXE 3 MODELISATION DES PHENOMENES DANGEREUX (SOLER IDE, OCTOBRE 2025)

# NOUVELLE UNITE DE VALORISATION ENERGETIQUE DECOSET – SITE DE TOULOUSE EXPLOITE PAR EVONEO

Toulouse (31)

## MODELISATION DES PHENOMENES DANGEREUX

*Novembre 2025*

Réf : SI TOU N° 130135 – A1NUTEV

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 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 130135 – A1NUTEV | SI TOU | Modélisation des phénomènes dangereux | Céline BORDES | 26/11/25 | Version 5 | CBO |

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION ..... 7
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 » ..... 29
4.2.3 RESULTATS DE LA MODELISATION ..... 33
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 UVE (SC. 3A.5) ET DANS LA CHAUFFERIE DU POLE ENERGIE (SC. 4.1 ET 4.3) ..... 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 PROCESS UVE (SC. 3A.5) ..... 45

5.2.3 DETERMINATION DES ZONES DE DANGERS – FUITE DE LA CANALISATION AERIENNE DE GAZ NATUREL DANS LA CHAUFFERIE POLE ENERGIE (SC. 4.1 ET 4.3) ..... 47

**6 RISQUE ECLATEMENT / BLEVE ..... 51**

**6.1 PRESENTATION DE L'OUTIL PROJEX ..... 51**

**6.2 ANALYSE DU RISQUE D'EXPLOSION D'UNE BOUTEILLE DE GAZ DANS LE FOUR (SC. 3A.1) ..... 51**

6.2.1 DESCRIPTION DES SCENARIO D'EXPLOSION ..... 51

6.2.2 ECLATEMENT DES BOUTEILLES – DETERMINATION DES ZONES DE DANGERS (SC. 3A.1) ..... 52

6.2.3 ECLATEMENT DU FOUR PAR EFFET DOMINO DE L'ECLATEMENT D'UNE BOUTEILLE DE BUTANE OU PROPANE ..... 54

**6.3 ANALYSE DU RISQUE D'EXPLOSION DE GAZ (CHAMBRES DE COMBUSTION – SC. 3A.3+3A.4 ET 4.4) ..... 55**

6.3.1 DESCRIPTION DES SCENARIO D'EXPLOSION ..... 55

6.3.2 CARACTERISTIQUE DU COMBUSTIBLE ..... 56

6.3.3 EXPLOSION PRIMAIRE – DETERMINATION DES ZONES DE DANGERS (SC. 3A.3+3A.4) ..... 56

6.3.4 EXPLOSION SECONDAIRE – DETERMINATION DES ZONES DE DANGERS (SC. 3A.3+3A.4) ..... 57

6.3.5 EXPLOSION PRIMAIRE – DETERMINATION DES ZONES DE DANGERS (SC. 4.4) ..... 59

6.3.6 EXPLOSION SECONDAIRE – DETERMINATION DES ZONES DE DANGERS (SC. 4.4) ..... 60

**6.4 MODELISATION DES EFFETS DE SURPRESSION – SC. 3B.2 ET 4.6-4.7 « ECLATEMENT CAPACITE D'EAU » ..... 62**

6.4.1 PREAMBULE ..... 62

6.4.2 HYPOTHESES ET DONNEES D'ENTREE ..... 62

6.4.3 RESULTATS DE LA MODELISATION – SCENARIO 3B.2 ..... 64

6.4.4 RESULTATS DE LA MODELISATION – SCENARIO 4.6 ET 4.7 ..... 64

**7 CARTOGRAPHIE DES ZONES DE DANGERS ..... 65**

**8 ANNEXES ..... 75**

# 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 : Vue 3D de la fosse à vide....24
Figure 6 : Vue en coupe de la fosse remplie au maximum ....24
Figure 7 : Vue en coupe de la fosse OM (1/2) ....25
Figure 8 : Vue en coupe de la fosse OM (2/2) ....26
Figure 9 : Masse volumique moyenne des déchets en fosse en fonction de la hauteur du stockage (Fascicule 82 du CCTG) ....30
Figure 10 : Flux thermiques à l'extérieur de la fosse OM....33
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

# LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des scénarii d'accidents majeurs identifiés ..... 8
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 : Estimation du degré coupe-feu d'éléments préfabriqués en béton (Source : CIMBéton) ..... 27
Tableau 9 : Composition des ordures ménagères résiduelles (OMR) ..... 29
Tableau 10 : Caractéristiques des cellules « FLUMILOG » et dimension de la « palette FLUMILOG » ..... 31
Tableau 11 : Composition des « palettes FLUMILOG » - OMR ..... 32
Tableau 12 : Caractéristiques de l'incendie ..... 33
Tableau 13 : Correspondance entre indices et surpressions maximales ..... 39
Tableau 14 : Choix de l'indice de violence selon Kinsella (1993) ..... 40
Tableau 15 : Caractéristique du méthane (Source : Yellow Book) ..... 44
Tableau 16 : Masse de gaz au sein de l'ATEX – Fuite de la canalisation à 4 bars ..... 45
Tableau 17 : Energie de combustion – Scénario 3A.5 ..... 46
Tableau 18 : Effets de surpression – Scénario 3A.5 (canalisation intérieure UVE) ..... 46
Tableau 19 : Energie de combustion – Scénario 4.3 Phase 1 ..... 48
Tableau 20 : Effets de surpression – Scénario 4.3 Phase 1 ..... 49
Tableau 21 : Energie de combustion – Scénario 4.3 – Explosion secondaire ..... 49
Tableau 22 : Effets de surpression – Scénario 4.3 Phase 2 ..... 50
Tableau 23 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement bouteilles de protoxyde d'azote ..... 53
Tableau 24 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement bouteilles butane ou propane ..... 53
Tableau 25 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement pneumatique du four ..... 55
Tableau 26 : Caractéristique du méthane (Source : Yellow Book) ..... 56
Tableau 27 : Définition des rayons des zones de dangers – Explosion interne four ..... 57
Tableau 28 : Energie de combustion – Scénario 3A.3 et 3A.4 – Explosion four ..... 57
Tableau 29 : Effets de surpression – Scénario 3A.3 et 3A.4 – Explosion secondaire ..... 58
Tableau 30 : Définition des rayons des zones de dangers – Explosion interne chambre de combustion chaudière ..... 59
Tableau 31 : Energie de combustion – Scénario 4.4 – Explosion chambre de combustion ..... 60
Tableau 32 : Effets de surpression – Scénario 4.4 – Explosion secondaire ..... 61
Tableau 33 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement ballon d'eau UVE ..... 64
Tableau 34 : Définition des rayons des zones de dangers – Eclatement ballon d'eau Pôle Energie ..... 64
Tableau 35 : Définition des rayons des zones de dangers (à hauteur d'homme) ..... 65

# 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 sélectionnés pour la réalisation de l'analyse de risques.

Sur l'unité de valorisation énergétique EVONEO à Toulouse (31), les scénarios d'accident majeur retenus suite à la sélection des phénomènes dangereux majeurs sont présentés dans le tableau ci-après :

## Tableau 1 : Liste des scénarii d'accidents majeurs identifiés

| Sous-ensemble | Opérations / Equipements | Evènements initiateurs | Evènement redouté central | Phénomènes dangereux | N° Sc. |
|---|---|---|---|---|---|
| Réception / Acheminement / Stockage de déchets non dangereux | Fosse OMR | Présence de déchets dangereux<br>Source d'ignition : choc métallique, effet loupe, étincelle issue du pot d'échappement<br>Fermentation des déchets<br>Travaux de proximité<br>Chute d'un camion au déchargement | Départ de feu dans la fosse | Incendie généralisé des OMR dans la fosse<br>Effet thermique | 1.1 |
| Unité d'incinération | Grille de combustion et chambre de combustion primaire | Présence de bouteilles de gaz dans les déchets non détectés par les pontiers | Introduction accidentelle d'une bouteille de gaz dans le four | Explosion dans le four – Effets de surpression | 3A.1 |
| Unité d'incinération<br>Démarrage fours | Chambre de combustion primaire – Alimentation des brûleurs au gaz | Panne du système d'allumage (défaut électrique d'allumage) | Non allumage des brûleurs de démarrage<br>=> Accumulation de gaz dans la chambre de combustion avant re-démarrage<br>=> Formation d'une ATEX | Explosion de la chambre de combustion :<br>Effet de surpression | 3A.3 |
| | Chambre de combustion secondaire (= chambre de post-combustion) – Alimentation des brûleurs au gaz | | | Explosion de la chambre de combustion :<br>Effet de surpression | 3A.4 |
| Unité d'incinération – Alimentation en gaz naturel | Canalisation intérieure d'alimentation fours UVE | Usure, fatigue, corrosion, coup lors des arrêts techniques<br>Surpression dans la tuyauterie de gaz suite à défaillance du détendeur<br>Sources d'ignition : engins, cigarettes, foudre, étincelles … | Perte de confinement des tuyauteries gaz à l'intérieur du bâtiment (phase de démarrage GN des fours) | Inflammation de l'ATEX – UVCE<br>Effet de surpression | 3A.5 |

| Sous-ensemble | Opérations / Equipements | Evènements initiateurs | Evènement redouté central | Phénomènes dangereux | N° Sc. |
|---|---|---|---|---|---|
| Incinération – Chaudière de récupération de chaleur | Chaudière à tubes à eau – Ballon d'eau | Erreur humaine<br>Défaillance d'une soupape de sécurité<br>Augmentation de la température en entrée de chaudière<br>Traitement de déchets à haut pouvoir calorifique<br>Effet domino d'un incendie à proximité | Montée en pression dans le ballon | BLEVE de la capacité d'eau :<br>Effet de surpression<br>Effet de projection | 3B.2 |
| Pôle énergie – Alimentation en gaz naturel | Canalisation intérieure d'alimentation chaudières | Usure, fatigue, corrosion<br>Surpression dans la tuyauterie de gaz suite à défaillance du détendeur<br>Sources d'ignition : engins, cigarettes, foudre, étincelles … | Perte de confinement des tuyauteries gaz à l'intérieur du bâtiment (phase de démarrage GN des fours) | Inflammation de l'ATEX – UVCE<br>Effet de surpression | 4.1 |
| | | | | Fuite de longue durée – Inflammation de l'ATEX – VCE (explosion de la chaufferie)<br>Effet de surpression | 4.3 |
| Pôle énergie – Chaudières à tube de fumées | Chambre de combustion | Panne du système d'allumage (défaut électrique d'allumage) | Non allumage des brûleurs de démarrage<br>=> Accumulation de gaz dans la chambre de combustion avant re-démarrage<br>=> Formation d'une ATEX | Explosion dans la chambre de combustion – Effets de surpression | 4.4 |
| | | Erreur humaine<br>Défaillance d'une soupape de sécurité<br>Défaut de régulation de pression<br>Effet domino d'un incendie à proximité | Montée en pression dans le ballon | BLEVE de la capacité d'eau :<br>Effet de surpression<br>Effet de projection | 4.6 |

| Sous-ensemble | Opérations / Equipements | Evènements initiateurs | Evènement redouté central | Phénomènes dangereux | N° Sc. |
|---|---|---|---|---|---|
| Pôle énergie – Chaudières à tube de fumées | Chaudière à tubes de fumées – Capacité d'eau | Fuite sur réseau<br>Arrêt de pompe (défaillance)<br>Purge laissé ouverte<br>Défaillance de la régulation du niveau d'eau | Manque d'eau dans la calandre => Arrivée d'eau sur TF surchauffés et vaporisation brutale d'eau | BLEVE de la capacité d'eau :<br>Effet de surpression<br>Effet de projection | 4.7 |

# 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.

Ces effets ne seront donc pas modélisés dans la présente étude de dangers.

## 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.

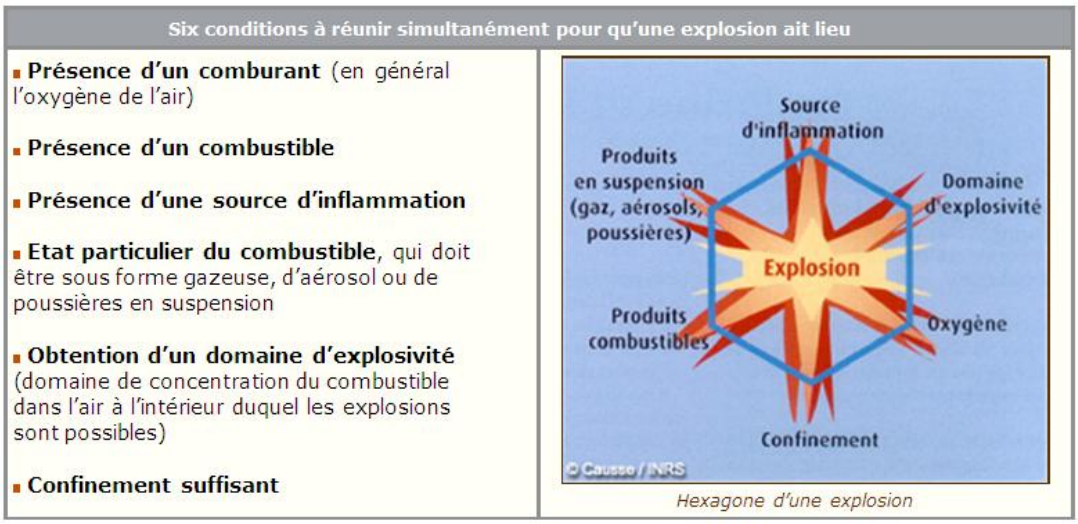



Figure 1 : Les six conditions de réalisation d'une explosion

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 contienne 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 (Source : Circulaire du 10 mai 2010) :

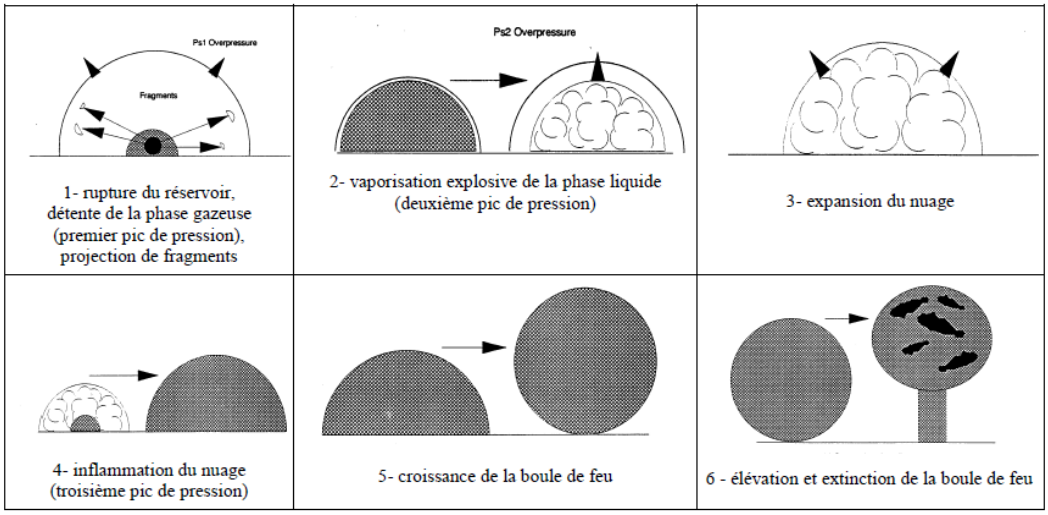



Figure 2 : Etapes du développement d'un BLEVE « chaud »

Les deux modes de développement des boules de feu dans chacun des types de BLEVE sont schématisés sur la figure suivante :

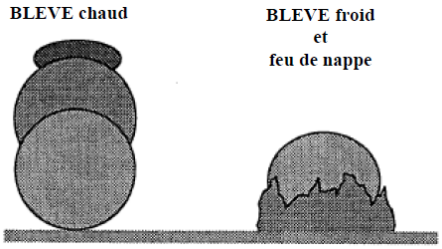



Figure 3 : Illustration du développement de la boule de feu pour des BLEVE « froids » et « chauds »

### 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 missiles) ;
- 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 produits par un stockage en masse de combustibles solides 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.**

[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 simulations Flumilog du présent dossier sont réalisées avec la **version de calcul V6.2.4 (mise en ligne en 09/2025)**.

Les différentes étapes de la méthode sont présentées dans le logigramme ci-après.

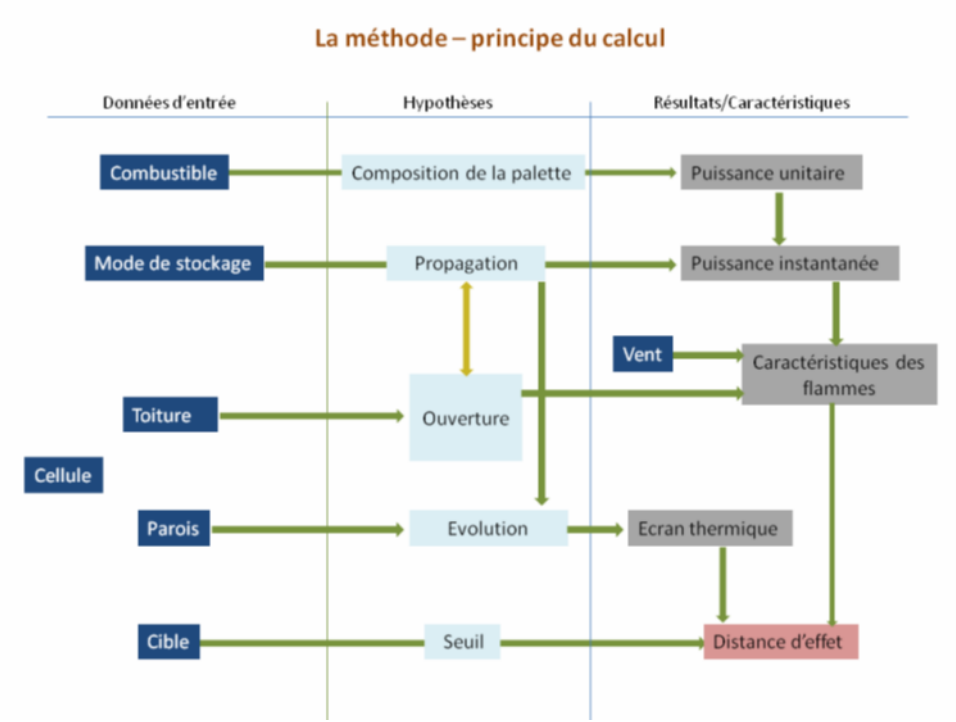



Figure 4 : Principe de la méthode FLUMILOG

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.<br>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 ». |

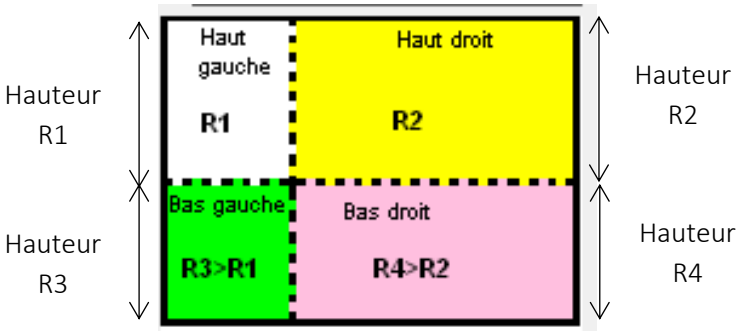
## 4.2 INCENDIE DANS LA FOSSE OMR (SC. 1.1)

### 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 de Toulouse

La fosse de l'UVE de Toulouse présente les caractéristiques dimensionnelles suivantes :

- Longueur = 38 mètres,
- Largeur = 20 mètres,
- Profondeur (verticale) = 14 mètres (sous le niveau du quai – cf. vue en coupe en page suivante).

La figure ci-dessous présente une vue 3D de la fosse vide, simulée depuis le quai de déchargement. En pages suivantes, sont présentées les vues en coupe de la fosse OM de l'UVE de Toulouse.

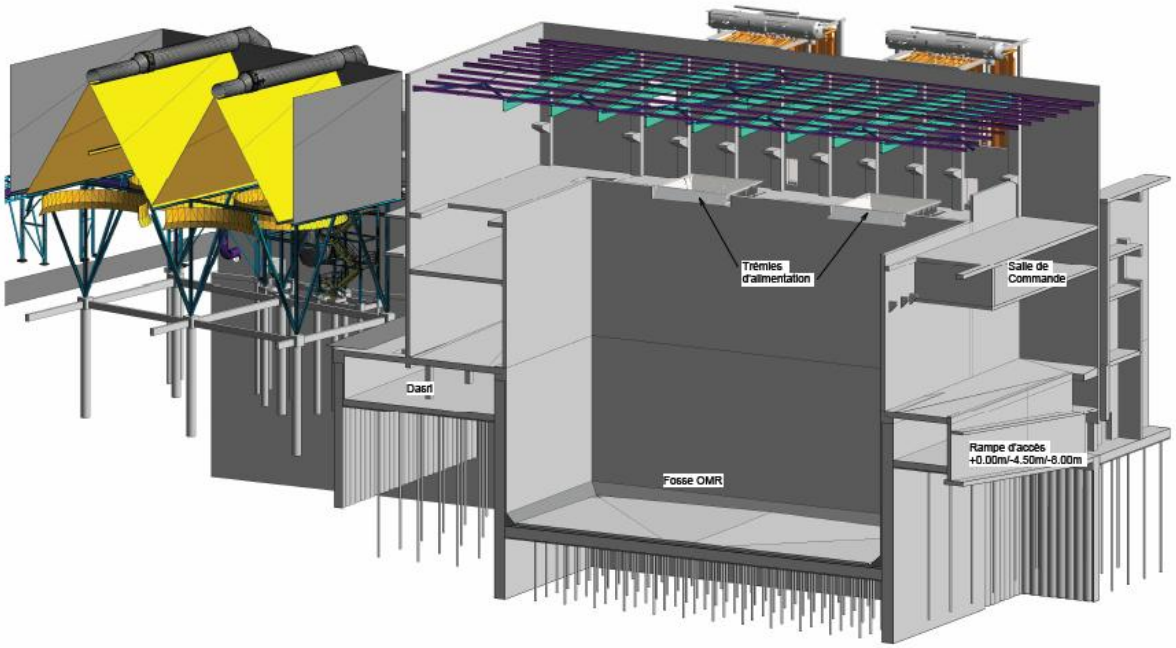



Figure 5 : Vue 3D de la fosse à vide

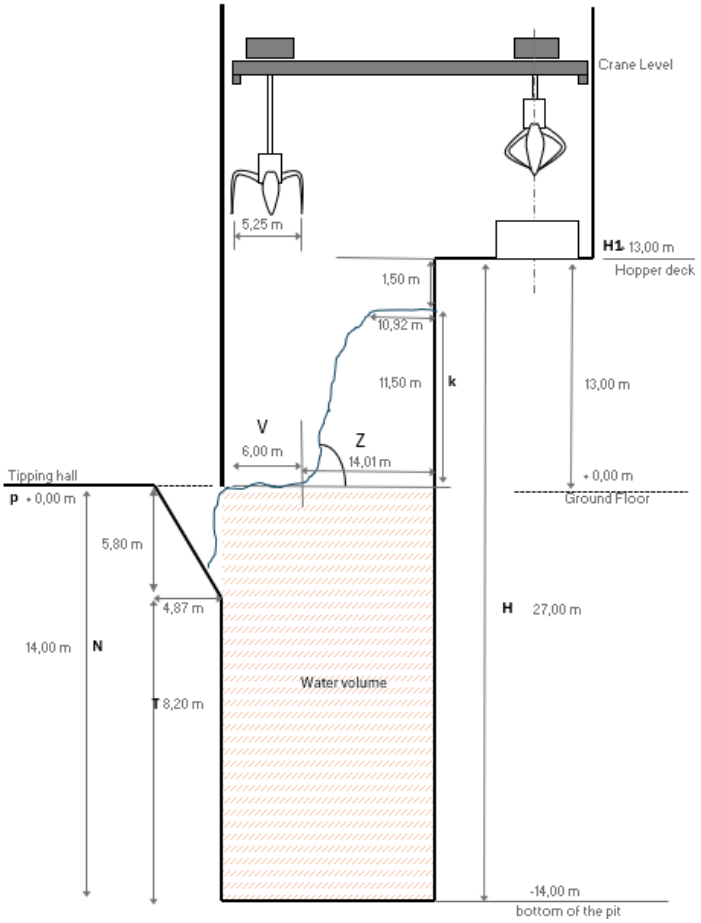



Figure 6 : Vue en coupe de la fosse remplie au maximum

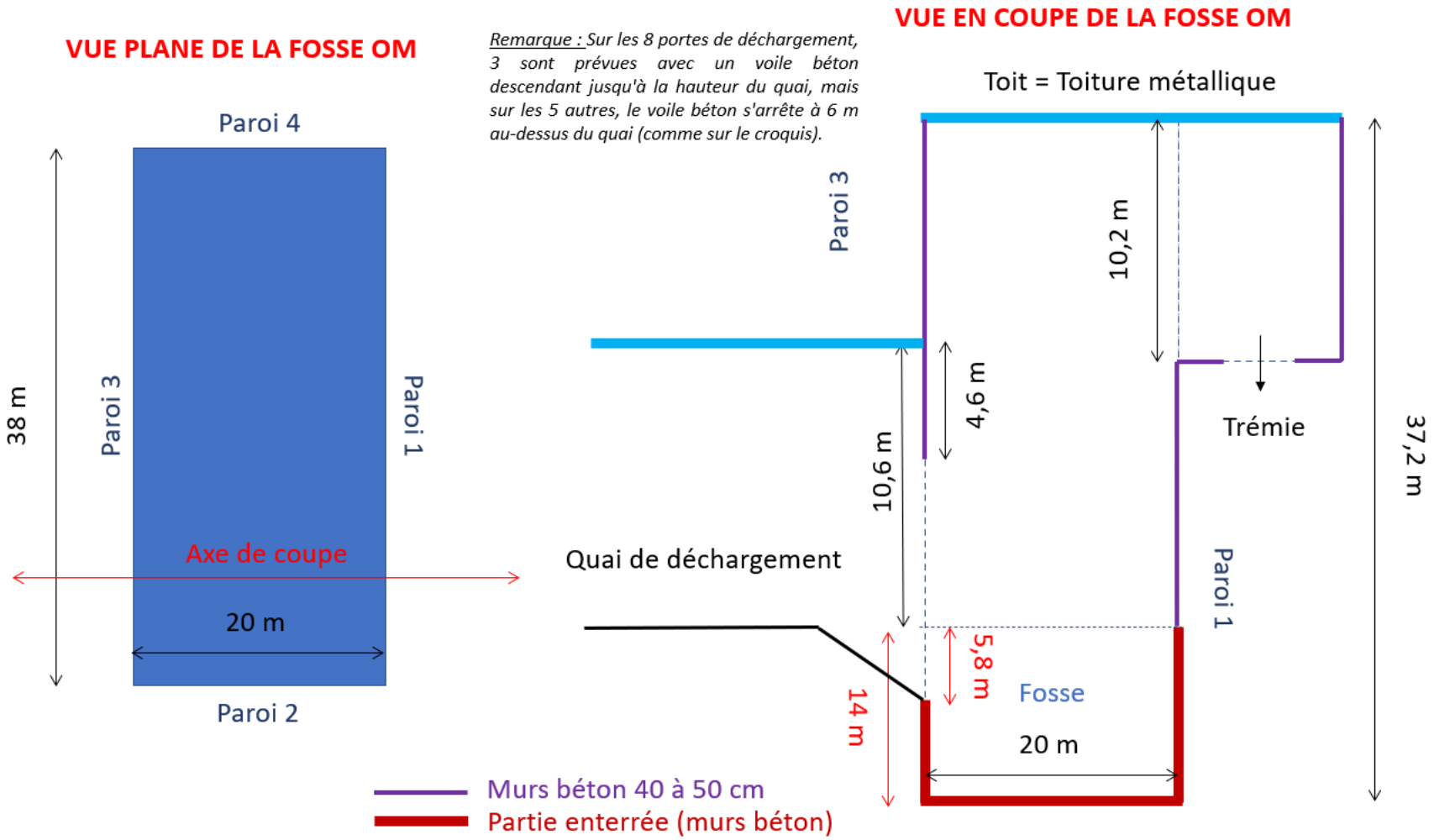



Figure 7 : Vue en coupe de la fosse OM (1/2)

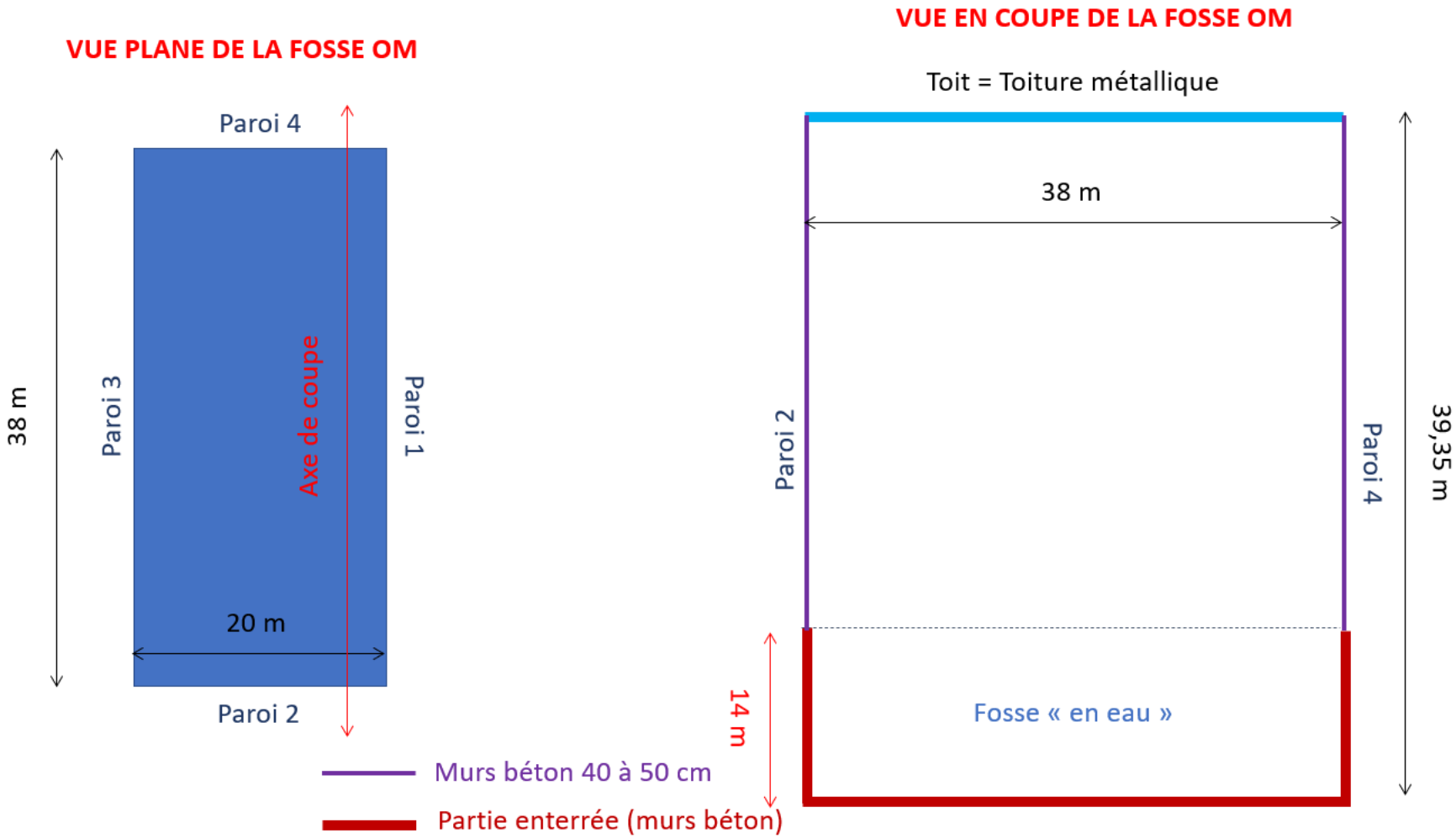



Figure 8 : Vue en coupe de la fosse OM (2/2)

#### 4.2.1.2 Caractéristiques des murs de la fosse

En première approximation, le degré coupe-feu d'un mur composé avec des panneaux pleins préfabriqués en béton peut se déduire des règles simplifiées, issues de la norme P 92-701 (DTU feu béton) ou de la norme européenne XP ENV 1992-1-2, exprimées dans le tableau suivant (Source : « Le béton et la sécurité incendie », Collection technique CIMBéton B94).

**Tableau 8 : Estimation du degré coupe-feu d'éléments préfabriqués en béton (Source : CIMBéton)**

| Degré CF | 1/2 h | 1 h | 1 h 30 | 2 h | 3 h | 4 h |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Murs porteurs Épaisseur en cm | 10 | 11 | 12 | 15 | 20 | 25 |
| Murs non porteurs Épaisseur en cm | 6 | 7 | 9 | 11 | 15 | 17,5 |

**Au-dessus des quais de déchargement**, les murs de la fosse sont constitués de parois béton de plus de 40 cm. Dans le cadre de la modélisation FLUMILOG, nous considérerons que ces **parois sont coupe-feu 6h.**

**Pour les parois de la fosse sous le niveau des quais**, ces parois, situées sous le niveau du sol, seront considérées comme **coupe-feu 6 h** dans le cadre de la modélisation FLUMILOG.

Concernant la toiture, il s'agit d'une toiture métallique. 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 sur une hauteur de 11,5 m au-dessus du niveau du quai.

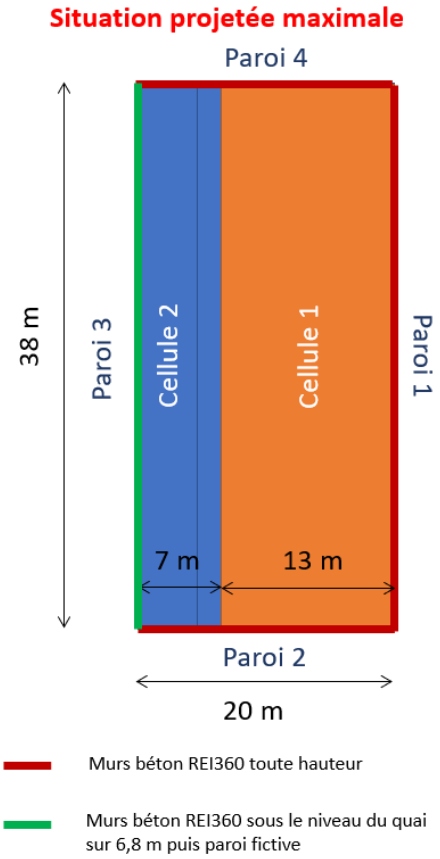
L'organisation du stockage dans cette configuration est présentée en partie suivante.

**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 fours) jusqu'à la hauteur de la cabine de commande.

Pour des raisons de stabilité du mur de déchets et de libre évolution du grappin, un espace minimal de l'ordre de 6,0 m est laissé entre la base du mur de déchets et la paroi de la fosse. Ensuite, le mur de déchets monte jusqu'à 1,5 m sous le haut des trémies. La hauteur maximale des déchets au sein du mur est donc de 25,50 m.

Pour la modélisation FLUMILOG, la fosse est donc divisée en deux zones (cf. Figure 6) :

- la cellule n°2, côté quai de déchargement, où le stockage est réalisé sur les 14 m de profondeur de la fosse ;
- la cellule n°1, correspondant au « mur de déchets » (côté four) et permettant le stockage à +11,5 m au -dessus du niveau du quai (soit 25,5 m de haut au total).




| N° cellule | 1 | 2 |
|---|---|---|
| Mode de stockage | Masse | Masse |
| Hauteur de stockage | 14 mètres | 25,5 mètres |

Les parois entre les différentes cellules sont représentées par des parois fictives REI = 1.

### 4.2.2 CARACTERISTIQUES DES COMBUSTIBLES ET HYPOTHESES DE MODELISATION POUR LA « CELLULE FLUMILOG » ET POUR LA « PALETTE »

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 le plastique ou le carton … 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 :

$3\ m < h < 35\ m : Mvol = 220 + 20\ h - 0{,}2\ h^2\ kg/m^3$
$h < 3\ m : Mvol = 280\ kg/m^3$
$h > 35\ m : Mvol = 680\ kg/m^3$

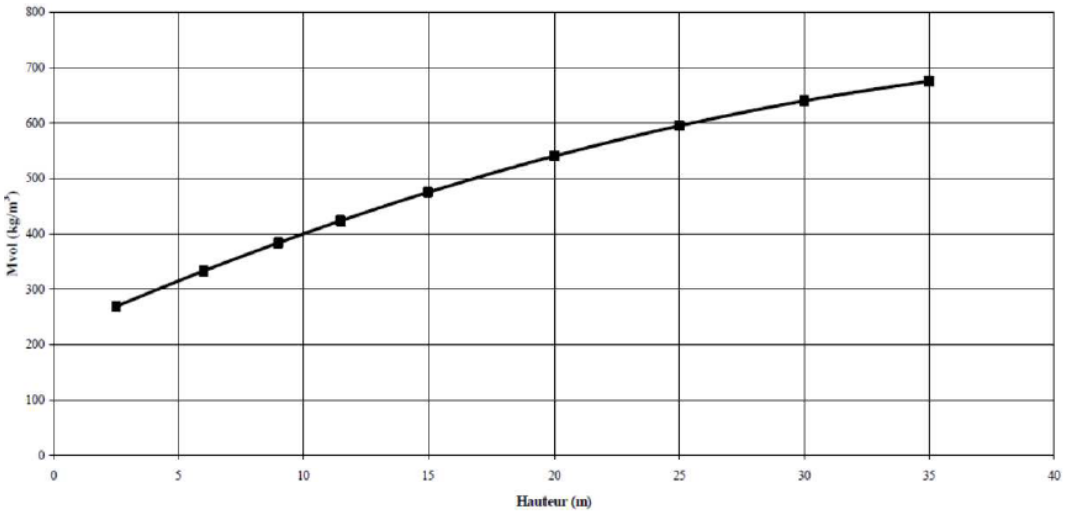



Figure 9 : Masse volumique moyenne des déchets en fosse en fonction de la hauteur du stockage (Fascicule 82 du CCTG)

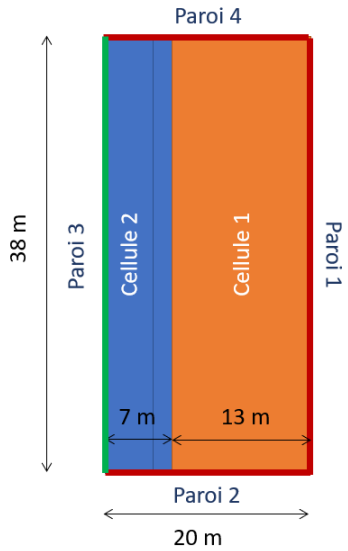
#### 4.2.2.3 Caractéristiques de la zone en feu considérée – Définition des « cellules FLUMILOG »

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. Les caractéristiques des cellules modélisées dans le logiciel sont donc les suivantes :

## Tableau 10 : Caractéristiques des cellules « FLUMILOG » et dimension de la « palette FLUMILOG »

| Désignation | Organisation du stockage | Dimension de la cellule | Dimensions de la palette FLUMILOG | Nombre de niveau de stockage | Dimensions de l'îlot |
|---|---|---|---|---|---|
| Fosse OMR |  | Cellule 1 (côté four)<br>38 m sur 13 m<br>Hauteur = 13,5 m<br>(2 m sous le niveau des quai + « mur de déchets » sur 11,5 m) | 1 m x 1 m<br>h = 2,7 m | 5 | 38 x 13 palettes « FLUMILOG » |
| | | Cellule 2<br>38 m sur 7 m<br>Hauteur = 2 m | 1 m x 1 m<br>h = 2 m | 1 | 38 x 7 palettes « FLUMILOG » |

#### 4.2.2.4 Composition des palette « FLUMILOG »

Au regard de la composition de la palette type « OMR » présentée en partie 4.2.2.1, de la masse volumique des OMR et des dimensions des palettes déterminées en partie précédente, la composition des palettes FLUMILOG établie pour les différentes cellules est récapitulée dans le tableau suivant :

**Tableau 11 : Composition des « palettes FLUMILOG » - OMR**

| Cellule n° | Dimension de la palette | Masse volumique (cf. partie 4.2.2.2) | Composition de la palette « FLUMILOG » | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 m x 1 m<br>h = 2,7 m | Hauteur déchets = 13,5 m<br>=> Mv = 459 kg/m$^3$ | bois | 272,65 |
| | | | eau | 272,65 |
| | | | cartons | 198,29 |
| | | | coton | 24,79 |
| | | | synthétique | 136,32 (*) |
| | | | PE | 198,29 |
| | | | verre | 74,36 |
| | | | aluminium | 61,97 |
| | | | **TOTAL** | **1239,30 kg** |
| 2 | 1 m x 1 m<br>h = 2 m | Hauteur déchets = 2 m<br>=> Mv = 280 kg/m$^3$ | bois | 123,20 |
| | | | eau | 123,20 |
| | | | cartons | 89,60 |
| | | | coton | 11,20 |
| | | | synthétique | 61,60 |
| | | | PE | 89,60 |
| | | | verre | 33,60 |
| | | | aluminium | 28,00 |
| | | | **TOTAL** | **560,00 kg** |

(*) Remarque : Le logiciel FLUMILOG n'a permis de considérer que 93,8 kg de synthétique.

### 4.2.3 RESULTATS DE LA MODELISATION

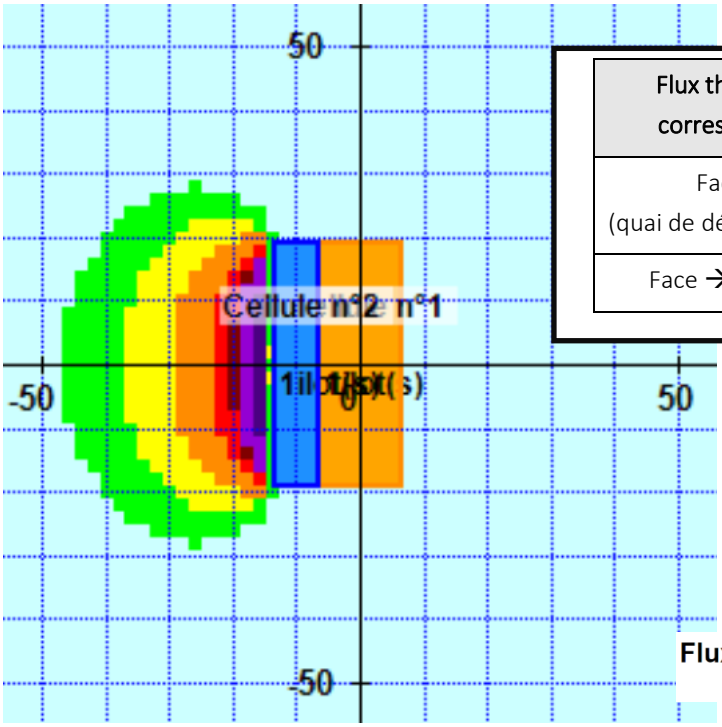
La note de calcul issue de la simulation FLUMILOG est fournie en annexe.

Les résultats sont présentés pour une hauteur de cible à 1,8 mètres au-dessus du niveau de quais.

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

Tableau 12 : 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) | 346 min | 109,7 MW | 8,8 kW/m² | 14,5 m |
| Cellule 2 | 73 min | 24,9 MW | 16,0 kW/m² | 2,2 m |




| Flux thermique correspondant | 8 kW/m² | 5 kW/m² | 3 kW/m² |
|---|---|---|---|
| Face ← (quai de déchargement) | 14,5 m | 22,2 m | 32 m |
| Face →, ↑ et ↓ | Non atteint | Non atteint | Non atteint |

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 plus de 5 heures.

Rappelons que **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.

Dans tous les cas, l'ensemble des flux reste à l'intérieur des limites de propriété comme le montre la cartographie en page 65.

# 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. Dans cette étude ne seront abordés que les calculs dédiés aux ondes de pression, les rayons des zones de dangers des effets thermiques étant bien inférieurs devant ceux des effets de surpression.

En effet, l'expérience montre qu'en pratique, les effets thermiques de l'explosion ne sont pas dus au rayonnement thermique (très court) du nuage enflammé, mais uniquement au passage du front de flamme. Autrement dit, toute personne se trouvant sur le parcours de la flamme est susceptible de subir l'effet létal, mais celui-ci n'excède pas la limite extrême atteinte par le front de flamme (circulaire du 10 mai 2010).

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 importants 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 /$m^3$)
- $\rho_o$ = 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 $\Psi^2$ 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) :

$$V_n = \frac{m_{\inf}}{\rho_{réf} \times C_s}$$

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 $m^3$)
- $\Delta H_c$ = 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 importants 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 13 : 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 14 : 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) :

$$r' = \frac{R}{\left(E / P_{atm}\right)^{1/3}}$$

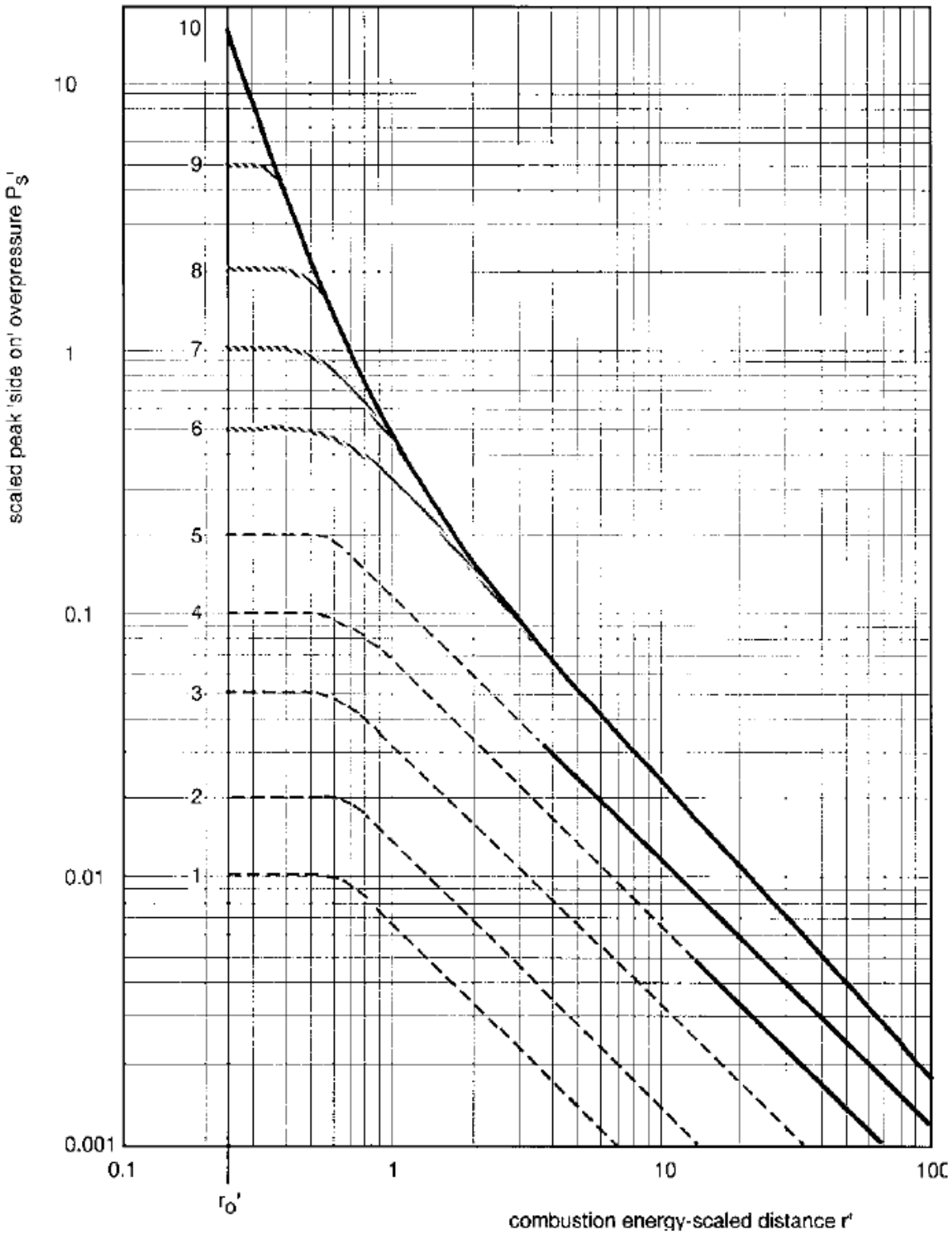



Figure 11 : Abaque relatif à la méthode multi-énergie de décroissance des surpressions aériennes

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).

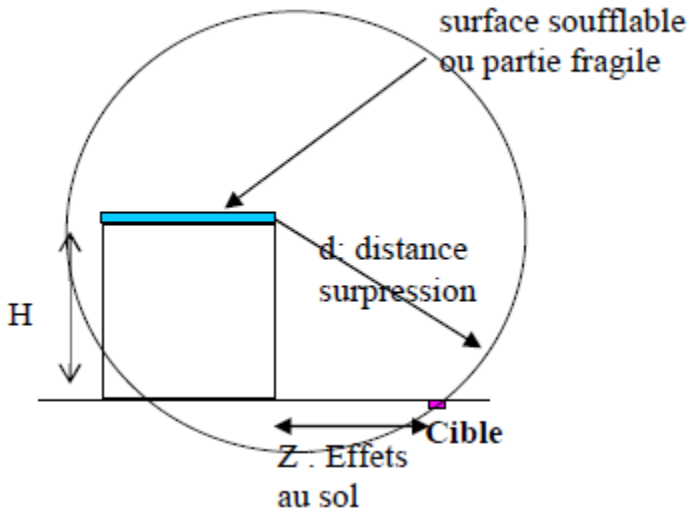



Figure 12 : Distances d'effet en pied de cellule

## 5.2 ANALYSE DU RISQUE D'EXPLOSION SUITE A UNE RUPTURE DE LA CANALISATION GAZ NATUREL DANS LE BATIMENT UVE (SC. 3A.5) ET DANS LA CHAUFFERIE DU POLE ENERGIE (SC. 4.1 ET 4.3)

### 5.2.1 DESCRIPTION DU SCENARIO D'EXPLOSION ET HYPOTHESES DE CALCUL

Dans le cadre de l'étude, on considère :

- Scénario 3A.5 : Fuite de la canalisation de gaz dans le hall process de l'UVE et inflammation de l'ATEX, canalisation cheminant à au-moins 6 m de hauteur ;
- Scénario 4.1 : Fuite de la canalisation de gaz dans la chaufferie (Pôle Energie) et inflammation de l'ATEX, canalisation cheminant à près de 6 m de hauteur ;
- Scénario 4.3 : Fuite longue durée de la canalisation de gaz et explosion de la chaufferie.

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 :

- soit 4 bars rel pour la partie à l'intérieur du hall process de l'unité d'incinération ;
- soit 4 bars rel pour la partie intérieure à la chaufferie du Pôle Energie.

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 15 : 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 PROCESS UVE (SC. 3A.5)

#### 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 16 : Masse de gaz au sein de l'ATEX – Fuite de la canalisation à 4 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 | |
| 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 $P_{atm}$ |
| **$\rho_0$** | **Masse volumique du gaz aux conditions $T_o$ et $P_o$** | **$kg/m^3$** | 2,68 | |
| Pa | Pression atmosphérique | Pa | 101 325 | - |
| $P_o$ | Pression de service (pression absolue) | Pa | 400 000 | PMS = 4 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 | - |
| **ψ** | **Coefficient de fuite supersonique** | **-** | **1** | |
| **Q** | **Débit massique supersonique** | **kg/s** | **4,85E-02** | |
| t | Délai d'ignition | s | 60 | - |
| **M** | **Masse de gaz accumulée au bout de t** | **kg** | **2,91** | |

#### 2. Détermination du volume du nuage à la stœchiométrie et de l'énergie de combustion

A partir de la masse de méthane inflammable de 2,91 kg, le volume du nuage de vapeurs à la limite inférieure d'inflammabilité est alors de 86 $m^3$ soit une énergie de combustion de près de 145,6 MJ (voir tableau en page suivante).

## Tableau 17 : Energie de combustion – Scénario 3A.5

| | 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) | 2,913 | - |
| Volume du nuage de vapeurs (en m$^3$) | 86 | - |
| Energie d'explosion (en J) | 1,5E+08 | Pas d'obstacle considéré |
| **Energie d'explosion (en MJ)** | **145,6** | |

### 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 = faible.

### 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 18 : Effets de surpression – Scénario 3A.5 (canalisation intérieure UVE)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Energie d'explosion (en J)** | **145 648 100** | | | |
| 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=6 m)** | **5,6 m** | **10,2 m** | **24,8 m** | **49,7 m** |
| **Distance R (en m) à h=1,8 m** | **3,8 m** | **9,2 m** | **24,5 m** | **49,5 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.

### 5.2.3 DETERMINATION DES ZONES DE DANGERS – FUITE DE LA CANALISATION AERIENNE DE GAZ NATUREL DANS LA CHAUFFERIE POLE ENERGIE (SC. 4.1 ET 4.3)

#### 5.2.3.1 Scénario 4.1 – Inflammation rapide de l'ATEX

La canalisation de gaz aérienne dans la chaufferie du Pôle Energie devrait avoir les mêmes caractéristiques que celle de l'UVE.

En conséquence, les rayons d'effets seront les mêmes.

#### 5.2.3.2 Scénario 4.3 – Fuite de longue durée, explosion de la chaufferie

##### a) Description du scénario d'explosion

Dans le cadre de l'étude, on considère une fuite au niveau des joints de la canalisation de gaz, le volume en méthane dans le local augmente ensuite jusqu'à atteindre la LIE, volume de gaz qui explose en présence d'une source d'ignition.

Il est donc considéré la formation d'une ATEX à la LIE d'un mélange d'air et de méthane (soit 5%) dans le local chaufferie. Le volume inflammable à considérer correspond donc au volume libre (volume hors équipement) dans le local, ce volume est estimé à 25% du volume total de la chaufferie (hypothèse, taux d'occupation de 75%).

**Le local chaufferie a un volume total de 7 535,3 m³ (753,53 m² sur 10 m de haut) soit un volume libre de 1 883,8 m³.** En considérant la chaufferie remplie de gaz à la LIE, le **temps de fuite nécessaire pour atteindre ces conditions est de près de 87 min** pour une fuite via une brèche de 12 mm (débit de fuite = 0,049 kg/s soit 0,018 $m^3$/s calculé pour une pression relative de 4 bars – Cf. calcul précédent).

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 l'évent ou de la surface soufflable).

En considérant que le local chaufferie est équipé d'un toit soufflable qui est donc le premier élément à être ruiné lors de l'explosion, la pression de rupture est prise égale à celle du toit (ou autre surface soufflable) soit 50 mbars **(hypothèse qui sera à confirmer lors de la définition du projet)** qui correspond donc à la pression d'explosion primaire.

L'explosion primaire éjecte ensuite à l'extérieur une très grande partie du volume inflammable initial à travers le toit formant ainsi une boule de feu[5].

Le nuage formé est fortement turbulent sous l'impulsion de la pression résiduelle de l'explosion primaire. Le local devient largement ventilé. Dans ces conditions, les effets de pression sont largement supérieurs à l'extérieur du local (explosion secondaire) qu'à l'intérieur (explosion primaire).

Remarque : Ce scénario suppose que :

- la ventilation du local ne fonctionne pas,
- la pression dans la canalisation de gaz ne chute pas car une baisse de pression entraînerait l'arrêt de l'alimentation en gaz,
- le système de détection de $CH_4$ dans le local ne fonctionne pas.

### b) Explosion primaire – Détermination des zones de dangers

#### 1. Détermination de l'énergie de combustion

La première phase se passe en atmosphère confinée, l'énergie d'explosion est donc calculée à partir de l'énergie de Brode :

**Tableau 19 : Energie de combustion – Scénario 4.3 Phase 1**

| | Valeurs | Commentaires |
|---|---|---|
| Gamma | 1,305 | Caractéristique du méthane |
| Volume du nuage de vapeurs (en $m^3$) | 1 883,8 | Volume libre dans le local |
| Pression d'explosion (en Pa) | 5 000,0 | Pression d'explosion primaire = pression de rupture de la surface soufflable |
| Energie d'explosion (en J) | 3,1E+07 | Application de l'équation de Brode |
| **Energie d'explosion (en MJ)** | **30,9** | |

#### 2. Résultats de la modélisation des effets de surpression

Pour la première phase, la méthode multi-énergie est appliquée avec un indice de violence de 10 (atmosphère confinée).

[5] Source : Rapport de l'INERIS DRA-14-141532-12702A « Guide pour la prise en compte des chaudières industrielles dans la rédaction d'une étude de dangers », décembre 2016.

## Tableau 20 : Effets de surpression – Scénario 4.3 Phase 1

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Energie d'explosion (en J)** | **30 882 377** | | | |
| Pression atmosphérique (en Pa) | 101 325 | | | |
| **Indice de violence** | **10** | | | |
| Surpression (en mbar) | 200 mbar | 140 mbar | 50 mbar | 20 mbar [6] |
| Distance réduite (en m) | 1,5 | 2,3 | 5,1 | / |
| **Distance R * (en m)** | ***Non atteint*** ** | ***Non atteint*** ** | **34,3 m** | **68,6 m** |
| **Distance observée à h = 1,8 m** | ***Non atteint*** ** | ***Non atteint*** ** | **33,3 m** | **68,2 m** |

* à la hauteur du centre de l'explosion (= du toit soit h = 10 m)
** La pression de rupture étant de 50 mbar, les surpressions de 140 et 200 mbar ne peuvent être atteintes lors de cette phase.

#### 5.2.3.3 Explosion secondaire – Détermination des zones de dangers

**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.

## Tableau 21 : Energie de combustion – Scénario 4.3 – Explosion secondaire

| | 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$^3$) | 1 883,8 | Volume du four |
| Energie totale d'explosion (en J) | 3,2E+09 | Pas d'obstacle considéré |
| **= Energie thermique disponible (en MJ)** | **3 202,5** | |
| **Energie participant à l'explosion primaire (en MJ)** | **30,88** | Résultat PROJEX |
| **Energie explosion secondaire (en MJ)** | **3 171,62** | |

**2. Détermination de l'indice de violence et résultats de la modélisation des effets de surpression**

Pour l'explosion secondaire, l'évaluation des effets de pression se fait avec un indice de violence de 5 qui correspond selon Kinsella (voir Tableau 14) :

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

[6] 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.

Suite à l'explosion primaire dans le bâtiment, les gaz non brûlés sont éjectés par le toit, formant une boule de feu[7] dont les distances d'effets de surpression sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau 22 : Effets de surpression – Scénario 4.3 Phase 2**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Energie d'explosion (en J)** | **3 171 620 123** | | | |
| Pression atmosphérique (en Pa) | 101 325 | | | |
| **Indice de violence** | **5** | | | |
| Surpression (en mbar) | 200 mbar | 140 mbar | 50 mbar | 20 mbar |
| Distance réduite (en m) | 0,5 | 0,9 | 2,2 | / |
| **Distance R * (en m)** | **15,8 m** | **28,4 m** | **69,3 m** | **138,7 m** |
| **Distance observée à h = 1,8 m** | **13,5 m** | **27,2 m** | **68,8 m** | **138,4 m** |

* à la hauteur du centre de l'explosion (h = 10 m)

**Ces calculs confirment que l'explosion secondaire produit des effets de pression largement supérieurs à l'explosion primaire, ne seront donc représentés sur la cartographie en partie 7 que les seuils d'effets associés à l'explosion secondaire.**

[7] Source : Rapport de l'INERIS DRA-14-141532-12702A « Guide pour la prise en compte des chaudières industrielles dans la rédaction d'une étude de dangers », décembre 2016.

# 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. 3A.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 un des fours 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 un des fours d'incinération.

### 6.2.2 ECLATEMENT DES BOUTEILLES – DETERMINATION DES ZONES DE DANGERS (SC. 3A.1)

#### 6.2.2.1 Hypothèse de calcul et données d'entrée

Concernant la pression de rupture de bouteilles de gaz, l'INERIS[8] 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 (=500°C).**

Les derniers paramètres à rentrer dans le modèle PROJEX sont les caractéristiques du gaz (Source : Encyclopédie des gaz, Air Liquide) :

| | 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 |

[8] INERIS, Guide pour la prise en compte des dépôts logistiques de bouteilles de GPL dans les études de dangers (DRA-18-171215-05140A), Février 2019

#### 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 23 : 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 24 : 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 (cf. tableau en page suivante), le risque d'éclatement du four par effet domino ne peut être exclu. 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 | 472 $m^3$ |
| | Hauteur du four | 10,2 m |
| | Diamètre équivalent cylindre | 7,68 m |
| | Pression maximale admissible par la chaudière * | 2 940 Pa<br>29,4 mbars |

* On notera que la chaudière est protégée du risque de rupture par des clapets d'expansion dont la pression d'ouverture est estimée à 1 150 Pa, 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 existante dans le réservoir au moment de l'éclatement doit être fournie (en bar abs). Selon l'origine de l'éclatement, la pression existante 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 29,4 = 176,4 mbars
- **Pression de rupture = 1,18965 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.

Comme précédemment, la température du gaz au moment de la rupture peut être prise égale à 773 K (=500°C).

#### 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 25 : 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 | 61 m |

## 6.3 ANALYSE DU RISQUE D'EXPLOSION DE GAZ (CHAMBRES DE COMBUSTION – SC. 3A.3+3A.4 ET 4.4)

### 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 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 est 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 26 : 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. 3A.3+3A.4)

#### 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 | 472 m$^3$ |
| | Hauteur du four | 10,2 m |
| | Diamètre équivalent cylindre | 7,68 m |
| | Pression maximale admissible par la chaudière * | 2 940 Pa<br>29,4 mbars |

* On notera que la chaudière est protégée du risque de rupture par des clapets d'expansion dont la pression d'ouverture est estimée à 1 150 Pa, 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 existante dans le réservoir au moment de l'éclatement doit être fournie (en bar abs). Selon l'origine de l'éclatement, la pression existante 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 29,4 = 176,4 mbars
- **Pression de rupture = 1,18965 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 27 : 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 | 67 m |

L'énergie d'explosion déterminée par PROJEX est de 2,7823.10$^7$ J.

### 6.3.4 EXPLOSION SECONDAIRE – DETERMINATION DES ZONES DE DANGERS (SC. 3A.3+3A.4)

#### 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 28 : Energie de combustion – Scénario 3A.3 et 3A.4 – 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$^3$) | 472,0 | Volume du four |
| Energie totale d'explosion (en J) | 8,0E+08 | Pas d'obstacle considéré |

| | Valeurs | Commentaires |
|---|---|---|
| = Energie thermique disponible (en MJ) | 802,4 | |
| Energie participant à l'explosion primaire (en MJ) | 27,82 | Résultat PROJEX |
| Energie explosion secondaire (en MJ) | 774,58 | |

### b) Détermination de l'indice de violence

Etant donné le volume important du local d'une unité d'incinération, pour l'explosion secondaire dans le local 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 7** 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 = faible.

*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 29 : Effets de surpression – Scénario 3A.3 et 3A.4 – Explosion secondaire**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Energie d'explosion (en J)** | 774 577 000 | | | |
| Pression atmosphérique (en Pa) | 101 325 | | | |
| **Indice de violence** | **7** | | | |
| Surpression (en mbar) | 200 mbar | 140 mbar | 50 mbar | 20 mbar[9] |
| Distance réduite (en m) | 1,5 | 2,3 | 5,1 | / |
| **Distance R (en m)** | **29,5 m** | **45,3 m** | **100,5 m** | **200,9 m** |

[9] 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.

### 6.3.5 EXPLOSION PRIMAIRE – DETERMINATION DES ZONES DE DANGERS (SC. 4.4)

#### 6.3.5.1 Hypothèse de calcul et données d'entrée

Les hypothèses de calcul sont présentées dans le tableau ci-dessous :

| | | Four |
|---|---|---|
| Enceinte | Volume total | 200 $m^3$ |
| | Hauteur du four | 14 m |
| | Diamètre équivalent cylindre | 4,26 m |
| | Pression de rupture de la chambre de combustion | 1 bar relatif * |

* Source : Rapport de l'INERIS DRA-14-141532-12702A « Guide pour la prise en compte des chaudières industrielles dans la rédaction d'une étude de dangers », décembre 2016.

Hypothèse :

- Pression de rupture = 1 bar rel.
- **Pression de rupture = 2,01325 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.

#### 6.3.5.2 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 30 : Définition des rayons des zones de dangers – Explosion interne chambre de combustion chaudière**

| 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** |
| Chaudière – Explosion primaire | 15 m | 20 m | 45 m | 90 m |

L'énergie d'explosion déterminée par PROJEX est de 6,6531.$10^7$ J.

### 6.3.6 EXPLOSION SECONDAIRE – DETERMINATION DES ZONES DE DANGERS (SC. 4.4)

#### 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 31 : Energie de combustion – Scénario 4.4 – Explosion chambre de combustion**

| | 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$^3$) | 200,0 | Volume du four |
| Energie totale d'explosion (en J) | 3,4E+08 | Pas d'obstacle considéré |
| **= Energie thermique disponible (en MJ)** | **340,0** | |
| **Energie participant à l'explosion primaire (en MJ)** | **66,53** | Résultat PROJEX |
| **Energie explosion secondaire (en MJ)** | **273,47** | |

#### b) Détermination de l'indice de violence

En considérant que le local chaufferie est équipé d'un toit soufflable (à 50 mbars) qui est donc le premier élément à être ruiné lors de l'explosion, le toit sera soufflé lors de l'explosion primaire.

Ainsi, en se basant sur les recommandations de Kinsella, **l'indice de violence retenu est de 7** 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 = faible.

*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 32 : Effets de surpression – Scénario 4.4 – Explosion secondaire

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Energie d'explosion (en J)** | **273 469 000** | | | |
| Pression atmosphérique (en Pa) | 101 325 | | | |
| **Indice de violence** | **7** | | | |
| Surpression (en mbar) | 200 mbar | 140 mbar | 50 mbar | 20 mbar[10] |
| Distance réduite (en m) | 1,5 | 2,3 | 5,1 | / |
| **Distance R (en m)** | **20,9 m** | **32,0 m** | **71,0 m** | **142,0 m** |

[10] 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.

## 6.4 MODELISATION DES EFFETS DE SURPRESSION – SC. 3B.2 ET 4.6-4.7 « ECLATEMENT CAPACITE D'EAU »

### 6.4.1 PREAMBULE

Dans le cas d'une chaudière, deux types de scénarios peuvent conduire à un éclatement de la capacité en eau :

- une vaporisation brutale d'eau suite à une remise en eau sur des tubes de fumées surchauffées peut générer un éclatement de la calandre (pressurisation rapide).
- l'augmentation de la pression dans la capacité d'eau peut engendrer un BLEVE « froid ».

Dans les deux cas de figures, les effets sont uniquement de type dynamique : effet de surpression et effet de projection et ses effets peuvent être modélisés à l'aide de l'outil PROJEX[11].

### 6.4.2 HYPOTHESES ET DONNEES D'ENTREE

Dans le cadre du guide INERIS pour la prise en compte des chaudières industrielles dans les études de dangers, seuls les effets de suppression ont été pris en considération. La fiche de calcul est présentée en annexe.

Concernant la chaudière de récupération installée sur le site (UVE), le volume du ballon d'eau sera de 22 $m^3$ (diamètre interne de 1 580 mm et longueur de 11,532 m). La pression de service du ballon serait de 78 bar abs.

Concernant les chaudières installées au Pôle Energie (2 x 35 $MW_{PCI}$), les ballons seront identiques pour les deux chaudières et le volume d'un ballon d'eau sera de 80 $m^3$ (diamètre interne de 5 m et longueur de 4 m). La pression de service du ballon serait de 6 bars.

<u>Pression de rupture (Source = Note explicative PROJEX)</u>

*Pression de rupture : la pression existante dans le réservoir au moment de l'éclatement doit être fournie (en bar abs). Selon l'origine de l'éclatement, la pression existante 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'un éclatement pneumatique :

- pour les réservoirs sous pression, 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'un éclatement pneumatique, si le scénario d'accident est celui d'un réservoir pris dans un incendie, 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.

[11] INERIS, Décembre 2016, Guide pour la prise en compte des chaudières industrielles dans les études de dangers

Hypothèse pour l'UVE :

- Dans le cas de l'éclatement d'un réservoir lié à un défaut de régulation de pression **(scénario majorant) :**
  - Pression de rupture = 3 x 78 = 234 bars abs
  - Température de service = 293°C = 566,15 K (A CONFIRMER)

Les derniers paramètres à rentrer dans le modèle PROJEX sont les caractéristiques du gaz :

- Masse molaire de l'air : Mv = 18 g/mol ;
- Rapport Cp/Cv du gaz = 1,324.

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.

**Rappelons également que le ballon est muni de deux soupapes tarées à 80,8 bars abs (= barrières de protection vis-à-vis du scénario d'éclatement).**

Hypothèse pour le Pôle Energie :

- Dans le cas de l'éclatement d'un réservoir lié à un défaut de régulation de pression **(scénario majorant) :**
  - Pression de rupture = 3 x 6 = 18 bars abs
  - Température de service = 293°C = 566,15 K

Les derniers paramètres à rentrer dans le modèle PROJEX sont les caractéristiques du gaz :

- Masse molaire de l'air : Mv = 18 g/mol ;
- Rapport Cp/Cv du gaz = 1,324.

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.

**Rappelons également que le ballon est muni d'une soupape (= barrière de protection vis-à-vis du scénario d'éclatement).**

### 6.4.3 RESULTATS DE LA MODELISATION – SCENARIO 3B.2

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 ballon d'eau UVE**

| 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 ballon | 45 mètres | 57 mètres | 130 mètres | 261 mètres |

Ces effets sont calculés à hauteur du ballon soit près de 26 mètres de haut, ramenés à une hauteur d'homme les rayons de dangers sont donc de :

| 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 |
|---|---|---|---|---|
| | **200 mbar** | **140 mbar** | **50 mbar** | **20 mbar** |
| A h = 1,8 m | 37,9 mètres | 51,6 mètres | 127,7 mètres | 259,9 mètres |

### 6.4.4 RESULTATS DE LA MODELISATION – SCENARIO 4.6 ET 4.7

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 – Eclatement ballon d'eau Pôle Energie**

| 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 ballon | 28 m | 36 m | 82 m | 165 m |

# 7 CARTOGRAPHIE DES ZONES DE DANGERS

Le rayon des différentes zones de dangers est donc :

**Tableau 35 : 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 UVE – Sc. 3A.5 | | 3,8 m | 9,2 m | 24,5 m | 49,5 m |
| | Canalisation intérieure d'alimentation chaudière – Sc. 4.1 | | 3,8 m | 9,2 m | 24,5 m | 49,5 m |
| | Explosion de la chaufferie – Sc. 4.3 | Phase 1 | *Non atteint* | *Non atteint* | 33,3 m | 68,2 m |
| | | Phase 2 | 13,5 m | 27,2 m | 68,8 m | 138,4 m |
| BLEVE / Eclatement | Eclatement du four par effet domino éclatement bouteille de gaz – Sc. 3A.1 | | *Non atteint* | *Non atteint* | 31 m | 61 m |
| | Four – Chambres de combustion – Sc. 3A.3+3A.4 | Phase 1 | *Non atteint* | *Non atteint* | 34 m | 67 m |
| | | Phase 2 | 29,5 m | 45,3 m | 100,5 m | 200,9 m |
| | Ballon eau – Sc.3B.2 | | 37,9 m | 51,6 m | 127,7 m | 259,9 m |
| | Chaudière – Chambres de combustion – Sc. 4.4 | Phase 1 | 15 m | 20 m | 45 m | 90 m |
| | | Phase 2 | 20,9 m | 32,0 m | 71,0 m | 142,0 m |
| | Capacité d'eau – Sc.4.6 et 4.7 | | 28 m | 36 m | 82 m | 165 m |
| **Seuil des effets thermiques** | | | **8 kW/m²** | **5 kW/m²** | **3 kW/m²** | |
| Incendie | Fosse OMR – Sc. 1.1 | Face ← (quai déchargement) | 14,5 m | 22,2 m | 32 m | |
| | | Autres faces | Non atteint | Non atteint | Non atteint | |

Les cartographies des zones de risques significatifs concernant les risques majeurs figurent en page suivante.

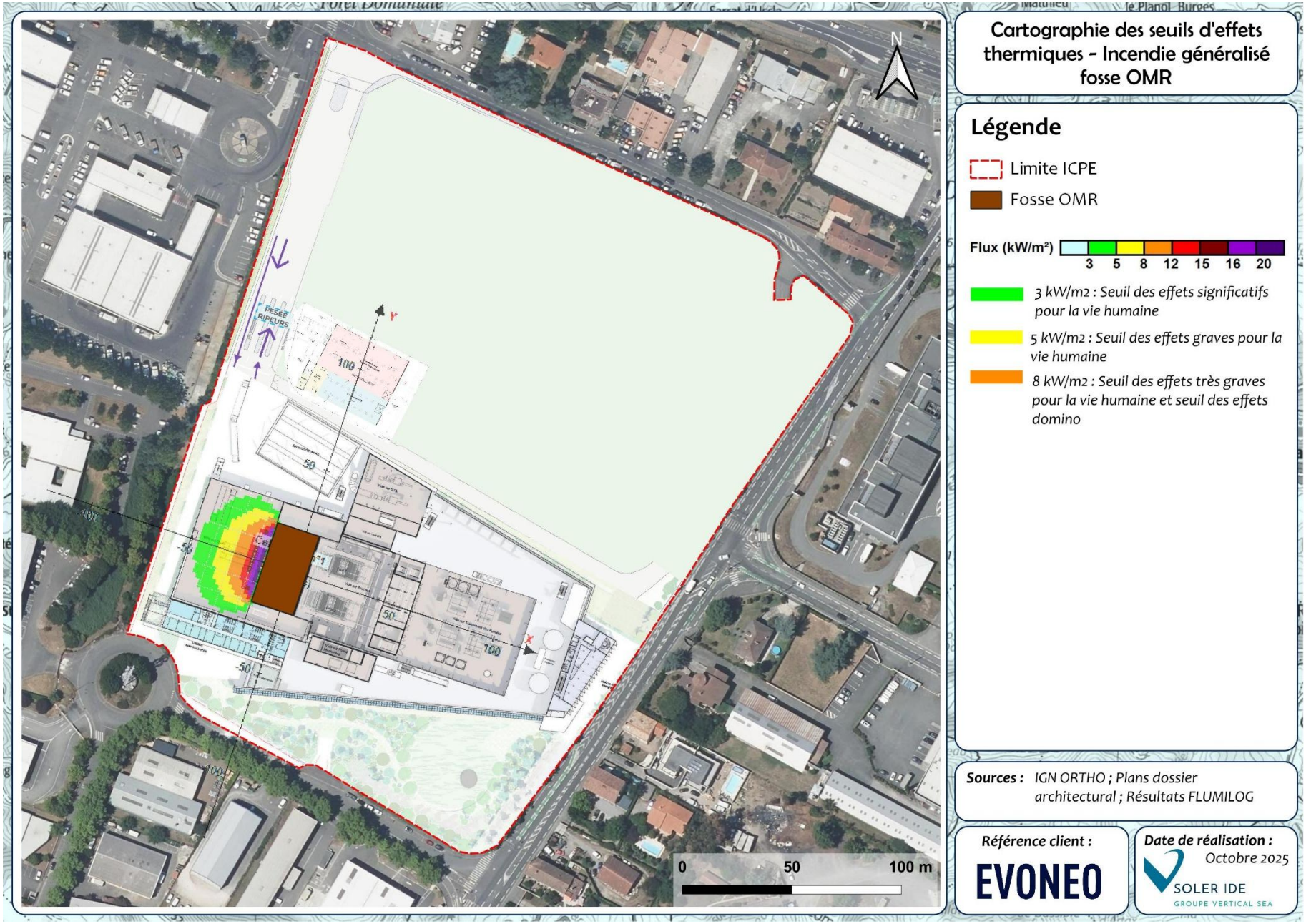
**Remarque :**

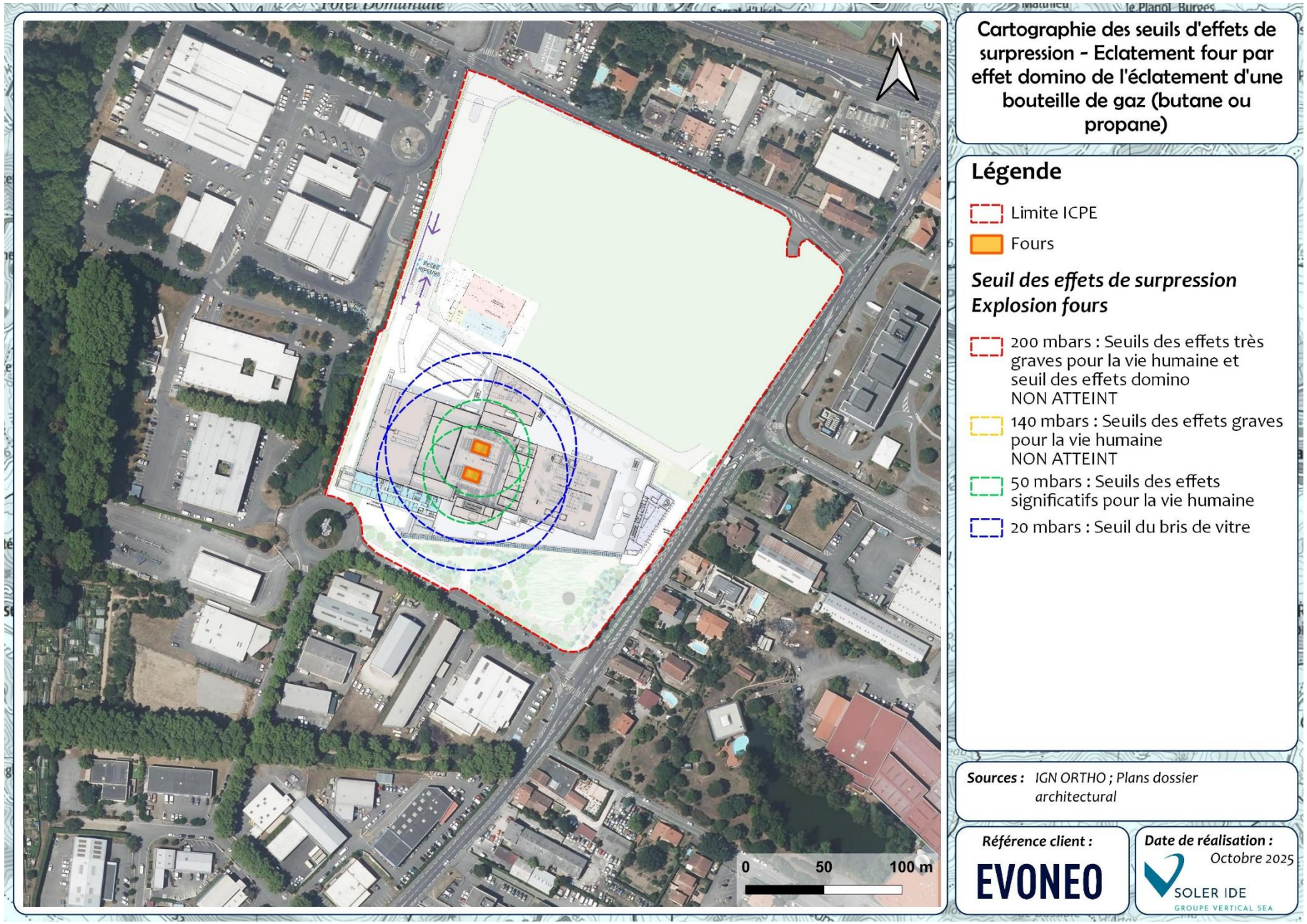
- Dans le cas des phénomènes d'explosion comportant deux phases, ne sont représentés sur les cartographies en page suivante que les rayons obtenus pour la phase avec les rayons les plus importants.

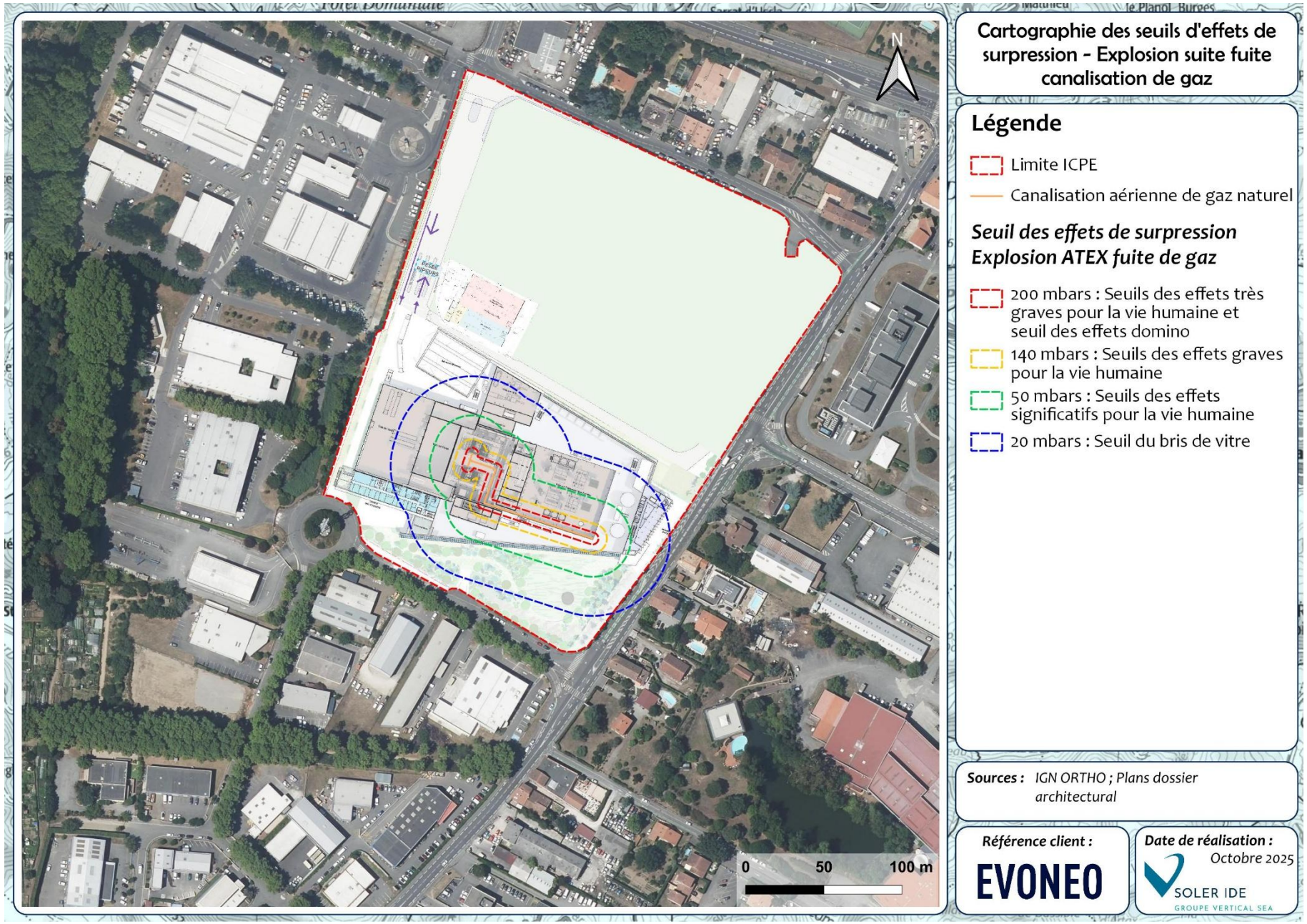
- Concernant la canalisation d'alimentation en naturel des fours, une fuite accidentelle peut se produire à n'importe quel niveau de la canalisation, des périmètres enveloppe autour de la canalisation ont donc été réalisés sur la cartographie des zones de dangers.

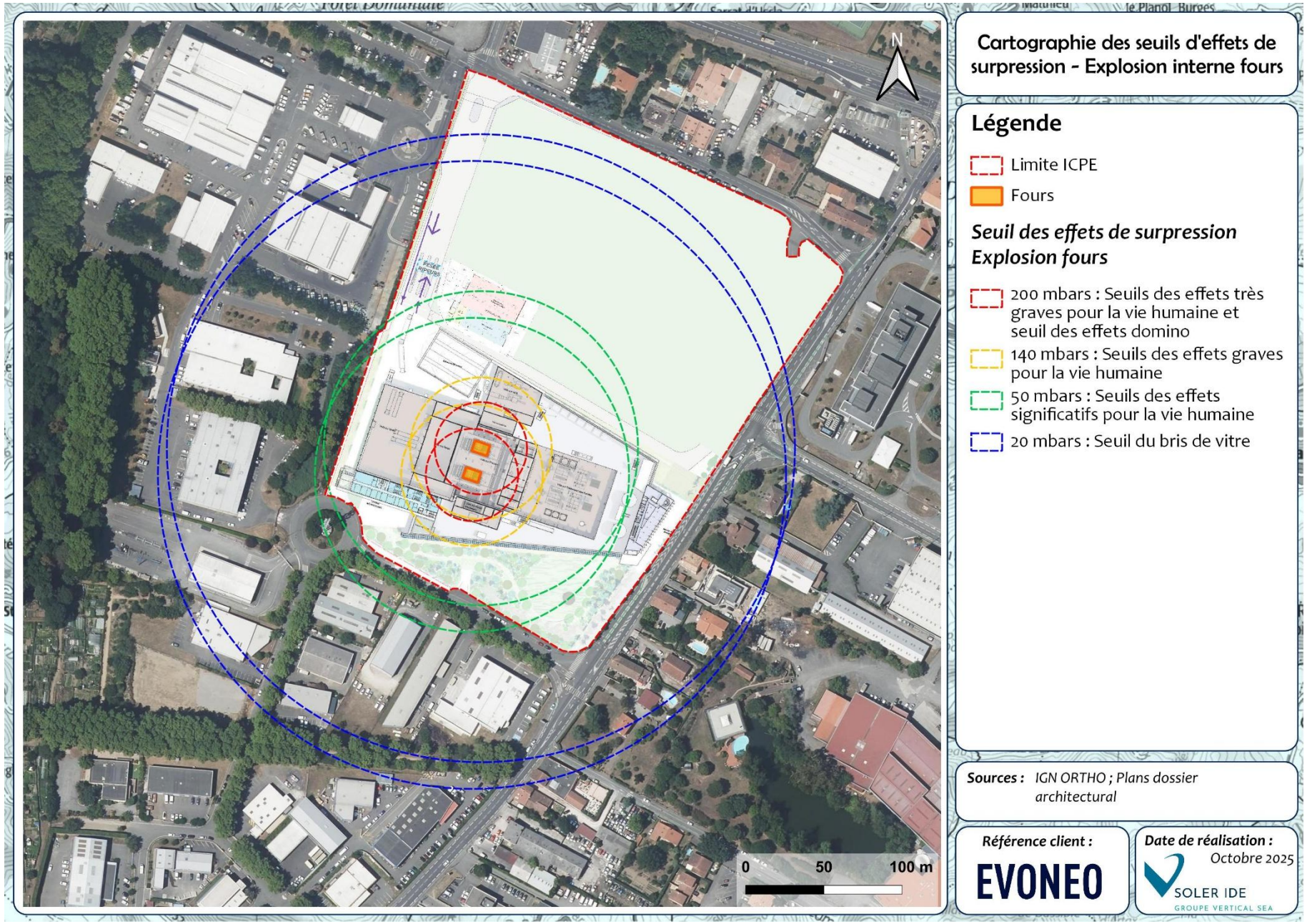
- Concernant le scénario 3A.1 « Explosion d'une bouteille de gaz dans le four », il a été modélisé le **scénario d'éclatement de bouteilles de protoxyde d'azote** ce qui a permis de démontrer les seuils d'effets sont très faibles et le seuil des effets domino (1 mètre) est inclus dans le four. Une telle 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**.

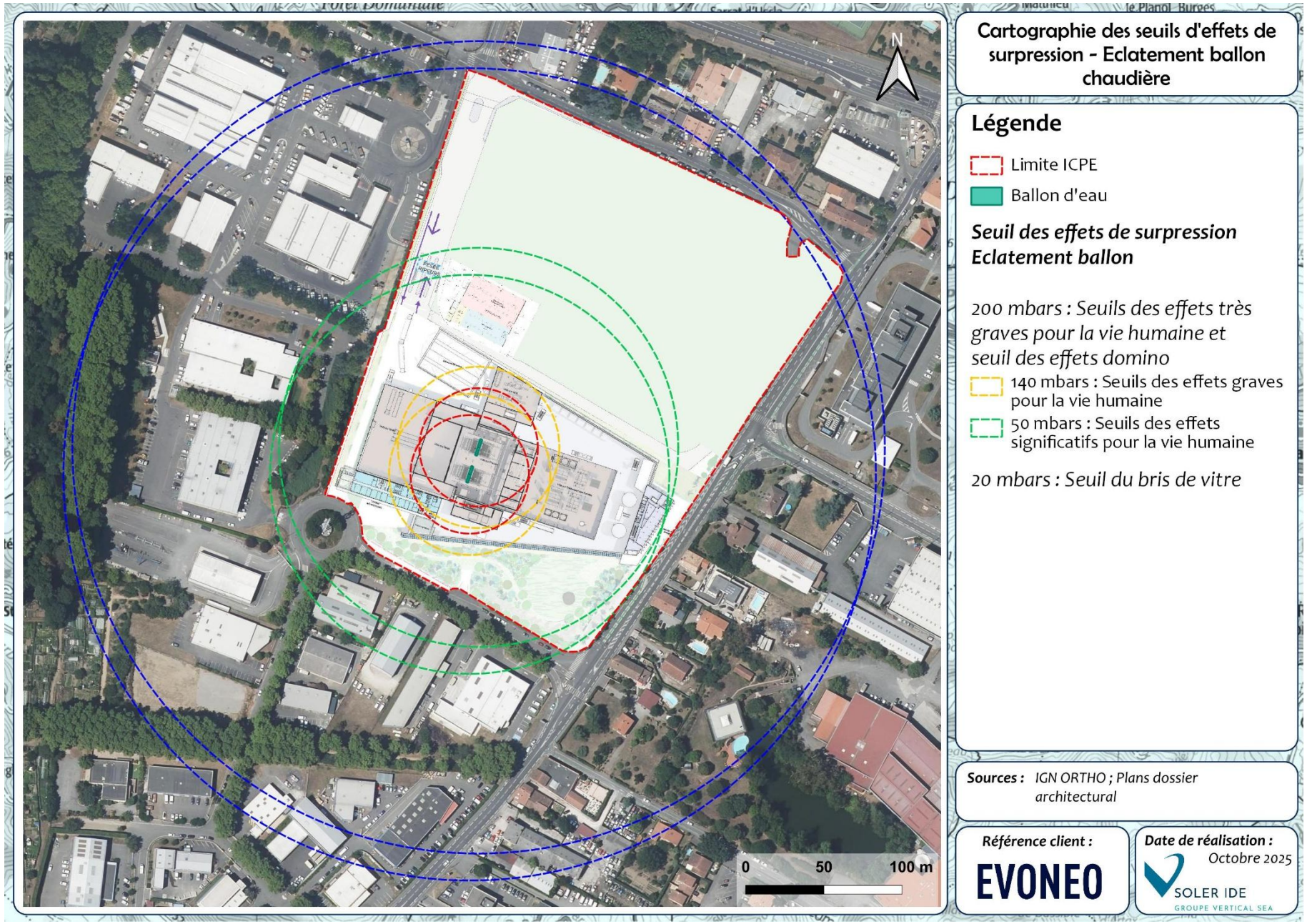
- Concernant ce même scénario, il a ensuite été modélisé l'éclatement de bouteilles de butane ou propane, dans ces cas là, le risque d'éclatement du four par effet domino ne peut être exclus et c'est ce phénomène qui est représenté sur la cartographie en page suivante

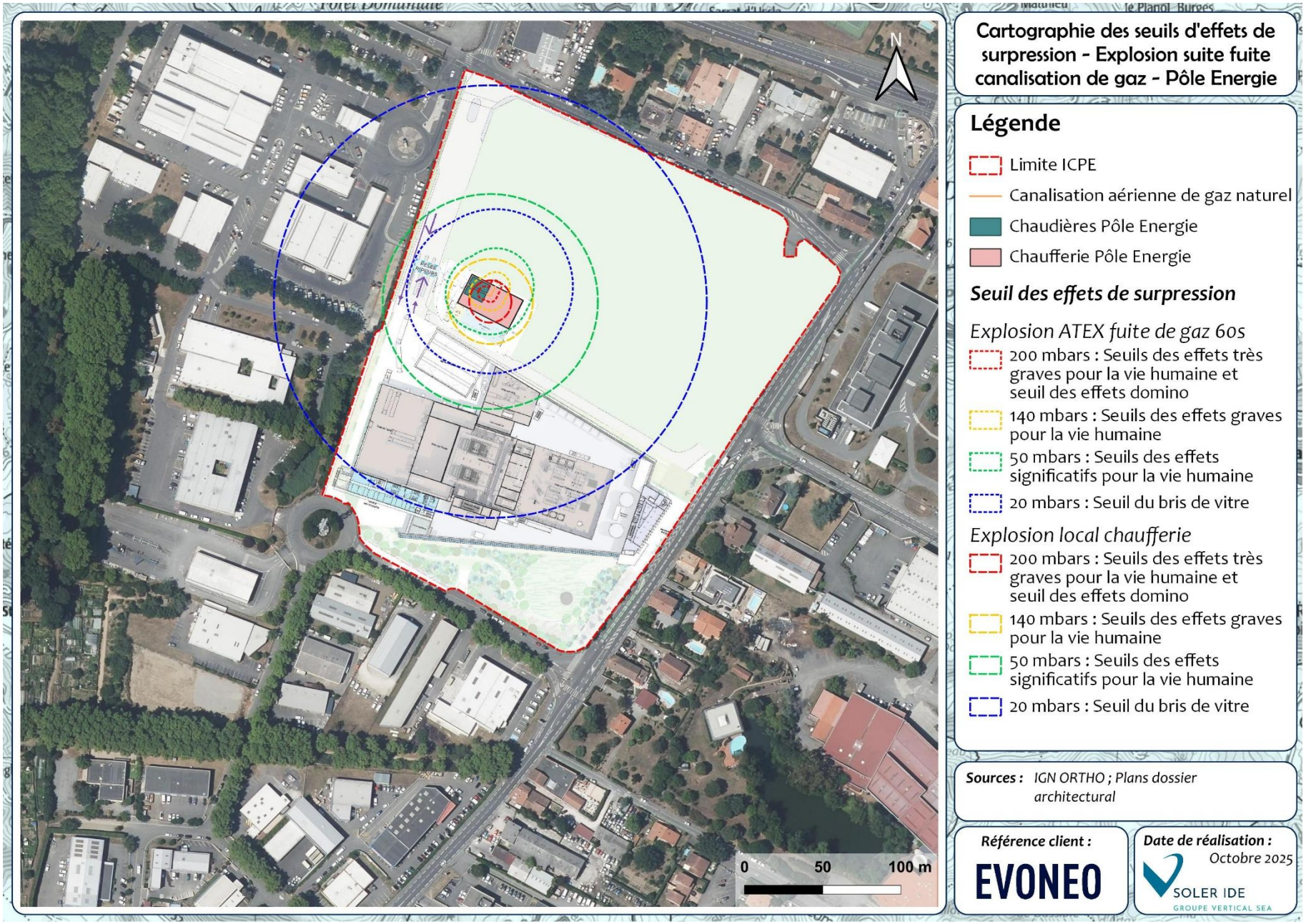

Cartographie des seuils d'effets thermiques - Incendie généralisé fosse OMR
Légende
Limite ICPE
Fosse OMR
Flux (kW/m²)
3 5 8 12 15 16 20
3 kW/m2 : Seuil des effets significatifs pour la vie humaine
5 kW/m2 : Seuil des effets graves pour la vie humaine
8 kW/m2 : Seuil des effets très graves pour la vie humaine et seuil des effets domino
N
PESEE PIPEURS
0 50 100 m
Sources : IGN ORTHO ; Plans dossier architectural ; Résultats FLUMILOG
Référence client :
EVONEO
Date de réalisation :
Octobre 2025
SOLER IDE
GROUPE VERTICAL SEA

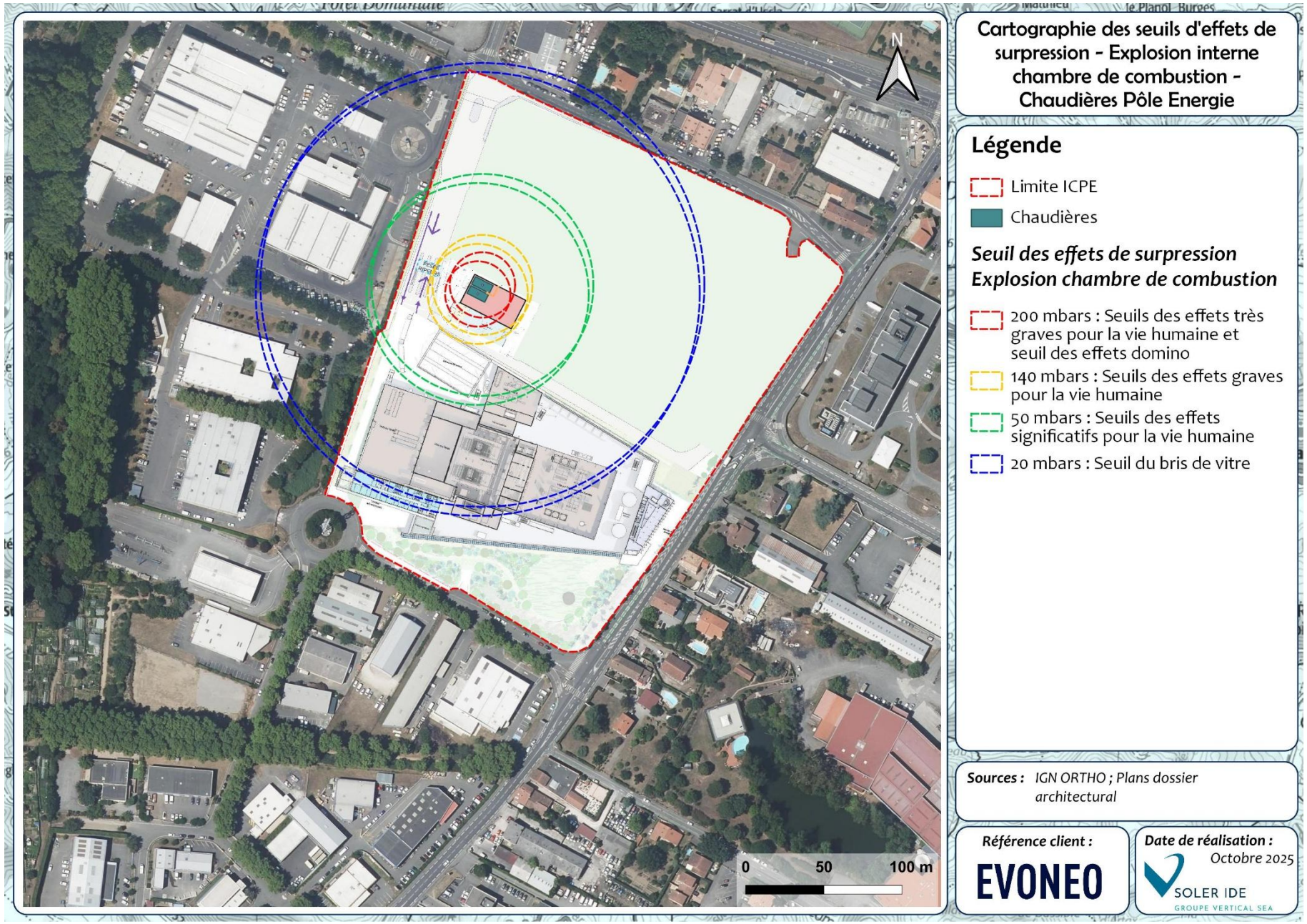

Cartographie des seuils d'effets de surpression - Eclatement four par effet domino de l'éclatement d'une bouteille de gaz (butane ou propane)
Légende
Limite ICPE
Fours
Seuil des effets de surpression Explosion fours
200 mbars : Seuils des effets très graves pour la vie humaine et seuil des effets domino NON ATTEINT
140 mbars : Seuils des effets graves pour la vie humaine NON ATTEINT
50 mbars : Seuils des effets significatifs pour la vie humaine
20 mbars : Seuil du bris de vitre
N
0
50
100 m
Sources : IGN ORTHO ; Plans dossier architectural
Référence client :
EVONEO
Date de réalisation :
Octobre 2025
SOLER IDE
GROUPE VERTICAL SEA

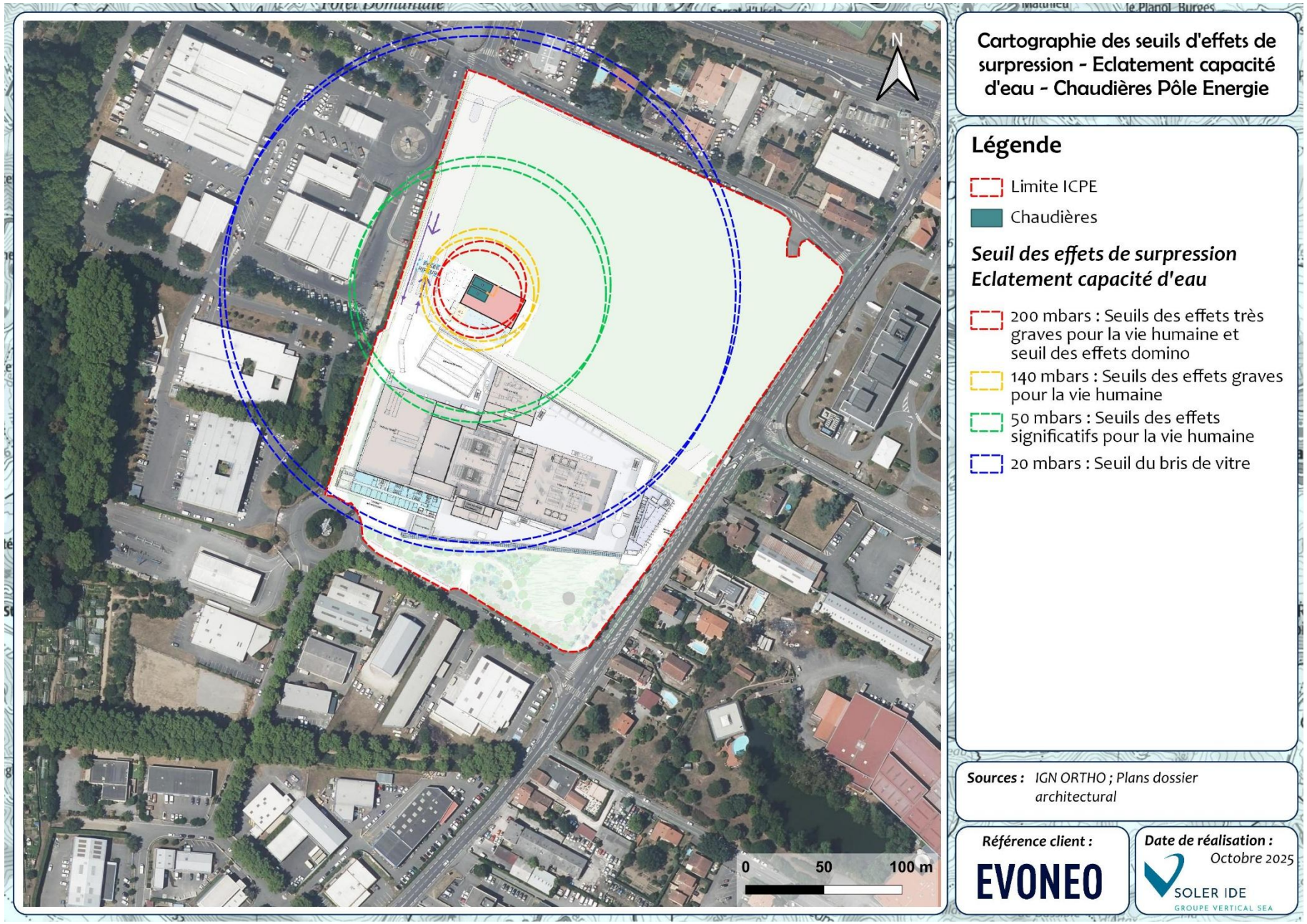

Cartographie des seuils d'effets de surpression - Explosion suite fuite canalisation de gaz
Légende
Limite ICPE
Canalisation aérienne de gaz naturel
Seuil des effets de surpression Explosion ATEX fuite de gaz
200 mbars : Seuils des effets très graves pour la vie humaine et seuil des effets domino
140 mbars : Seuils des effets graves pour la vie humaine
50 mbars : Seuils des effets significatifs pour la vie humaine
20 mbars : Seuil du bris de vitre
N
0
50
100 m
Sources : IGN ORTHO ; Plans dossier architectural
Référence client :
EVONEO
Date de réalisation :
Octobre 2025
SOLER IDE
GROUPE VERTICAL SEA


Cartographie des seuils d'effets de surpression - Explosion interne fours
Légende
Limite ICPE
Fours
Seuil des effets de surpression Explosion fours
200 mbars : Seuils des effets très graves pour la vie humaine et seuil des effets domino
140 mbars : Seuils des effets graves pour la vie humaine
50 mbars : Seuils des effets significatifs pour la vie humaine
20 mbars : Seuil du bris de vitre
N
0
50
100 m
Sources : IGN ORTHO ; Plans dossier architectural
Référence client :
EVONEO
Date de réalisation :
Octobre 2025
SOLER IDE
GROUPE VERTICAL SEA


Cartographie des seuils d'effets de surpression - Eclatement ballon chaudière
Légende
Limite ICPE
Ballon d'eau
Seuil des effets de surpression Eclatement ballon
200 mbars : Seuils des effets très graves pour la vie humaine et seuil des effets domino
140 mbars : Seuils des effets graves pour la vie humaine
50 mbars : Seuils des effets significatifs pour la vie humaine
20 mbars : Seuil du bris de vitre
N
0
50
100 m
Sources : IGN ORTHO ; Plans dossier architectural
Référence client :
EVONEO
Date de réalisation :
Octobre 2025
SOLER IDE
GROUPE VERTICAL SEA


Cartographie des seuils d'effets de surpression - Explosion suite fuite canalisation de gaz - Pôle Energie
Légende
Limite ICPE
Canalisation aérienne de gaz naturel
Chaudières Pôle Energie
Chaufferie Pôle Energie
Seuil des effets de surpression
Explosion ATEX fuite de gaz 60s
200 mbars : Seuils des effets très graves pour la vie humaine et seuil des effets domino
140 mbars : Seuils des effets graves pour la vie humaine
50 mbars : Seuils des effets significatifs pour la vie humaine
20 mbars : Seuil du bris de vitre
Explosion local chaufferie
200 mbars : Seuils des effets très graves pour la vie humaine et seuil des effets domino
140 mbars : Seuils des effets graves pour la vie humaine
50 mbars : Seuils des effets significatifs pour la vie humaine
20 mbars : Seuil du bris de vitre
N
0
50
100 m
Sources : IGN ORTHO ; Plans dossier architectural
Référence client :
EVONEO
Date de réalisation :
Octobre 2025
SOLER IDE
GROUPE VERTICAL SEA


Cartographie des seuils d'effets de surpression - Explosion interne chambre de combustion - Chaudières Pôle Energie
Légende
Limite ICPE
Chaudières
Seuil des effets de surpression Explosion chambre de combustion
200 mbars : Seuils des effets très graves pour la vie humaine et seuil des effets domino
140 mbars : Seuils des effets graves pour la vie humaine
50 mbars : Seuils des effets significatifs pour la vie humaine
20 mbars : Seuil du bris de vitre
N
0
50
100 m
Sources : IGN ORTHO ; Plans dossier architectural
Référence client :
EVONEO
Date de réalisation :
Octobre 2025
SOLER IDE
GROUPE VERTICAL SEA


Cartographie des seuils d'effets de surpression - Eclatement capacité d'eau - Chaudières Pôle Energie
Légende
Limite ICPE
Chaudières
Seuil des effets de surpression Eclatement capacité d'eau
200 mbars : Seuils des effets très graves pour la vie humaine et seuil des effets domino
140 mbars : Seuils des effets graves pour la vie humaine
50 mbars : Seuils des effets significatifs pour la vie humaine
20 mbars : Seuil du bris de vitre
N
0
50
100 m
Sources : IGN ORTHO ; Plans dossier architectural
Référence client :
EVONEO
Date de réalisation :
Octobre 2025
SOLER IDE
GROUPE VERTICAL SEA

# 8 ANNEXES

**ANNEXE 1 NOTE DE CALCUL FLUMILOG ..... 76**
**ANNEXE 2 NOTES DE CALCUL PROJEX – BOUTEILLES DE GAZ ..... 77**
**ANNEXE 3 NOTES DE CALCUL PROJEX – UNITE D'INCINERATION ..... 78**
**ANNEXE 4 NOTES DE CALCUL PROJEX – POLE ENERGIE ..... 79**

# 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 :** | **BordesC** |
| **Société :** | **SOLER IDE** |
| **Nom du Projet :** | **Fosse-NUTEV_REI360_V2** |
| **Cellule :** | **Fosse OMR** |
| **Commentaire :** | **Murs béton armé 40cm min** |
| **Création du fichier de données d'entrée :** | **24/10/2025 à11:46:57avec l'interface graphique v. 6.2.4.1** |
| **Date de création du fichier de résultats :** | **09/07/25** |

# I. DONNEES D'ENTREE :

## Donnée Cible

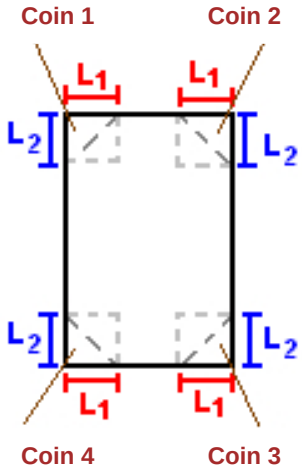
**Hauteur de la cible :** 3,8 m

## Données murs entre cellules

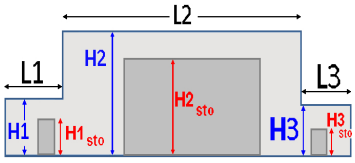
**REI C1/C2 :** 1 min

## Géométrie Cellule1

| Nom de la Cellule :Cellule n°1 | | | |
|---|---|---|---|
| Longueur maximum de la cellule (m) | 38,0 | | |
| Largeur maximum de la cellule (m) | 13,0 | | |
| Hauteur maximum de la cellule (m) | 22,8 | | |
| 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 |



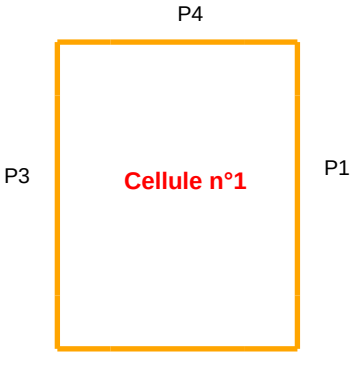

| Hauteur complexe | | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| L (m) | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| H (m) | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| H sto (m) | 0,0 | 0,0 | 0,0 |




## Toiture

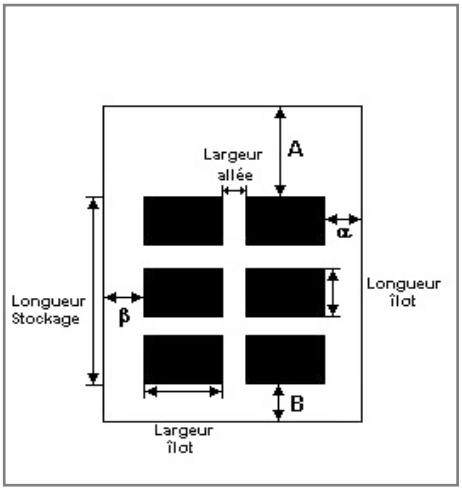
| | |
|---|---|
| Résistance au feu des poutres (min) | 15 |
| Résistance au feu des pannes (min) | 15 |
| Matériaux constituant la couverture | metallique multicouches |
| Nombre d'exutoires | 2 |
| Longueur des exutoires (m) | 3,0 |
| Largeur des exutoires (m) | 2,0 |

## Parois de la cellule : Cellule n°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) | 360 | 360 | 1 | 360 |
| E(i) : Etanchéité aux gaz (min) | 360 | 360 | 1 | 360 |
| I(i) : Critère d'isolation de paroi (min) | 360 | 360 | 1 | 360 |
| Y(i) : Résistance des Fixations (min) | 360 | 360 | 1 | 360 |

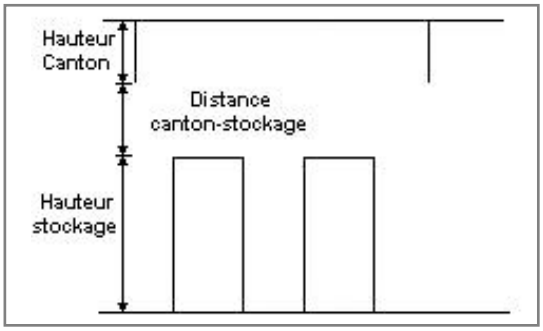
## Stockage de la cellule : Cellule n°1




| | | |
|---|---|---|
| **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** | **13,0** | **m** |
| **Longueur des îlots** | **38,0** | **m** |
| **Hauteur des îlots** | **13,5** | **m** |
| **Largeur des allées entre îlots** | **0,0** | **m** |

## Palette type de la cellule Cellule n°1

***Dimensions Palette***

| | | |
|---|---|---|
| **Longueur de la palette :** | **1,0** | **m** |
| **Largeur de la palette :** | **1,0** | **m** |
| **Hauteur de la palette :** | **2,7** | **m** |
| **Volume de la palette :** | **2,7** | **$m^3$** |
| **Nom de la palette :** | **OMR** | |

**Poids total de la palette :** **1197,0** **kg**

***Composition de la Palette (Masse en kg)***

| Bois | PE | Carton | Coton | Synthétique | Eau | Verre |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 272,7 | 198,3 | 198,3 | 24,8 | 93,8 | 272,7 | 74,4 |

| Aluminium | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 62,0 | 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 :** | **112,6** | **min** |
| **Puissance dégagée par la palette :** | **647,9** | **kW** |

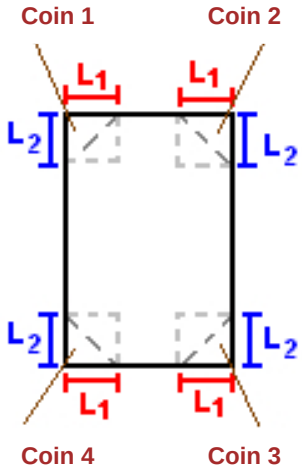
# I. DONNEES D'ENTREE :

## Donnée Cible

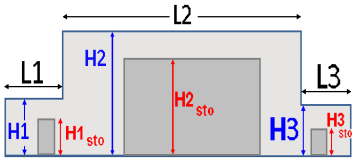
**Hauteur de la cible : 3,8 m**

## Géométrie Cellule2

| Nom de la Cellule :Cellule n°2 | | | |
|---|---|---|---|
| Longueur maximum de la cellule (m) | 38,0 | | |
| Largeur maximum de la cellule (m) | 7,0 | | |
| Hauteur maximum de la cellule (m) | 22,8 | | |
| 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 |



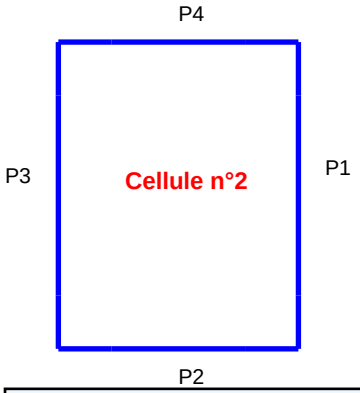

| Hauteur complexe | | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| L (m) | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| H (m) | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| H sto (m) | 0,0 | 0,0 | 0,0 |




## Toiture

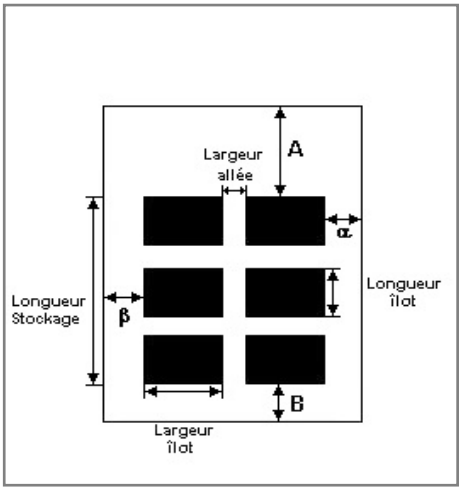
| | |
|---|---|
| Résistance au feu des poutres (min) | 15 |
| Résistance au feu des pannes (min) | 15 |
| Matériaux constituant la couverture | metallique multicouches |
| Nombre d'exutoires | 1 |
| Longueur des exutoires (m) | 3,0 |
| Largeur des exutoires (m) | 2,0 |

## Parois de la cellule : Cellule n°2




| | Paroi P1 | Paroi P2 | Paroi P3 | Paroi P4 |
|---|---|---|---|---|
| Composantes de la Paroi | Monocomposante | Monocomposante | Multicomposante | 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 |
| | *Un seul type de paroi* | *Un seul type de paroi* | *Partie en haut à gauche* | *Un seul type de paroi* |
| Matériau | Beton Arme/Cellulaire | Beton Arme/Cellulaire | Beton Arme/Cellulaire | Beton Arme/Cellulaire |
| R(i) : Résistance Structure(min) | 1 | 360 | 360 | 360 |
| E(i) : Etanchéité aux gaz (min) | 1 | 360 | 360 | 360 |
| I(i) : Critère d'isolation de paroi (min) | 1 | 360 | 360 | 360 |
| Y(i) : Résistance des Fixations (min) | 1 | 360 | 360 | 360 |
| Largeur (m) | | | 19,0 | |
| Hauteur (m) | | | 20,8 | |
| | | | *Partie en haut à droite* | |
| Matériau | | | Beton Arme/Cellulaire | |
| R(i) : Résistance Structure(min) | | | 360 | |
| E(i) : Etanchéité aux gaz (min) | | | 360 | |
| I(i) : Critère d'isolation de paroi (min) | | | 360 | |
| Y(i) : Résistance des Fixations (min) | | | 360 | |
| Largeur (m) | | | 19,0 | |
| Hauteur (m) | | | 20,8 | |
| | | | *Partie en bas à gauche* | |
| Matériau | | | Beton Arme/Cellulaire | |
| R(i) : Résistance Structure(min) | | | 360 | |
| 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) | | | 19,0 | |
| Hauteur (m) | | | 2,0 | |
| | | | *Partie en bas à droite* | |
| Matériau | | | Beton Arme/Cellulaire | |
| R(i) : Résistance Structure(min) | | | 360 | |
| 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) | | | 19,0 | |
| Hauteur (m) | | | 2,0 | |

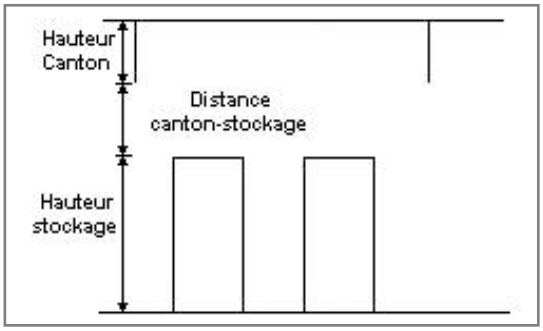
## Stockage de la cellule : Cellule n°2




| | | |
|---|---|---|
| **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** | **7,0** | **m** |
| **Longueur des îlots** | **38,0** | **m** |
| **Hauteur des îlots** | **2,0** | **m** |
| **Largeur des allées entre îlots** | **0,0** | **m** |

## Palette type de la cellule Cellule n°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 :** | **OMR** | |

**Poids total de la palette :** **560,0** **kg**

***Composition de la Palette (Masse en kg)***

| Bois | PE | Carton | Coton | Synthétique | Eau | Verre |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 123,2 | 89,6 | 89,6 | 11,2 | 61,6 | 123,2 | 33,6 |

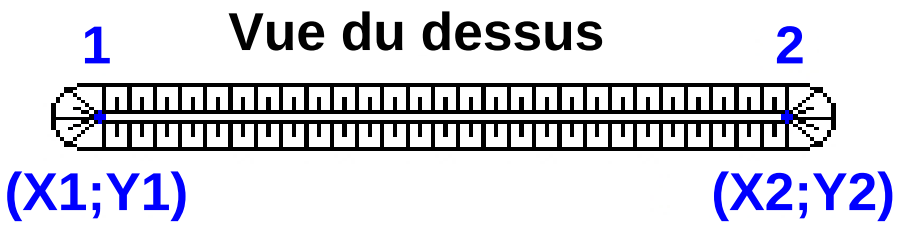
| Aluminium | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 28,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

| NC | NC | NC | NC |
|---|---|---|---|
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

***Données supplémentaires***

| | | |
|---|---|---|
| **Durée de combustion de la palette :** | **51,9** | **min** |
| **Puissance dégagée par la palette :** | **949,2** | **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 |

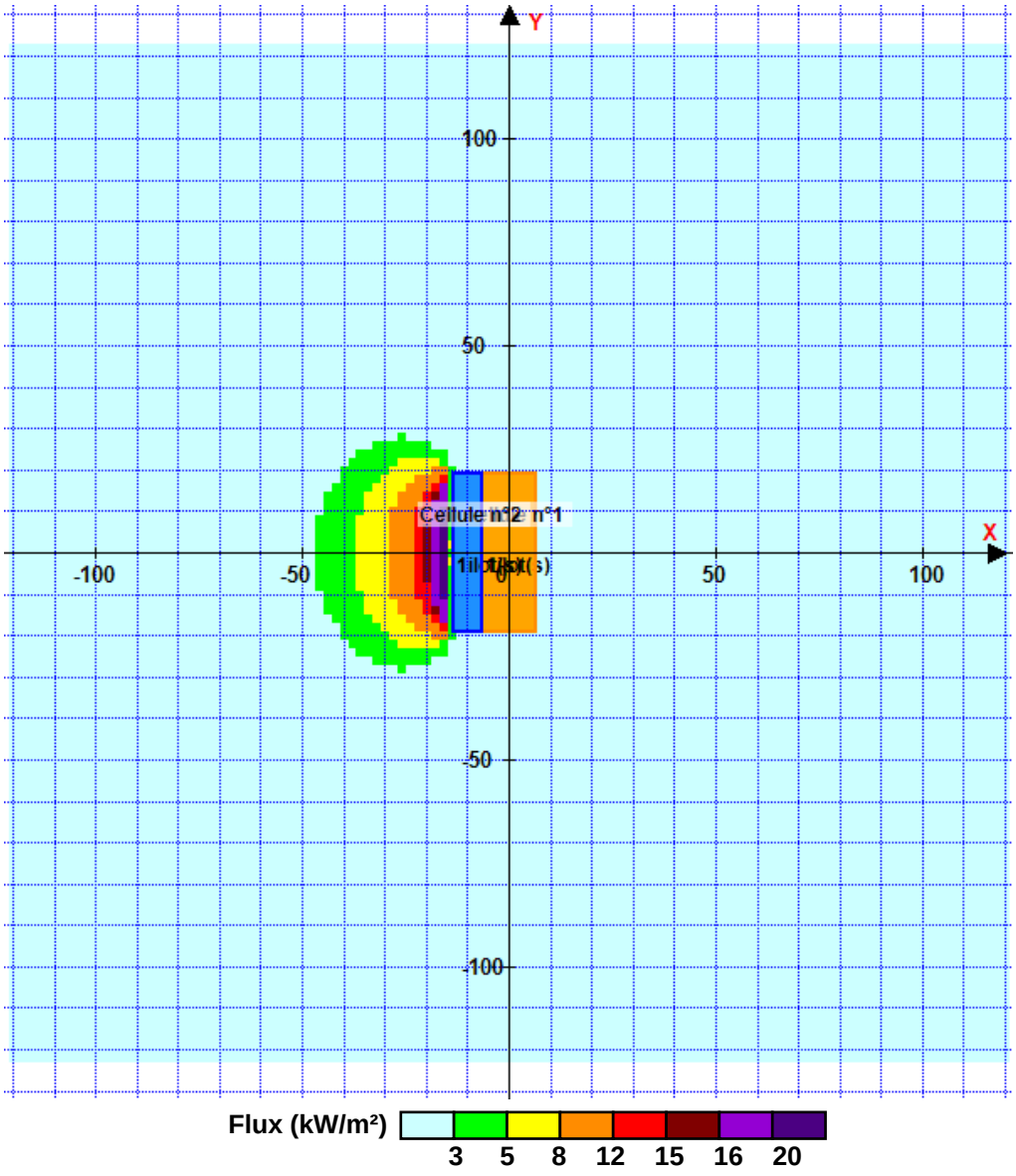
# II. RESULTATS :

**Départ de l'incendie dans la cellule :** **Cellule n°1**

**Durée de l'incendie dans la cellule : Cellule n°1** **346,0** **min**

**Durée de l'incendie dans la cellule : Cellule n°2** **73,0** **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 : Céline BORDES

# 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

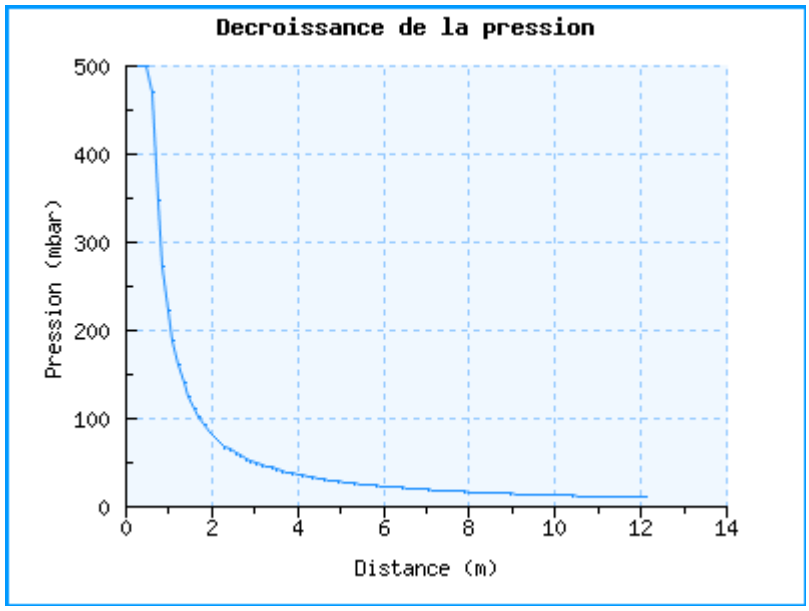
| Données | Valeurs | Unité |
|---|---|---|
| Rayon | **1** | m |
| Pression de choc | **4.22** | bar abs. |

### 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 : Céline BORDES

# Projex

Lire la description et les limites d'utilisation | Nouvelle Simulation

Résultats détaillés

## Résultats

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.

### 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 |

## Rappel des données d' entrée

### Phénomène modélisé: 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 : Céline BORDES

# Projex

Lire la description et les limites d'utilisation | Nouvelle Simulation

Résultats détaillés

## Résultats

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.

### 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 |

## Rappel des données d' entrée

### Phénomène modélisé: 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 : Céline BORDES

# Projex

Lire la description et les limites d'utilisation

Nouvelle Simulation

Résultats détaillés

## Résultats

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.

### 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 |

## Rappel des données d' entrée

### Phénomène modélisé: 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 : Céline BORDES

# Projex

Lire la description et les limites d'utilisation | Nouvelle Simulation

Résultats détaillés

## Résultats

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.

### 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 |

## Rappel des données d' entrée

### Phénomène modélisé: 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 : Céline BORDES

# 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

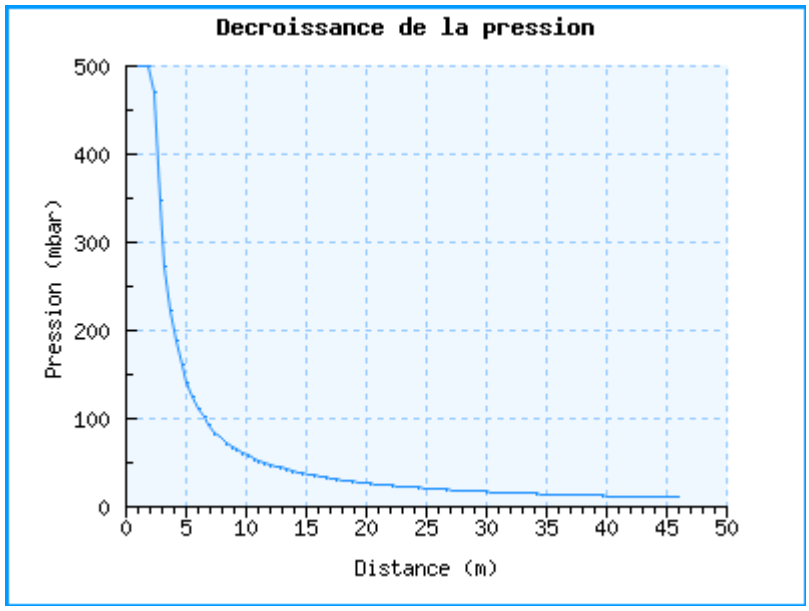
| Données | Valeurs | Unité |
|---|---|---|
| Rayon | **2** | m |
| Pression de choc | **6.67** | bar abs. |

### 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)
3. Eclatement du ballon d'eau chaude

Session : Céline BORDES

# 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 | **473** | $m^3$ |
| Masse de gaz dans le réservoir | **254** | 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 | **2.0867e+7** | J |

### Champ proche

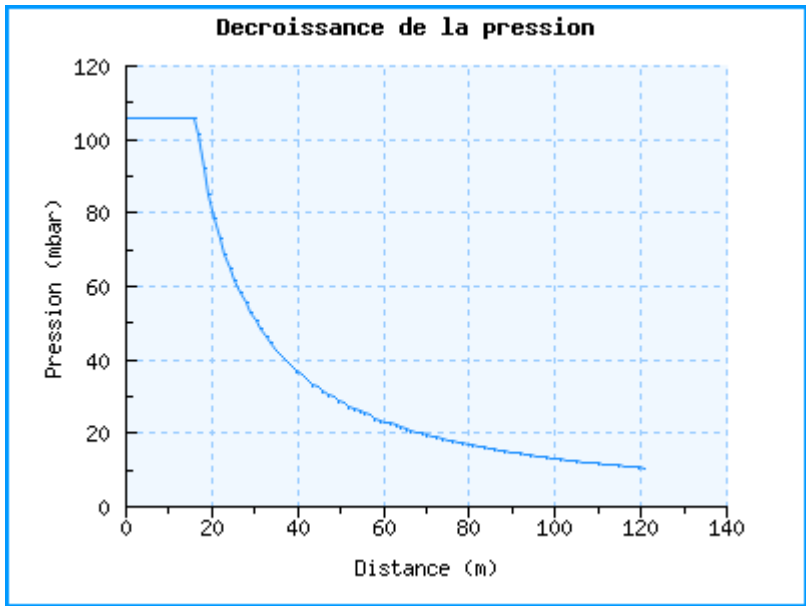
| Données | Valeurs | Unité |
|---|---|---|
| Rayon | **10** | m |
| Pression de choc | **1.12** | bar abs. |

### 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 | **61** | **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 | 10.2 | m |
| Diamètre du réservoir | 7.68 | m |
| Pression à la rupture | 1.18965 | 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 : Céline BORDES

# 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 | **473** | $m^3$ |
| Masse de gaz dans le réservoir | **564** | kg |
| Vitesse du son dans le gaz au moment de la rupture | **360** | m/s |
| Vitesse du son dans l'air | **341** | m/s |
| Energie | **2.7823e+7** | J |

### Champ proche

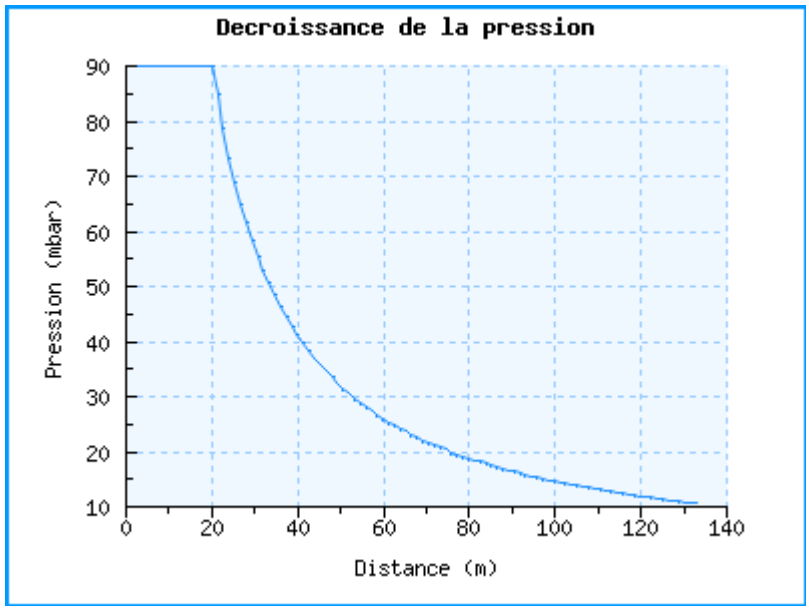
| Données | Valeurs | Unité |
|---|---|---|
| Rayon | **13** | m |
| Pression de choc | **1.1** | bar abs. |

### 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 | **67** | **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 | 10.2 | m |
| Diamètre du réservoir | 7.68 | m |
| Pression à la rupture | 1.18965 | 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

Session : Céline BORDES

# 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 | **23** | $m^3$ |
| Masse de gaz dans le réservoir | **2023** | kg |
| Vitesse du son dans le gaz au moment de la rupture | **588** | m/s |
| Vitesse du son dans l' air | **341** | m/s |
| Energie | **1.6259e+9** | J |

### Champ proche

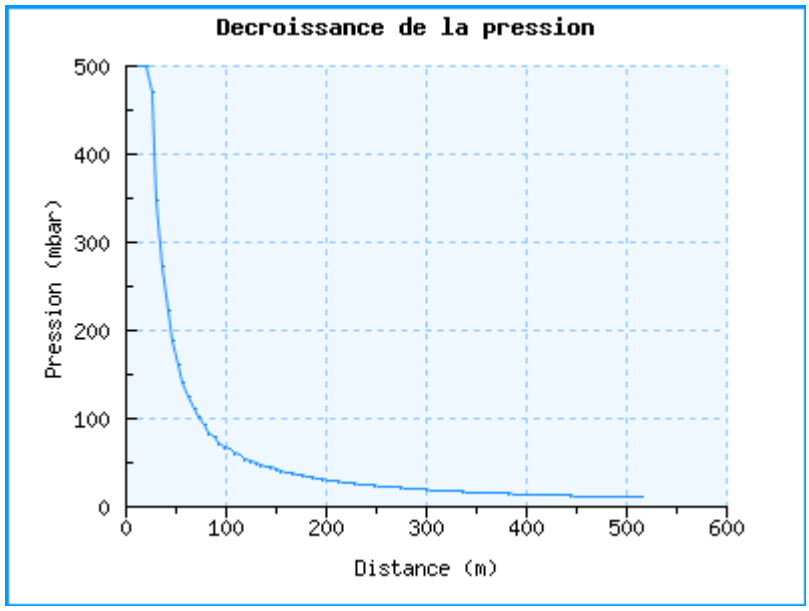
| Données | Valeurs | Unité |
|---|---|---|
| Rayon | **20** | m |
| Pression de choc | **16.8** | bar abs. |

### Champ lointain

#### Effets de surpression

| Effet | Distance (m) | Seuil | Unité |
|---|---|---|---|
| Effets létaux significatifs | **45** | **200** | mbar |
| Effets létaux | **57** | **140** | mbar |
| Effets irréversibles | **130** | **50** | mbar |
| Effets indirects par bris de vitre | **261** | **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 | 11.532 | m |
| Diamètre du réservoir | 1.58 | m |
| Pression à la rupture | 234 | Bar abs |

### Contenu du réservoir

| Données | Valeurs | Unité |
|---|---|---|
| Masse molaire du gaz | 18 | g/mol |
| Température du gaz au moment de la rupture | 566.15 | K |
| Rapport Cp/Cv du gaz | 1.324 | - |

### 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 4 NOTES DE CALCUL PROJEX – POLE ENERGIE

1. Explosion de la chambre de combustion (suite explosion interne de gaz)
2. Eclatement de la capacité d'eau

Session : Céline BORDES

# 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 | **200** | $m^3$ |
| Masse de gaz dans le réservoir | **238** | kg |
| Vitesse du son dans le gaz au moment de la rupture | **468** | m/s |
| Vitesse du son dans l'air | **341** | m/s |
| Energie | **6.6531e+7** | J |

### Champ proche

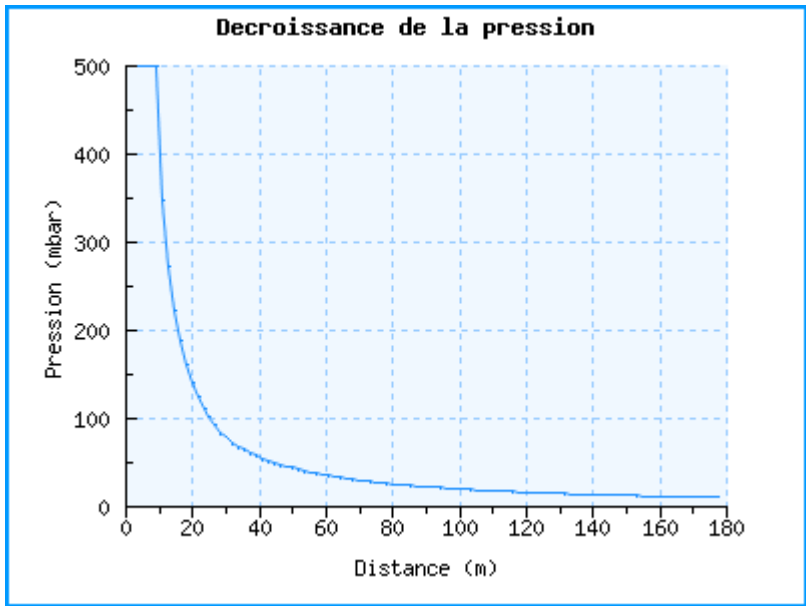
| Données | Valeurs | Unité |
|---|---|---|
| Rayon | **10** | m |
| Pression de choc | **1.51** | bar abs. |

### Champ lointain

#### Effets de surpression

| Effet | Distance (m) | Seuil | Unité |
|---|---|---|---|
| Effets létaux significatifs | **15** | **200** | mbar |
| Effets létaux | **20** | **140** | mbar |
| Effets irréversibles | **45** | **50** | mbar |
| Effets indirects par bris de vitre | **90** | **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 | 14 | m |
| Diamètre du réservoir | 4.26 | m |
| Pression à la rupture | 2.01325 | 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

Session : Céline BORDES

# 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 | **79** | $m^3$ |
| Masse de gaz dans le réservoir | **541** | kg |
| Vitesse du son dans le gaz au moment de la rupture | **588** | m/s |
| Vitesse du son dans l' air | **341** | m/s |
| Energie | **4.1178e+8** | J |

### Champ proche

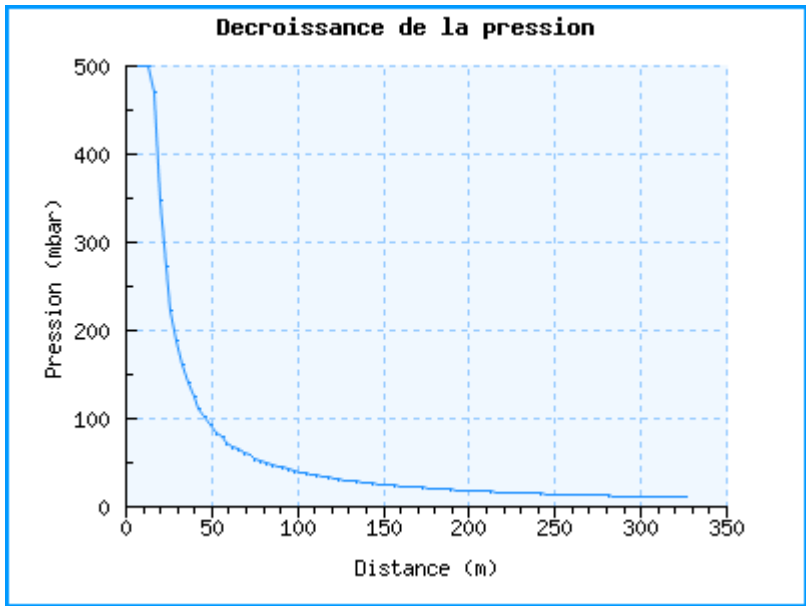
| Données | Valeurs | Unité |
|---|---|---|
| Rayon | **13** | m |
| Pression de choc | **5.49** | bar abs. |

### Champ lointain

#### Effets de surpression

| Effet | Distance (m) | Seuil | Unité |
|---|---|---|---|
| Effets létaux significatifs | **28** | **200** | mbar |
| Effets létaux | **36** | **140** | mbar |
| Effets irréversibles | **82** | **50** | mbar |
| Effets indirects par bris de vitre | **165** | **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 | 4 | m |
| Diamètre du réservoir | 5 | m |
| Pression à la rupture | 18 | Bar abs |

### Contenu du réservoir

| Données | Valeurs | Unité |
|---|---|---|
| Masse molaire du gaz | 18 | g/mol |
| Température du gaz au moment de la rupture | 566.15 | K |
| Rapport Cp/Cv du gaz | 1.324 | - |

### 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, SEPTEMBRE 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 TOULOUSE - DECOSET TOULOUSE (31)

**Interlocuteur client : INDELEC Sud-Ouest**
46 Avenue de la Source, Village d'Entreprise - 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 TOULOUSE - DECOSET TOULOUSE (31)

| Référence document |
|---|
| RGC 32 433 |

**RESUME :**

Ce document représente l'Analyse du Risque Foudre de la future **UVE TOULOUSE - DECOSET** en projet sur la commune de **TOULOUSE** dans le département de la **HAUTE GARONNE (31)**.

Il a été rédigé au terme de la mission qui nous a été confiée par la société **INDELEC** 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 | Approbateur | Révision |
|---|---|---|---|
| Nom : **Nicolas ALNET**<br>Société : RG Consultant<br>Date : 02/09/2025<br>Visa | Nom : **Bertrand LEROY**<br>Société : RG CONSULTANT<br>Date : 04/09/2025<br>Visa | Nom : **Damien FRANCOIS**<br>Société : INDELEC Sud-Ouest<br>Date : 05/09/2025<br>Visa | **A** |

**DIFFUSION :**

| SOLER IDE | INDELEC SUD-OUEST | RG CONSULTANT |
|---|---|---|
| Agence Occitanie<br>4 rue René Couzinet<br>31500 TOULOUSE<br>www.vertical-sea.com | 46 Avenue de la Source<br>Village d'Entreprise<br>33370 SALLEBOEUF<br>Tél. : +335 56 285 540<br>Email : sud-ouest@indelec.com | 333 cours du 3ème Millénaire<br>69800 SAINT-PRIEST<br>Bâtiment Le Pôle – 2ème étage<br>Tél. +33 (0)4 37 41 16 10<br>info@rg-consultant.com<br>www.rg-consultant.com |

**TABLE DES MODIFICATIONS**

| Rév | Chrono secrétariat | Date | Objet |
|---|---|---|---|
| A | RGC 32 433 | 02/09/2025 | Analyse du Risque Foudre |

**LISTE DES DOCUMENTS FOURNIS PAR SOLER IDE**

| INTITULE | Fournis | Référence / Auteur |
|---|---|---|
| Etude de Dangers, dossier ICPE ou Résumé non technique | Oui | 4_SUEZ-EVONEO_Etude de dangers_V2.0<br>EVONEO-UVE_Modelisation_PhD_V2.0 |
| Arrêté Préfectoral (Rubrique ICPE le cas échéant) | Oui | Liste des rubriques ICPE dans l'EDD |
| 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) | Non | |
| Synoptique Courant fort | Non | |
| Synoptique Courant faible | Non | |
| Plan de masse | Oui | Pôle Energie – Plan de masse Pièces principales<br>I_1_2.4_Plans archi<br>K004187_EFW_SUZ_GE_00_GAD_0001_PLAN MASSE |
| Plan de coupe | Oui | K004187_EFW_SUZ_GE_00_GAD_0005_B_COUPES LONGITUDINALES<br>K004187_EFW_SUZ_GE_00_GAD_0006_B_COUPES TRANSVERSALES |
| Plan des façades | Oui | Pôle Energie – Plan façade Ouest<br>Pôle Energie – Plan façade Nord<br>K004187_EFW_SUZ_GE_00_GAD_0007_C_VUES 3D_QUAI FOSSE<br>K004187_EFW_SUZ_GE_00_GAD_0011_B_VUE 3D_BATIMENT PROCESS |
| Plan de zonage ATEX | Non | |

***Tableau 1 : Liste des documents***

L'ARF ci-après a été réalisée selon les informations et plans fournis par **SOLER IDE & INDELEC**, commanditaires 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 ..... 12
2.3 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FORTS ..... 13
*2.3.1 Réseau Normal ..... 13*
*2.3.2 Réseau Secouru ..... 13*
*2.3.3 Réseau Ondulé ..... 13*
*2.3.4 Réseau photovoltaïque ..... 13*
2.4 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FAIBLES ..... 13
2.5 PROTECTION INCENDIE ..... 14
2.6 MISE A LA TERRE DES INSTALLATIONS ..... 14
2.7 CHEMINEMENT DES RESEAUX COURANTS FORTS ET FAIBLES GENERAUX DU SITE ..... 15
2.8 LISTE DES CANALISATIONS ENTRANTES ET SORTANTES ..... 16

**3. DOCUMENTS RÈGLEMENTAIRES ..... 17**

3.1 TEXTES REGLEMENTAIRES ..... 17
3.2 NORMES DE REFERENCES ..... 17

**4. MÉTHODOLOGIE ..... 18**

4.1 PRESENTATION GENERALE ..... 18
4.2 LIMITE DE L'A.R.F ..... 19
4.3 PRINCIPE DE L'ANALYSE PROBABILISTE : CALCUL DE R1 ..... 19

**5. NATURES DES ÉVÈNEMENTS REDOUTES ..... 22**

5.1 SITUATIONS REGLEMENTAIRES ..... 22
5.2 POTENTIELS DE DANGER ..... 23
5.3 ZONES A RISQUES D'EXPLOSION ..... 27
5.4 EVENEMENTS INITIATEURS ..... 28
5.5 MESURES DE MAITRISE DES RISQUES ..... 29
5.6 INSTALLATIONS A PRENDRE EN COMPTE DANS L'ANALYSE DE RISQUE FOUDRE ..... 30

**6. CALCULS PROBABILISTES DU RISQUE FOUDRE ..... 31**

6.1 DONNEES GENERALES ..... 31
6.2 POLE ENERGIE ..... 32
*6.2.1 Données et caractéristiques de la structure ..... 32*
*6.2.2 Données et caractéristiques des services ..... 33*

*6.2.3 Données et caractéristiques de la zone ..... 34*
*6.2.4 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine) ..... 38*
6.3 UVE TOULOUSE ..... 41
*6.3.1 Données et caractéristiques de la structure ..... 41*
*6.3.2 Données et caractéristiques des services ..... 42*
*6.3.3 Données et caractéristiques de la zone ..... 43*
*6.3.4 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine) ..... 47*
6.4 MAISON DES ENERGIES ..... 50
*6.4.1 Données et caractéristiques de la structure ..... 50*
*6.4.2 Données et caractéristiques des services ..... 51*
*6.4.3 Données et caractéristiques de la zone ..... 52*
*6.4.4 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine) ..... 56*
**7. SYNTHESE ..... 59**

# 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 construction d'une nouvelle unité de Valorisation énergétique **UVE TOULOUSE - DECOSET** basée sur la commune de **TOULOUSE**, 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).

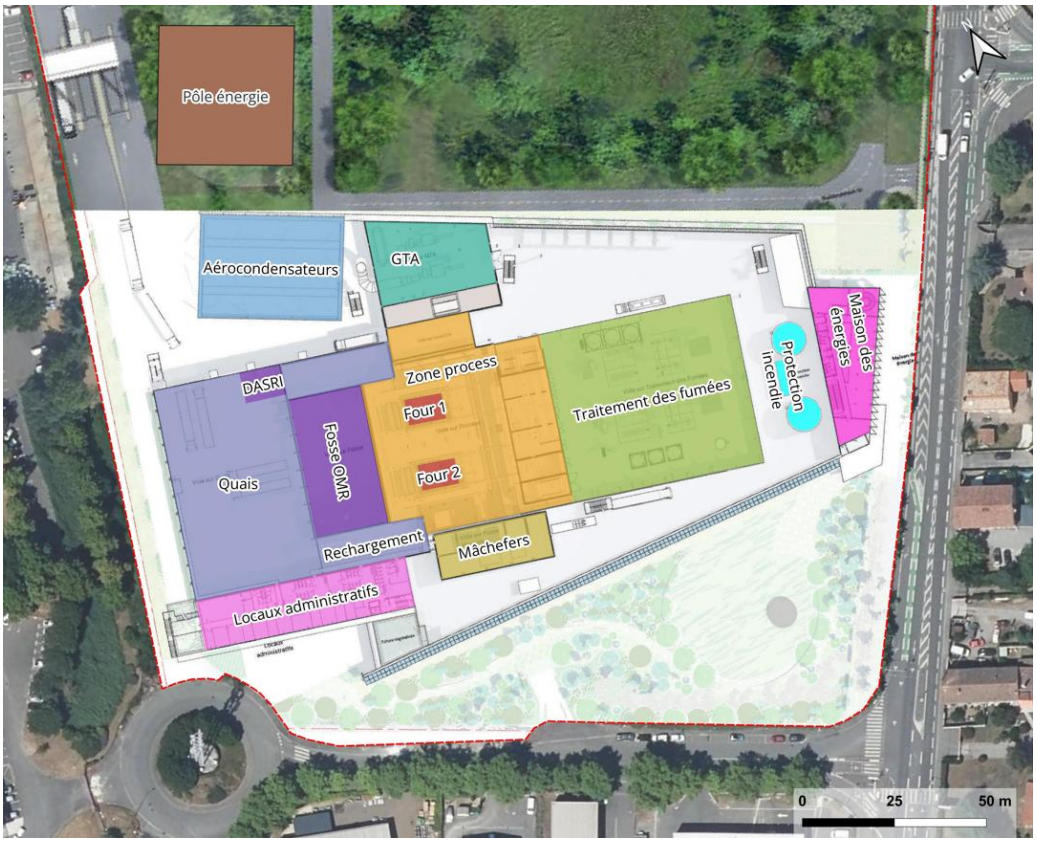
# 2. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU SITE

## 2.1 Généralités

Le Syndicat Mixte DECOSET, en charge de la valorisation des déchets ménagers et assimilés de l'aire toulousaine, a confié à EVONEO, filiale du groupe SUEZ et de la Banque des Territoires, le contrat de concession de l'UVE de Toulouse. Le contrat prévoit la construction d'une nouvelle UVE sur le site de l'UVE actuelle.
La future UVE disposera d'une capacité totale annuelle d'incinération de 240 000 t/an dont 6 000 t/an pour les déchets d'activités de soins à risques infectieux (DASRI).

Les ouvrages à réaliser sont les suivants :

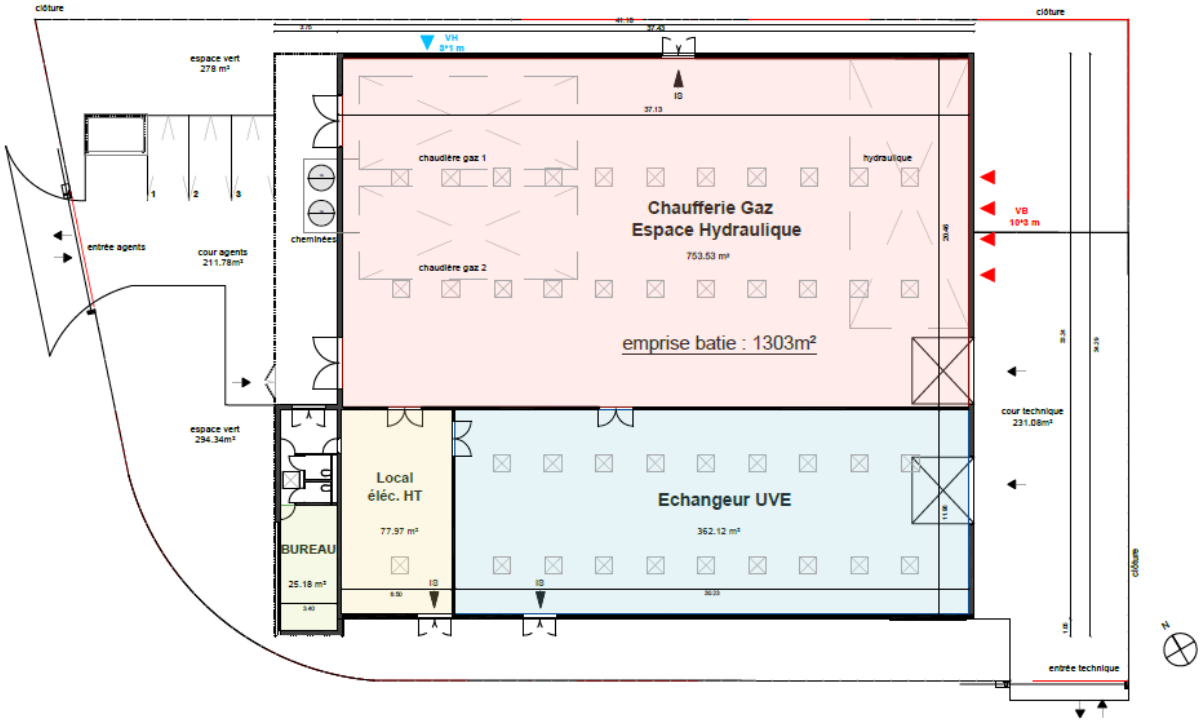
- Création d'un pôle Energie,
- Création d'une unité de valorisation composée :
  - D'une zone Process avec 2 fours,
  - D'une zone traitement des fumées,
  - D'une zone quais & fosse OMR,
  - D'une zone mâchefers
  - De Locaux administratifs,
  - D'aérocondenseurs,
  - D'une maison des énergies.



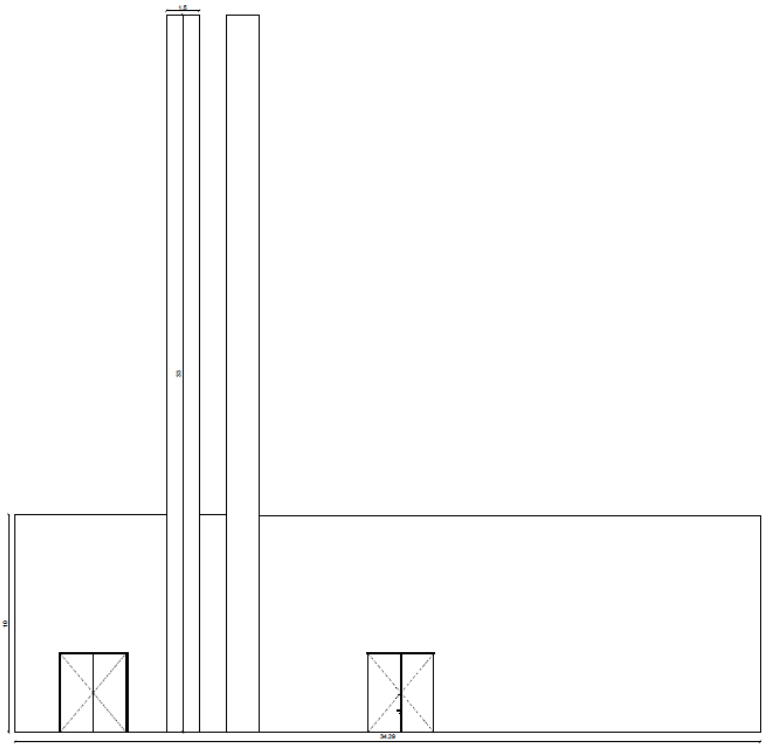

***Plan 1 : Extrait Plan général du site***

Suivant la construction des bâtiments, les calculs d'ARF seront réalisés pour le Pôle Energie, l'UVE et la Maison des Energies qui sera traitées à part du bâtiment UVE, puisqu'elle est séparée du reste de la structure de l'UVE.

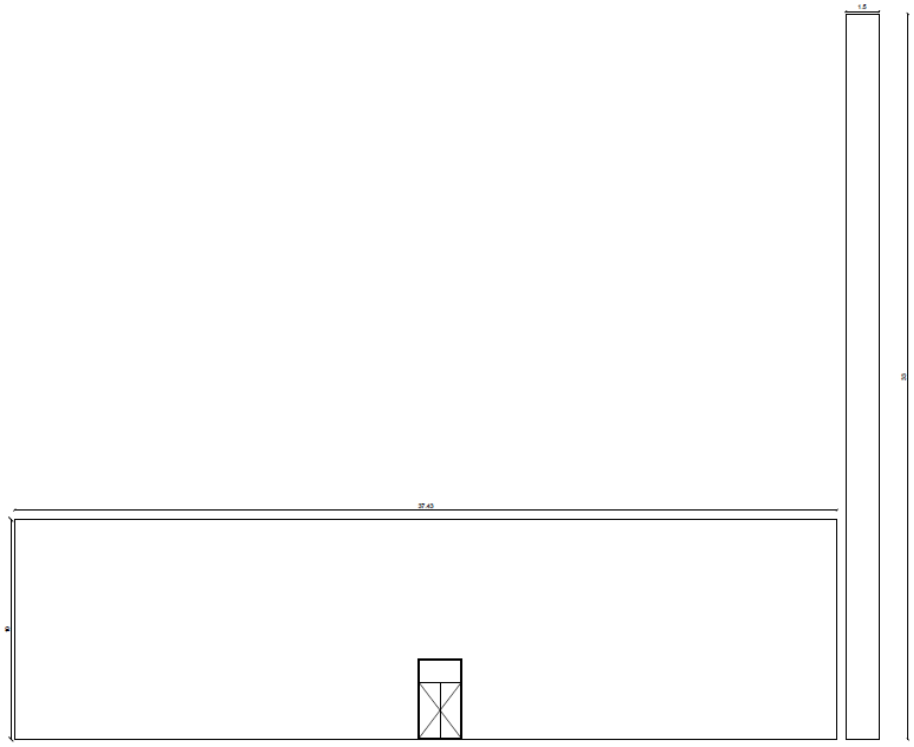
***Plan 2 : Plan de Masse- Extrait plan - i-1-2.4-Plans archi***




***Plan 3 : Plan de masse du Pôle Energie***

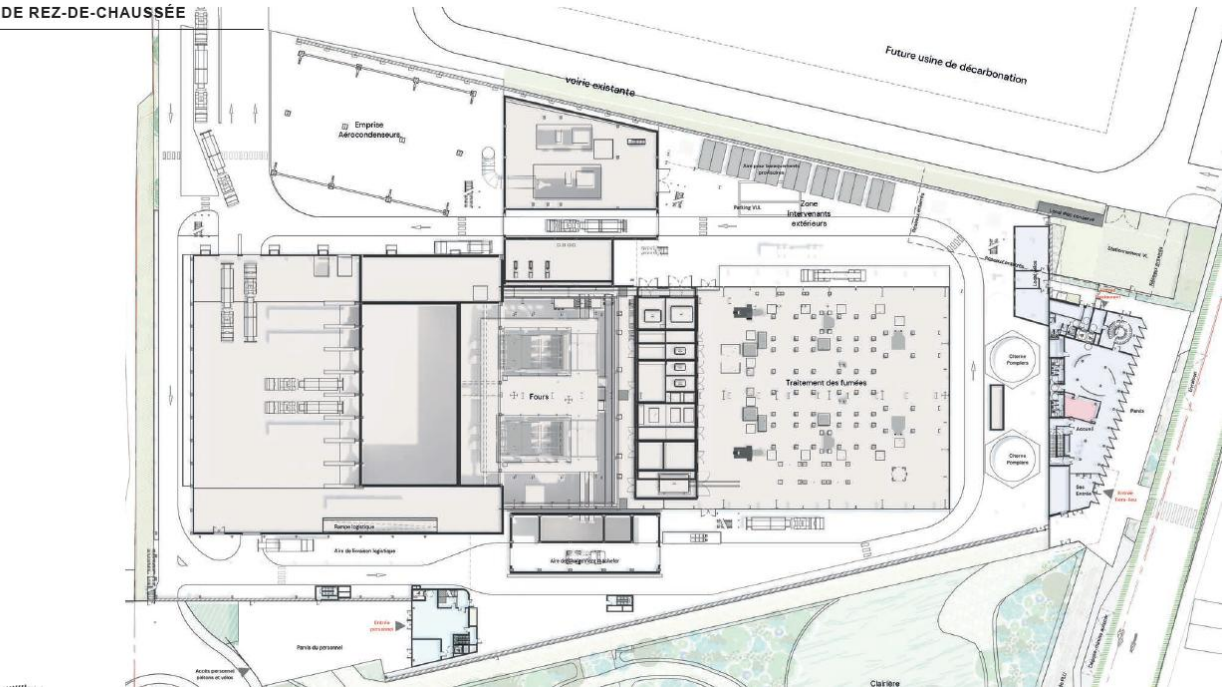


***Plan 4 : Pôle Energie Façade Ouest***

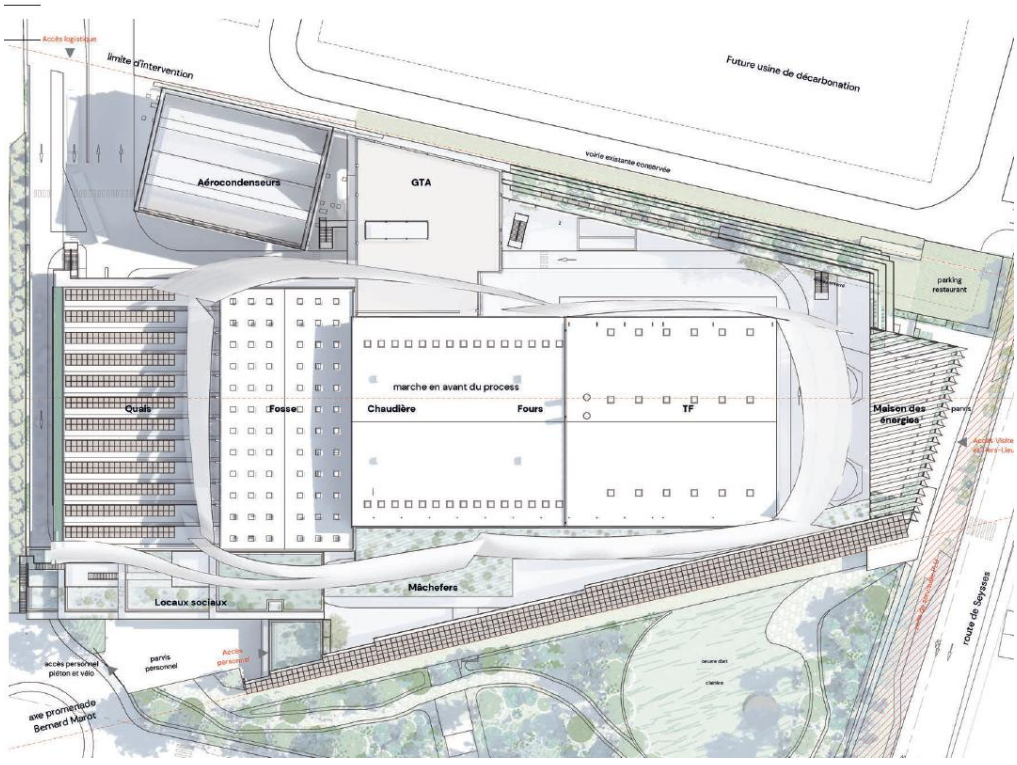


***Plan 5 : Pôle Energie Façade Nord***

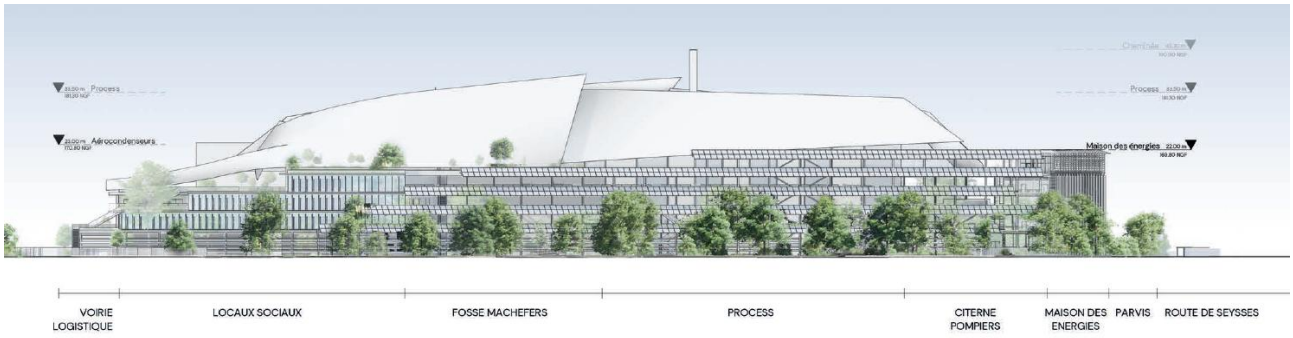
PLAN DE REZ-DE-CHAUSSÉE



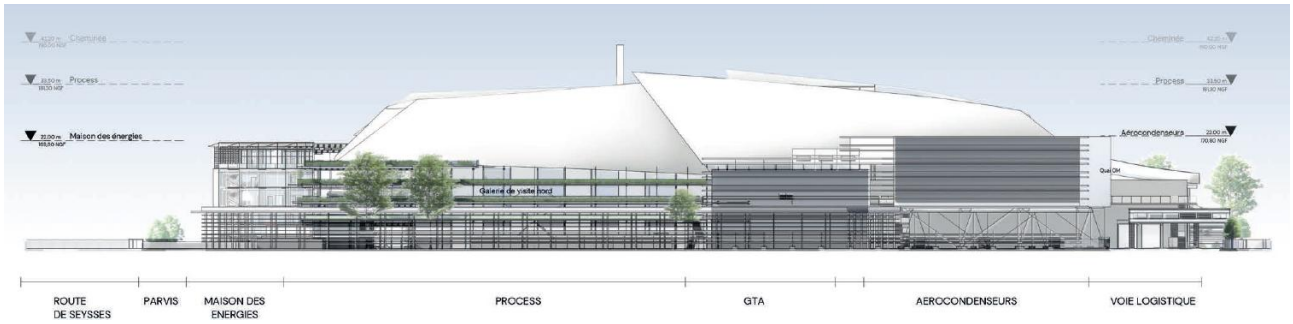

***Plan 6 : Rez de Chaussé - Extrait plan - i-1-2.4-Plans archi***



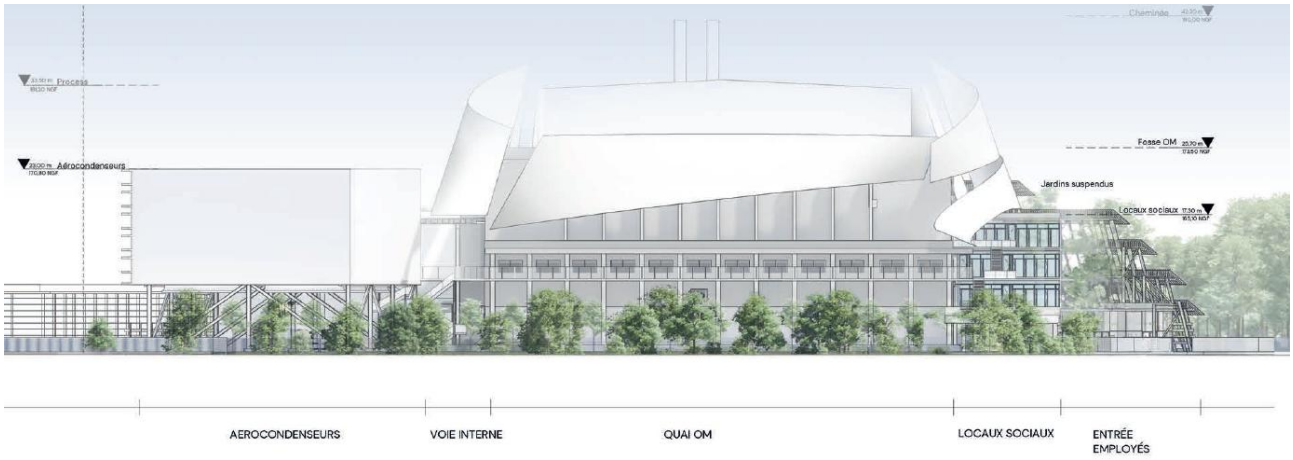

***Plan 7 : Plan de toiture - Extrait plan - i-1-2.4-Plans archi***



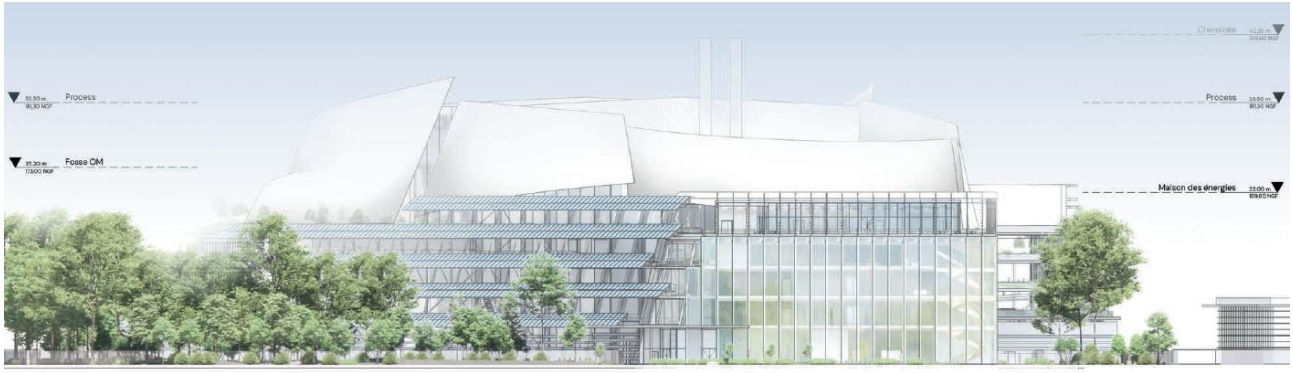

***Plan 8 : Façade Sud - Extrait plan - i-1-2.4-Plans archi***




***Plan 9 : Façade Nord - Extrait plan - i-1-2.4-Plans archi***

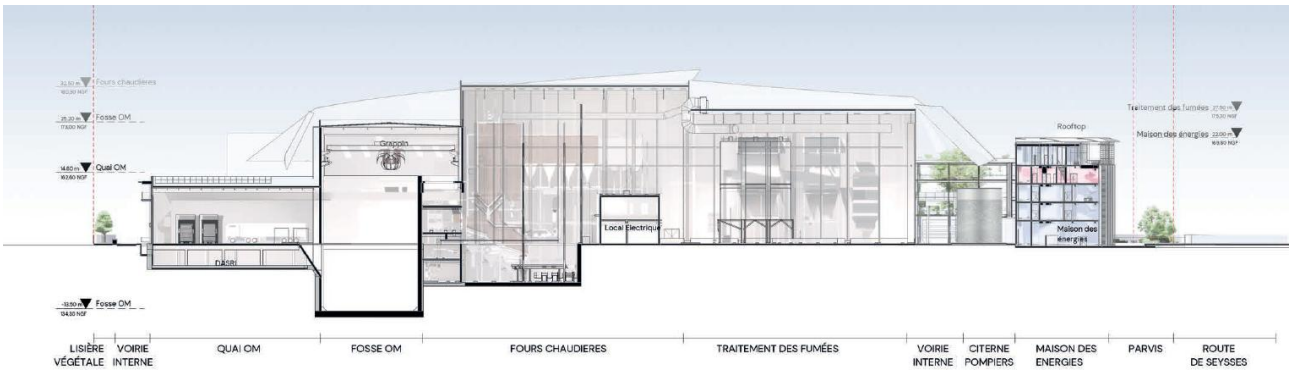



***Plan 10 : Façade Ouest - Extrait plan - i-1-2.4-Plans archi***

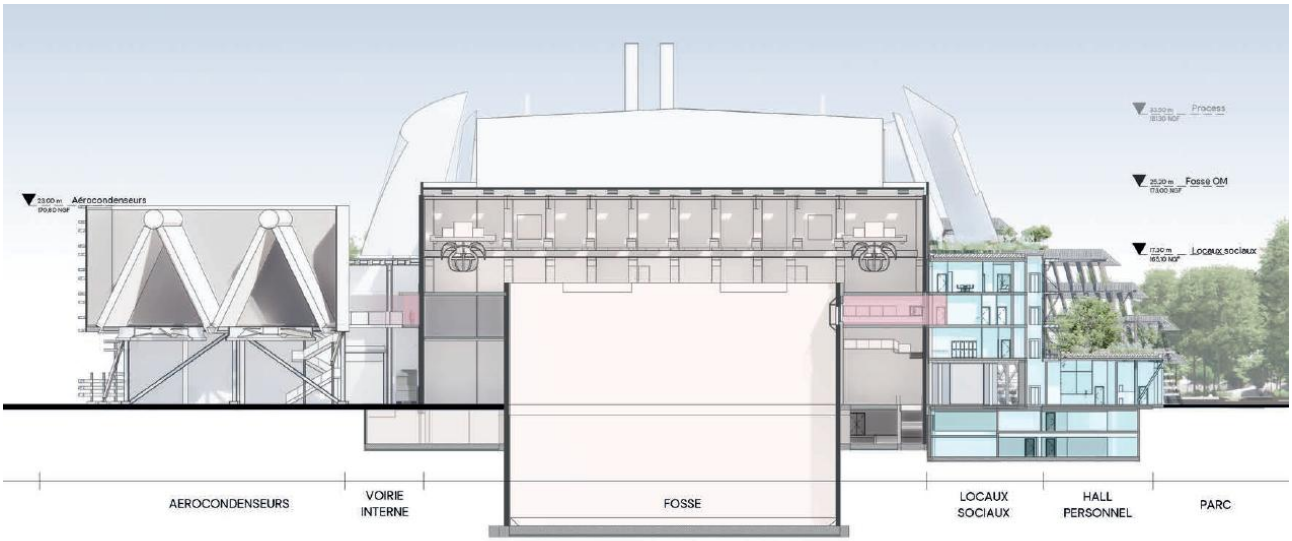



***Plan 11 : Façade Est - Extrait plan - i-1-2.4-Plans archi***

***Plan 12 : Vue aérienne Nord - Extrait plan - i-1-2.4-Plans archi***




***Plan 13 : Coupe longitudinale - Extrait plan - i-1-2.4-Plans archi***




***Plan 14 : Coupe transversale - Extrait plan - i-1-2.4-Plans archi***

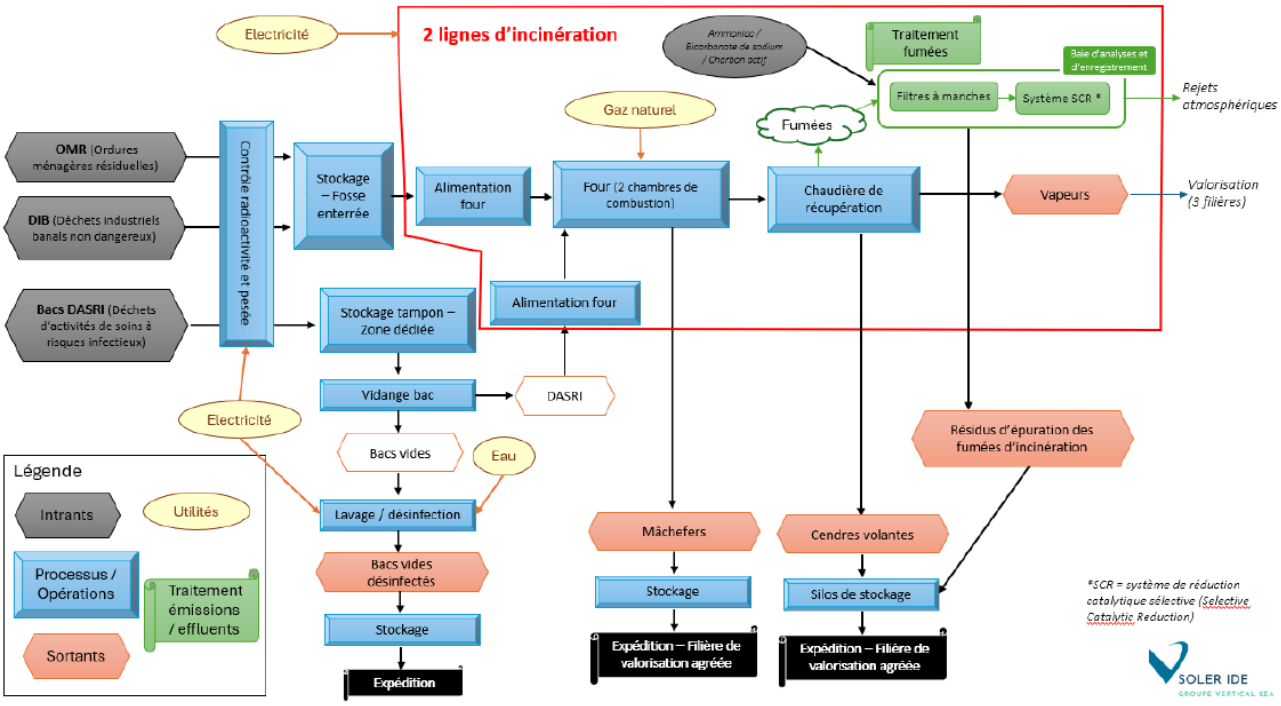
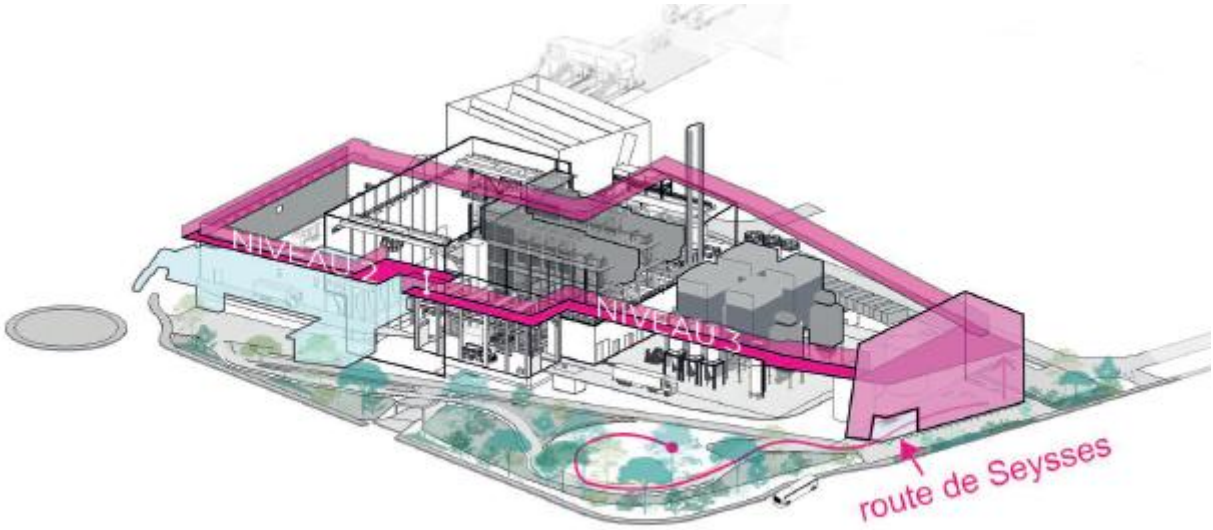



***Figure 1 : Schéma de fonctionnement simplifié de l'UVE - Extrait de l'EDD***

### 2.2 Personnel sur site

L'effectif du site ne nous a pas été communiqué.

Du personnel sera présent 24h/24 sur le site. Le site accueillera du public sur les zones de visites prévues à cet effet.




***Plan 15 : Axonométrie du Parcours de visite - Extrait plan - i-1-2.4-Plans archi***

### 2.3 Caractéristiques des courants forts

#### *2.3.1 Réseau Normal*

Le site sera alimenté en haute tension 20kV au travers un poste de transformation qui accueillera plusieurs transformateurs HT/BT. L'alimentation BT se fera depuis ces transformateurs pour alimenter l'ensemble de l'UVE.

Le pôle énergie aura sa propre alimentation HT qui arrivera dans le local électrique du bâtiment.

Le régime de neutre BT des installations ne nous a pas été communiqué.

#### *2.3.2 Réseau Secouru*

Un groupe électrogène de sécurité est prévu pour la mise en sécurité des installations.

#### *2.3.3 Réseau Ondulé*

Le site disposera d'un réseau ondulé sécurisant une partie des installations électriques du site, comme par exemples celles des équipements de sécurité (Liste non définie à ce stade de l'étude):

- Clapet de fermeture de la trémie d'alimentation du four,
- Système de contrôle-commande et de supervision.

Les systèmes de détection incendie, d'explosimètre, de détection de fumée seront secourues par batteries.

#### *2.3.4 Réseau photovoltaïque*

Des panneaux photovoltaïques seront mis en œuvre en toiture et façade Sud de la maison des Energies.

### 2.4 Caractéristiques des courants faibles

Le projet sera raccordé au réseau ORANGE via une ligne fibre souterraine qui arrivera dans le local CFA du projet. Sur le site, l'informatique et la gestion du process seront réalisées aux travers, différentes baies VDI, reliées entre elles par fibre optique et assurant en local le dispatching vers les équipements (Automates, ordinateurs…) par réseaux cuivre.

Les lignes de sécurité suivantes ont pu être identifiées :

- Téléphone de secours.
- Ligne report d'alarme intrusion/incendie vers société de télésurveillance.

Il existera également de la vidéo surveillance, avec caméras intérieures et extérieures. Ces caméras sont reliées sur les baies VDI situées à proximité. La technologie utilisée pour la vidéo surveillance, pour le report d'alarme (Réseau cuivre, ou fibre optique) n'est pas encore déterminée à ce stade de l'étude.

Pour rappel, la fibre n'étant pas impactable par la foudre, elle ne sera donc pas prise en compte dans cette étude.
Pour l'étude, une ligne courant faible entre chaque bâtiment sera prise en compte.

### 2.5 Protection incendie

Le site sera doté des moyens de protection et de prévention suivants :

- Extincteurs,
- Cuves Incendies,
- Désenfumage,
- Détection incendie, détecteur de fumée, avertisseurs sonores, déclencheurs manuels et automatiques…
- Centrale de détection incendie,
- Centrale de détection explosion,
- Equipiers de 1ere intervention sur le site,
- Extinction automatique par inertage du stockage de charbon actif,
- Extinction par buse de pulvérisation de la trémie d'alimentation,
- Clapet de fermeture de la trémie,
- Contrôle de la combustion (Débit de vapeur, de température, contrôle de l'oxygène, de la température du four, des débits d'airs primaires et secondaires…)

Du personnel de sécurité est présent en permanence sur le site et est en charge d'alerter les secours en cas d'accident.

### 2.6 Mise à la terre des installations

Le type de réseau de terre du site, fond de fouille, terre indépendante… n'est pas déterminée sur site à ce stade de l'étude.
Il existera sur l'installation électrique, un conducteur de liaison équipotentielle par le PE des câbles électriques, qui permettra l'interconnexion des différentes armoires électriques du site. Et on retrouvera, des liaisons équipotentielles supplémentaires installées entre les conducteurs de liaison équipotentielles principaux, et les masses métalliques de l'installation.

### 2.7 Cheminement des réseaux courants forts et faibles généraux du site

| Zone | Lignes connectées | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Nom | Longueur (m) | Relié à | Type |
| Pôle Energie | Alimentation HT | 240 | Poste de livraison existant | Souterrain |
| | Courant Faible / UVE | 150 | UVE | Souterrain |
| | Eclairage extérieur Pôle Energie | 250 | Eclairage extérieur | Souterrain |
| UVE TOULOUSE | Alimentation HT | 200 | Poste de livraison existant | Souterrain |
| | Courant Faible / Pôle Energie | 150 | Pôle Energie | Souterrain |
| | Courant Faible / Maison des Energies | 160 | Maison des Energies | Souterrain |
| | Alimentation Pont Bascule | 220 | Pont Bascule | Souterrain |
| | Courant Faible Pont Bascule | 220 | | Souterrain |
| | Eclairage extérieur UVE | 250 | Eclairage extérieur | Souterrain |
| Maison des Energies | Alimentation HT | 20 | Poste de livraison existant | Souterrain |
| | Courant Faible / UVE | 160 | UVE | Souterrain |
| | Arrivée Courant Faible (Si ligne cuivre) | 1000 | Liaison Orange | Souterrain |

***Tableau 2 : Réseaux***

Lorsque la longueur d'une section de service est inconnue, on estime que *Lc* =1000 m. Pour les éclairages extérieurs, nous sommes parties sur une distance moyenne de 250 m.

**NOTA :** Comme indiqué au § A.21 de la FAQ INERIS version 3.0 du 30/11/2023, Les panneaux photovoltaïques posés sur le toit n'engendrent pas de nouvelle liaison entrante (pour le calcul probabiliste) dans le bâtiment. La prise en compte des lignes entrantes photovoltaïques sera effectuée de manière déterministe.

### 2.8 Liste des canalisations entrantes et sortantes

| Zone | Nom | Nature | Mise à la terre |
|---|---|---|---|
| **Ensemble du site UVE TOULOUSE** | Canalisation Gaz | Métallique | A réaliser |
| | Canalisations Eaux Usées | Béton, PVC | Sans objet |
| | Canalisations Eaux Pluviales | PVC | Sans objet |
| | Canalisations AEP | PE / PEHD | Sans objet |
| | Canalisations Eaux Industrielles | Métallique ou PE, PEHD | A réaliser si métallique |
| | Canalisations Eau du Canal de Saint Martory | Métallique | A réaliser si métallique |
| | Canalisations CVC | Métallique | A réaliser si métallique |
| | Canalisations Process / Solution d'ammoniaque, Bicarbonate de sodium, Charbon Actif…) | Métallique ou PE, PEHD | A réaliser si métallique |
| | Canalisation Incendie (Mousse…) | Métallique ou PE, PEHD | A réaliser si métallique |

**Source :** Selon Retour d'expérience.

***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.

**Arrêté du 25 juin 1980** modifié relatif aux dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les **Etablissement Recevant du Public (ERP)**

## 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

Le déroulement de l'Analyse du Risque Foudre doit être conforme à la méthodologie développée dans l'Arrêté Ministériel du 4 octobre 2010 modifié et sa circulaire d'application et comme décrit dans la norme NF EN 62 305-2.

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 :

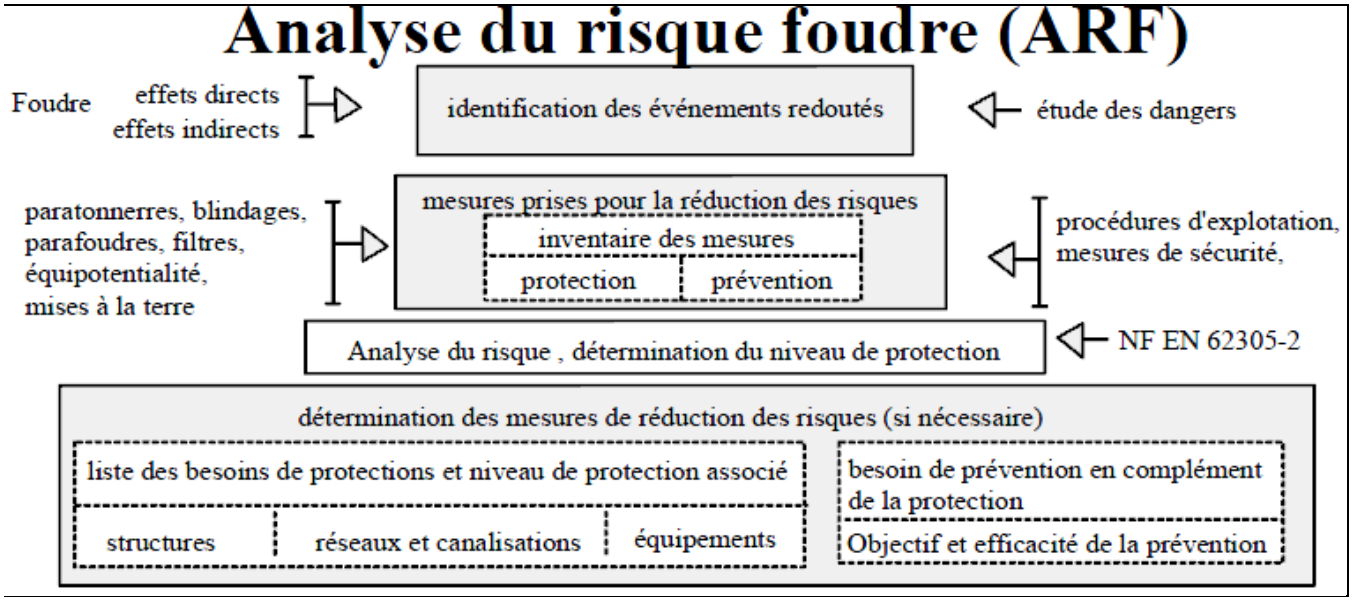



***Figure 2: Structure de l'Analyse de Risque Foudre***

### 4.2 Limite de l'A.R.F

Dans le cadre règlementaire de l'arrêté, seul le risque **R1** (perte de vie humaine) au sens de la norme NF EN 62305-2 est étudié.

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 :

$$R_x = N_x \times P_x \times L_x$$

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<br>- Equipotentialité par un réseau de terre maillé<br>- 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<br>- Ecran magnétique<br>- Cheminement des réseaux<br>**- Parafoudres associés ou coordonnés**<br>- 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 |
|---|---|---|
| **2770** | Installation de traitement thermique de déchets dangereux | Autorisation |
| **2771** | Installation de traitement thermique de déchets non dangereux | Autorisation |
| **3110** | Combustion de combustibles dans des installations d'une puissance thermique nominale totale égale ou supérieure à 50 MW | Autorisation |
| **3520-a** | Elimination ou valorisation dans des installations d'incinération des déchets ou des installations de co-incinération des déchets.<br>a : Capacité de traitement des déchets non dangereux supérieure à 3t/h | Autorisation |
| **3520-b** | Elimination ou valorisation dans des installations d'incinération des déchets ou des installations de co-incinération des déchets.<br>b : capacité de traitement des déchets dangereux supérieure à 10t/h | Autorisation |
| **2510.3** | Exploitation de carrière ou autre extraction de matériaux | Autorisation |
| **2716-1** | Installation de transit, regroupement, tri, ou préparation en vue de la réutilisation de déchets non dangereux non inertes | Enregistrement |
| **1435** | Stations- Service | En attente de classement ICPE Finalisé |
| **4734.2** | Produits pétrolier spécifiques et carburants de substitution | |

***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

Selon l'EDD, plusieurs scénarii d'accident majeurs ont été identifiés :

| Activités / Opérations | Equipements | Evènements initiateurs | Evènement redouté central | Phénomènes dangereux | N° Sc. |
|---|---|---|---|---|---|
| Transport gaz | Canalisation aérienne de gaz naturel (uniquement en façade du bâtiment chaufferie) | Usure, fatigue, corrosion<br>Agressions externes sur la tuyauterie (chocs de véhicules ...)<br>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 | Inflammation de l'ATEX – UVCE<br>Effet de surpression | 1.1 |
| | | | Fuite d'une canalisation de gaz naturel en présence d'une source d'inflammation – Inflammation immédiate | Feu torche<br>Effet thermique | 1.2 |
| | Canalisation intérieure d'alimentation chaudière | Usure, fatigue, corrosion<br>Surpression dans la tuyauterie de gaz suite à défaillance du détendeur<br>Sources d'ignition : engins, cigarettes, foudre, étincelles ... | Perte de confinement des tuyauterie gaz à l'intérieur du bâtiment (phase de démarrage GN des fours) – Inflammation immédiate | Inflammation retardée de l'ATEX – VCE<br>Effet de surpression | 2.1 |
| | | | | Feu torche<br>Effet thermique | 2.2 |
| Unité d'incinération | Fosse OMR | Sources d'ignition : engins, cigarettes, foudre, étincelles ...<br>Travaux de proximité<br>Défaillance systèmes sécurité<br>Effet domino d'un incendie | Départ de feu dans la fosse | Incendie généralisé des OMR dans la fosse<br>Effet thermique | 3.1 |
| Unité d'incinération Démarrage fours | Chambre de combustion / Brûleur | Excès ou défaut de gaz => Arrêt de la chaudière suite perte ou absence de flamme | Accumulation de gaz dans la chambre de combustion avant re-démarrage | Explosion de la chambre de combustion :<br>Effet de surpression | 3.2 |
| Chaudière | Ballon d'eau | Effet domino d'un incendie à proximité<br>Défaut de régulation de la pression | Surpression de la capacité d'eau (ballon d'eau pour chaudière à tubes d'eau) | BLEVE de la capacité d'eau :<br>Effet de surpression | 4 |

***Tableau 8 : Liste des scénarii d'accidents majeurs identifiés - Extrait Modélisation PhD***

En raison des activités, les potentiels de dangers redoutés sont donc les suivants :

- **Bâtiment Pôle Energie :**

| Phénomène dangereux redoutés | Application | Paramètre (Lfe) |
|---|---|---|
| Effets de surpression associés à l'explosion d'une substance | Oui | Concerné : Effets sortants du bâtiment |
| Inflammation d'un nuage de gaz en champ libre (UVCE) ou dans une zone encombrée (VCE), | Oui | Concerné : Effets sortants du bâtiment |
| Effets thermiques en cas de rupture ou fuite sur une canalisation calorifique ou sous pression | Oui | 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 |
| Une perte du réseau CVC | Non | Sans objet |
| Une perte de l'alimentation électrique ou du réseau de télécommunication | Oui | Sans objet |
| Risque pour l'homme en cas de surtension sur le réseau par manœuvre ou perturbation atmosphérique | Non | Sans objet |

***Tableau 9 : Phénomènes redoutés***

- **Bâtiment UVE :**

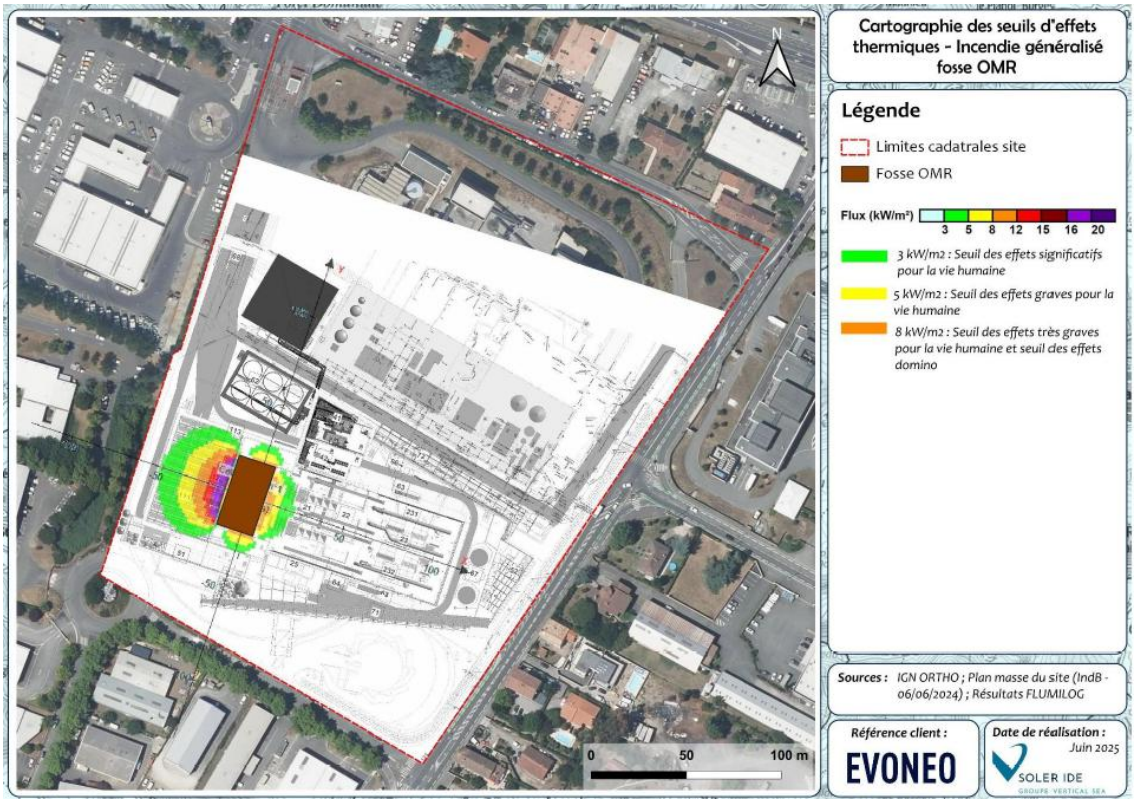
| Phénomène dangereux redoutés | Application | Paramètre (Lfe) |
|---|---|---|
| Effets de surpression associés à l'explosion d'une substance | Oui | Concerné : Effets sortants du site |
| Inflammation d'un nuage de gaz en champ libre (UVCE) ou dans une zone encombrée (VCE), | Oui | Concerné : Effets sortants du site |
| Effets thermiques en cas de rupture ou fuite sur une canalisation calorifique ou sous pression | Oui | 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 | Oui | Sans objet |
| Incendie | Oui | Concerné : Effets sortants du bâtiment |
| Une perte du réseau CVC | Non | Sans objet |
| Une perte de l'alimentation électrique ou du réseau de télécommunication | Oui | Sans objet |
| Risque pour l'homme en cas de surtension sur le réseau par manœuvre ou perturbation atmosphérique | Non | Sans objet |

***Tableau 10 : Phénomènes redoutés***

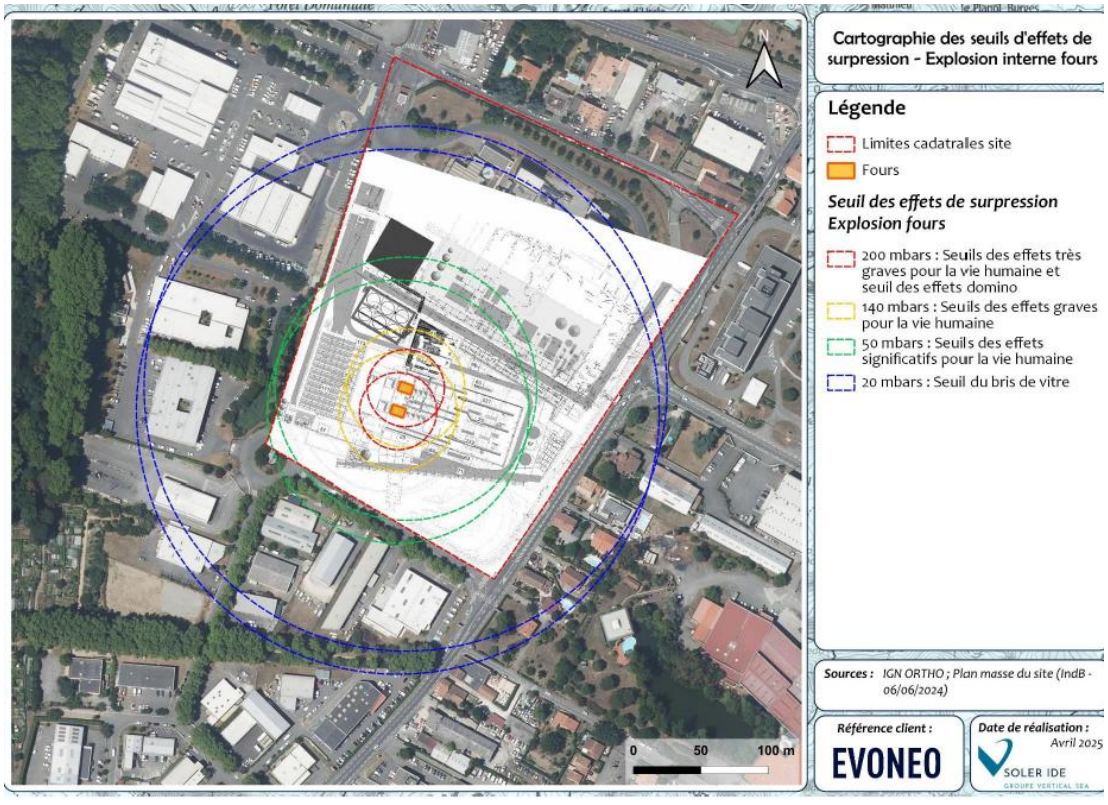
- **Bâtiment Maison des Energies :**

| Phénomène dangereux redoutés | Application | Paramètre (Lfe) |
|---|---|---|
| Effets de surpression associés à l'explosion d'une substance | Non | Sans objet |
| Inflammation d'un nuage de gaz en champ libre (UVCE) ou dans une zone encombrée (VCE), | Non | Sans objet |
| 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 | Non concerné Confiné à l'intérieur du bâtiment |
| Une perte du réseau CVC | Non | Sans objet |
| Une perte de l'alimentation électrique ou du réseau de télécommunication | Oui | Sans objet |
| Risque pour l'homme en cas de surtension sur le réseau par manœuvre ou perturbation atmosphérique | Non | Sans objet |

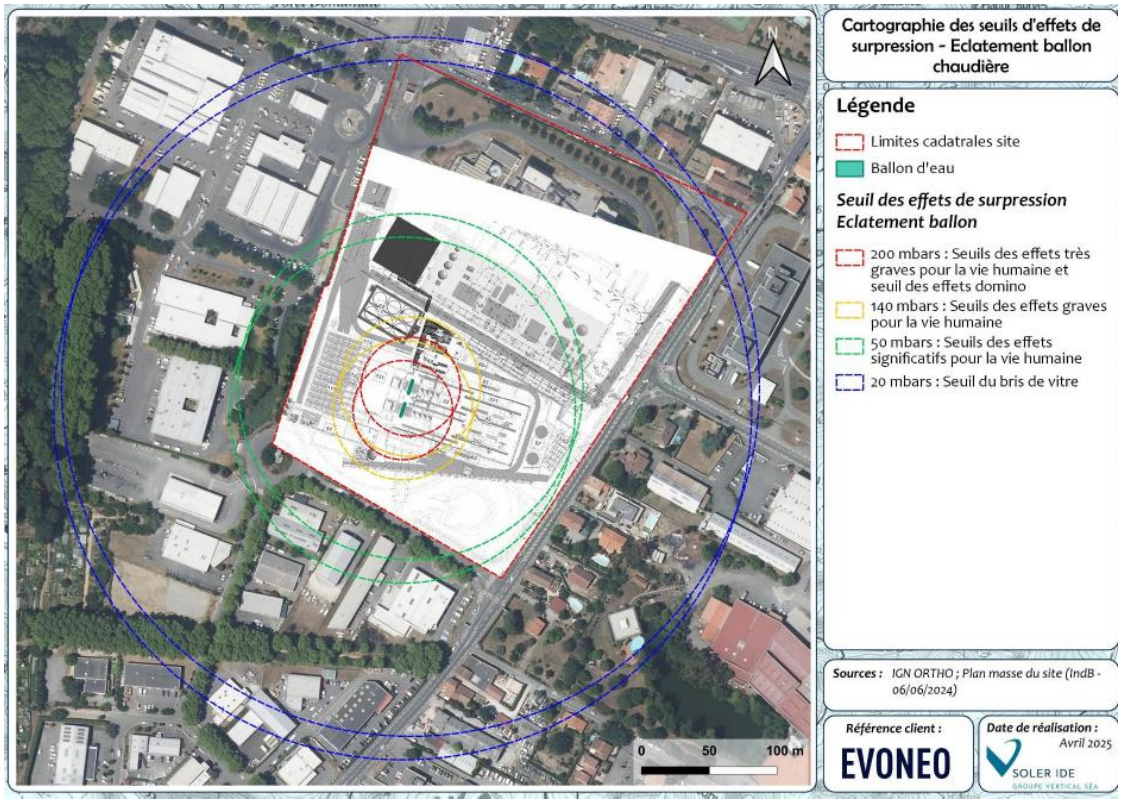
***Tableau 11 : Phénomènes redoutés***




***Plan 16 : Seuils d'effets Thermiques – Incendie généralisé de la fosse OMR – Extrait EDD***




***Plan 17 : Seuils des effets de surpression – Explosion interne des fours – Extrait EDD***




***Plan 18 : Seuils des effets de surpression – Eclatement ballon Chaudière – Extrait EDD***

### 5.3 Zones à risques d'explosion

Aucune zone ATEX Z0 ou Z20 ne peut 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 au sens de la NF EN 62 305.

Pour rappel, suivant la norme NF EN 62 305 :

- Pour un risque d'explosion lié à une zone ATEX 1 ou 21 en accord avec la réglementation, le risque retenu est un risque d'incendie élevé,
- Pour un risque d'explosion lié à une zone ATEX 2 ou 22 en accord avec la réglementation, le risque retenu est un risque d'incendie faible, sauf si la charge calorifique du bâtiment, indique un risque d'incendie supérieur.
- Pour un risque d'explosion lié à une zone ATEX 0 ou 20, le risque d'explosion est retenu, sauf si la zone est contenue dans une structure métallique d'épaisseur conforme à la NF EN 62305-3, ou si la zone ne peut être rencontrée à l'extérieur des installations. (Zone ne pouvant être directement impactable par la foudre).

Pour le site, il sera donc retenu un risque d'incendie élevé de l'UVE, par la présence de zones ATEX et par les déchets insérés dans l'UVE.

### 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.<br>La température de l'arc (32 433°) est très nettement supérieure aux températures d'inflammation et d'explosion.<br>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.<br>Il est aggravant si le point chaud fait tomber des particules en fusion vers des zones explosibles ou inflammables.<br>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.<br>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.<br>Il est aggravant pour tous les réservoirs ou les canalisations dont l'épaisseur est inférieure à 5 mm. |
| **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…<br>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.<br>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.<br>Il est dans tous les cas aggravant. |

***Tableau 12 : 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 |
| Cuve Incendie | Non |
| Centrale de détection incendie | Oui |
| Extinction automatique par inertage | Oui |
| Extinction automatique et manuelle Buse de pulvérisation | Oui |
| Clapet de fermeture de la trémie | Oui |
| Centrale de détection Explosion | Oui |
| Centrale de détection gaz | Oui sauf si sécurité positive (Sécurité positive si vanne de coupure sur arrivée de gaz normalement fermée) |
| Contrôle de la combustion | Oui |
| Report d'alarme | Oui |
| Onduleurs (si participe à l'installation de sécurité des personnes) | Oui |
| Vidéo-surveillance | Oui |
| Centrale de détection intrusion | Oui |
| Centrale de détection multi ponctuelle - Supervision | Oui |

***Tableau 13 : 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] |
|---|---|---|
| **Pôle Energie** | X | |
| **UVE TOULOUSE** | X | |
| **Maison de l'Energie** | *X* | |
| **Lignes entrantes Photovoltaïques** | | X |

***Tableau 14 : 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.

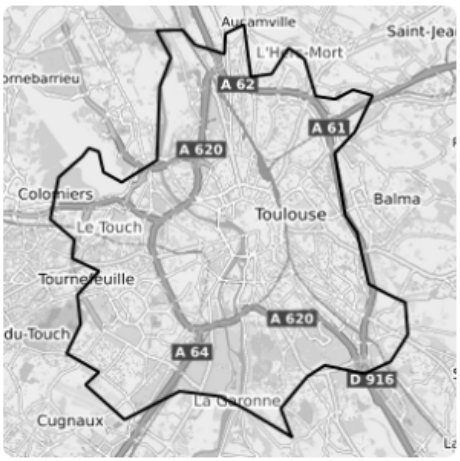
# 6. CALCULS PROBABILISTES DU RISQUE FOUDRE

## 6.1 Données générales

| DENOMINATION | VALEURS RETENUES |
|---|---|
| Densité moyenne de points de contact (Nsg) pour la commune de **TOULOUSE (31)** données fournies par la Météorage (voir carte ci -dessous) | **Nsg = 0,74** (coups de foudre / km² / an) |

***Tableau 15 : Données pour le calcul du risque foudre***

Résumé




Ville :
TOULOUSE (31555)

Superficie :
119,14 km²

Période d'analyse :
1 janvier 2015 - 31 décembre 2024

Statistiques de foudroiement

➜ $N_{SG}$ : 0,74 GSP/km²/an

Foudroiement Faible

Faible — Intense

< 0.67 Nsg — > 3.74 Nsg

Indice de confiance statistique : Excellent

L'intervalle de confiance à 95% est : [0,69 - 0,79].

➜ Nombre de jours d'orage : 19 jours par an

$N_{SG}$ : valeur normative de référence (NF EN 62858 – NF C 17-858)

Records

| | |
|---|---|
| Année record : | 2023 (1,73 GSP/km²/an) |
| Mois record : | Juin 2023 |
| Jour record : | 11 juin 2023 |

***Figure 3: Nsg suivant la carte de Météorage***

## 6.2 Pôle Energie

### *6.2.1 Données et caractéristiques de la structure*

| *Paramètres / Facteurs* | *Symbole* | *Valeurs retenues* | *Signification* |
|---|---|---|---|
| ***Dimensions*** | L x W x H $_b$ | 41,2 x 34 x 10 m<br>Hmax = 33 m / Cheminée | Longueur x Largeur x Hauteur |
| ***Aire équivalente : Détermination Graphique*** | A $_{d/b}$ | 3,17E+04 m² | Surface d'exposition aux impacts |
| ***Emplacement de la structure*** | C $_{d/b}$ | 0,25 | Entouré d'objets plus haut |
| ***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 16 : Données et caractéristiques de la structure***

**Justification des paramètres encodés**

***Paramètre $C_{d/b}$ (facteur d'emplacement)***
Présence de structures (UVE) de hauteur supérieure à proximité, dans un rayon égal à 3 fois la hauteur du bâtiment étudié.
Nous indiquons donc la valeur 0,25 – objet entouré par des objets plus hauts.

***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 **$R_T$** 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 | 240 | 14,5 x 2 x 3 m | 0,5 | 0,01 | 6kV | 0,01 | 1 |
| 2 | Courant Faible / UVE | 150 | 180 x 100 x 34 m | 0,5 | 0,01 | 1,5kV | 0,01 | 1 |
| 3 | Eclairage extérieur Pôle Energie | 250 | - | 0,5 | 0,01 | 2,5kV | 0,01 | 1 |

***Tableau 17 : 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.

***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 urbaine avec des bâtiments de grande hauteur supérieure à 20m. Nous indiquons la valeur = 0,01 – zone urbaine avec bâtiments de grande hauteur.

**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*** | $r_f$ | 0,1 | Elevé |
| ***Pertes par dommages physiques (relatives à R1)*** | $L_f$ | 0,02 | Site Industriel |
| ***Présence d'un danger particulier*** | $h_z$ | 2 | Risque Faible |
| ***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*** | $t_e$ | 1 | Site avec plus d'une équipe |
| ***Risque environnemental*** | LFE | 0,25 | Surpression restant dans les limites du site |

***Tableau 18 : 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 19 : 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)***
Le site est équipé 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 « élevé » vu la présence de gaz pour la chaufferie.
La valeur est = 0,1.

Ce tableau, issu de la norme NF EN 62 305-2, est donné à titre indicatif afin de connaitre les différents niveaux de risque d'incendie par rapport à la charge calorifique des différents produits stockés

| Risque | Faible | Ordinaire | Elevé |
|---|---|---|---|
| Charge calorifique | <400MJ/m² | 400MJ/m²< <800MJ/m² | >800MJ/m² |

***Tableau 20 : Paramètre rf***

***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 21 : 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 22 : 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.

***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 23 : 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<br>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 24 : 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 (Rc) | | Risques tolérables (Rt) |
|---|---|---|---|---|
| **L1** | **Pôle Energie** | **1,33 $E^{-3}$** | **>** | **1 x $10^{-5}$** |

***Figure 4: Résultat du calcul du risque R1 sans protections***

**Le Pôle Energie** 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 (Rc) | | Risques tolérables (Rt) |
|---|---|---|---|---|
| L1 | Pôle Energie | 9,23 x $10^{-6}$ | < | 1 x $10^{-5}$ |

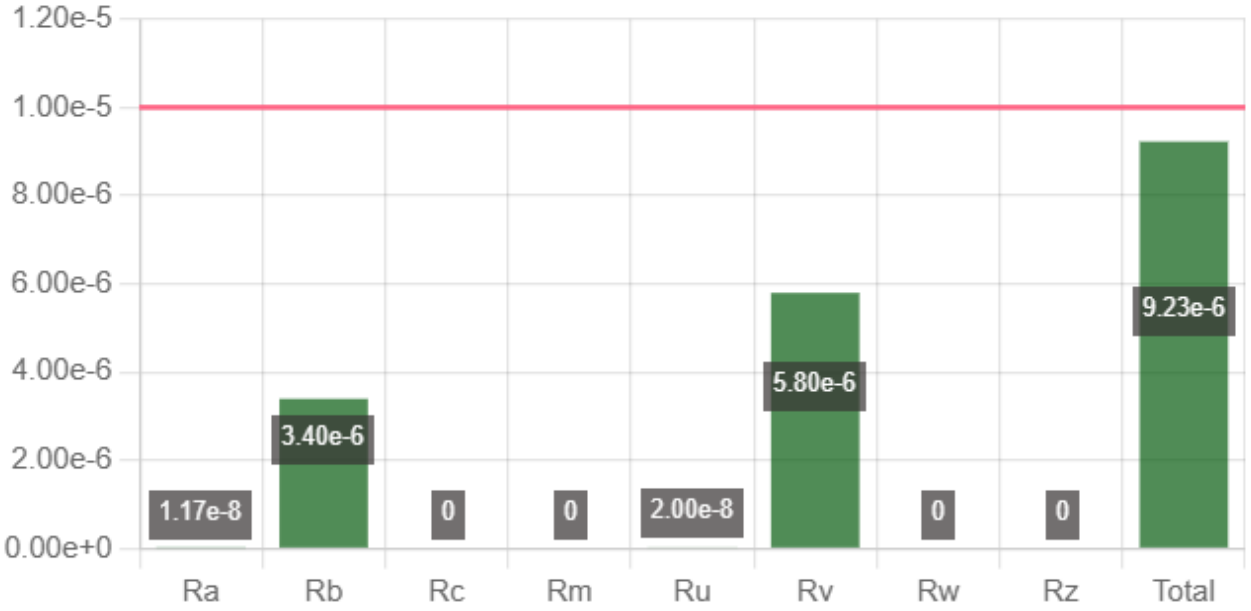



***Figure 5: Résultat du calcul du risque R1 avec protections***

**Le Pôle Energie** 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<br>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 25 : 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**

## 6.3 UVE TOULOUSE

### *6.3.1 Données et caractéristiques de la structure*

| *Paramètres / Facteurs* | *Symbole* | *Valeurs retenues* | *Signification* |
|---|---|---|---|
| ***Dimensions*** | L x W x $H_b$ | Zone de 180 x 100 x 34,3 m<br>Hmax = 42,2 m | Longueur x Largeur x Hauteur |
| ***Aire équivalente : Détermination Graphique*** | $A_{d/b}$ | 6,79E+04 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 26 : 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

### 6.3.2 *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 | 200 | 14,5 x 2 x 3 m | 0,5 | 0,01 | 6kV | 0,01 | 1 |
| 2 | Courant Faible / Pôle Energie | 150 | 41,2 x 34 x 10 m | 0,5 | 0,01 | 1,5kV | 0,01 | 1 |
| 3 | Courant Faible / Maison des Energies | 160 | 35 x 20 x 22 m | 0,5 | 0,01 | 1,5kV | 0,01 | 1 |
| 4 | Alimentation Pont Bascule | 220 | 25 x 20 x 7 m | 0,5 | 0,01 | 4kV | 0,01 | 1 |
| 5 | Courant Faible Pont Bascule | 220 | | 0,5 | 0,01 | 1,5kV | 0,01 | 1 |
| 6 | Eclairage extérieur UVE | 250 | - | 0,5 | 0,01 | 2,5kV | 0,01 | 1 |

***Tableau 27 : 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.

***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 urbaine avec des bâtiments de grande hauteur supérieure à 20m.
Nous indiquons la valeur = 0,01 – zone urbaine avec bâtiments de grande hauteur.

**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

### 6.3.3 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*** | $r_p$ | 0,2 | Automatique |
| ***Risque d'incendie de la structure*** | $r_f$ | 0,1 | Elevé |
| ***Pertes par dommages physiques (relatives à R1)*** | $L_f$ | 0,02 | Stockage Industriel |
| ***Présence d'un danger particulier*** | $h_z$ | 2 | Risque Faible |
| ***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*** | $t_e$ | 1 | Site avec plus d'une équipe |
| ***Risque environnemental*** | LFE | 0,5 | Surpression sortant des limites du site |

***Tableau 28 : 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 | $10^{-5}$ |
| (2) Valeurs mesurées entre une électrode de 400cm² comprimée avec une force de 500 N à point à l'infini. | | |

***Tableau 29 : 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)***
Le site est équipé de systèmes d'extinction automatiques. La valeur est = 0,2.

***Paramètre rf (facteur de réduction associé au risque d'incendie)***
Le risque d'incendie estimé est « élevé » vu la présence de substances inflammables en quantité importante.
La valeur est = 0,1.

Le calcul des charges calorifiques est fait à l'aide des données mentionnées dans le logiciel Jupiter 2.0.

Ce tableau, issu de la norme NF EN 62 305-2, est donné à titre indicatif afin de connaitre les différents niveaux de risque d'incendie par rapport à la charge calorifique des différents produits stockés

| Risque | Faible | Ordinaire | Elevé |
|---|---|---|---|
| Charge calorifique | <400MJ/m² | 400MJ/m²< <800MJ/m² | >800MJ/m² |

***Tableau 30 : Paramètre rf***

***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 31 : 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 32 : 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.

***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 33 : 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<br>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 34 : Paramètre LFE suivant note Qualifoudre n° 4***

### 6.3.4 *Calculs du risque R1 (perte de vie humaine)*

**Sans** protection ou mesure de prévention

| Type de pertes | Zone | Risques calculés (Rc) | | Risques tolérables (Rt) |
|---|---|---|---|---|
| **L1** | **UVE TOULOUSE** | **3,69 $E^{-4}$** | **>** | **1 x $10^{-5}$** |

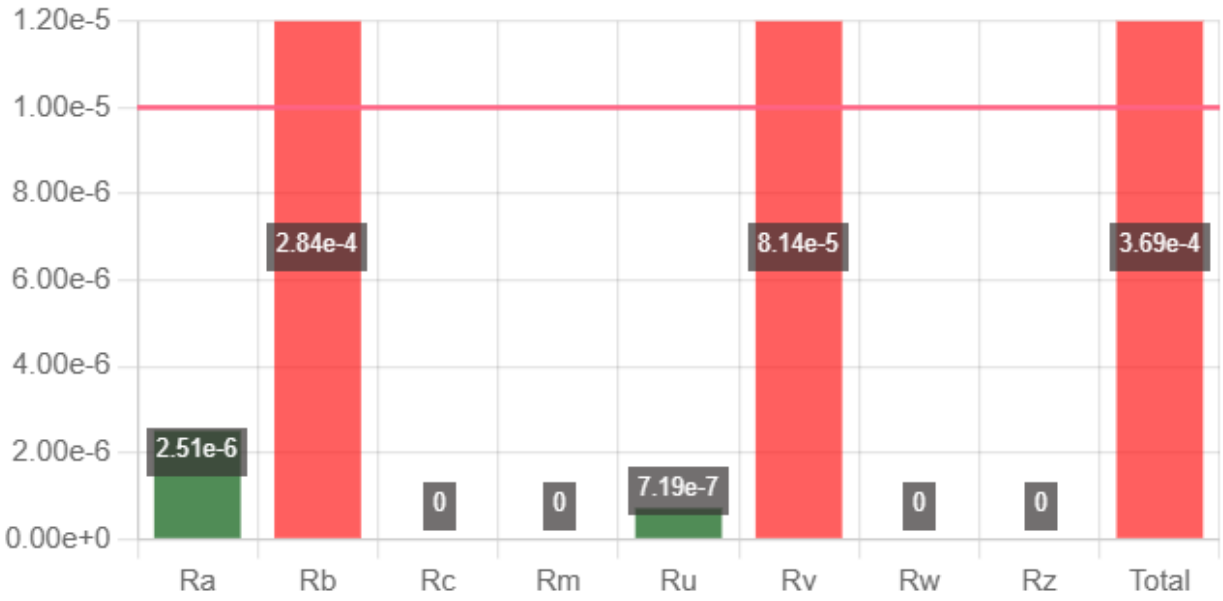



***Figure 6: Résultat du calcul du risque R1 sans protections***

**L'UVE TOULOUSE** 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 (Rc) | | Risques tolérables (Rt) |
|---|---|---|---|---|
| L1 | UVE TOULOUSE | $6,56 \times 10^{-6}$ | < | $1 \times 10^{-5}$ |

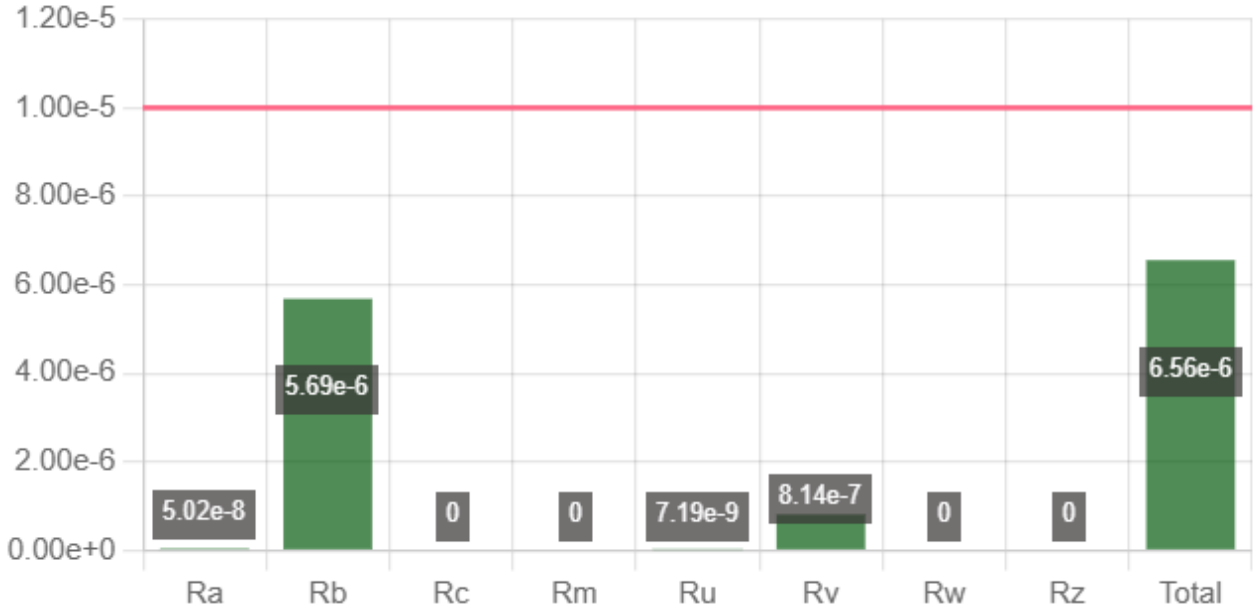



***Figure 7: Résultat du calcul du risque R1 avec protections***

**L'UVE TOULOUSE** 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<br>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 35 : 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 et de communications.**

## 6.4 Maison des Energies

### *6.4.1 Données et caractéristiques de la structure*

| *Paramètres / Facteurs* | *Symbole* | *Valeurs retenues* | *Signification* |
|---|---|---|---|
| ***Dimensions*** | L x W x $H_b$ | Zone de 35 x 20 x 22 m | Longueur x Largeur x Hauteur |
| ***Aire équivalente : Détermination Graphique*** | $A_{d/b}$ | 2,06E+04 m² | Surface d'exposition aux impacts |
| ***Emplacement de la structure*** | $C_{d/b}$ | 0,25 | Entouré d'objets plus haut |
| ***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 36 : Données et caractéristiques de la structure***

**Justification des paramètres encodés**

***Paramètre $C_{d/b}$ (facteur d'emplacement)***
Présence de structures (UVE) de hauteur supérieure à proximité, dans un rayon égal à 3 fois la hauteur du bâtiment étudié.
Nous indiquons donc la valeur 0,25 – objet entouré par des objets plus hauts.

***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

### 6.4.2 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 | 20 | 14,5 x 2 x 3 m | 0,5 | 0,01 | 6kV | 0,01 | 1 |
| 2 | Courant Faible / UVE | 160 | 180 x 100 x 34 m | 0,5 | 0,01 | 1,5kV | 0,01 | 1 |
| 3 | Arrivée Courant Faible (Si ligne cuivre) | 1000 | - | 0,5 | 0,01 | 1,5kV | 0,01 | 1 |

***Tableau 37 : 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.

***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 urbaine avec des bâtiments de grande hauteur supérieure à 20m. Nous indiquons la valeur = 0,01 – zone urbaine avec bâtiments de grande hauteur.

**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

### 6.4.3 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 | Ordinaire |
| ***Pertes par dommages physiques (relatives à R1)*** | $L_f$ | 0,0'2 | Bureaux |
| ***Présence d'un danger particulier*** | $h_z$ | 2 | Risque Faible |
| ***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*** | $t_e$ | 1 | Site avec plus d'une équipe |
| ***Risque environnemental*** | LFE | 0 | SO |

***Tableau 38 : 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 | $10^{-5}$ |
| (3) Valeurs mesurées entre une électrode de 400cm² comprimée avec une force de 500 N à point à l'infini. | | |

***Tableau 39 : 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)***
Le site est équipé 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 « Ordinaire ». Pour rappel, la charge calorifique des bureaux est comprise entre 590 et 760 MJ/m².
La valeur est = 0,01.

Le calcul des charges calorifiques est fait à l'aide des données mentionnées dans le logiciel Jupiter 2.0.

Ce tableau, issu de la norme NF EN 62 305-2, est donné à titre indicatif afin de connaitre les différents niveaux de risque d'incendie par rapport à la charge calorifique des différents produits stockés

| Risque | Faible | Ordinaire | Elevé |
|---|---|---|---|
| Charge calorifique | <400MJ/m² | 400MJ/m²< <800MJ/m² | >800MJ/m² |

***Tableau 40 : Paramètre rf***

***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 41 : 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 42 : 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.

***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 43 : 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 44 : Paramètre LFE suivant note Qualifoudre n° 4***

### *6.4.4 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine)*

**Sans** protection ou mesure de prévention

| Type de pertes | Zone | Risques calculés (Rc) | | Risques tolérables (Rt) |
|---|---|---|---|---|
| **L1** | **UVE TOULOUSE** | **1,35 $E^{-5}$** | **>** | **1 x $10^{-5}$** |

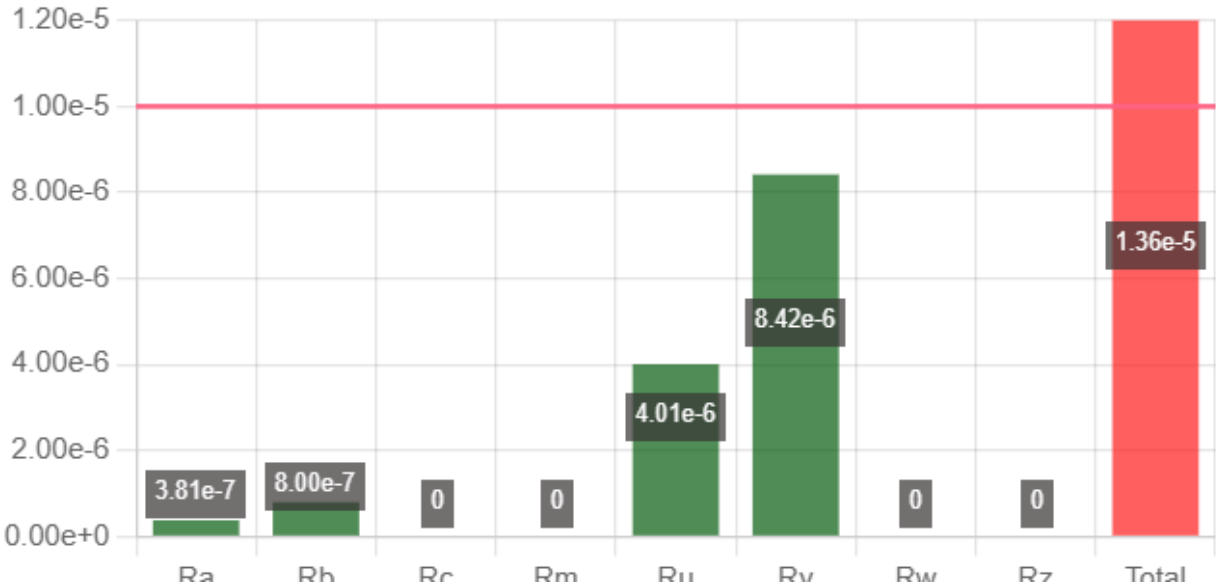



***Figure 8: Résultat du calcul du risque R1 sans protections***

**L'UVE TOULOUSE** 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 (Rc) | | Risques tolérables (Rt) |
|---|---|---|---|---|
| L1 | UVE TOULOUSE | 1,85 x $10^{-6}$ | < | 1 x $10^{-5}$ |

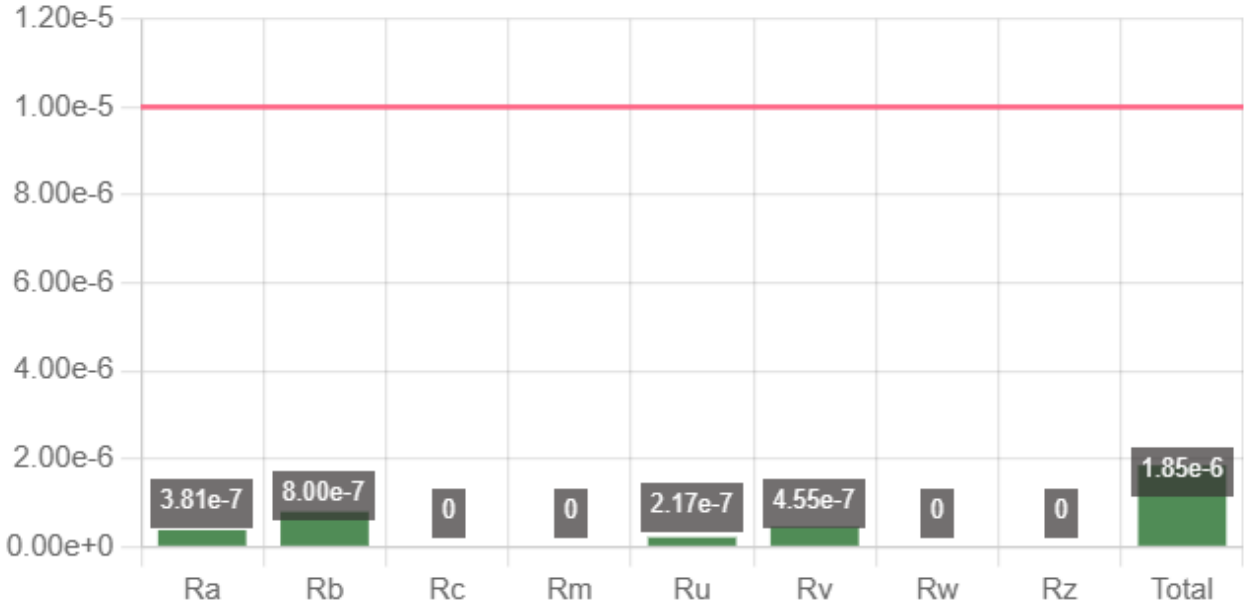



***Figure 9: Résultat du calcul du risque R1 avec protections***

**L'UVE TOULOUSE** 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**

La composante de risque qui influence le plus défavorablement le résultat est **Rv.**

| Caractéristiques de la structure ou du système interne<br>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 45 : Choix des protections foudre***

Afin de réduire ces composantes sous la valeur tolérable, il faut mettre en place :

- **Un système de protection contre les effets indirects de la foudre de Niveau IV pour la ligne de communications entre la Maisond es Energies et l'UVE.**

## 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*** |
|---|---|---|
| ***Pôle Energie*** | Protection de **niveau I** | Protection de **niveau I sur les lignes de puissances** |
| | | Protection de **niveau I+ sur les courants faibles** |
| ***UVE*** | Protection de **niveau I** | Protection de **niveau I** |
| ***Maison des Energies*** | Risque tolérable | Protection de **Niveau IV** |
| ***Lignes entrantes Photovoltaïques*** | Sans Objet | Protection de **niveau IV** |

***Tableau 46: Synthèse des protections foudre***

- Les Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) suivantes sont à protéger :

| ***Structure*** | **Organes de sécurité** |
|---|---|
| ***Ensemble du projet UVE TOULOUSE*** | Centrale de détection incendie |
| | Extinction automatique par inertage |
| | Extinction automatique et manuelle Buse de pulvérisation |
| | Clapet de fermeture de la trémie |
| | Centrale de détection Explosion |
| | Centrale de détection gaz |
| | Contrôle de la combustion |
| | Report d'alarme |
| | Onduleurs (si participe à l'installation de sécurité des personnes) |
| | Vidéo-surveillance |
| | Centrale de détection intrusion |
| | Centrale de détection multi ponctuelle - Supervision |

***Tableau 47: Synthèse des MMR***

- Des liaisons équipotentielles sont à prévoir pour les canalisations suivantes (si métalliques):

| Zone | Nom |
|---|---|
| ***Ensemble du projet UVE TOULOUSE*** | Canalisation Gaz |
| | Canalisations Eaux Industrielles |
| | Canalisations Eau du Canal de Saint Martory |
| | Canalisations CVC |
| | Canalisations Process / Solution d'ammoniaque, Bicarbonate de sodium, Charbon Actif…) |
| | Canalisation Incendie (Mousse…) |

***Tableau 48: 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**

# Pôle Energie

## Évaluation des risques
## Sélection des mesures de protection

**R1 =** 9.23E-6
---------- Ra ----------
**Ra =** 1.17E-8
Ra : Composante du risque lié aux blessures d'êtres vivants (impacts sur une structure)
**Nd =** 5.86E-3
Nd : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Ad =** 3.17E+4
Ad : Surface équivalente de la structure calculée par determination graphique

**Cd =** 2.50E-1
Cd : Facteur d'emplacement
**Pa =** 2.00E-2
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-2
Pb : Probabilité de dommages physiques sur une structure (impacts sur une structure)
**La_Lu =** 1.00E-4
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 =** 8.76E+3
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 ----------
**Rb =** 3.40E-6
Rb : Composante du risque lié aux dommages physiques sur une structure (impacts sur la structure)
**Nd =** 5.86E-3
Nd : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Ad =** 3.17E+4
Ad : Surface équivalente de la structure calculée par determination graphique
**Cd =** 2.50E-1
Cd : Facteur d'emplacement
**Pb =** 2.00E-2
Pb : Probabilité de dommages physiques sur une structure
**Lbt_Lvt =** 2.90E-2
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
**Lb_Lv =** 4.00E-3
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 1.00E+
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
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 =** 8.76E+3
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 =** 2.50E-2
Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 1.00E+
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
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 =** 1.00E+
te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
---------- Rc ----------
**Rc =** 0.00E+
Rc : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur une structure)
**Nd =** 5.86E-3
Nd : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Ad =** 3.17E+4
Ad : Surface équivalente de la structure calculée par determination graphique
**Cd =** 2.50E-1
Cd : Facteur d'emplacement
**Pc =** 1.00E+
Pc : Cumul des Pc pour la structure
**Pc_Alimentation-HT-Pole-Energie =** 1.00E+
Pc_Alimentation-HT-Pole-Energie : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-HT-Pole-Energie
**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-Pole-Energie-UVE =** 1.00E+
Pc_Courant-Faible-Pole-Energie-UVE : Probabilité de défaillances des réseaux internes Courant-Faible-Pole-Energie-UVE
**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_Eclairage-Exterieur-Pole-Energie =** 1.00E+
Pc_Eclairage-Exterieur-Pole-Energie : Probabilité de défaillances des réseaux internes Eclairage-Exterieur-Pole-Energie
**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 =** 8.76E+3
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 ----------
**Rm =** 0.00E+
Rm : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité de la structure)
**Nm =** 6.31E-1
Nm : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'une structure
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Am =** 8.53E+5
Am : Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'une structure calculée par determination graphique
**Pm =** 6.32E-5
Pm : Cumul des Pm pour la structure
**Pm_Alimentation-HT-Pole-Energie =** 2.78E-6
Pm_Alimentation-HT-Pole-Energie : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-HT-Pole-Energie
**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_Courant-Faible-Pole-Energie-UVE =** 4.44E-5
Pm_Courant-Faible-Pole-Energie-UVE : Probabilité de défaillances des réseaux internes Courant-

Faible-Pole-Energie-UVE
**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_Eclairage-Exterieur-Pole-Energie =** 1.60E-5
Pm_Eclairage-Exterieur-Pole-Energie : Probabilité de défaillances des réseaux internes Eclairage-Exterieur-Pole-Energie
**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
**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 =** 8.76E+3
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 ----------
**Ru =** 2.00E-8
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté)
**Ru =** 2.84E-11
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Alimentation HT Pôle Energie
**Nl =** 7.10E-6
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 9.60E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 2.40E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 2.00E-1
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 2.13E-5
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 5.74E+2
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 1.42E+1
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 2.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 3.00E+
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 =** 1.00E-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 =** 1.00E-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 =** 1.00E-4
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 =** 8.76E+3
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 =** 2.00E-8
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Courant Faible Pôle Energie / UVE
**Nl =** 2.22E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 6.00E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 1.50E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 3.99E-2
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 1.08E+5
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 1.80E+2
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 1.00E+2
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 3.40E+1
Hj : Hauteur structure adjacente
**Cdj =** 5.00E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
**Ct =** 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
**Pu =** 5.00E-3
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-3
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 =** 1.00E-4
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 =** 8.76E+3
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 =** 3.70E-11
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Eclairage Extérieur Pôle Energie
**Nl =** 3.70E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 1.00E+4
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 2.50E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
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 =** 7.40E-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 =** 1.00E-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 =** 1.00E-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 =** 1.00E-4
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 =** 8.76E+3
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 ----------
**Rv =** 5.81E-6
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté)
**Rv =** 8.22E-9
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Alimentation HT Pôle Energie
**Nl =** 7.10E-6
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 9.60E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 2.40E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 2.00E-1
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 2.13E-5
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 5.74E+2
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 1.42E+1
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 2.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 3.00E+
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 =** 1.00E-2
Pv : Probabilité de dommages physiques
**Peb =** 1.00E-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 =** 2.90E-2
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
**Lb_Lv =** 4.00E-3
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 1.00E+
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
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 =** 8.76E+3
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 =** 2.50E-2
Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 1.00E+
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
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 =** 1.00E+
te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
**Rv =** 5.79E-6
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Courant Faible Pôle Energie / UVE
**Nl =** 2.22E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 6.00E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 1.50E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 3.99E-2
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 1.08E+5
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 1.80E+2
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 1.00E+2
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 3.40E+1
Hj : Hauteur structure adjacente
**Cdj =** 5.00E-1
Cdj : Facteur d'emplacement de la structure adjacente
**Ct =** 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
**Pv =** 5.00E-3
Pv : Probabilité de dommages physiques
**Peb =** 5.00E-3
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 =** 2.90E-2
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
**Lb_Lv =** 4.00E-3
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 1.00E+
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
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 =** 8.76E+3
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 =** 2.50E-2
Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 1.00E+
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
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 =** 1.00E+
te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
**Rv =** 1.07E-8
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Eclairage Extérieur Pôle Energie
**Nl =** 3.70E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 1.00E+4
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 2.50E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
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 =** 7.40E-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 =** 1.00E-2
Pv : Probabilité de dommages physiques
**Peb =** 1.00E-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 =** 2.90E-2
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
**Lb_Lv =** 4.00E-3
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 1.00E+
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
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 =** 8.76E+3
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 =** 2.50E-2
Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 1.00E+
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
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 =** 1.00E+
te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
---------- Rw ----------
**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 Pôle Energie
**Nl =** 7.10E-6
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 9.60E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 2.40E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service

**Ct =** 2.00E-1
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 2.13E-5
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 5.74E+2
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 1.42E+1
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 2.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 3.00E+
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 =** 8.76E+3
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 Pôle Energie / UVE
**Nl =** 2.22E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 6.00E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 1.50E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 3.99E-2
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 1.08E+5
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 1.80E+2
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 1.00E+2
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 3.40E+1
Hj : Hauteur structure adjacente
**Cdj =** 5.00E-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 =** 8.76E+3
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) : Eclairage Extérieur Pôle Energie
**Nl =** 3.70E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 1.00E+4
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 2.50E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
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 =** 7.40E-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 =** 8.76E+3
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 ----------
**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 Pôle Energie
**Ni =** 7.10E-4
Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Ai =** 9.60E+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 =** 1.00E-2
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 =** 8.76E+3
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 Pôle Energie / UVE
**Ni =** 2.22E-3
Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Ai =** 6.00E+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 =** 1.00E-2
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 =** 8.76E+3
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) : Eclairage Extérieur Pôle Energie
**Ni =** 3.70E-3
Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Ai =** 1.00E+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 =** 1.00E-2
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 =** 8.76E+3
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

# UVE

## Évaluation des risques
## Sélection des mesures de protection

**R1 =** 6.56E-6
---------- Ra ----------
**Ra =** 5.02E-8
Ra : Composante du risque lié aux blessures d'êtres vivants (impacts sur une structure)
**Nd =** 2.51E-2
Nd : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Ad =** 6.79E+4
Ad : Surface équivalente de la structure calculée par determination graphique

**Cd =** 5.00E-1
Cd : Facteur d'emplacement
**Pa =** 2.00E-2
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-2
Pb : Probabilité de dommages physiques sur une structure (impacts sur une structure)
**La_Lu =** 1.00E-4
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 =** 8.76E+3
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 ----------
**Rb =** 5.69E-6
Rb : Composante du risque lié aux dommages physiques sur une structure (impacts sur la structure)
**Nd =** 2.51E-2
Nd : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Ad =** 6.79E+4
Ad : Surface équivalente de la structure calculée par determination graphique
**Cd =** 5.00E-1
Cd : Facteur d'emplacement
**Pb =** 2.00E-2
Pb : Probabilité de dommages physiques sur une structure
**Lbt_Lvt =** 1.13E-2
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
**Lb_Lv =** 1.32E-3
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 2.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
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 =** 3.30E-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 =** 8.76E+3
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 =** 1.00E-2
Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 2.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
**lfe =** 5.00E-1

lfe : Pourcentage type de pertes dues aux dommages physiques à l'extérieur de la structure
**te/8760 =** 1.00E+
te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
---------- Rc ----------
**Rc =** 0.00E+
Rc : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur une structure)
**Nd =** 2.51E-2
Nd : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Ad =** 6.79E+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-UVE =** 1.00E+
Pc_Alimentation-HT-UVE : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-HT-UVE
**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-UVE-Maison-des-Energies =** 1.00E+
Pc_Courant-Faible-UVE-Maison-des-Energies : Probabilité de défaillances des réseaux internes Courant-Faible-UVE-Maison-des-Energies
**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-UVE-Pole-Energie =** 1.00E+
Pc_Courant-Faible-UVE-Pole-Energie : Probabilité de défaillances des réseaux internes Courant-Faible-UVE-Pole-Energie
**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-Pont-Bascule =** 1.00E+
Pc_Alimentation-Pont-Bascule : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-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_Eclairage-Exterieur-UVE =** 1.00E+
Pc_Eclairage-Exterieur-UVE : Probabilité de défaillances des réseaux internes Eclairage-Exterieur-UVE
**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 =** 8.76E+3
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 ----------
**Rm =** 0.00E+
Rm : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité de la structure)
**Nm =** 7.82E-1
Nm : Fréquence des événements

dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'une structure
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Am =** 1.06E+6
Am : Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'une structure calculée par determination graphique
**Pm =** 1.58E-4
Pm : Cumul des Pm pour la structure
**Pm_Alimentation-HT-UVE =** 2.78E-6
Pm_Alimentation-HT-UVE : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-HT-UVE
**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_Courant-Faible-UVE-Maison-des-Energies =** 4.44E-5
Pm_Courant-Faible-UVE-Maison-des-Energies : Probabilité de défaillances des réseaux internes Courant-Faible-UVE-Maison-des-Energies
**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_Courant-Faible-UVE-Pole-Energie =** 4.44E-5
Pm_Courant-Faible-UVE-Pole-Energie : Probabilité de défaillances des réseaux internes Courant-Faible-UVE-Pole-Energie
**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-Pont-Bascule =** 6.25E-6
Pm_Alimentation-Pont-Bascule : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-Pont-Bascule
**Pparafoudre =** 1.00E+
Pparafoudre : Probabilité de réduction de PC, PM, PW et PZ avec l'installation de parafoudres coordonnés
**Pms =** 6.25E-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 =** 2.50E-1
Ks4 : Facteur associé à la tension de tenue aux chocs du réseau
**Uw =** 4.00E+
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_Eclairage-Exterieur-UVE =** 1.60E-5
Pm_Eclairage-Exterieur-UVE : Probabilité de défaillances des réseaux internes Eclairage-Exterieur-UVE
**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
**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 =** 8.76E+3
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 ----------
**Ru =** 7.19E-9
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté)
**Ru =** 2.74E-11
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Alimentation HT UVE
**Nl =** 5.92E-6
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-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 =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 2.00E-1
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 2.15E-5
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 5.80E+2
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 1.45E+1
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 2.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 3.00E+
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 =** 1.00E-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 =** 1.00E-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 =** 1.00E-4
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 =** 8.76E+3
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 =** 4.03E-9
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Courant Faible UVE / Maison des Energies
**Nl =** 2.37E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 6.40E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 1.60E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 4.00E-3
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 2.16E+4
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 3.50E+1
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 2.00E+1
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 2.20E+1
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 =** 1.00E-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 =** 1.00E-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 =** 1.00E-4
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 =** 8.76E+3
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 =** 1.64E-9
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Courant Faible UVE / Pôle Energie
**Nl =** 2.22E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 6.00E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 1.50E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 1.62E-3
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 8.74E+3
Adj : Surface équivalente

d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 4.12E+1
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 3.40E+1
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 1.00E+1
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 =** 1.00E-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 =** 1.00E-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 =** 1.00E-4
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 =** 8.76E+3
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 =** 7.31E-1
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Alimentation Pont Bascule
**Nl =** 3.26E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 8.80E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 2.20E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 6.98E-4
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 3.78E+3
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 2.50E+1
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 2.00E+1
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 7.00E+
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 =** 1.00E-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 =** 1.00E-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 =** 1.00E-4
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 =** 8.76E+3
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 =** 7.31E-1
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Courant Faible Pont Bascule
**Nl =** 3.26E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 8.80E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 2.20E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 6.98E-4
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 3.78E+3
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 2.50E+1
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 2.00E+1
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 7.00E+
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 =** 1.00E-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 =** 1.00E-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 =** 1.00E-4
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 =** 8.76E+3
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 =** 3.70E-11
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Eclairage Extérieur UVE
**Nl =** 3.70E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 1.00E+4
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 2.50E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
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 =** 7.40E-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 =** 1.00E-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 =** 1.00E-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 =** 1.00E-4
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 =** 8.76E+3
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 ----------
**Rv =** 8.14E-7
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté)
**Rv =** 3.10E-9
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Alimentation HT UVE
**Nl =** 5.92E-6
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-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 =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 2.00E-1
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 2.15E-5
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 5.80E+2
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 1.45E+1
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 2.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 3.00E+
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 =** 1.00E-2
Pv : Probabilité de dommages physiques
**Peb =** 1.00E-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 =** 1.13E-2
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
**Lb_Lv =** 1.32E-3
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 2.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
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 =** 3.30E-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 =** 8.76E+3
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 =** 1.00E-2
Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 2.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
**lfe =** 5.00E-1
lfe : Pourcentage type de pertes dues aux dommages physiques à

l'extérieur de la structure
**te/8760 =** 1.00E+
te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
**Rv =** 4.56E-7
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Courant Faible UVE / Maison des Energies
**Nl =** 2.37E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 6.40E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 1.60E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 4.00E-3
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 2.16E+4
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 3.50E+1
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 2.00E+1
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 2.20E+1
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 =** 1.00E-2
Pv : Probabilité de dommages physiques
**Peb =** 1.00E-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 =** 1.13E-2
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
**Lb_Lv =** 1.32E-3
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 2.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
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 =** 3.30E-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 =** 8.76E+3
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 =** 1.00E-2
Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 2.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
**lfe =** 5.00E-1
lfe : Pourcentage type de pertes dues aux dommages physiques à l'extérieur de la structure
**te/8760 =** 1.00E+
te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
**Rv =** 1.86E-7
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Courant Faible UVE / Pôle Energie
**Nl =** 2.22E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 6.00E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 1.50E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 1.62E-3

Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 8.74E+3
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 4.12E+1
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 3.40E+1
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 1.00E+1
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 =** 1.00E-2
Pv : Probabilité de dommages physiques
**Peb =** 1.00E-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 =** 1.13E-2
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
**Lb_Lv =** 1.32E-3
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 2.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
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 =** 3.30E-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 =** 8.76E+3
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 =** 1.00E-2
Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 2.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
**lfe =** 5.00E-1
lfe : Pourcentage type de pertes dues aux dommages physiques à l'extérieur de la structure
**te/8760 =** 1.00E+
te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
**Rv =** 8.28E-8
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Alimentation Pont Bascule
**Nl =** 3.26E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 8.80E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 2.20E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 6.98E-4
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 3.78E+3
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 2.50E+1
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 2.00E+1
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 7.00E+
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 =** 1.00E-2
Pv : Probabilité de dommages physiques
**Peb =** 1.00E-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 =** 1.13E-2
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
**Lb_Lv =** 1.32E-3
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 2.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
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 =** 3.30E-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 =** 8.76E+3
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 =** 1.00E-2
Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 2.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
**lfe =** 5.00E-1
lfe : Pourcentage type de pertes dues aux dommages physiques à l'extérieur de la structure
**te/8760 =** 1.00E+
te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
**Rv =** 8.28E-8
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Courant Faible Pont Bascule
**Nl =** 3.26E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 8.80E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 2.20E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 6.98E-4
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 3.78E+3
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 2.50E+1
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 2.00E+1
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 7.00E+
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 =** 1.00E-2
Pv : Probabilité de dommages physiques
**Peb =** 1.00E-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 =** 1.13E-2
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
**Lb_Lv =** 1.32E-3
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 2.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
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 =** 3.30E-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 =** 8.76E+3
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 =** 1.00E-2
Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 2.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
**lfe =** 5.00E-1
lfe : Pourcentage type de pertes dues aux dommages physiques à l'extérieur de la structure
**te/8760 =** 1.00E+
te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux hors de la structure
**Rv =** 4.19E-9
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Eclairage Extérieur UVE
**Nl =** 3.70E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 1.00E+4
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 2.50E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
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 =** 7.40E-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 =** 1.00E-2
Pv : Probabilité de dommages physiques
**Peb =** 1.00E-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 =** 1.13E-2
Lbt_Lvt : Pertes totales relatives aux dommages physiques
**Lb_Lv =** 1.32E-3
Lb_Lv : Pertes dans la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 2.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
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 =** 3.30E-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 =** 8.76E+3
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 =** 1.00E-2
Lbe_Lve : Pertes complémentaires à l'extérieur de la structure relatives aux dommages physiques
**rp =** 2.00E-1
rp : Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie
**rf =** 1.00E-1
rf : Facteur réduisant les pertes dues aux dommages physiques associées au risque de feu dans la structure
**lfe =** 5.00E-1
lfe : Pourcentage type de pertes dues aux dommages physiques à l'extérieur de la structure
**te/8760 =** 1.00E+
te/8760 : Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement

dangereux hors de la structure
---------- Rw ----------
**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 UVE
**Nl =** 5.92E-6
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-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 =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 2.00E-1
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 2.15E-5
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 5.80E+2
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 1.45E+1
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 2.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 3.00E+
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 =** 8.76E+3
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 UVE / Maison des Energies
**Nl =** 2.37E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 6.40E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 1.60E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 4.00E-3
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 2.16E+4
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 3.50E+1
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 2.00E+1
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 2.20E+1
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 =** 8.76E+3
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 UVE / Pôle Energie
**Nl =** 2.22E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 6.00E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 1.50E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 1.62E-3
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 8.74E+3
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 4.12E+1
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 3.40E+1
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 1.00E+1
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 =** 8.76E+3
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 Pont Bascule
**Nl =** 3.26E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 8.80E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 2.20E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 6.98E-4
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 3.78E+3
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 2.50E+1
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 2.00E+1
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 7.00E+
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 =** 8.76E+3
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 =** 3.26E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 8.80E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 2.20E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 6.98E-4
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 3.78E+3
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 2.50E+1
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 2.00E+1
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 7.00E+
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 =** 8.76E+3
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) : Eclairage Extérieur UVE
**Nl =** 3.70E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 1.00E+4
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 2.50E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
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 =** 7.40E-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 =** 8.76E+3
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 ----------
**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 UVE
**Ni =** 5.92E-4
Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
**Ng =** 7.40E-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 =** 1.00E-2
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 =** 8.76E+3
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 UVE / Maison des Energies
**Ni =** 2.37E-3
Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Ai =** 6.40E+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 =** 1.00E-2

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 =** 8.76E+3
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 UVE / Pôle Energie
**Ni =** 2.22E-3
Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Ai =** 6.00E+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 =** 1.00E-2
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 =** 8.76E+3
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 Pont Bascule
**Ni =** 3.26E-3
Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Ai =** 8.80E+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 =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'emplacement du service
**Ct =** 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
**Pz =** 1.60E-1
Pz : Probabilité de défaillances des réseaux internes
**Pli =** 1.60E-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 =** 8.76E+3
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 =** 3.26E-3
Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Ai =** 8.80E+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 =** 1.00E-2
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 =** 8.76E+3
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) : Eclairage Extérieur UVE
**Ni =** 3.70E-3
Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Ai =** 1.00E+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 =** 1.00E-2
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 =** 8.76E+3
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

# Maison des Energies

## Évaluation des risques
## Sélection des mesures de protection

**R1 =** 1.85E-6
---------- Ra ----------
**Ra =** 3.81E-7
Ra : Composante du risque lié aux blessures d'êtres vivants (impacts sur une structure)
**Nd =** 3.81E-3
Nd : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Ad =** 2.06E+4
Ad : Surface équivalente de la structure calculée par determination graphique

**Cd =** 2.50E-1
Cd : Facteur d'emplacement
**Pa =** 1.00E+
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 =** 1.00E+
Pb : Probabilité de dommages physiques sur une structure (impacts sur une structure)
**La_Lu =** 1.00E-4
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 =** 8.76E+3
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 ----------
**Rb =** 8.00E-7
Rb : Composante du risque lié aux dommages physiques sur une structure (impacts sur la structure)
**Nd =** 3.81E-3
Nd : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Ad =** 2.06E+4
Ad : Surface équivalente de la structure calculée par determination graphique
**Cd =** 2.50E-1
Cd : Facteur d'emplacement
**Pb =** 1.00E+
Pb : Probabilité de dommages physiques sur une structure
**Lb_Lv =** 2.10E-4
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 =** 1.00E+
hz : Facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial
**Lf1 =** 4.20E-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 =** 8.76E+3
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
---------- Rc ----------
**Rc =** 0.00E+

Rc : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur une structure)
**Nd =** 3.81E-3
Nd : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Ad =** 2.06E+4
Ad : Surface équivalente de la structure calculée par determination graphique
**Cd =** 2.50E-1
Cd : Facteur d'emplacement
**Pc =** 1.00E+
Pc : Cumul des Pc pour la structure
**Pc_Alimentation-HT-Maison-des-Energies =** 1.00E+
Pc_Alimentation-HT-Maison-des-Energies : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-HT-Maison-des-Energies
**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-Maison-des-Energies-UVE =** 1.00E+
Pc_Courant-Faible-Maison-des-Energies-UVE : Probabilité de défaillances des réseaux internes Courant-Faible-Maison-des-Energies-UVE
**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_Arrivee-Telecom =** 1.00E+
Pc_Arrivee-Telecom : Probabilité de défaillances des réseaux internes Arrivee-Telecom
**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 =** 8.76E+3
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 ----------
**Rm =** 0.00E+
Rm : Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité de la structure)
**Nm =** 6.17E-1
Nm : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'une structure
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Am =** 8.33E+5
Am : Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'une structure calculée par determination graphique
**Pm =** 9.17E-5
Pm : Cumul des Pm pour la structure
**Pm_Alimentation-HT-Maison-des-Energies =** 2.78E-6
Pm_Alimentation-HT-Maison-des-Energies : Probabilité de défaillances des réseaux internes Alimentation-HT-Maison-des-Energies
**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_Courant-Faible-Maison-des-Energies-UVE =** 4.44E-5
Pm_Courant-Faible-Maison-des-Energies-UVE : Probabilité de défaillances des réseaux internes Courant-Faible-Maison-des-Energies-UVE
**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_Arrivee-Telecom =** 4.44E-5
Pm_Arrivee-Telecom : Probabilité de défaillances des réseaux internes Arrivee-Telecom
**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 =** 8.76E+3
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 ----------
**Ru =** 2.17E-7
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté)
**Ru =** 2.18E-9
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Alimentation HT Maison des Energies
**Nl =** 5.92E-7
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 8.00E+2
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 2.00E+1
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 2.00E-1
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 2.13E-5
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 5.74E+2
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 1.42E+1
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 2.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 3.00E+
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 =** 1.00E+
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 =** 1.00E+
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 =** 1.00E-4
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 =** 8.76E+3
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 =** 2.00E-7
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Courant Faible Maison des Energies / UVE
**Nl =** 2.37E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 6.40E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 1.60E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 3.99E-2
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 1.08E+5
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 1.80E+2
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 1.00E+2
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 3.40E+1
Hj : Hauteur structure adjacente
**Cdj =** 5.00E-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 =** 1.00E-4
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 =** 8.76E+3
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 =** 1.48E-8
Ru : Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) : Arrivée Télécom
**Nl =** 1.48E-4
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-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 =** 1.00E-2
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 =** 7.40E-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 =** 1.00E+
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 =** 1.00E+
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 =** 1.00E-4
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 =** 8.76E+3
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 ----------
**Rv =** 4.55E-7
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté)
**Rv =** 4.59E-9
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Alimentation HT Maison des Energies
**Nl =** 5.92E-7
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 8.00E+2
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 2.00E+1
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 2.00E-1
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 2.13E-5
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 5.74E+2
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 1.42E+1
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 2.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 3.00E+
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 =** 1.00E+
Pv : Probabilité de dommages physiques
**Peb =** 1.00E+
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
**Lb_Lv =** 2.10E-4
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 =** 1.00E+
hz : Facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial
**Lf1 =** 4.20E-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 =** 8.76E+3
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 =** 4.19E-7
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Courant Faible Maison des Energies / UVE
**Nl =** 2.37E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 6.40E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 1.60E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 3.99E-2
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 1.08E+5
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 1.80E+2
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 1.00E+2
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 3.40E+1
Hj : Hauteur structure adjacente
**Cdj =** 5.00E-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
**Lb_Lv =** 2.10E-4
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 =** 1.00E+
hz : Facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial
**Lf1 =** 4.20E-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 =** 8.76E+3
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 =** 3.11E-8
Rv : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté) : Arrivée Télécom
**Nl =** 1.48E-4
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-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 =** 1.00E-2
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 =** 7.40E-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 =** 1.00E+
Pv : Probabilité de dommages physiques
**Peb =** 1.00E+
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
**Lb_Lv =** 2.10E-4
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 =** 1.00E+
hz : Facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial
**Lf1 =** 4.20E-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 =** 8.76E+3
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 ----------
**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 Maison des Energies
**Nl =** 5.92E-7
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 8.00E+2
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur un service
**Ll =** 2.00E+1
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 2.00E-1
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 2.13E-5
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 5.74E+2
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 1.42E+1
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 2.00E+
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 3.00E+
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 =** 8.76E+3
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 Maison des Energies / UVE
**Nl =** 2.37E-5
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Al =** 6.40E+3
Al : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur

un service
**Ll =** 1.60E+2
Ll : Longueur du service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
Ce : Facteur d'environnement du service
**Ct =** 1.00E+
Ct : Facteur de type de service
**Ndj =** 3.99E-2
Ndj : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure adjacente
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Adj =** 1.08E+5
Adj : Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure Adjacente
**Lj =** 1.80E+2
Lj : Longueur structure adjacente
**Wj =** 1.00E+2
Wj : Largeur structure adjacente
**Hj =** 3.40E+1
Hj : Hauteur structure adjacente
**Cdj =** 5.00E-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 =** 8.76E+3
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) : Arrivée Télécom
**Nl =** 1.48E-4
Nl : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur un service
**Ng =** 7.40E-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 =** 1.00E-2
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 =** 7.40E-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 =** 8.76E+3
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 ----------
**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 Maison des Energies
**Ni =** 5.92E-5
Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Ai =** 8.00E+4
Ai : Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'un service
**Ci =** 5.00E-1
Ci : Facteur d'installation du service
**Ce =** 1.00E-2
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 =** 8.76E+3
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 Maison des Energies / UVE
**Ni =** 2.37E-3
Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
**Ng =** 7.40E-1
Ng : Densité de foudroiement au sol
**Ai =** 6.40E+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 =** 1.00E-2
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 =** 8.76E+3
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) : Arrivée Télécom
**Ni =** 1.48E-2
Ni : Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre à proximité d'un service
**Ng =** 7.40E-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 =** 1.00E-2
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 =** 8.76E+3
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 |
| 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 |
| UVE | Unité de Valorisation Energétique |

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 TOULOUSE - DECOSET TOULOUSE (31)

**Interlocuteur client : INDELEC Sud-Ouest**
46 Avenue de la Source, Village d'Entreprise - 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 TOULOUSE - DECOSET TOULOUSE (31)

| Référence document |
|---|
| RGC 32 434 |

**RESUME :**

Ce document représente l'Etude Technique Foudre de l'usine **UVE TOULOUSE - DECOSET** en cours d'extension sur la commune de **TOULOUSE** dans le département de la **HAUTE GARONNE (31).**

Il a été rédigé au terme de la mission qui nous a été confiée par la société **INDELEC** 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 | Approbateur | Révision |
|---|---|---|---|
| Nom : **Nicolas ALNET**<br>Société : RG Consultant<br>Date : 02/09/2025<br>Visa | Nom : **Bertrand LEROY**<br>Société : RG CONSULTANT<br>Date : 04/09/2025<br>Visa | Nom : **Damien FRANCOIS**<br>Société : INDELEC Sud-Ouest<br>Date : 05/09/2025<br>Visa | **A** |

**DIFFUSION :**

| SOLER IDE | INDELEC SUD-OUEST | RG CONSULTANT |
|---|---|---|
| Agence Occitanie<br>4 rue René Couzinet<br>31500 TOULOUSE<br>www.vertical-sea.com | 46 Avenue de la Source<br>Village d'Entreprise<br>33370 SALLEBOEUF<br>Tél. : +335 56 285 540<br>Email : sud-ouest@indelec.com | 333 cours du 3ème Millénaire<br>69800 SAINT-PRIEST<br>Bâtiment Le Pôle – 2ème étage<br>Tél. +33 (0)4 37 41 16 10<br>info@rg-consultant.com<br>www.rg-consultant.com |

**TABLE DES MODIFICATIONS**

| Rév | Chrono secrétariat | Date | Objet |
|---|---|---|---|
| A | RGC 32 434 | 02/09/2025 | Etude Technique Foudre |

**LISTE DES DOCUMENTS FOURNIS PAR SOLER IDE**

| INTITULE | Fournis | Référence / Auteur |
|---|---|---|
| Etude de Dangers, dossier ICPE ou Résumé non technique | Oui | 4_SUEZ-EVONEO_Etude de dangers_V2.0<br>EVONEO-UVE_Modelisation_PhD_V2.0 |
| Arrêté Préfectoral (Rubrique ICPE le cas échéant) | Oui | Liste des rubriques ICPE dans l'EDD |
| 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) | Non | |
| Synoptique Courant fort | Non | |
| Synoptique Courant faible | Non | |
| Plan de masse | Oui | Pôle Energie – Plan de masse Pièces principales<br>I_1_2.4_Plans archi<br>K004187_EFW_SUZ_GE_00_GAD_0001_PLAN MASSE |
| Plan de coupe | Oui | K004187_EFW_SUZ_GE_00_GAD_0005_B_COUPES LONGITUDINALES<br>K004187_EFW_SUZ_GE_00_GAD_0006_B_COUPES TRANSVERSALES |
| Plan des façades | Oui | Pôle Energie – Plan façade Ouest<br>Pôle Energie – Plan façade Nord<br>K004187_EFW_SUZ_GE_00_GAD_0007_C_VUES 3D_QUAI FOSSE<br>K004187_EFW_SUZ_GE_00_GAD_0011_B_VUE 3D_BATIMENT PROCESS |
| Plan de zonage ATEX | Oui | 4_SUEZ-EVONEO_Etude de dangers_V2.0<br>EVONEO-UVE_Modelisation_PhD_V2.0 |
| Analyse de Risque Foudre | Oui | RGC 32 433 |

***Tableau 1 : Liste des documents***

L'Etude Technique ci-après a été réalisée selon les informations et plans fournis par **SOLER IDE & INDELEC**, commanditaires 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 ..... 13**

2.1 TEXTES REGLEMENTAIRES ..... 13
2.2 NORMES DE REFERENCES ..... 13

**3. MÉTHODOLOGIE ..... 14**

3.1 PRESENTATION GENERALE ..... 14
3.2 LIMITE DE L'ÉTUDE TECHNIQUE ..... 14

**4. CONCLUSIONS DE L'ANALYSE DU RISQUE FOUDRE ..... 15**

4.1 SYSTEME DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE (SPF) ..... 15
4.2 MESURES DE PREVENTION EN CAS D'ORAGE ..... 16

**5. DESCRIPTIONS DES INSTALLATIONS ..... 17**

5.1 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FORTS ..... 17
*5.1.1 Réseau Normal ..... 17*
*5.1.2 Réseau Secouru ..... 17*
*5.1.3 Réseau Ondulé ..... 17*
*5.1.4 Réseau photovoltaïque ..... 17*
5.2 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FAIBLES ..... 17
5.3 PROTECTION INCENDIE ..... 18
5.4 MISE A LA TERRE DES INSTALLATIONS ..... 18
5.5 LISTE DES CANALISATIONS ENTRANTES ET SORTANTES ..... 18
5.6 SITUATIONS REGLEMENTAIRES ..... 19
5.7 ZONES A RISQUES D'EXPLOSION ..... 19
5.8 MESURES DE MAITRISE DES RISQUES ..... 20

**6. TRAVAUX A REALISER - EFFETS DIRECTS DE LA FOUDRE ..... 21**

6.1 DISPOSITIONS GENERALES ..... 21
6.2 DIFFERENTS TYPES D'I.E.P.F ..... 21
6.3 CHOIX DU TYPE D'I.E.P.F ..... 24
6.4 MISE EN ŒUVRE DE L'I.E.P.F ..... 24
*6.4.1 Bâtiment Pôle Energie ..... 24*
*6.4.2 Bâtiment UVE ..... 26*
*6.4.3 Dispositifs de descente et mise à la terre ..... 28*
6.5 MISE A LA TERRE DES CANALISATIONS ET / OU STRUCTURES METALLIQUES ..... 35
*6.5.1 Mise à la terre des panneaux photovoltaïques ..... 37*

**7. TRAVAUX A REALISER - EFFETS INDIRECTS DE LA FOUDRE ..... 40**

7.1 PARAFOUDRES SUR INSTALLATIONS PV ..... 43
*7.1.1 Installation photovoltaïque sans installation extérieure de protection contre la foudre ..... 44*

*7.1.2 Installation photovoltaïque avec une installation extérieure de protection foudre avec maintien de la distance de séparation (à l'exclusion des systèmes solaires mis à la terre en des points multiples, tels que les centrales photovoltaïques)* ..... *45*
*7.1.3 Installation photovoltaïque avec une installation extérieure du système de protection contre la foudre lorsque la distance de séparation ne peut être maintenue (y compris les systèmes mis à la terre en des points multiples, tels que les centrales photovoltaïques)* ..... *46*
*7.1.4 Parafoudres photovoltaïques courant faible* ..... *46*
*7.1.5 Principe de raccordement des parafoudres courant fort dans une installation PV* ..... *47*
7.2 PROTECTION DES COURANTS FORTS ..... 48
*7.2.1 Détermination des caractéristiques des parafoudres type I et I + II* ..... *48*
*7.2.2 Détermination des caractéristiques des parafoudres type II* ..... *50*
*7.2.3 Raccordement* ..... *52*
*7.2.4 Dispositif de deconnexion* ..... *52*
7.3 PROTECTION DES LIGNES DE TELECOMMUNICATION ..... 54
*7.3.1 Protection par parafoudre* ..... *54*
*7.3.2 Protection par écrantage de ligne* ..... *55*

**8. PREVENTION DU PHENOMENE ORAGEUX ..... 56**

**9. REALISATION DES TRAVAUX ..... 57**

**10. VERIFICATIONS DES INSTALLATIONS ..... 57**

10.1 VERIFICATION INITIALE ..... 57
10.2 VERIFICATIONS PERIODIQUES ..... 58
10.3 VERIFICATIONS SUPPLEMENTAIRES ..... 58

**11. TABLEAU DE SYNTHESE ..... 59**

# 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 construction d'une nouvelle unité de Valorisation énergétique **UVE TOULOUSE - DECOSET** basée sur la commune de **TOULOUSE**, une Etude Technique 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 30 000**.

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 :

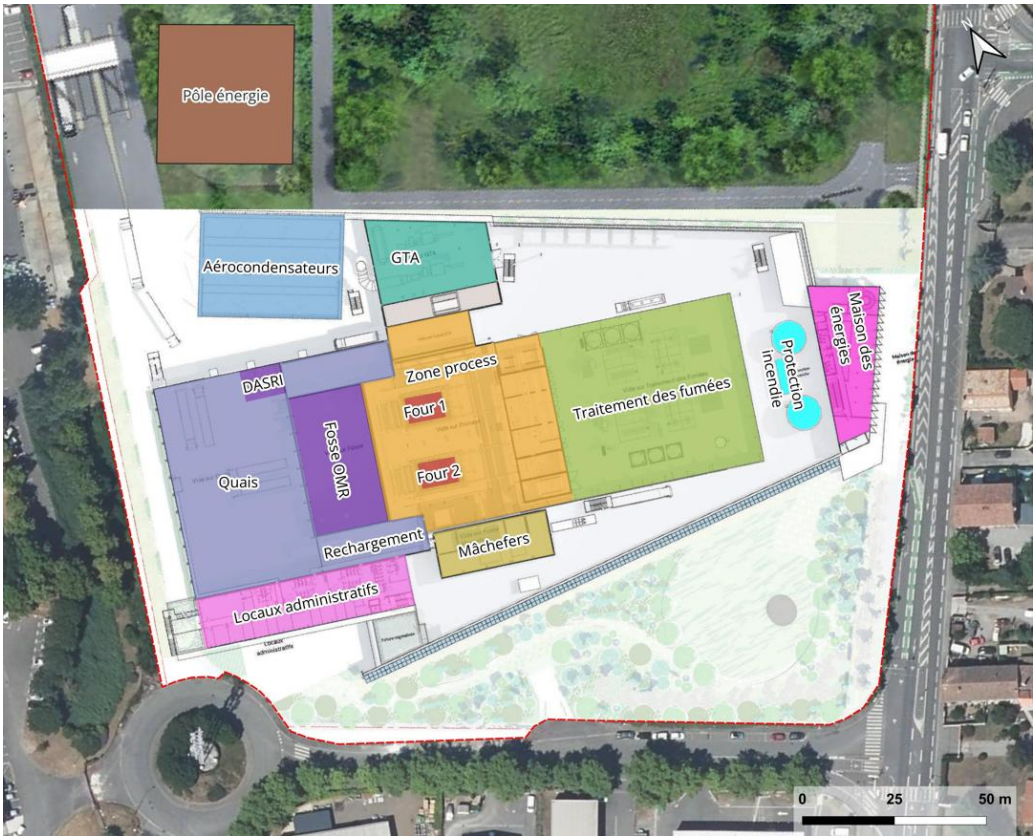
- Description des méthodes de conception utilisées pour les IEPF ;
- Préconisation des mesures de protection à mettre en œuvre en proposant les solutions les mieux adaptées et les plus rationnelles ;
- Description des protections internes (liaisons équipotentielles, parafoudres) ;
- Description des mesures de prévention à mettre en place en cas d'orage.

### 1.2 Présentation générale du site

Le Syndicat Mixte DECOSET, en charge de la valorisation des déchets ménagers et assimilés de l'aire toulousaine, a confié à EVONEO, filiale du groupe SUEZ et de la Banque des Territoires, le contrat de concession de l'UVE de Toulouse. Le contrat prévoit la construction d'une nouvelle UVE sur le site de l'UVE actuelle.
La future UVE disposera d'une capacité totale annuelle d'incinération de 240 000 t/an dont 6 000 t/an pour les déchets d'activités de soins à risques infectieux (DASRI).

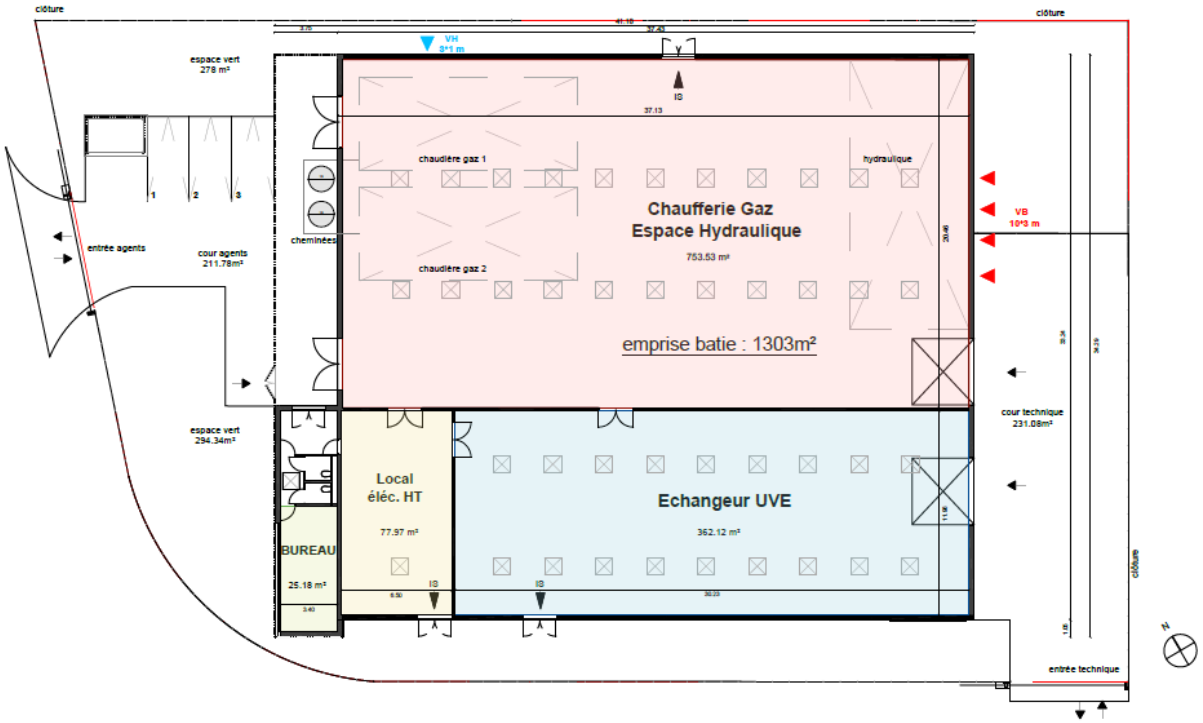
Les ouvrages à réaliser sont les suivants :

- Création d'un pôle Energie,
- Création d'une unité de valorisation composée :
  - D'une zone Process avec 2 fours,
  - D'une zone traitement des fumées,
  - D'une zone quais & fosse OMR,
  - D'une zone mâchefers
  - De Locaux administratifs,
  - D'aérocondenseurs,
  - D'une maison des énergies.

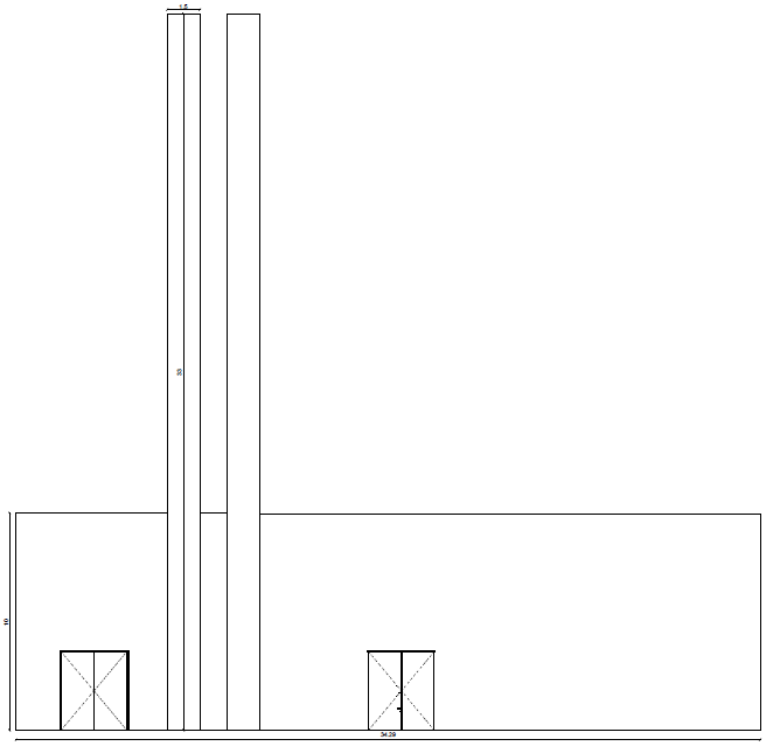



***Plan 1 : Extrait Plan général du site***

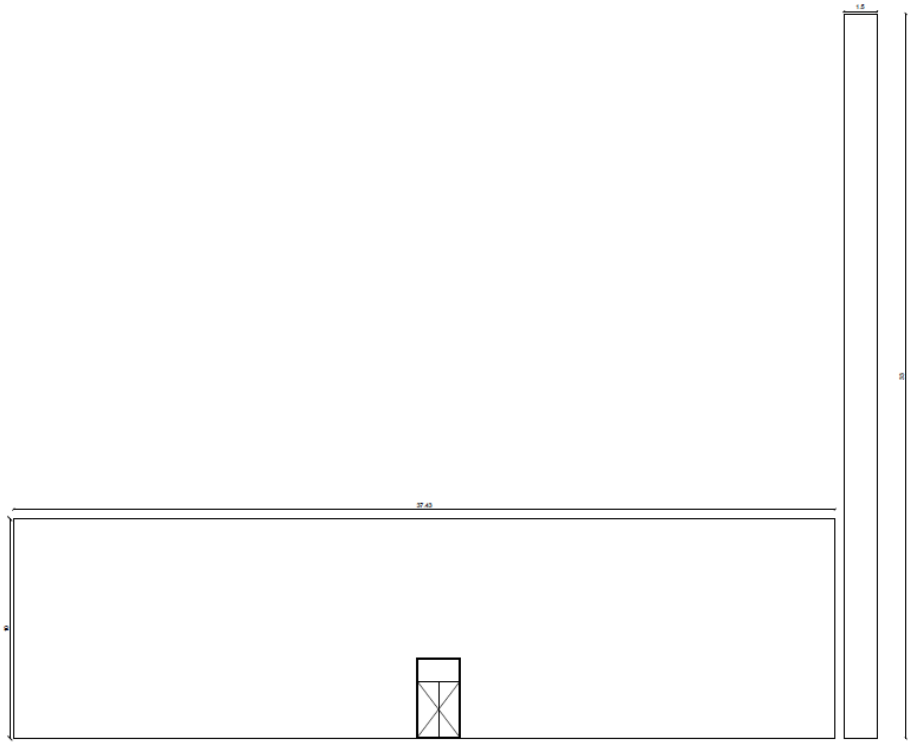
***Plan 2 : Plan de Masse- Extrait plan - i-1-2.4-Plans archi***



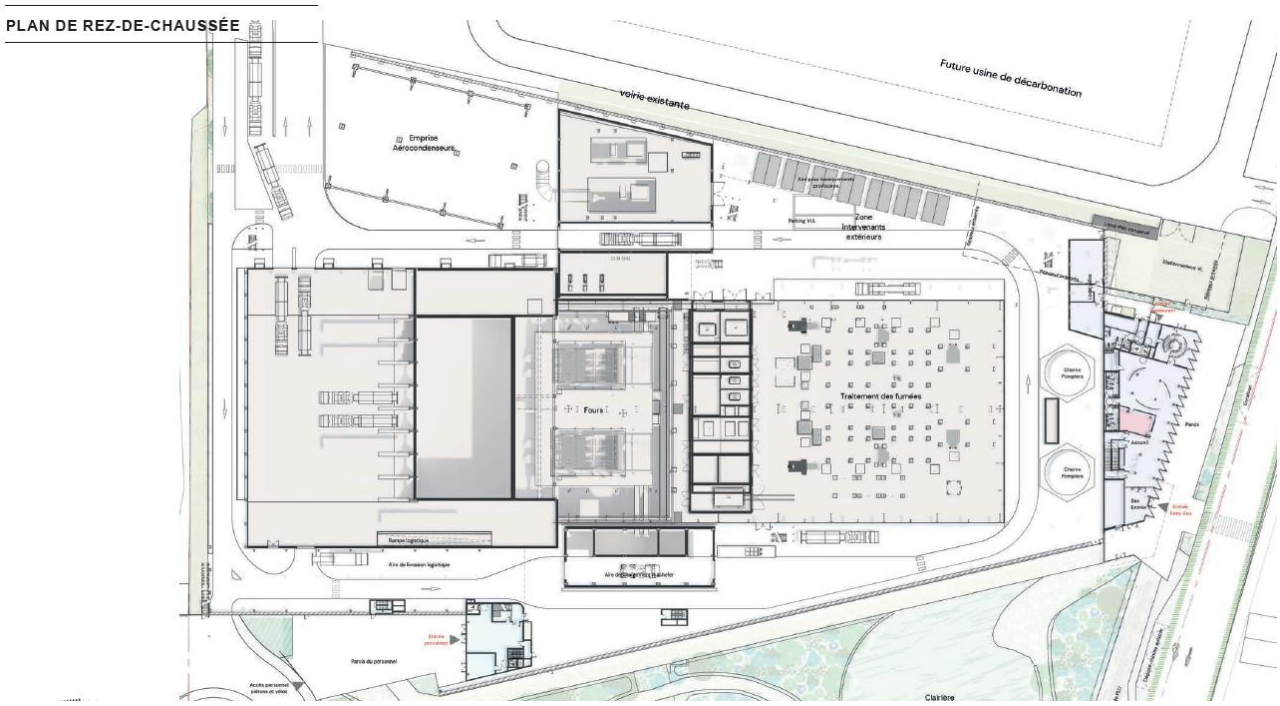

***Plan 3 : Plan de masse du Pôle Energie***



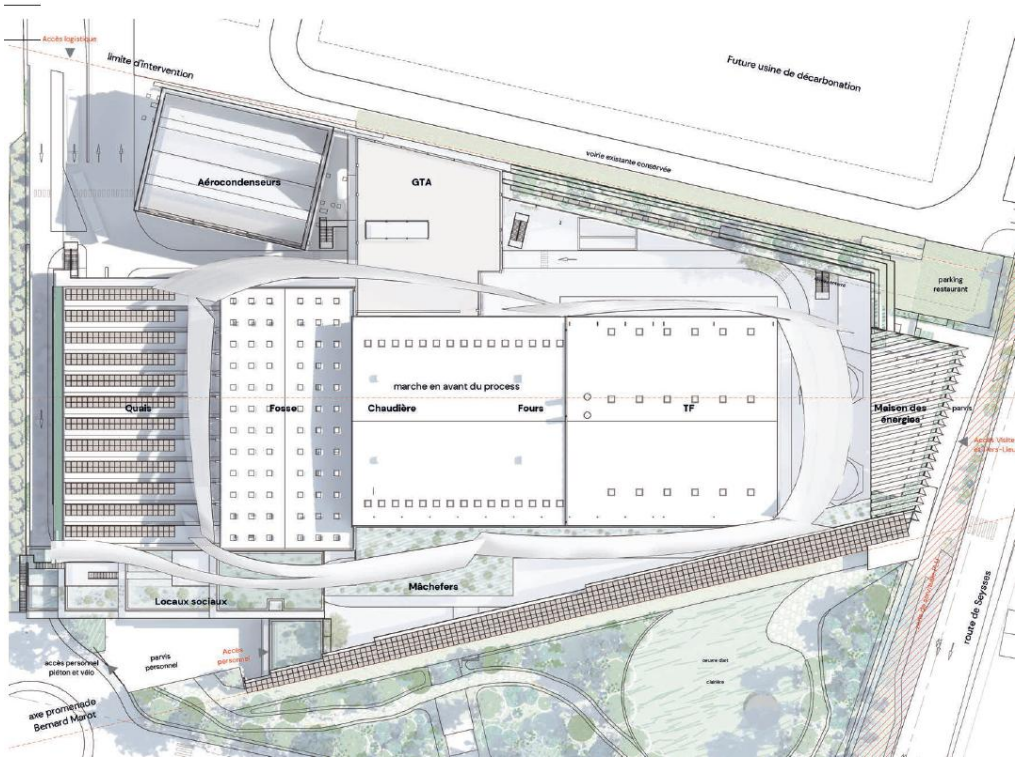
***Plan 4 : Pôle Energie Façade Ouest***



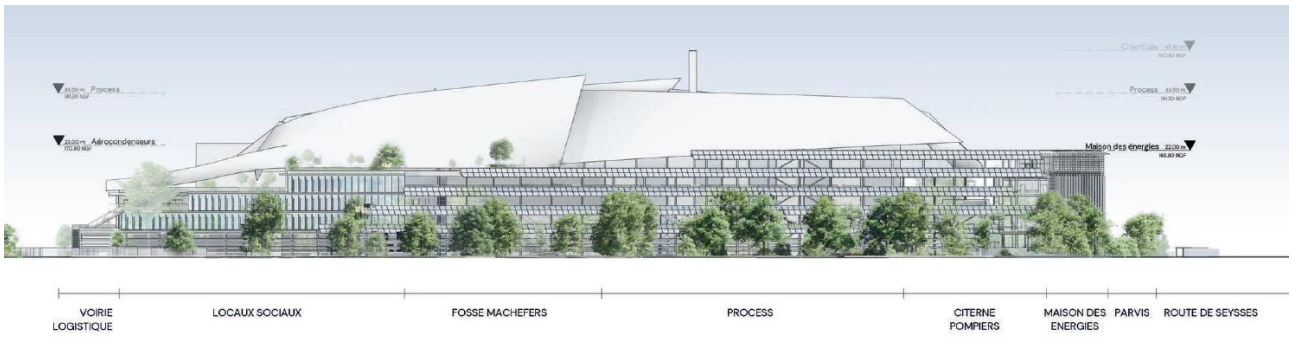
***Plan 5 : Pôle Energie Façade Nord***



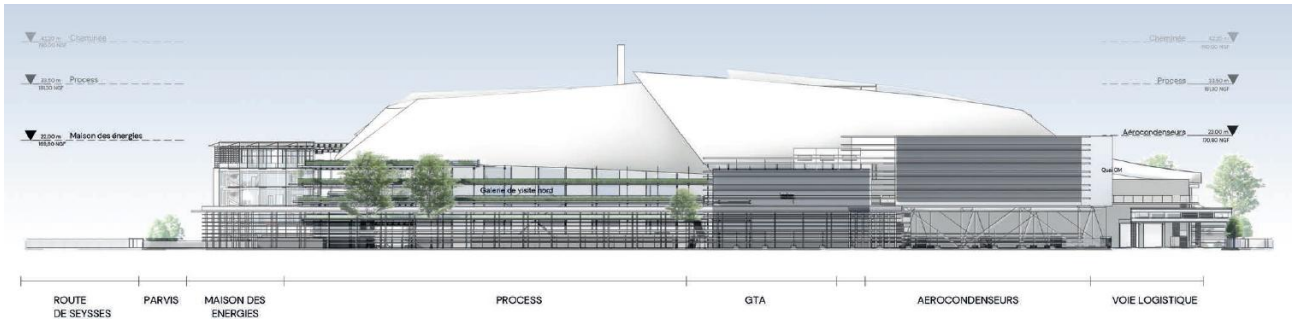

***Plan 6 : Rez de Chaussé - Extrait plan - i-1-2.4-Plans archi***



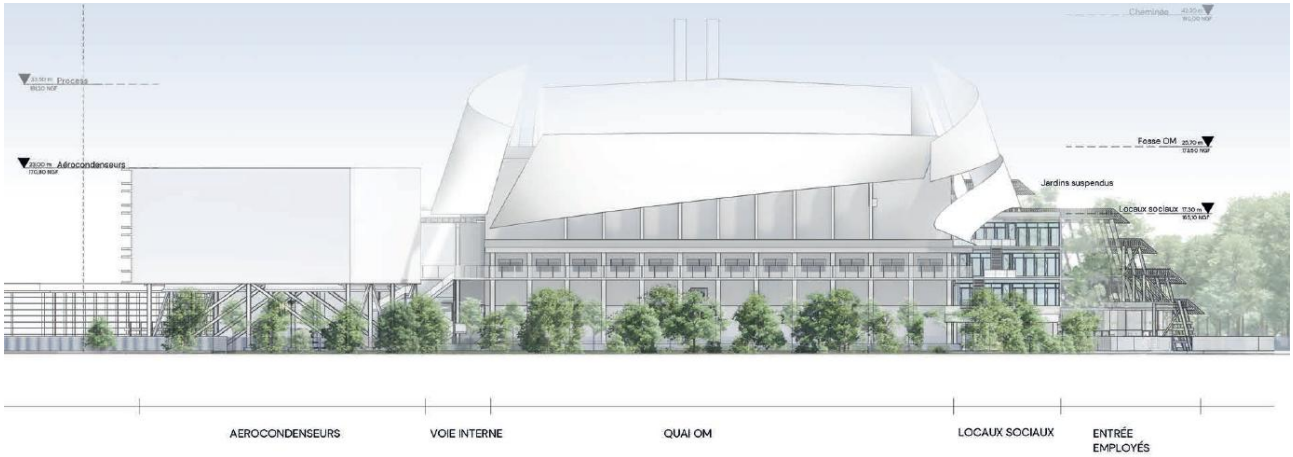

***Plan 7 : Plan de toiture - Extrait plan - i-1-2.4-Plans archi***



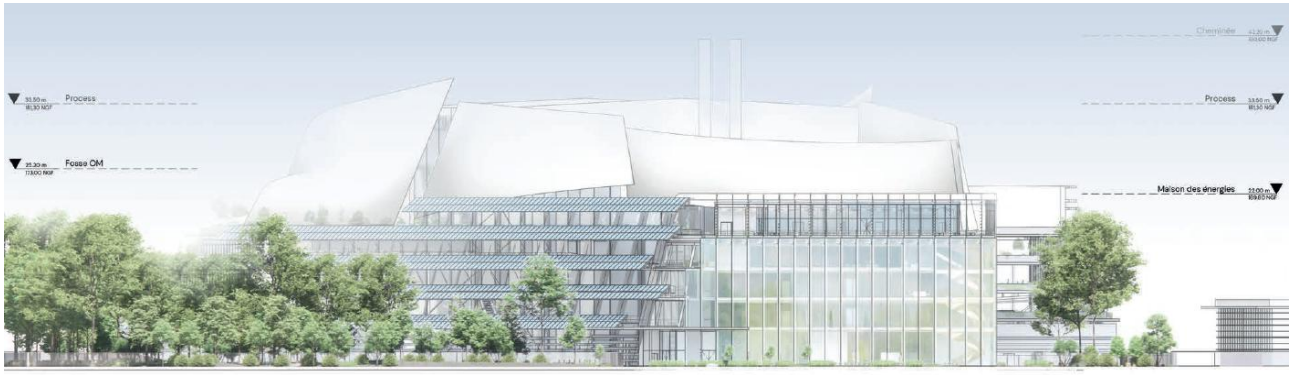

***Plan 8 : Façade Sud - Extrait plan - i-1-2.4-Plans archi***




***Plan 9 : Façade Nord - Extrait plan - i-1-2.4-Plans archi***

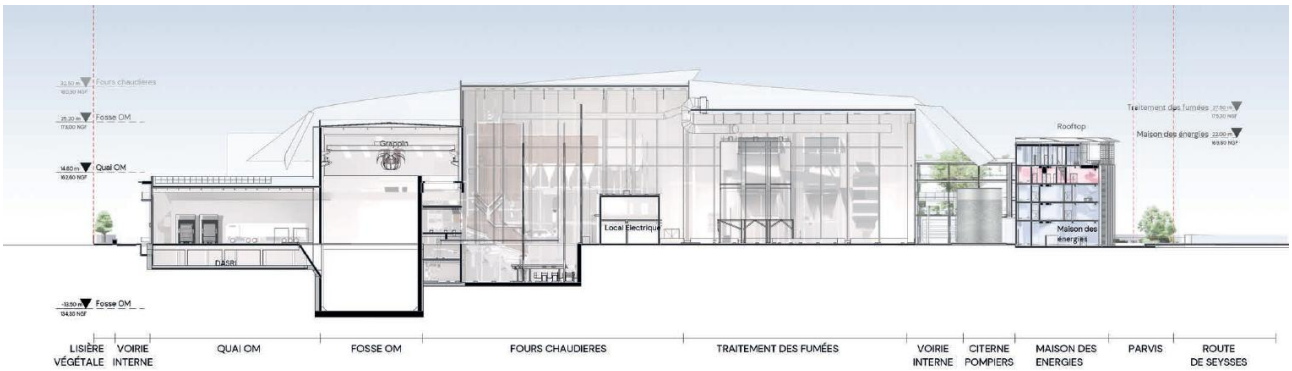



***Plan 10 : Façade Ouest - Extrait plan - i-1-2.4-Plans archi***

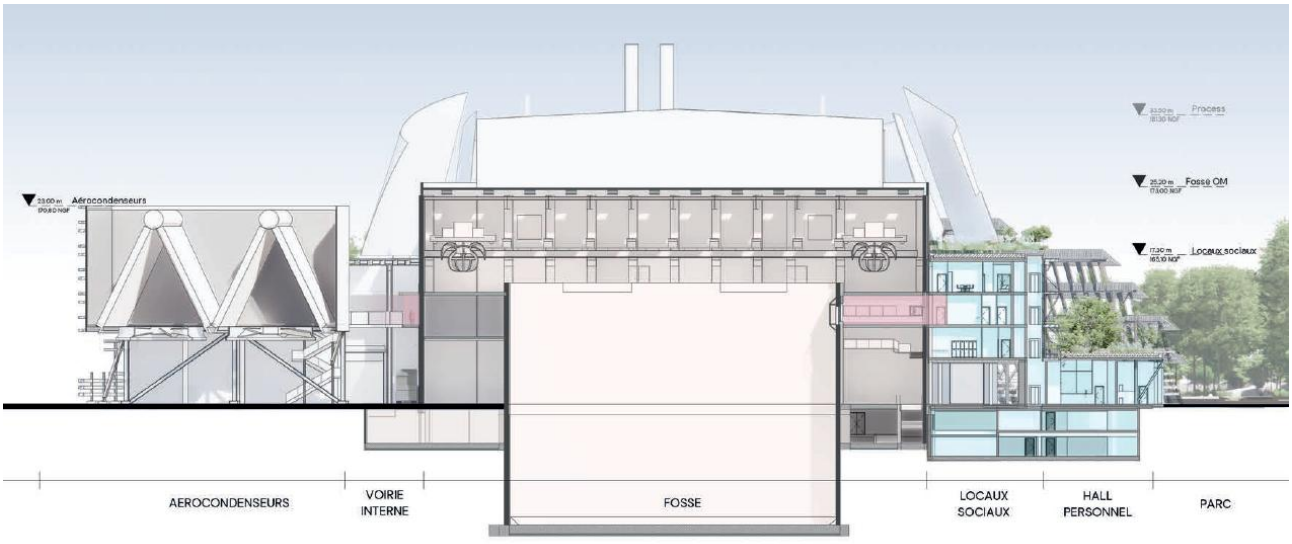



***Plan 11 : Façade Est - Extrait plan - i-1-2.4-Plans archi***

***Plan 12 : Vue aérienne Nord - Extrait plan - i-1-2.4-Plans archi***




***Plan 13 : Coupe longitudinale - Extrait plan - i-1-2.4-Plans archi***




***Plan 14 : Coupe transversale - Extrait plan - i-1-2.4-Plans archi***

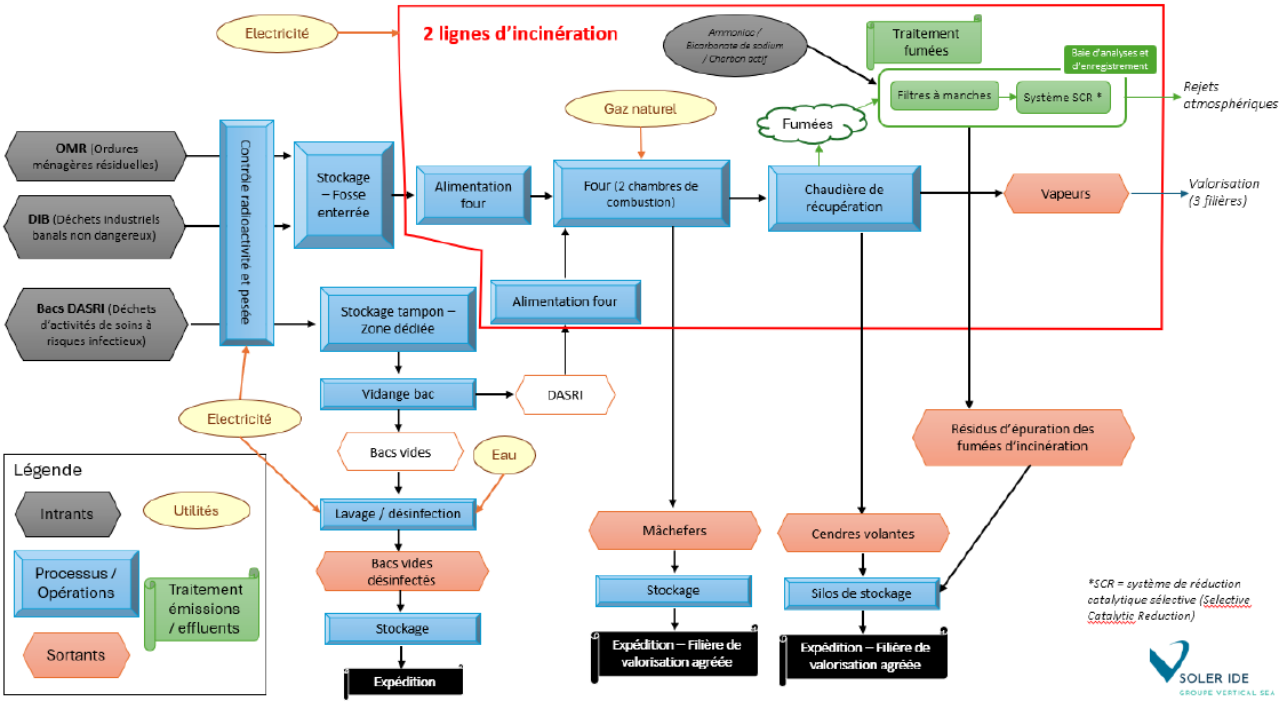



***Figure 1 : Schéma de fonctionnement simplifié de l'UVE - Extrait de l'EDD***

# 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.

**Arrêté du 25 juin 1980** modifié relatif aux dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les **Etablissement Recevant du Public (ERP).**

## 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].

**Guide UTE C 15-443** – août 2004 [Protection des installations électriques à basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres].

**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)*

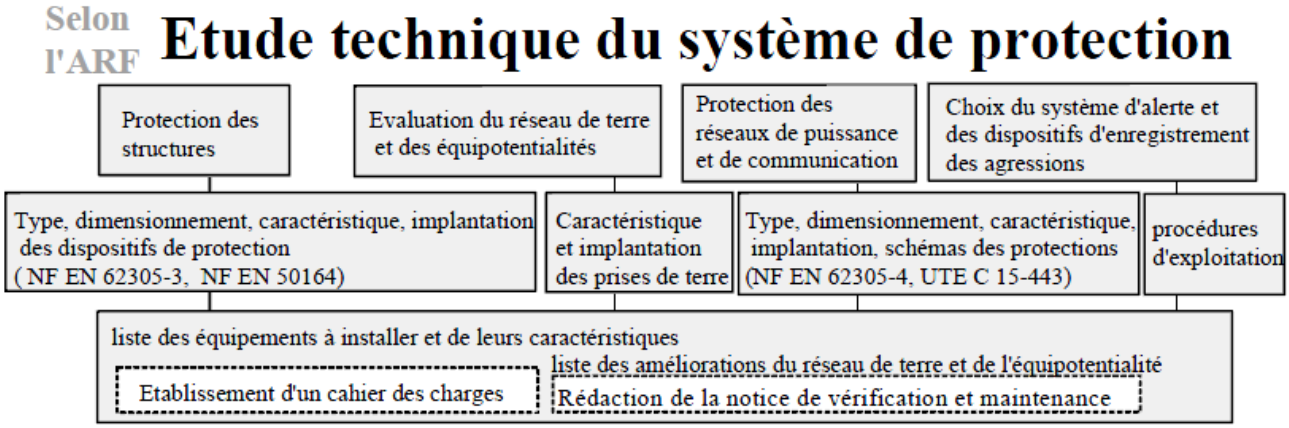
**Guide UTE C 15-712** - Juillet 2010 [Installations photovoltaïques]

**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* |
|---|---|---|
| ***Pôle Energie*** | Protection de **niveau I** | Protection de **niveau I sur les lignes de puissances** |
| | | Protection de **niveau I+ sur les courants faibles** |
| ***UVE*** | Protection de **niveau I** | Protection de **niveau I** |
| ***Maison des Energies*** | Risque tolérable | Protection de **Niveau IV** |
| ***Lignes entrantes Photovoltaïques*** | Sans Objet | Protection de **niveau IV** |

***Tableau 2: Synthèse des protections foudre***

- Les Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) suivantes sont à protéger :

| *Structure* | Organes de sécurité |
|---|---|
| ***Ensemble du projet UVE TOULOUSE*** | Centrale de détection incendie |
| | Extinction automatique par inertage |
| | Extinction automatique et manuelle Buse de pulvérisation |
| | Clapet de fermeture de la trémie |
| | Centrale de détection Explosion |
| | Centrale de détection gaz |
| | Contrôle de la combustion |
| | Report d'alarme |
| | Onduleurs (si participe à l'installation de sécurité des personnes) |
| | Vidéo-surveillance |
| | Centrale de détection intrusion |
| | Centrale de détection multi ponctuelle - Supervision |

***Tableau 3: Synthèse des MMR***

- Des liaisons équipotentielles sont à prévoir pour les canalisations suivantes (si métalliques):

| Zone | Nom |
|---|---|
| ***Ensemble du projet UVE TOULOUSE*** | Canalisation Gaz |
| | Canalisations Eaux Industrielles |
| | Canalisations Eau du Canal de Saint Martory |
| | Canalisations CVC |
| | Canalisations Process / Solution d'ammoniaque, Bicarbonate de sodium, Charbon Actif…) |
| | Canalisation Incendie (Mousse…) |

***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 travers un poste de transformation qui accueillera plusieurs transformateurs HT/BT. L'alimentation BT se fera depuis ces transformateurs pour alimenter l'ensemble de l'UVE.

Le pôle énergie aura sa propre alimentation HT qui arrivera dans le local électrique du bâtiment.

Le régime de neutre BT des installations ne nous a pas été communiqué.

### *5.1.2 Réseau Secouru*

Un groupe électrogène de sécurité est prévu pour la mise en sécurité des installations.

### *5.1.3 Réseau Ondulé*

Le site disposera d'un réseau ondulé sécurisant une partie des installations électriques du site, comme par exemples celles des équipements de sécurité (Liste non définie à ce stade de l'étude):

- Clapet de fermeture de la trémie d'alimentation du four,
- Système de contrôle-commande et de supervision.

Les systèmes de détection incendie, d'explosimètre, de détection de fumée seront secourues par batteries.

### *5.1.4 Réseau photovoltaïque*

Des panneaux photovoltaïques seront mis en œuvre en toiture et façade Sud de la maison des Energies.

## 5.2 Caractéristiques des courants faibles

Le projet sera raccordé au réseau ORANGE via une ligne fibre souterraine qui arrivera dans le local CFA du projet. Sur le site, l'informatique et la gestion du process seront réalisées aux travers, différentes baies VDI, reliées entre elles par fibre optique et assurant en local le dispatching vers les équipements (Automates, ordinateurs…) par réseaux cuivre.

Les lignes de sécurité suivantes ont pu être identifiées :

- Téléphone de secours.
- Ligne report d'alarme intrusion/incendie vers société de télésurveillance.

Il existera également de la vidéo surveillance, avec caméras intérieures et extérieures. Ces caméras sont reliées sur les baies VDI situées à proximité. La technologie utilisée pour la vidéo surveillance, pour le report d'alarme (Réseau cuivre, ou fibre optique) n'est pas encore déterminée à ce stade de l'étude.

Pour rappel, la fibre n'étant pas impactable par la foudre, elle ne sera donc pas prise en compte dans cette étude.
Pour l'étude, une ligne courant faible entre chaque bâtiment sera prise en compte.

### 5.3 Protection incendie

Le site sera doté des moyens de protection et de prévention suivants :

- Extincteurs,
- Cuves Incendies,
- Désenfumage,
- Détection incendie, détecteur de fumée, avertisseurs sonores, déclencheurs manuels et automatiques…
- Centrale de détection incendie,
- Centrale de détection explosion,
- Equipiers de 1ere intervention sur le site,
- Extinction automatique par inertage du stockage de charbon actif,
- Extinction par buse de pulvérisation de la trémie d'alimentation,
- Clapet de fermeture de la trémie,
- Contrôle de la combustion (Débit de vapeur, de température, contrôle de l'oxygène, de la température du four, des débits d'airs primaires et secondaires…)

Du personnel de sécurité est présent en permanence sur le site et est en charge d'alerter les secours en cas d'accident.

### 5.4 Mise à la terre des installations

Le type de réseau de terre du site, fond de fouille, terre indépendante… n'est pas déterminée sur site à ce stade de l'étude.
Il existera sur l'installation électrique, un conducteur de liaison équipotentielle par le PE des câbles électriques, qui permettra l'interconnexion des différentes armoires électriques du site. Et on retrouvera, des liaisons équipotentielles supplémentaires installées entre les conducteurs de liaison équipotentielles principaux, et les masses métalliques de l'installation.

### 5.5 Liste des canalisations entrantes et sortantes

| Zone | Nom | Nature | Mise à la terre |
|---|---|---|---|
| **Ensemble du site UVE TOULOUSE** | Canalisation Gaz | Métallique | A réaliser |
| | Canalisations Eaux Usées | Béton, PVC | Sans objet |
| | Canalisations Eaux Pluviales | PVC | Sans objet |
| | Canalisations AEP | PE / PEHD | Sans objet |
| | Canalisations Eaux Industrielles | Métallique ou PE, PEHD | A réaliser si métallique |
| | Canalisations Eau du Canal de Saint Martory | Métallique | A réaliser si métallique |
| | Canalisations CVC | Métallique | A réaliser si métallique |
| | Canalisations Process / Solution d'ammoniaque, Bicarbonate de sodium, Charbon Actif…) | Métallique ou PE, PEHD | A réaliser si métallique |
| | Canalisation Incendie (Mousse…) | Métallique ou PE, PEHD | A réaliser si métallique |

**Source :** Selon Retour d'expérience.

***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 |
|---|---|---|
| **2770** | Installation de traitement thermique de déchets dangereux | Autorisation |
| **2771** | Installation de traitement thermique de déchets non dangereux | Autorisation |
| **3110** | Combustion de combustibles dans des installations d'une puissance thermique nominale totale égale ou supérieure à 50 MW | Autorisation |
| **3520-a** | Elimination ou valorisation dans des installations d'incinération des déchets ou des installations de co-incinération des déchets.<br>a : Capacité de traitement des déchets non dangereux supérieure à 3t/h | Autorisation |
| **3520-b** | Elimination ou valorisation dans des installations d'incinération des déchets ou des installations de co-incinération des déchets.<br>b : capacité de traitement des déchets dangereux supérieure à 10t/h | Autorisation |
| **2510.3** | Exploitation de carrière ou autre extraction de matériaux | Autorisation |
| **2716-1** | Installation de transit, regroupement, tri, ou préparation en vue de la réutilisation de déchets non dangereux non inertes | Enregistrement |
| **1435** | Stations- Service | En attente de classement ICPE Finalisé |
| **4734.2** | Produits pétrolier spécifiques et carburants de substitution | |

***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

Aucune zone ATEX Z0 ou Z20 ne peut 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 au sens de la NF EN 62 305.

Pour rappel, suivant la norme NF EN 62 305 :

- Pour un risque d'explosion lié à une zone ATEX 1 ou 21 en accord avec la réglementation, le risque retenu est un risque d'incendie élevé,
- Pour un risque d'explosion lié à une zone ATEX 2 ou 22 en accord avec la réglementation, le risque retenu est un risque d'incendie faible, sauf si la charge calorifique du bâtiment, indique un risque d'incendie supérieur.
- Pour un risque d'explosion lié à une zone ATEX 0 ou 20, le risque d'explosion est retenu, sauf si la zone est contenue dans une structure métallique d'épaisseur conforme à la NF EN 62305-3, ou si la zone ne peut être rencontrée à l'extérieur des installations. (Zone ne pouvant être directement impactable par la foudre).

Pour le site, il sera donc retenu un risque d'incendie élevé de l'UVE, par la présence de zones ATEX et par les déchets insérés dans l'UVE.

### 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 |
| Cuve Incendie | Non |
| Centrale de détection incendie | Oui |
| Extinction automatique par inertage | Oui |
| Extinction automatique et manuelle Buse de pulvérisation | Oui |
| Clapet de fermeture de la trémie | Oui |
| Centrale de détection Explosion | Oui |
| Centrale de détection gaz | Oui sauf si sécurité positive (Sécurité positive si vanne de coupure sur arrivée de gaz normalement fermée) |
| Contrôle de la combustion | Oui |
| Report d'alarme | Oui |
| Onduleurs (si participe à l'installation de sécurité des personnes) | Oui |
| Vidéo-surveillance | Oui |
| Centrale de détection intrusion | Oui |
| Centrale de détection multi ponctuelle - Supervision | 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.

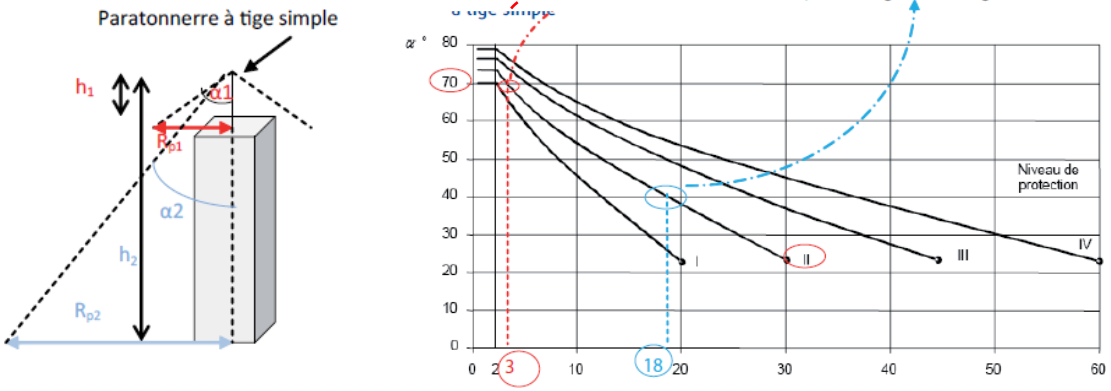
Ils peuvent être constitués par une combinaison des composants suivants :
- Tiges simples,
- Fils tendus,
- Cages maillées et/ou composants naturels…

Ces composants doivent être installés aux coins, aux points exposés et sur les rebords suivant 3 méthodes :

- **Tiges simples**

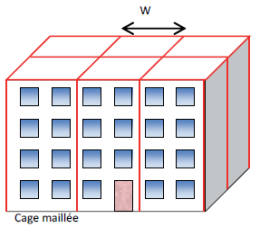
Ce type d'installation consiste en la mise en place d'un ou plusieurs paratonnerres à tiges simples, en partie haute des structures à protéger.

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**

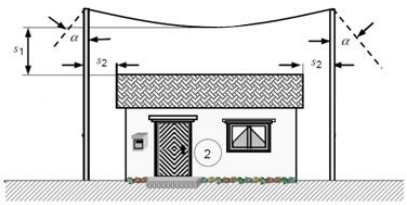



La protection par cage maillée consiste en la réalisation sur le bâtiment d'une cage à mailles reliées à des prises de terre.
Le système à cage maillée répartit l'écoulement des courants de foudre entre les diverses descentes, et ceci d'autant mieux que les mailles sont plus serrées.
La largeur des mailles 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.

***Tableau 8 : Rayon de protection des PDA***

**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 9 : 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**, pour les bâtiments et par pointes simples pour les cheminées car :

- Une solution de protection 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.
- - La mise en œuvre de PDA aux sommets des cheminées n'est pas possible (Les composants électroniques embarqués dans les PDA pourrait être détruit par les chaleurs émises).

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 Bâtiment Pôle Energie*

##### *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*

Les travaux à mettre en œuvre sont :

- L'installation au sommet de **chaque cheminée d'un PTS** de 2 m. Un sera fixé côté Nord de la cheminée Nord, et l'autre côté Sud de la cheminée Sud.
- L'installation de **1 PDA** testable IN SITU.
- Chaque paratonnerre sera mis à la terre par un conducteur dédié (naturel, ou structure métallique pour les cheminées)
- Un conducteur de mutualisation passant par l'acrotère permettra d'interconnecter les paratonnerres entre eux et de relier chaque paratonnerre en au moins 2 points à la terre.

Les caractéristiques des dispositifs de capture sont décrites dans le tableau suivant :

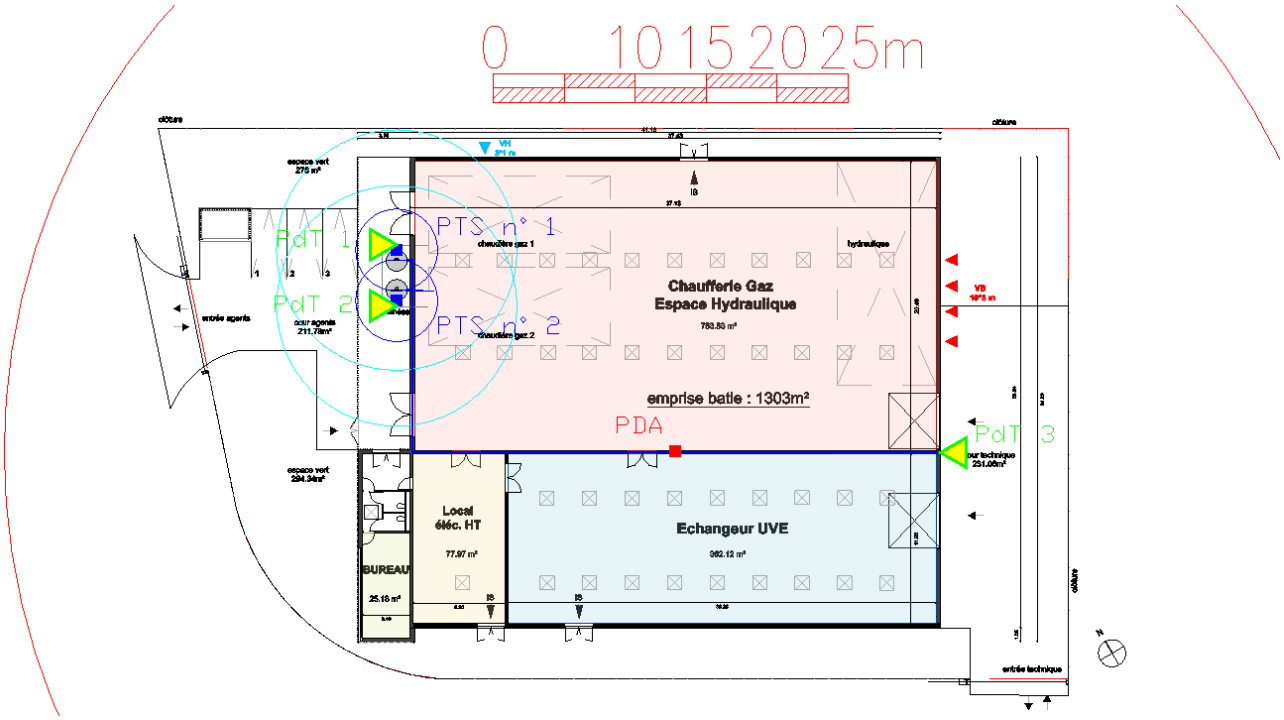
| Paratonnerre | Hauteur par rapport à la surface à protéger | Δt | Niveau de protection | Rayon de protection |
|---|---|---|---|---|
| PTS 1 & 2 | 2 mètres | - | I | 2,9 m |
| | 20 mètres (Hauteur / toit) | | I | 8,5 m |
| PDA 1 | 5 mètres | 60 µs | I | 47,4 m |

***Tableau 10 : 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.




***Plan 15: Implantation des paratonnerres, conducteurs de descente et prises de terre***

| Légende : | | | |
|---|---|---|---|
| ○ | Rayon de protection 47,4 m PDA 60µs – Niveau I (réduction des 40% appliquée) | ■ | PDA à 5 m de hauteur utile |
| ○ | Rayon de protection 2,9 m PTS – Niveau I | ■ | PTS à 2 m de hauteur utile |
| ○ | Rayon de protection 8,5 m PTS – Niveau I | — | Conducteur de descente à créer |
| △ | Prise de terre à créer | | |

***Tableau 11 : 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 Bâtiment UVE*

#### *6.4.2.1 Niveau de protection à atteindre*

Le Bâtiment doit être protégé par un **SPF de niveau I.**

#### *6.4.2.2 Dispositif de capture*

Les travaux à mettre en œuvre sont :

- L'installation au sommet de **chaque cheminée d'un PTS** de 2 m. Un sera fixé côté Nord de la cheminée Nord, et l'autre côté Sud de la cheminée Sud.
- L'installation de **5 PDA** testables IN SITU.
- Chaque paratonnerre sera mis à la terre par un conducteur dédié (naturel, ou structure métallique pour les cheminées)
- Des conducteurs de mutualisation seront mis en œuvre pour interconnecter les paratonnerres 2 à 2 lorsqu'ils sont sur le même niveau de toiture. Les PDA n°1 & n°2 seront mutualisés entre eux, comme les PDA n°3 & n°4. Le PDA n°5 sera mutualisé avec les paratonnerres des cheminées par connexion avec les conducteurs issus des cheminées et passant en toiture du TF.
- Chaque descente sera reliée à une prise de terre.

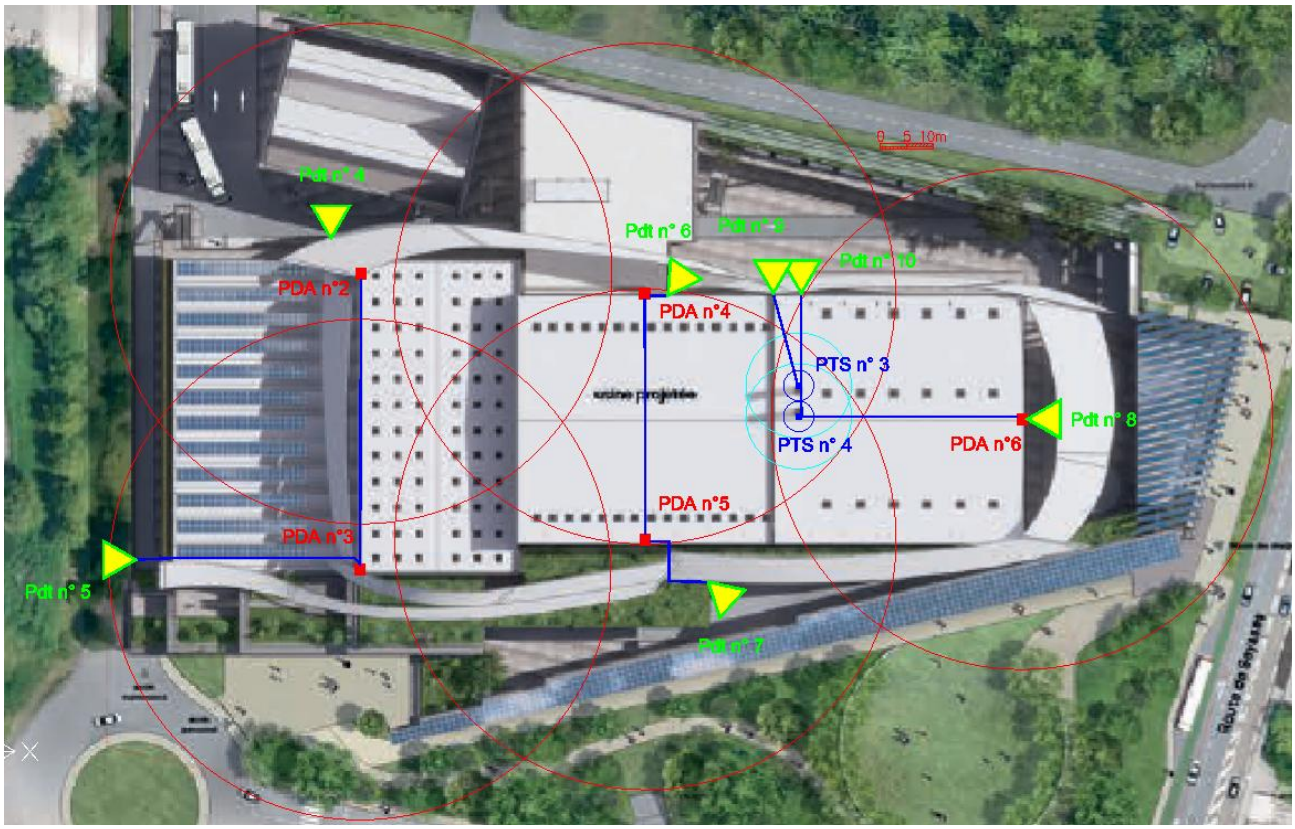
Les caractéristiques des dispositifs de capture sont décrites dans le tableau suivant :

| Paratonnerre | Hauteur par rapport à la surface à protéger | Δt | Niveau de protection | Rayon de protection |
|---|---|---|---|---|
| PTS 3 & 4 | 2 mètres | - | I | 2,9 m |
| | 10 mètres (Hauteur / toit) | | I | 10 m |
| PDA 2 à 6 | 5 mètres | 60 µs | I | 47,4 m |

***Tableau 12 : 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).




***Plan 16: Implantation des paratonnerres, conducteurs de descente et prises de terre***

| Légende : | | | |
|---|---|---|---|
| ○ | Rayon de protection 47,4 m PDA 60µs – Niveau I (réduction des 40% appliquée) | ■ | PDA à 5 m de hauteur utile |
| ○ | Rayon de protection 2,9 m PTS – Niveau I | ■ | PTS à 2 m de hauteur utile |
| ○ | Rayon de protection 10 m PTS – Niveau I | — | Conducteur de descente à créer |
| △ | Prise de terre à créer | | |

***Tableau 13 : 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.

### *6.4.3 Dispositifs de descente et mise à la terre*

#### *6.4.3.1 Conducteurs de descente*

Pour un SPF à dispositif d'amorçage non isolé, chaque PDA doit être connecté à au moins deux conducteurs de descente. Néanmoins, la norme NFC 17102 version 2011 nous indique que lorsque plusieurs PDA se trouvent sur le même bâtiment, les conducteurs de descente peuvent être mutualisés. Ainsi, s'il y a *n* PDA sur le toit, il n'est pas systématiquement nécessaire d'avoir *2n* conducteurs de descente mais un minimum de *n* conducteurs de descente spécifique est nécessaire.

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

**La distance de séparation** au pied du paratonnerre concerné est de :
(Le détail du calcul est présenté en annexe 1)

| | PTS 1 & 2 | PTS 3 | PTS 4 | PDA 1 | PDA 2 | PDA 3 | PDA 4 | PDA 5 | PDA 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Distance de séparation dans l'air | 1,8 m | 3,2 m | 3,5 m | 1,8 m | 1,7 m | 3,8 m | 2,4 m | 3,2 m | 1,8 m |
| Distance de séparation dans le béton | 3,5 m | 6,4 m | 6,9 m | 3,5 m | 3,3 m | 7,6 m | 4,7 m | 6,4 m | 3,6 m |

***Tableau 14 : 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.**

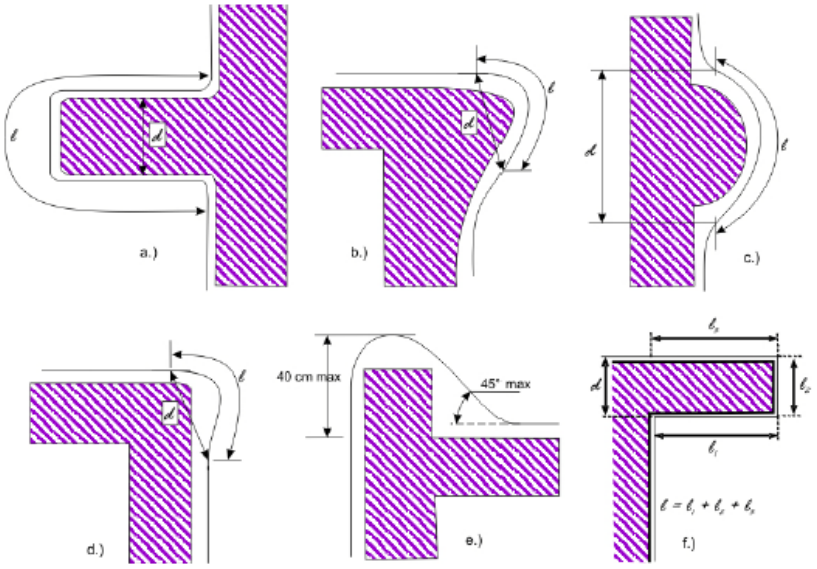
**Les courants forts/faibles devront être blindés (caméras, antenne hertzienne) ou protégés à l'aide de parafoudres (parafoudres BT et coaxiaux) en cas de non-respect de cette distance de séparation.**

#### 6.4.3.2 *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.




$\ell$ : 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**.

#### 6.4.3.3 *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 15: Nature des conducteurs de descente***

#### 6.4.3.4 *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.

#### 6.4.3.5 *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**.

#### 6.4.3.6 *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.

#### *6.4.3.7 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, **10 prises de terre** devront être créées afin de relier les installations à la terre : 3 pour les paratonnerres du pôle Energie et 7 pour ceux de l'UVE.

Comme les descentes des paratonnerres à tige simples sont mutualisées avec celle des PDA. Les prises de terre réalisées seront conformes à la norme la plus restrictive à savoir celle sur les PDA la NF C 17-102.

**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.

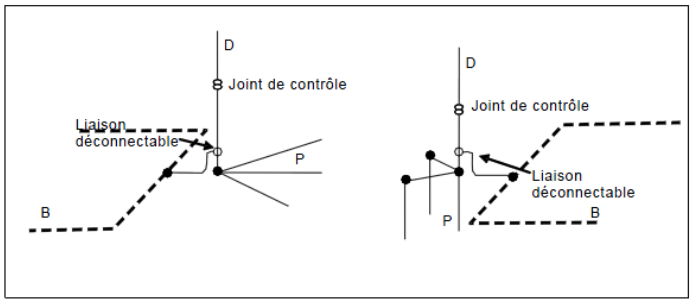
- Prise de terre ligne ou triangle

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**.

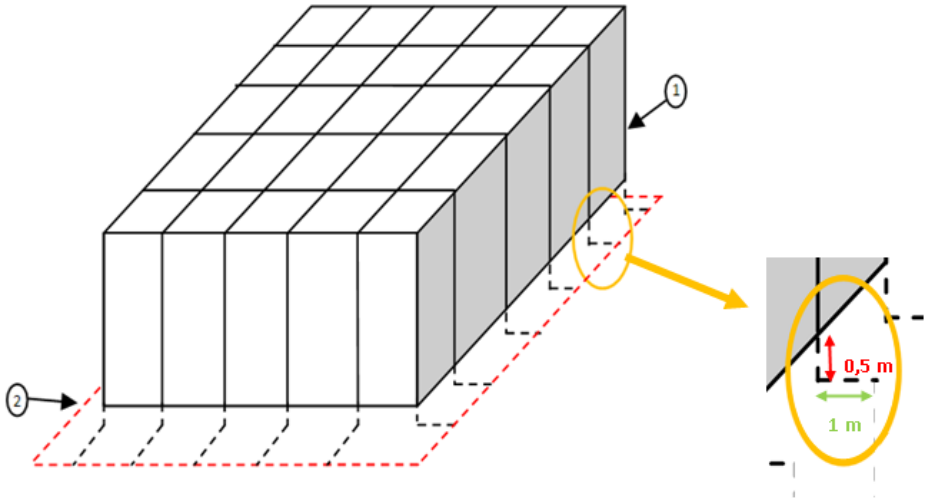



Schéma de principe « prise de terre type B »

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<br>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<br>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 16 : Nature des prises de terre selon la norme***

#### 6.4.3.8 *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.

*6.4.3.8 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.

*6.4.3.9 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.

*6.4.3.10 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.
- Un réseau d'au moins 10 conducteurs de descente conformes au §5.3.5 de la norme NF EN 62305-3 est utilisé.
- La résistance de contact de la couche de surface du sol, jusqu'à 3 m du conducteur de descente, 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.
- 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.

**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.

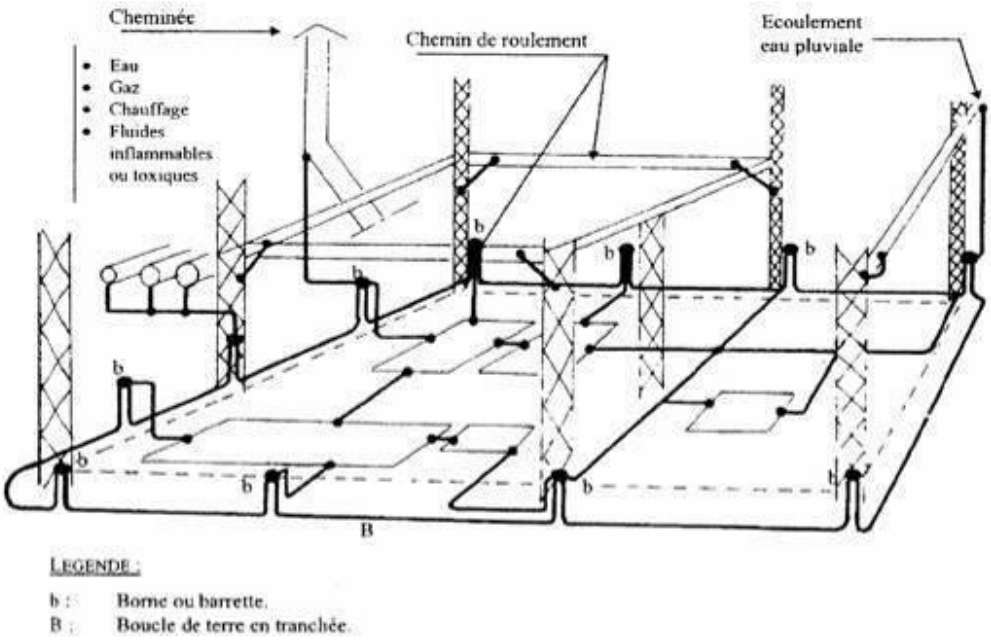



***Figure 4: Principe général de mises à la terre***

| Zone | Nom | Liaison équipotentielle |
|---|---|---|
| **Ensemble du site UVE TOULOUSE** | Canalisation Gaz | A réaliser |
| | Canalisations Eaux Usées | Béton, PVC |
| | Canalisations Eaux Pluviales | PVC |
| | Canalisations AEP | PE / PEHD |
| | Canalisations Eaux Industrielles | A réaliser si métallique |
| | Canalisations Eau du Canal de Saint Martory | A réaliser si métallique |
| | Canalisations CVC | A réaliser si métallique |
| | Canalisations Process / Solution d'ammoniaque, Bicarbonate de sodium, Charbon Actif…) | A réaliser si métallique |
| | Canalisation Incendie (Mousse…) | A réaliser si métallique |

***Tableau 17 : Canalisations entrantes***

| Elément d'équipotentialité | | Matériau [a] | Section [b] mm² |
|---|---|---|---|
| Barres d'équipotentialité (cuivre, acier à revêtement en cuivre ou acier galvanisé) | | Cu, Fe | 50 |
| Conducteurs de connexion entre les barres d'équipotentialité et la prise de terre ou entre les autres barres d'équipotentialité (transportant la totalité ou une partie significative du courant de foudre) | | Cu<br>Al<br>Fe | 16<br>25<br>50 |
| Conducteurs de connexion entre les installations internes métalliques et les barres d'équipotentialité (transportant un courant de foudre partiel) | | Cu<br>Al<br>Fe | 6<br>10<br>16 |
| Conducteurs de mise à la terre avec le parafoudre (transportant la totalité ou une partie significative du courant de foudre) [c] | Classe I<br>Classe II<br>Classe III<br>Autres parafoudres [d] | Cu | 16<br>6<br>1<br>1 |

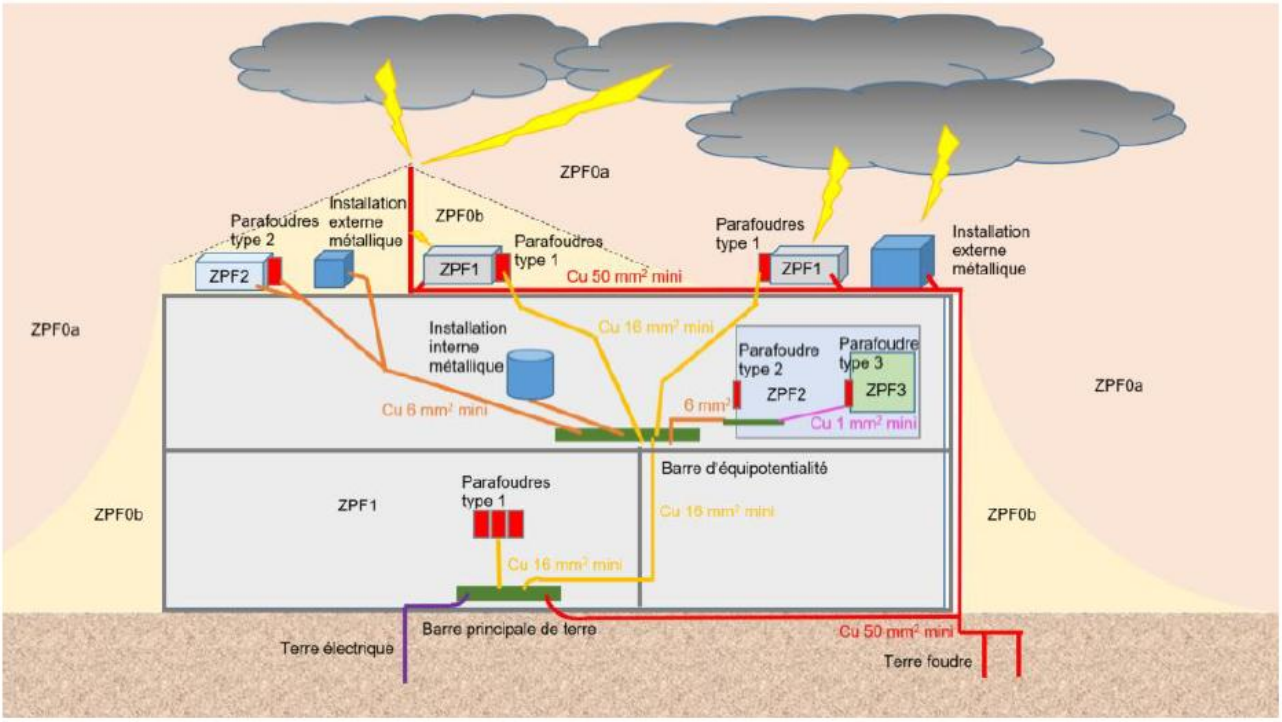
[a] Il convient que les autres matériaux utilisés présentent des sections assurant une résistance équivalente.

[b] Dans certains pays, il est possible d'utiliser des conducteurs de plus petites dimensions, à condition qu'ils satisfassent aux exigences thermiques et mécaniques- voir la CEI 62305-1:2010, Annexe D.

[c] Pour les parafoudres utilisés dans des applications de puissance, des informations complémentaires relatives aux conducteurs de connexion sont données dans la CEI 60364-5-53 et dans la CEI 61643-12.

[d] Les autres parafoudres incluent les parafoudres utilisés dans les réseaux de télécommunication et de signalisation

***Tableau 18 : Sections minimales des éléments d'équipotentialité***




***Plan 17 : Schéma de principe avec les différents types de conducteurs***

### *6.5.1 Mise à la terre des panneaux photovoltaïques*

Sur le bâtiment des Energies, les travaux à mettre en œuvre sont :

D'après la norme **IEC 61643-32** la mise à la terre des panneaux photovoltaïques devra être effectuée par un conducteur en Cuivre nu :

- De section minimale de 50 mm² pour les conducteurs de liaison équipotentielle, lorsqu'ils peuvent être considérés comme des conducteurs de descente,
- De section minimale de 16 mm² pour les conducteurs de liaison équipotentielle, lorsqu'ils acheminent un courant de foudre partiel,
- De section minimale de 6 mm² pour les conducteurs de liaison équipotentielle, lorsqu'ils acheminent uniquement un courant de foudre induit.

Dans le cas d'une installation photovoltaïque non connectée au système de protection contre la foudre (distance de séparation maintenue), la section minimale des conducteurs d'équipotentialité doit être de 6 mm² en cuivre.

Ce réseau équipotentiel devra être interconnecté avec le réseau de terre du site, ainsi que le réseau de descente foudre.

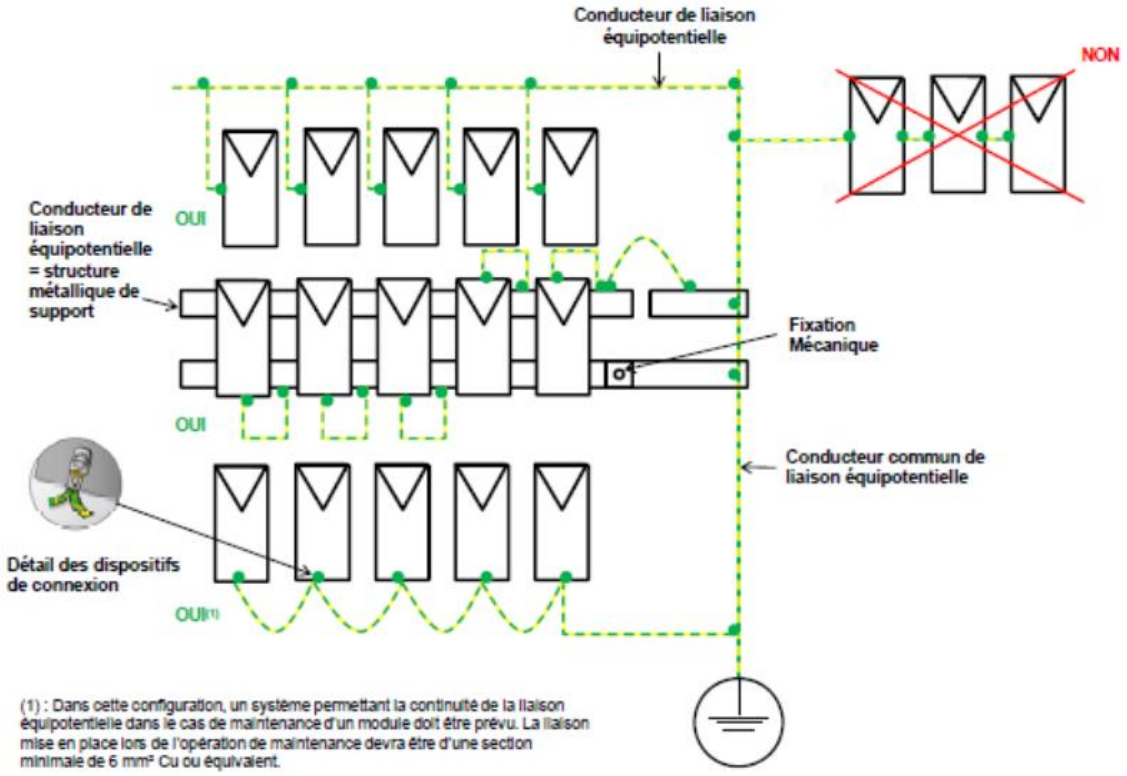
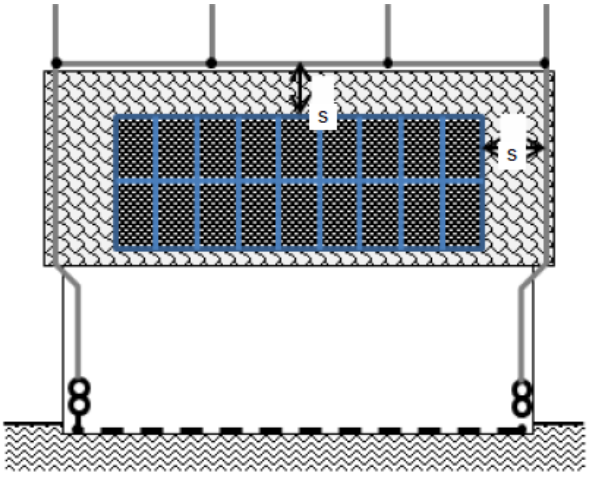



***Figure 5 : Exemple de mise à la terre des panneaux photovoltaïques***

Lorsqu'une installation photovoltaïque est protégée par un système de protection contre la foudre (SPF), il convient de maintenir la distance de séparation minimale entre le SPF et les structures métalliques de l'installation photovoltaïque afin d'éviter l'écoulement de courants de foudre partiels dans ces structures.

Lorsqu'un groupe photovoltaïque est protégé par un système de protection contre la foudre, et lorsque **la distance de séparation est maintenue**, les dimensions de tous les conducteurs de liaison équipotentielle doivent être de 6 mm² à l'exception du conducteur de terre du parafoudre de type 1 situé au niveau du tableau de distribution principal qui doit être de 16mm².



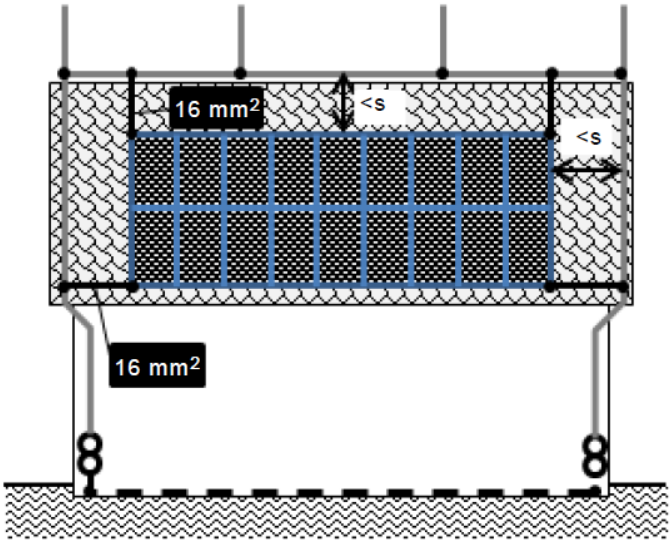

NOTE Il est recommandé de positionner le dispositif de capture du système de protection contre la foudre de manière à éviter un coup de foudre direct sur le groupe photovoltaïque et à réduire simultanément le plus possible les ombres produites sur les modules photovoltaïques.

***Figure 6 : Exemple de bâtiment comportant une installation extérieure du système de protection contre la foudre – Dimensions des conducteurs de liaison équipotentielle en cas de respect de la distance de séparation***

**Pour le projet, la protection du bâtiment des Energies est assurée par le PDA n° 6 mis en œuvre sur la toiture TF de l'UVE, la distance de séparation est bien maintenue.**

Pour rappel : lorsqu'un groupe photovoltaïque est protégé par un système de protection contre la foudre, et lorsque **la distance de séparation ne peut être maintenue**, il convient de prévoir une connexion directe entre l'installation extérieure du système de protection contre la foudre et la structure métallique du groupe photovoltaïque.

Il convient que cette connexion soit capable de résister au courant de foudre partiel. Les dimensions de tous les conducteurs de liaison équipotentielle doivent être de 16 mm².




IEC

NOTE Il est recommandé de positionner le dispositif de capture du système de protection contre la foudre de manière à éviter un coup de foudre direct sur le groupe photovoltaïque et à réduire simultanément le plus possible les ombres produites sur les modules photovoltaïques.

***Figure 7 : Exemple de bâtiment comportant une installation extérieure du système de protection contre la foudre – Dimensions des conducteurs de liaison équipotentielle en cas de non-maintien de la distance de séparation***

## 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 IV à I+** sur le site **UVE TOULOUSE - DECOSET** de **TOULOUSE (31)**.

Une protection devra 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 du guide UTE C 15-443.
- Sur les Équipements Importants Pour la Sécurité.
- Sur les canalisations conductrices provenant de l'extérieur des bâtiments (équipements en toiture, réseaux électriques, …).

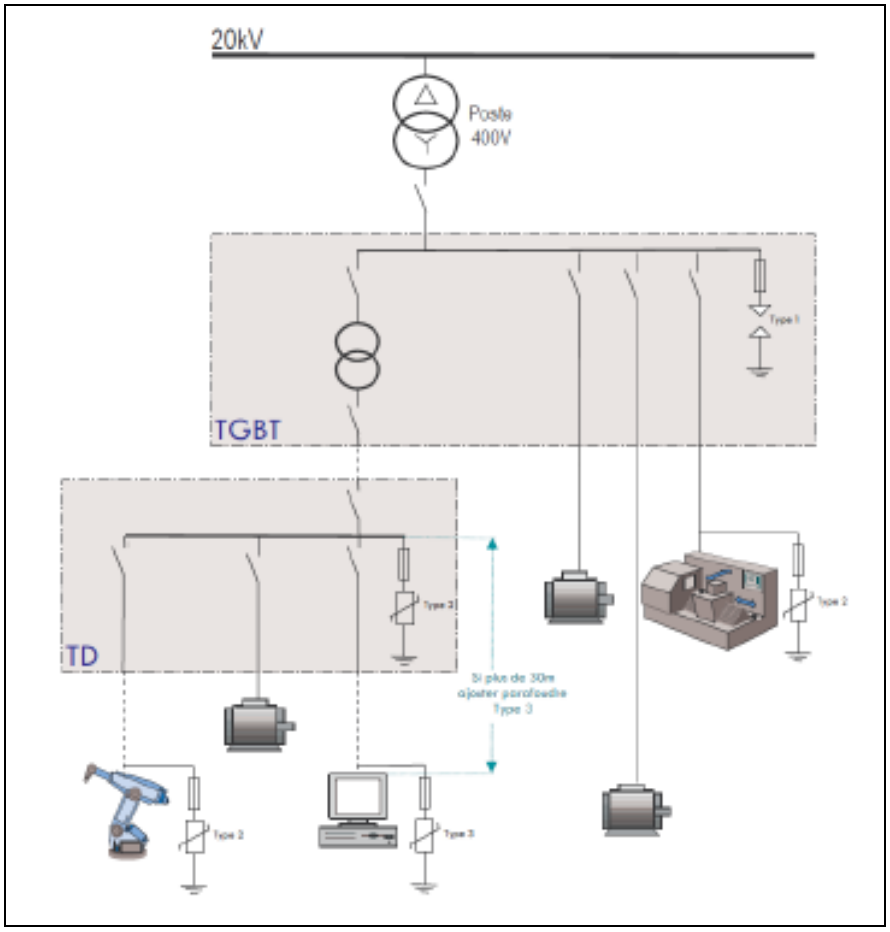



***Figure 8 : Principe de protection par parafoudres***

Nous préconisons :

| Bâtiment | Armoire | Préconisation |
|---|---|---|
| *Pôle Energie* | *TGBT* | Installation d'un Parafoudre de type 1+2 |
| | *Alimentation Eclairage Extérieur* | Installation d'un Parafoudre de type 1+2 |
| *UVE* | *TGBT* | Installation d'un Parafoudre de type 1+2 |
| | *Alimentation Eclairage Extérieur* | Installation d'un Parafoudre de type 1+2 |
| | *Alimentation Pont Bascule* | Installation d'un Parafoudre de type 1+2 |
| *Maison des Energie* | *TGBT* | Installation d'un Parafoudre de type 1+2 |
| | *Installation Photovoltaïque* | Installation de parafoudres conformément au §7.1 |

***Tableau 19 : Protection type 1***

| Bâtiment | Armoire | Préconisation |
|---|---|---|
| *Ensemble du projet (UVE, Pôle Energie, Maison des Energies)* | *Centrale de détection incendie* | Installation d'un parafoudre de type 2 * |
| | *Extinction automatique par inertage* | Installation d'un parafoudre de type 2 * |
| | *Extinction automatique et manuelle Buse de pulvérisation* | Installation d'un parafoudre de type 2 * |
| | *Clapet de fermeture de la trémie* | Installation d'un parafoudre de type 2 * |
| | *Centrale de détection Explosion* | Installation d'un parafoudre de type 2 * |
| | *Centrale de détection gaz* | Installation d'un parafoudre de type 2 * |
| | *Contrôle de la combustion* | Installation d'un parafoudre de type 2 * |
| | *Onduleurs* | Installation d'un parafoudre de type 2 * |
| | *Vidéo-surveillance* | Installation d'un parafoudre de type 2 * |
| | *Centrale de détection intrusion* | Installation d'un parafoudre de type 2 * |
| | *Centrale de détection multi ponctuelle - Supervision* | Installation d'un parafoudre de type 2 * |
| *Maison des Energies* | *Installation Photovoltaïque* | Installation de parafoudres conformément au §7.1 |

***Tableau 20 : Protection type 2***

* : Installation d'un parafoudre sur l'alimentation au plus près de l'équipement si à plus de 10 mètres filaires d'un parafoudre amont de type 1+2, ou type 2. Et un parafoudre par alimentation (Double alimentation possible)

| ***Bâtiment*** | **Installation** | ***Préconisation*** |
|---|---|---|
| *Ensemble du projet (UVE, Pôle Energie, Maison des Energies) Multi bâtiments* | *Courant Faible inter bâtiment* | *Parafoudres CFA de type 1 sur lignes exploitées et mise à la terre des paires inertes ou prévoir écrantage de câble en alternative. Solution technique à valider et à installer par l'installateur des solutions CFO si cela n'influence pas sur le bon fonctionnement des équipements.* |
| | *Report d'alarme ligne cuivre vers SDIS ou Télésurveillance* | *Parafoudres CFA de type 1 sur lignes télécom exploitées et mise à la terre des paires inertes* |
| | *Caméra de vidéosurveillance extérieur* | *Parafoudres CFA de type 1 sur câble (Réseau cuivre), avant connexion au switch de répartition vidéo.* |
| *Maison des Energies* | *Répartiteur multipaires* | *Parafoudres CFA de type 1 sur lignes télécom exploitées et mise à la terre des paires inertes* |

***Tableau 21 : Protection CFA***

### 7.1 Parafoudres sur installations PV

Des protections par parafoudres devront être installées sur différentes armoires et coffrets électriques afin de protéger l'ensemble du réseau de production d'énergie photovoltaïque selon UTE 15-712 et IEC 61 643-32.

| Situation | Localisation parafoudre | | |
|---|---|---|---|
| | Repère n°3 | Repère n°2 | Repère n°1 ou 4 |
| Installation des parafoudres dans le cas d'une installation photovoltaïque **sans installation extérieure de protection foudre (§7.1.1)** | Parafoudre de type 1<br>ou<br>Parafoudre de type 2 | Parafoudre de type 2 | Parafoudre de type 2 |
| Installation des parafoudres dans le cas d'un bâtiment **avec installation extérieure de protection foudre avec maintien de la distance de séparation (§7.1.2)** | Parafoudre de type 1 | Parafoudre de type 2 | Parafoudre de type 2 |
| Installation des parafoudres dans le cas d'un bâtiment **avec installation extérieure de protection foudre sans maintien de la distance de séparation (§7.1.3)** | Parafoudre de type 1 | Parafoudre de type 1 | Parafoudre de type 1 |

***Tableau 22 : Choix de la classe d'essai du parafoudre et de la section du conducteur d'équipotentialité***

### *7.1.1 Installation photovoltaïque sans installation extérieure de protection contre la foudre*

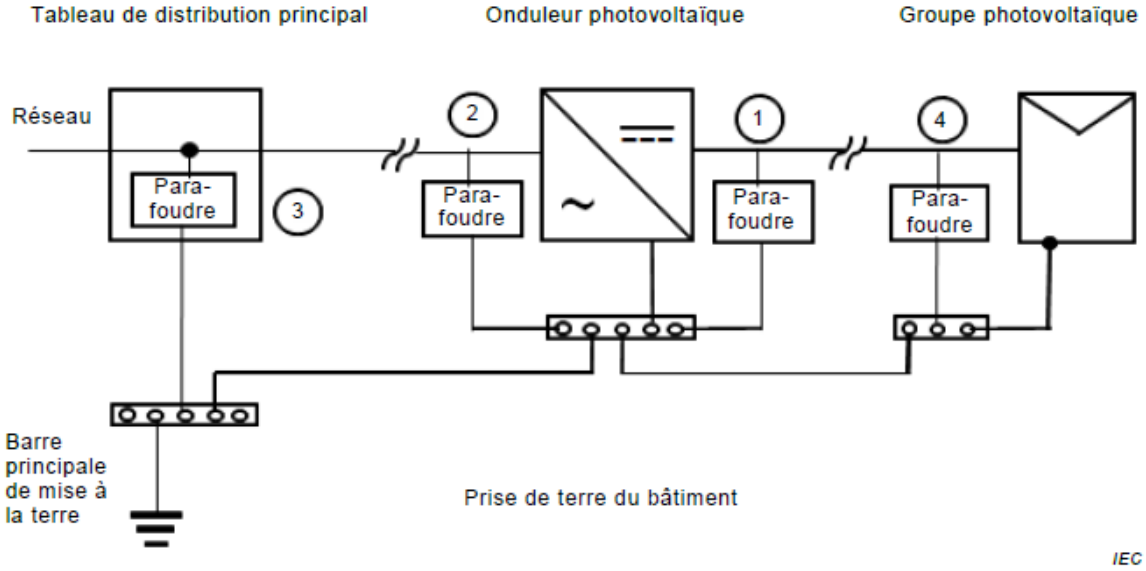



***Figure 9 : Installation des parafoudres dans le cas d'un bâtiment sans installation extérieure du système de protection contre la foudre***

Le parafoudre à l'emplacement 2 n'est pas exigé si :

- La distance entre le parafoudre du tableau de distribution principal et l'onduleur est inférieure à 10 m, et si le cheminement du conducteur de mise à la terre de protection utilise les conducteurs de puissance en courant alternatif. Dans ce cas, un parafoudre unique doit être installé au niveau du tableau de distribution principal à l'emplacement 3.

  Ou

- En cas de connexion de l'onduleur et du tableau de distribution principal à la même barre de mise à la terre avec une longueur de câble inférieure ou égale à 0,5 m (par exemple, l'onduleur est situé à l'intérieur du tableau de distribution principal).

Le parafoudre à l'emplacement 4 n'est pas exigé si :

- La distance entre l'onduleur et le groupe photovoltaïque est inférieure à 10 m et le niveau de protection (Up) du parafoudre installé à l'emplacement 1 est inférieur ou égal à 0,8 Uw de la tension de tenue du groupe photovoltaïque.

  Ou

- Le niveau de protection (Up) du parafoudre installé à l'emplacement 1 est inférieur ou égal à 0,5 Uw de la tension de tenue du groupe photovoltaïque et le cheminement du conducteur de mise à la terre de protection est proche des conducteurs en courant continu.

*7.1.2 Installation photovoltaïque avec une installation extérieure de protection foudre avec maintien de la distance de séparation (à l'exclusion des systèmes solaires mis à la terre en des points multiples, tels que les centrales photovoltaïques)*

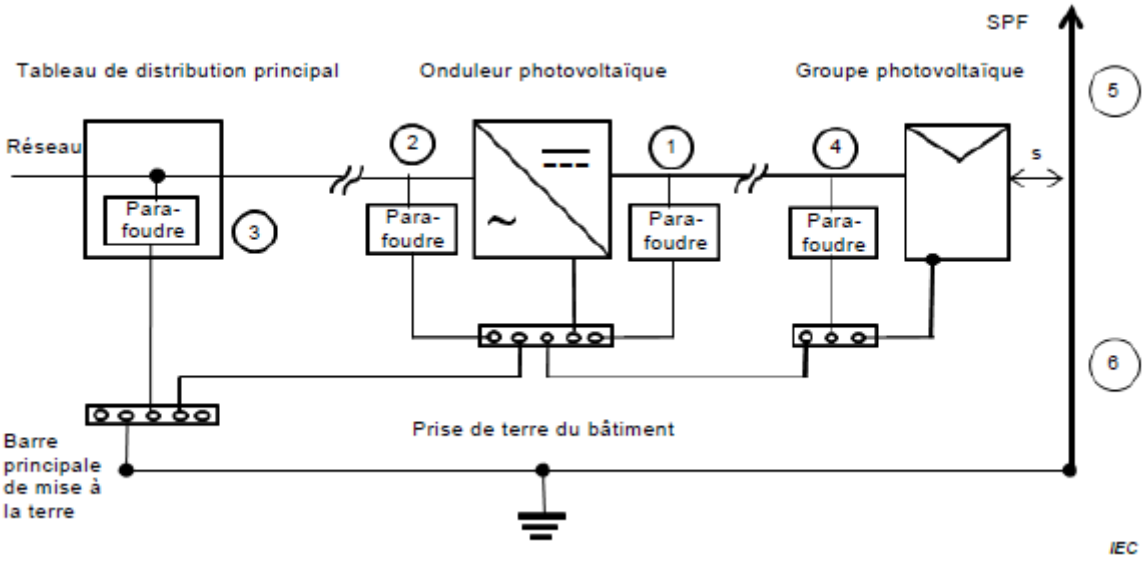



***Figure 10 : Installation de parafoudres dans le cas d'une installation photovoltaïque avec une installation extérieure du système de protection contre la foudre avec maintien de la distance de séparation***

Le parafoudre à l'emplacement 2 n'est pas exigé si :

- La distance entre les parafoudres du tableau de distribution principal et l'onduleur est inférieure à 10 m et si la tension induite dans le courant de foudre qui s'écoule dans le conducteur de descente peut ne pas être prise en compte (voir IEC 62305-4).

  Ou

- En cas de connexion de l'onduleur et du tableau de distribution principal à la même barre de mise à la terre avec une longueur de câble inférieure ou égale à 0,5 m (par exemple, l'onduleur est situé à l'intérieur du tableau de distribution principal).

Le parafoudre à l'emplacement 4 n'est pas exigé si :

- La distance entre l'onduleur et le groupe photovoltaïque est inférieure à 10 m et le niveau de protection (Up) du parafoudre installé à l'emplacement 1 est inférieur ou égal à 0,8 Uw de la tension de tenue du groupe photovoltaïque,

  Ou

- Le niveau de protection (Up) du parafoudre installé à l'emplacement 1 est inférieur ou égal à 0,5 Uw de la tension de tenue du groupe photovoltaïque et le cheminement du conducteur de mise à la terre de protection est proche des conducteurs en courant continu.

*7.1.3 Installation photovoltaïque avec une installation extérieure du système de protection contre la foudre lorsque la distance de séparation ne peut être maintenue (y compris les systèmes mis à la terre en des points multiples, tels que les centrales photovoltaïques)*

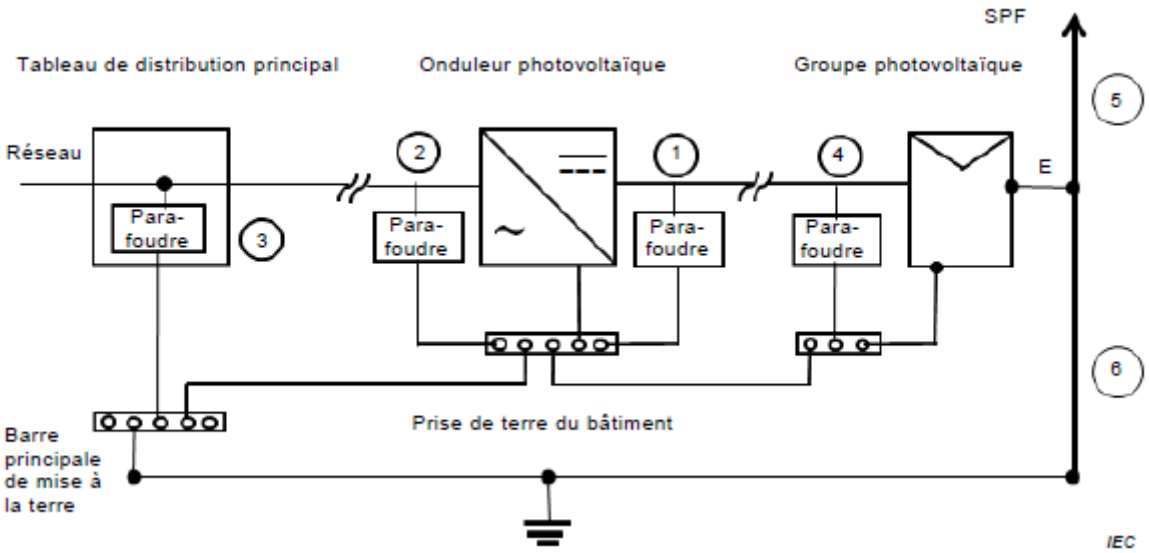



***Figure 11 : Installation de parafoudres dans le cas d'une installation photovoltaïque avec une installation extérieure du système de protection contre la foudre lorsque la distance de séparation (s) ne peut être maintenue***

Des parafoudres de classe d'essai I sont exigés pour les emplacements 1, 2, 3 et 4. Il convient d'installer les parafoudres pour les emplacements 1 et 2 le plus près possible de l'onduleur. Il convient d'installer le parafoudre à l'emplacement 4 le plus près possible du groupe photovoltaïque.

Les parafoudres aux emplacements 2 et 3 sont généralement exigés sauf en cas de connexion de l'onduleur et du tableau de distribution principal à la même barre de mise à la terre avec une longueur de câble inférieure ou égale à 0,5 m (par exemple, l'onduleur est situé à l'intérieur du tableau de distribution principal). Le parafoudre à l'emplacement 2 n'est pas exigé dans ce type de cas.

*7.1.4 Parafoudres photovoltaïques courant faible*

Il est nécessaire de mettre en place des parafoudres courant faible de type D1 sur les réseaux des signaux (comme l'arrivée du signal dans le local TGBT), ainsi que les éléments utilisés pour des données météo du site (capteur de mesure du vent).

*7.1.5 Principe de raccordement des parafoudres courant fort dans une installation PV*

Le raccordement du parafoudre doit 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 parallèle de raccordement du parafoudre au réseau devra être **strictement inférieure à 0,50 m (L1+L2)**.

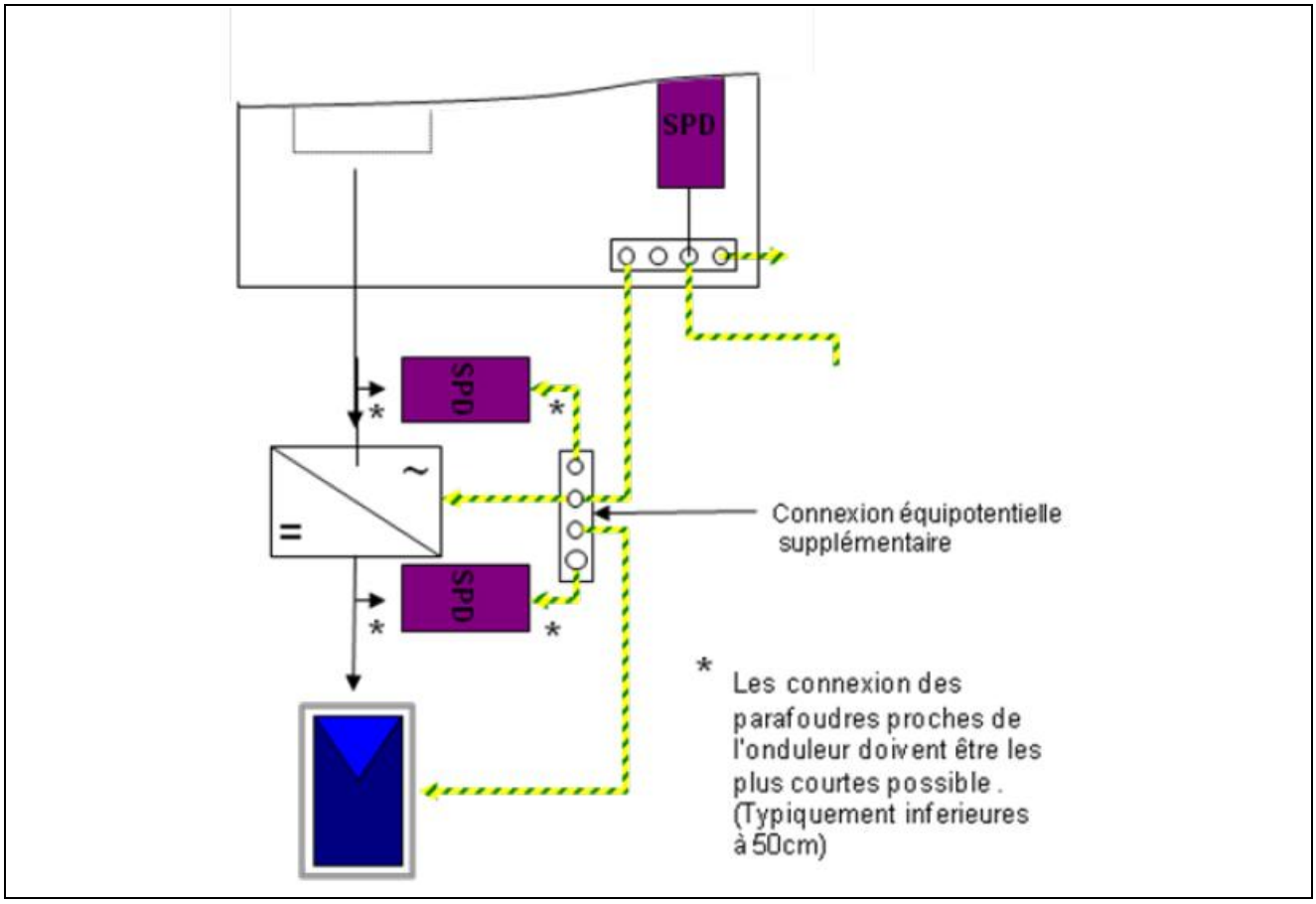



***Figure 12 : Distances à respecter pour le câblage des parafoudres***

La mise en œuvre doit être réalisée conformément à la norme IEC 61643-32.

Afin de privilégier la continuité des installations électriques, les dispositifs de protection des parafoudres respecteront **les règles de sélectivité.**

## 7.2 Protection des courants forts

### *7.2.1 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 :

- 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 |
| 300 | 0,005 | I+ |
| 600 | 0,001 | I++ |

***Tableau 23: Valeurs du courant de foudre direct Iimp 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. (Dans le cas d'absence d'information nous considérons un réseau (3 pôles + PE)

| | Pôle Energie | UVE | Maison des Energies |
|---|---|---|---|
| Régime de neutre | Non communiqué * | | |
| Pour le n | 4 | 8 | 3 |
| Pour le m | 4 | 4 | 4 |
| n x m= | 16 | 32 | 12 |
| Calcul niveau IV et III (0,5 / (n x m)) x 100 = | - | - | 4,17 |
| Calcul niveau I (0,5 / (n x m)) x 200 = | 6,25 | 3,13 | - |

*Dans le cas d'absence d'information nous considérons un réseau (3 pôles + PE)

***Tableau 24 : Calcul du Iimp***

La norme NF C 15100 impose un minimum de **12,5 kA.**

On retrouve ainsi les résultats suivants :

**Caractéristiques** :

- Régime de neutre : **Non communiqué**
- 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) : **$I_{imp}$ ≥ 12,5 kA**
- Niveau de protection : **Up ≤ 2,5 kV**

Ces parafoudres doivent être accompagnés d'un dispositif de déconnexion selon les préconisations du fabricant.

### *7.2.2 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.

**Calcul du courant In des parafoudres de type 2 selon le Guide UTE C 15-443 :**

- **Evaluation du niveau d'exposition aux surtensions de foudre**

Le niveau d'exposition aux surtensions de foudre dénommé F est évalué par la formule suivante :

$$F = Nk\ (1,6 + 2.LBT + \delta)$$

Où :

- **Nk :** est le niveau kéraunique local (nombre de jours d'orages / an) = 19 jours / an suivant les données Météorage. Voir le § 6.1 de l'ARF RGC 32 433.
- **LBT :** est la longueur en km de la ligne BT alimentant l'installation.
  - Pour des valeurs supérieures ou égales à 0,5 km, on retient LBT = 0,5.
- **δ :** est un coefficient prenant en compte la situation de la ligne et celle du bâtiment.
  - La valeur de δ est donnée dans le tableau ci-dessous.

| Situation de la ligne (BT) et du bâtiment | Complètement entouré de structures | Quelques structures à proximité ou inconnue | Terrain plat ou découvert | Sur une crête, présence de plan d'eau, site montagneux |
|---|---|---|---|---|
| δ | 0 | 0,5 | 0,75 | 1 |

***Tableau 25: Valeurs de δ selon la situation de la ligne et du bâtiment***

| Bâtiment | NK | LBT | δ | Total |
|---|---|---|---|---|
| ***Pôle Energie*** | **19** | **0** | **0** | **30.4** |
| ***UVE*** | | | | |
| ***Maison des Energies*** | | | | |

***Tableau 26: Résultat du calcul***

- **Choix de In**

A l'origine d'une installation alimentée par le réseau de distribution publique, le courant nominal de décharge In recommandé est de 5 kA pour les parafoudres de type 2.

Une valeur plus élevée donnera une durée de vie plus longue.

Le tableau ci-dessous permet d'optimiser le choix de In en fonction du paramètre F :

| Estimation du risque F | In (kA) |
|---|---|
| **F ≤ 40** | 5 |
| **40< F ≤ 80** | 10 |
| **F > 80** | 20 |

***Tableau 27: Choix de In dans le cas des parafoudres de type 2***

| | Ensemble du site |
|---|---|
| In (kA) | 5 kA |

***Tableau 28: Résumé du In pour les bâtiments du site***

**Caractéristiques :**

- Régime de neutre : **Non communiqué**
- 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**
- Niveau de protection **Up ≤ 2,5 kV (Equipement de classe II) pour l'installation photovoltaïque**

La valeur de Up doit être au moins inférieur à 80 % de la valeur de tension assignée de tenue aux chocs des matériels à protéger.

En l'absence d'information de la part des constructeurs, la tension de tenue au chocs Uw est considérée égale à celle du tableau ci-dessous (Extrait § 13.3.2.3 de la norme UTE C 15-712-1.

| $U_{ocMAX}$ (V) | $U_w$ (kV) | |
|---|---|---|
| | module PV | onduleur |
| 100 | 1,5 | - |
| 150 | 2,5 | - |
| 300 | 4 | - |
| 400 | - | 3,1 |
| 600 | 6 | 4,2 |
| 800 | - | 5,1 |
| 1000 | 8 | 5,6 |

***Tableau 29 : Tension de tenue aux chocs Uw lorsqu'aucune information n'est disponible.***

Ces parafoudres doivent être accompagnés d'un dispositif de déconnexion selon les préconisations du fabricant.

### *7.2.3 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)**.

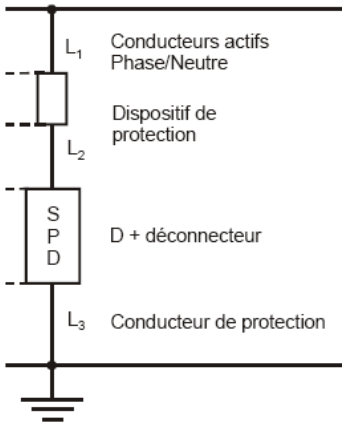



***Figure 13 : Principe de câblage d'un parafoudre***

La mise en œuvre doit être réalisée conformément au guide UTE C 15-443 et à la norme NF EN 62305-4.

### *7.2.4 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.

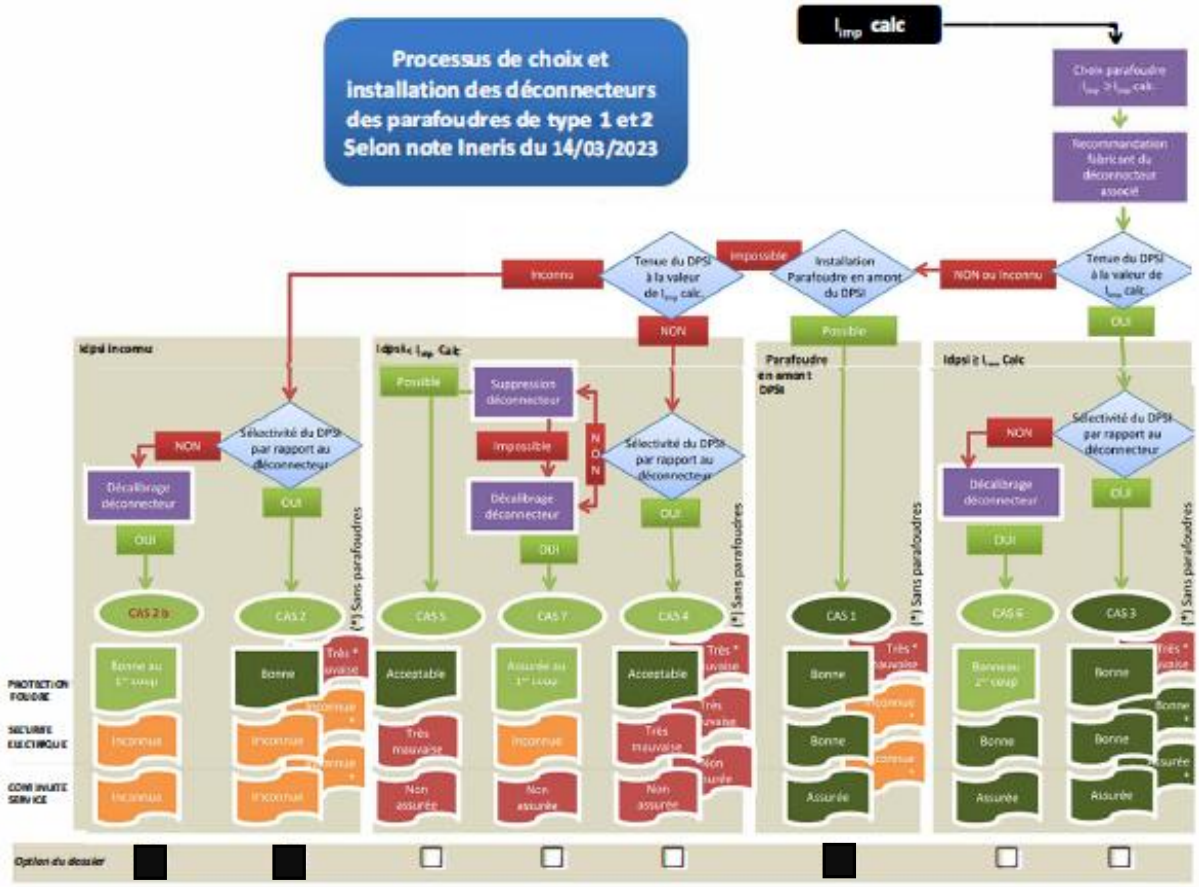



***Figure 14 : Dispositifs de déconnection des parafoudres de type 1 et 2***

## 7.3 Protection des lignes de télécommunication

### *7.3.1 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 > ou = 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 30 : 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 de l'arrivée Télécom et des réseaux courants faibles inter bâtiment.**

**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.

### *7.3.2 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.

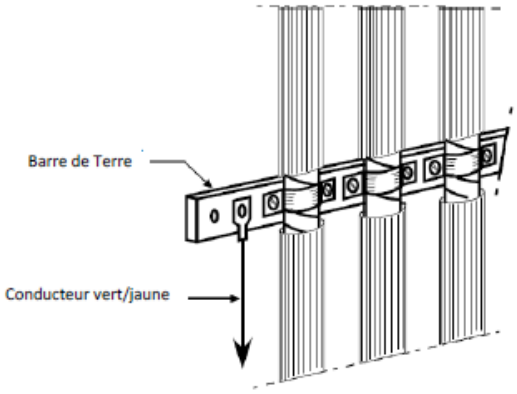



***Figure 15 : Mise à la terre de câble écrantés***

## 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<br>année | Inspection complète<br>année | Inspection complète des situations critiques [a] [b]<br>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 31 : 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 TOULOUSE - DECOSET de TOULOUSE (31)**, 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** | |
| **Pôle Energie & UVE** | Installation de 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 Pôle Energie,<br>TGBT UVE,<br>TGBT Maison des Energie<br>Départs Eclairage Extérieurs** | Mise en place de parafoudres **type 1+2** : onde 10/350 µs, Iimp ≥ 12,5 kA conformément au § 7 de cette étude technique. |
| **Tableaux divisionnaires et installations sensibles :<br>Centrale de détection incendie<br>Extinction automatique par inertage<br>Extinction automatique et manuelle Buse de pulvérisation<br>Clapet de fermeture de la trémie<br>Centrale de détection Explosion<br>Centrale de détection gaz<br>Contrôle de la combustion<br>Onduleurs<br>Vidéo-surveillance<br>Centrale de détection intrusion<br>Centrale de détection multi ponctuelle - Supervision** | 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. |
| **Photovoltaïque** | Mise en place de parafoudres conformément au § 7.1 de cette étude technique. |
| **Courants Faibles : Inter-bâtiment** | Protection par parafoudres courant faible adapté, conformément au § 7 de cette étude technique.<br>Ou<br>Mise en place de câbles écrantés sur les lignes à protéger. |
| **Report d'alarme<br>Caméra de vidéosurveillance<br>Répartiteur multipaires (arrivée Télécom)** | Protection par parafoudres courant faible adapté, conformément au § 7 de cette étude technique |
| **PREVENTION** | |
| **Ensemble du site** | Procédure à mettre en place et respecter en période orageuse |

***Tableau 32: 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

**CALCUL de la DISTANCE de SEPARATION s**

| | |
|---|---|
| Niveau de protection | I |
| Coefficient Ki | 0,08 |
| Nombre de conducteurs de descente | 2 |
| Coefficient Kc | 0,66 |
| Coefficient Km Air | 1 |
| Coefficient Km Béton, Briques | 0,5 |
| Coefficient l | 33 m |
| **Calcul de S Air max** | **1,742 m** |
| **Calcul de S Béton, Briques max** | **3,485 m** |

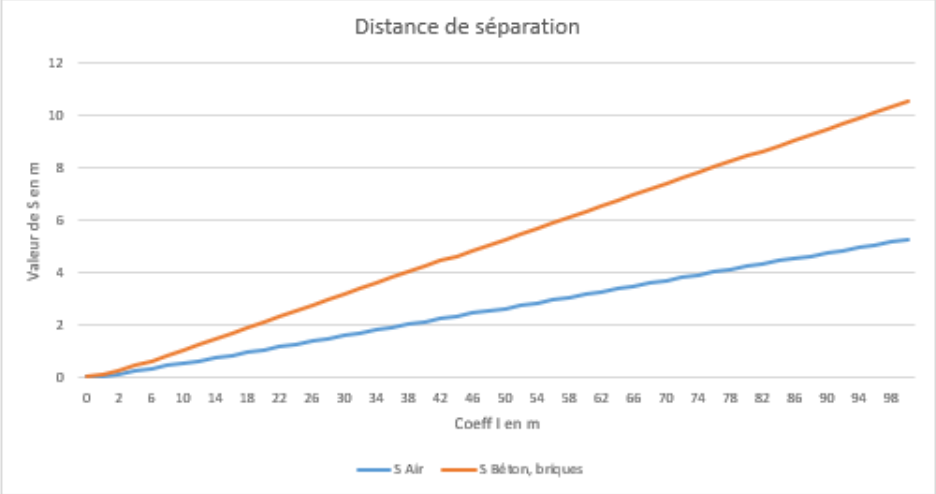
**PTS n° 1& 2 – Pôle Energie**

| Niveau de protection | Ki |
|---|---|
| I | 0,08 |
| II | 0,06 |
| III | 0,04 |
| IV | 0,04 |

| Nombre de conducteurs de descente | | | Kc |
|---|---|---|---|
| 1 | | | 1 |
| 2 | | | 0,66 |
| Maille | 4 | et + | 0,44 |

| Matériau | Km |
|---|---|
| Air | 1 |
| Béton, Briques | 0,5 |

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} l$$




***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.*

## CALCUL de la DISTANCE de SEPARATION s

**PTS n° 3 – UVE**

| Niveau de protection | I |
|---|---|
| Coefficient Ki | 0,08 |

| Niveau de protection | Ki |
|---|---|
| I | 0,08 |
| II | 0,06 |
| III | 0,04 |
| IV | 0,04 |

| Nombre de conducteurs de descente | 2 |
|---|---|
| Coefficient Kc | 0,66 |

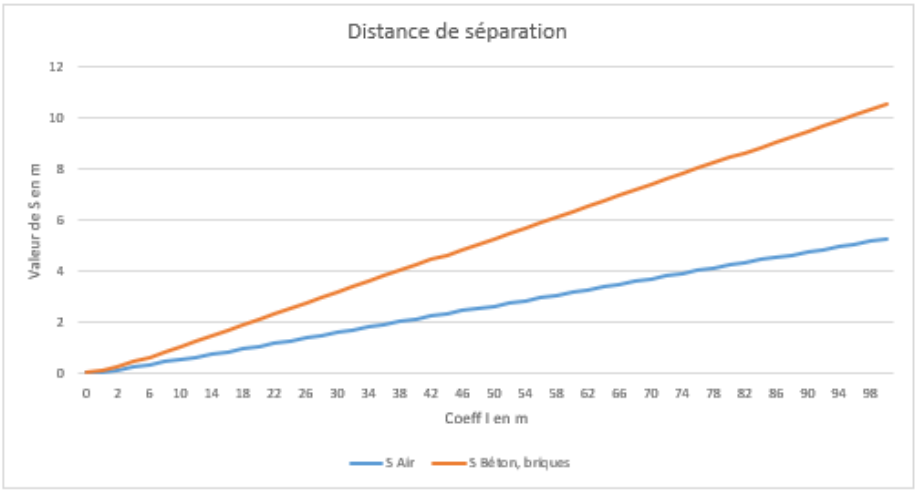
| Nombre de conducteurs de descente | | | Kc |
|---|---|---|---|
| 1 | | | 1 |
| 2 | | | 0,66 |
| Maille | 4 | et + | 0,44 |

| Coefficient Km Air | 1 |
|---|---|
| Coefficient Km Béton, Briques | 0,5 |
| Coefficient l | 60 m |

| Matériau | Km |
|---|---|
| Air | 1 |
| Béton, Briques | 0,5 |

| Calcul de S Air max | 3,168 | m |
|---|---|---|
| Calcul de S Béton, Briques max | 6,336 | 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.*

## CALCUL de la DISTANCE de SEPARATION s

**PTS n° 4 – UVE**

| Niveau de protection | I |
|---|---|
| Coefficient Ki | 0,08 |

| Niveau de protection | Ki |
|---|---|
| I | 0,08 |
| II | 0,06 |
| III | 0,04 |
| IV | 0,04 |

| Nombre de conducteurs de descente | 2 |
|---|---|
| Coefficient Kc | 0,66 |

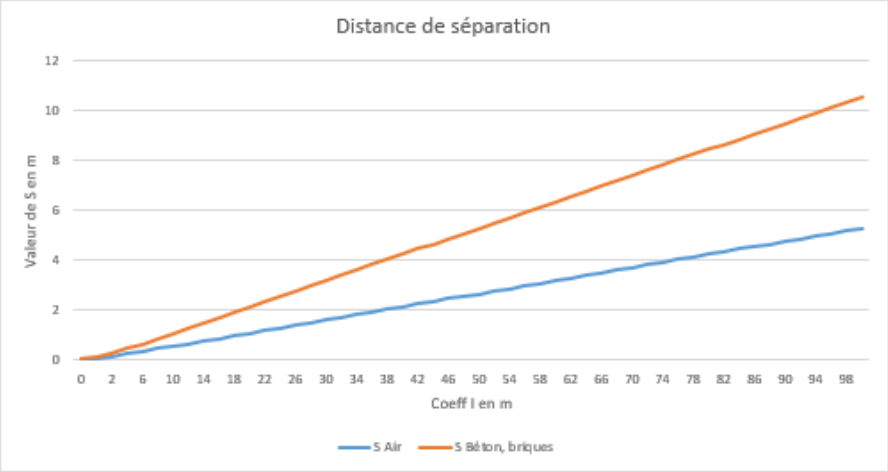
| Nombre de conducteurs de descente | | | Kc |
|---|---|---|---|
| 1 | | | 1 |
| 2 | | | 0,66 |
| Maille | 4 | et + | 0,44 |

| Coefficient Km Air | 1 |
|---|---|
| Coefficient Km Béton, Briques | 0,5 |
| Coefficient l | 65 m |

| Matériau | Km |
|---|---|
| Air | 1 |
| Béton, Briques | 0,5 |

| Calcul de S Air max | 3,432 | m |
|---|---|---|
| Calcul de S Béton, Briques max | 6,864 | 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.*

## CALCUL de la DISTANCE de SEPARATION s

**PDA n° 1 – Pôle Energie**

| Niveau de protection | I |
|---|---|
| Coefficient Ki | 0,08 |

| 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 |

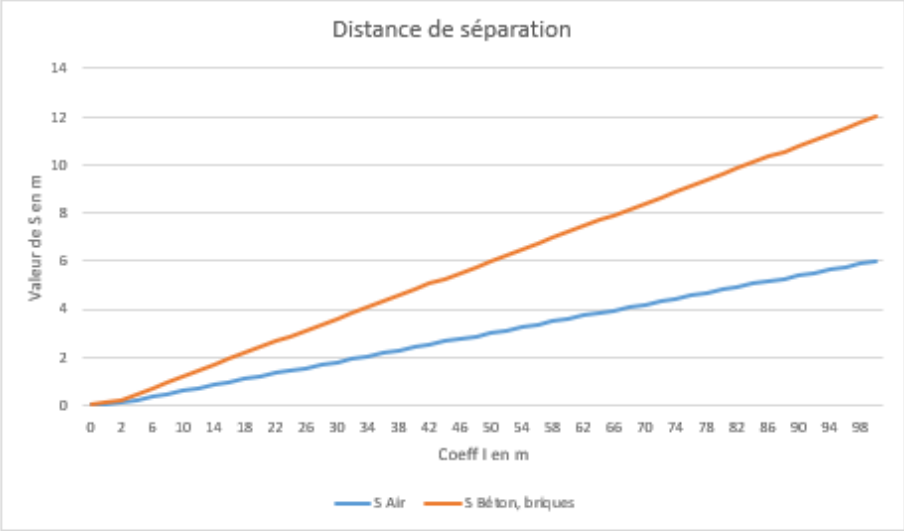
| Nombre de conducteurs de descente | Kc |
|---|---|
| 1 | 1 |
| 2 | 0,75 |
| 3 | 0,6 |
| 4 et + | 0,41 |

| Coefficient Km Air | 1 |
|---|---|
| Coefficient Km Béton, Briques | 0,5 |
| Coefficient l | 29 m |

| Matériau | Km |
|---|---|
| Air | 1 |
| Béton, Briques | 0,5 |

| Calcul de S Air max | 1,740 | m |
|---|---|---|
| Calcul de S Béton, Briques max | 3,480 | 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.*

## CALCUL de la DISTANCE de SEPARATION s

**PDA n° 2 – UVE**

| Niveau de protection | I |
|---|---|
| Coefficient Ki | 0,08 |

| 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 |

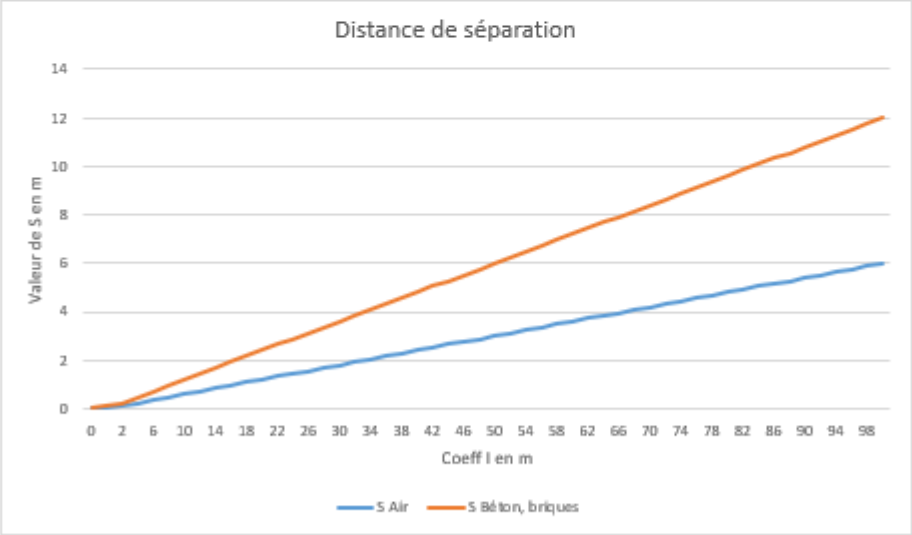
| Nombre de conducteurs de descente | Kc |
|---|---|
| 1 | 1 |
| 2 | 0,75 |
| 3 | 0,6 |
| 4 et + | 0,41 |

| Coefficient Km Air | 1 |
|---|---|
| Coefficient Km Béton, Briques | 0,5 |
| Coefficient l | 27 m |

| Matériau | Km |
|---|---|
| Air | 1 |
| Béton, Briques | 0,5 |

| Calcul de S Air max | 1,620 | m |
|---|---|---|
| Calcul de S Béton, Briques max | 3,240 | 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.*

## CALCUL de la DISTANCE de SEPARATION s

**PDA n° 3 – UVE**

| Niveau de protection | I |
|---|---|
| Coefficient Ki | 0,08 |

| 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 |

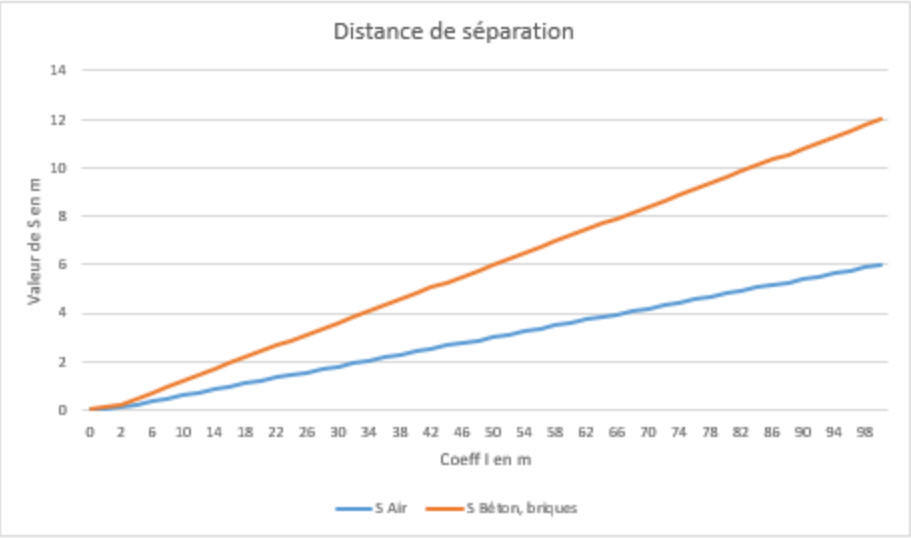
| Nombre de conducteurs de descente | Kc |
|---|---|
| 1 | 1 |
| 2 | 0,75 |
| 3 | 0,6 |
| 4 et + | 0,41 |

| Coefficient Km Air | 1 |
|---|---|
| Coefficient Km Béton, Briques | 0,5 |
| Coefficient l | 63 m |

| Matériau | Km |
|---|---|
| Air | 1 |
| Béton, Briques | 0,5 |

| Calcul de S Air max | 3,780 | m |
|---|---|---|
| Calcul de S Béton, Briques max | 7,560 | 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.*

## CALCUL de la DISTANCE de SEPARATION s

**PDA n° 4 – UVE**

| Niveau de protection | I |
|---|---|
| Coefficient Ki | 0,08 |

| 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 |

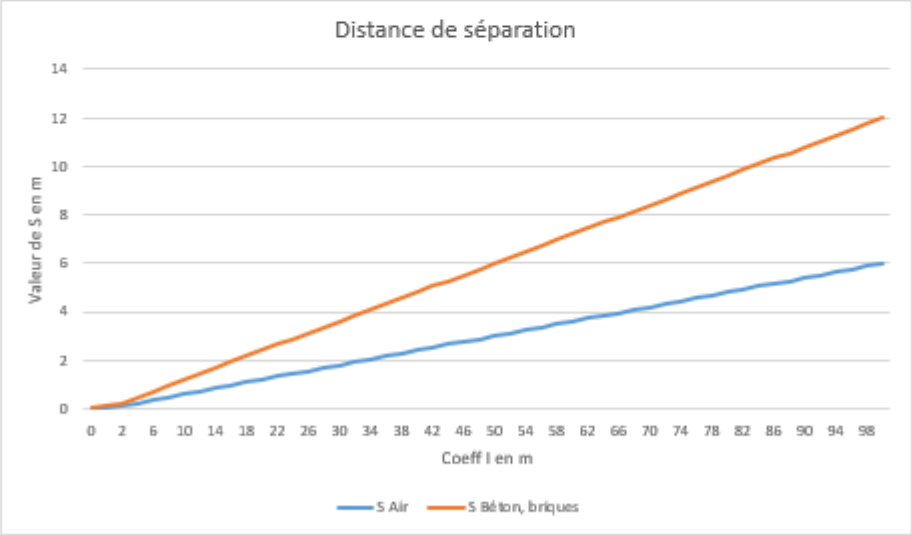
| Nombre de conducteurs de descente | Kc |
|---|---|
| 1 | 1 |
| 2 | 0,75 |
| 3 | 0,6 |
| 4 et + | 0,41 |

| Coefficient Km Air | 1 |
|---|---|
| Coefficient Km Béton, Briques | 0,5 |
| Coefficient l | 39 m |

| Matériau | Km |
|---|---|
| Air | 1 |
| Béton, Briques | 0,5 |

| Calcul de S Air max | 2,340 | m |
|---|---|---|
| Calcul de S Béton, Briques max | 4,680 | 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.*

## CALCUL de la DISTANCE de SEPARATION s

| | |
|---|---|
| Niveau de protection | I |
| Coefficient Ki | 0,08 |
| Nombre de conducteurs de descente | 2 |
| Coefficient Kc | 0,75 |
| Coefficient Km Air | 1 |
| Coefficient Km Béton, Briques | 0,5 |
| Coefficient l | 53 m |

| | | |
|---|---|---|
| **Calcul de S Air max** | **3,180** | **m** |
| **Calcul de S Béton, Briques max** | **6,360** | **m** |

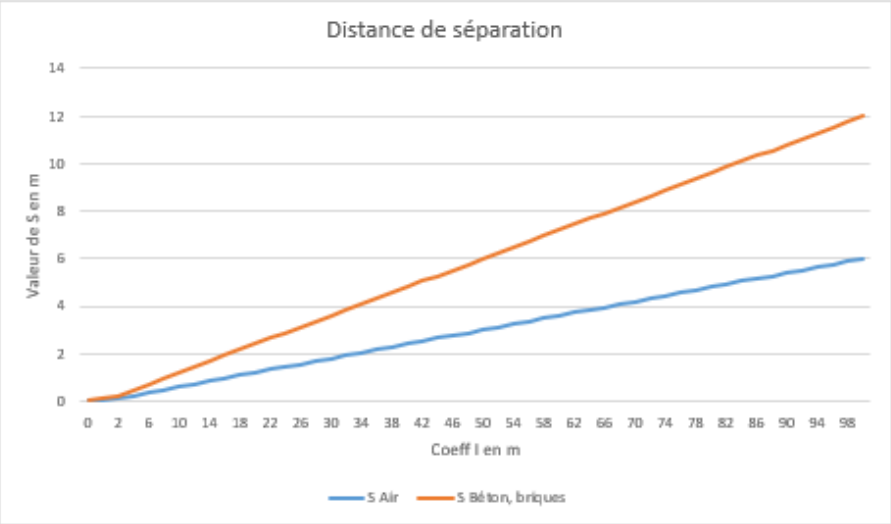
**PDA n° 5 – UVE**

| Niveau de protection | Ki |
|---|---|
| I | 0,08 |
| II | 0,06 |
| III | 0,04 |
| IV | 0,04 |

| Nombre de conducteurs de descente | Kc |
|---|---|
| 1 | 1 |
| 2 | 0,75 |
| 3 | 0,6 |
| 4 et + | 0,41 |

| Matériau | Km |
|---|---|
| Air | 1 |
| Béton, Briques | 0,5 |

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} l$$




***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.*

## CALCUL de la DISTANCE de SEPARATION s

**PDA n° 6 – UVE**

| Niveau de protection | I |
|---|---|
| Coefficient Ki | 0,08 |

| 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 |

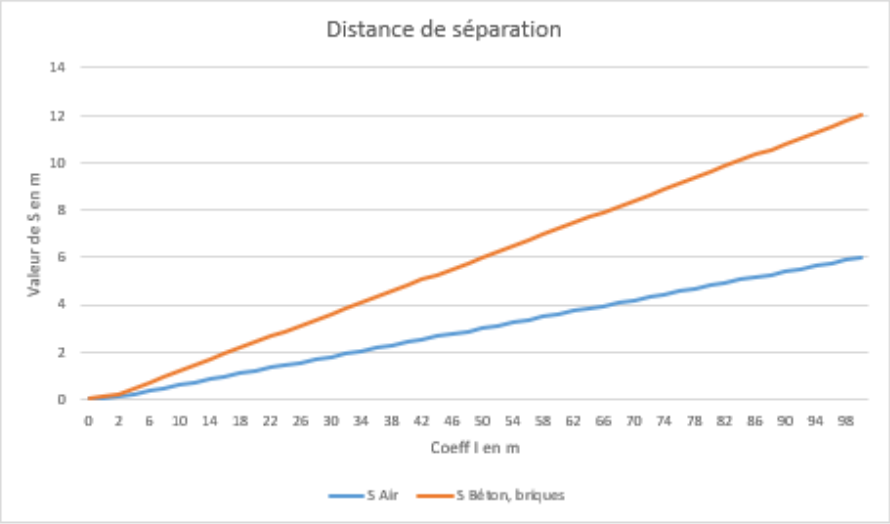
| Nombre de conducteurs de descente | Kc |
|---|---|
| 1 | 1 |
| 2 | 0,75 |
| 3 | 0,6 |
| 4 et + | 0,41 |

| Coefficient Km Air | 1 |
|---|---|
| Coefficient Km Béton, Briques | 0,5 |
| Coefficient l | 30 m |

| Matériau | Km |
|---|---|
| Air | 1 |
| Béton, Briques | 0,5 |

| Calcul de S Air max | 1,800 | m |
|---|---|---|
| Calcul de S Béton, Briques max | 3,600 | 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 TOULOUSE - DECOSET TOULOUSE (31)

| Rédacteur | Vérification | Approbateur | Révision |
|---|---|---|---|
| Nom : **Nicolas ALNET**<br>Société : RG Consultant<br>Date : 04/09/2025<br>Visa | Nom : **Bertrand LEROY**<br>Société : RG CONSULTANT<br>Date : 04/09/2025<br>Visa | Nom : **Damien FRANCOIS**<br>Société : INDELEC Sud-Ouest<br>Date : 05/09/2025<br>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

# 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 ..... 11*
*3.1.3 Mise à la terre des canalisations ..... 11*
3.2 INSTALLATIONS INTERIEURES DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE (I.I.P.F) ..... 12

**4. NOTICE DE VERIFICATION ..... 13**

4.1 NOTICES DE VERIFICATION DES SYSTEMES DE PROTECTION FOUDRE (SPF) ..... 13
4.2 NOTICE DE VERIFICATION DES PARAFOUDRES ..... 17

**5. CARNET DE BORD ..... 18**

## TABLE DES MODIFICATIONS

| Rév | Chrono secrétariat | Date | Objet |
|---|---|---|---|
| A | RGC 32 434 | 04/09/2025 | 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 62305, NF C 17102 et NF EN 62561-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 :

- 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.

b) 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 33 : 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 TOULOUSE - DECOSET** sur la commune de **TOULOUSE (31)** 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 TOULOUSE - DECOSET** sur la commune de **TOULOUSE (31)** 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 <u>obligatoire</u> tous les ans et une inspection complète doit être faite tous les <u>deux ans</u>.**

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.

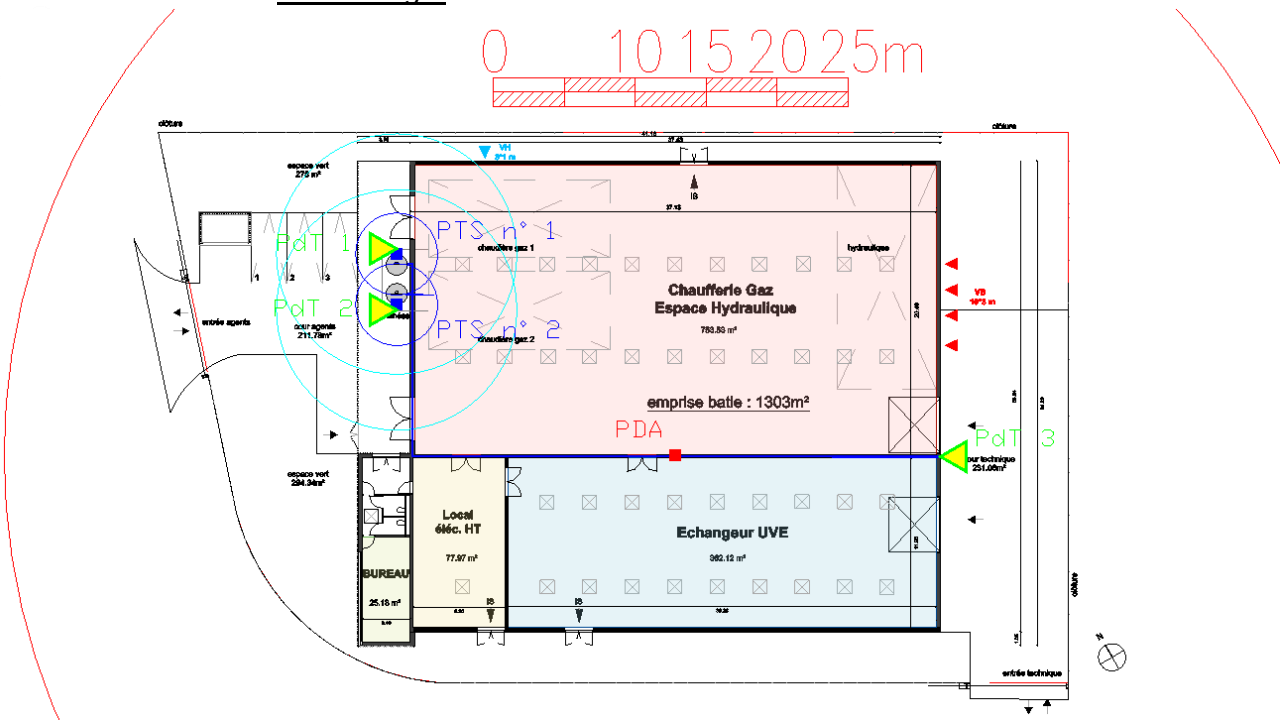
Il convient que ces enregistrements servent de base pour la révision et la modernisation des programmes de maintenance du SPF et qu'ils soient conservés avec les rapports de conception et de vérification.

# 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*

#### 3.1.1.1 *Pôle Energie*

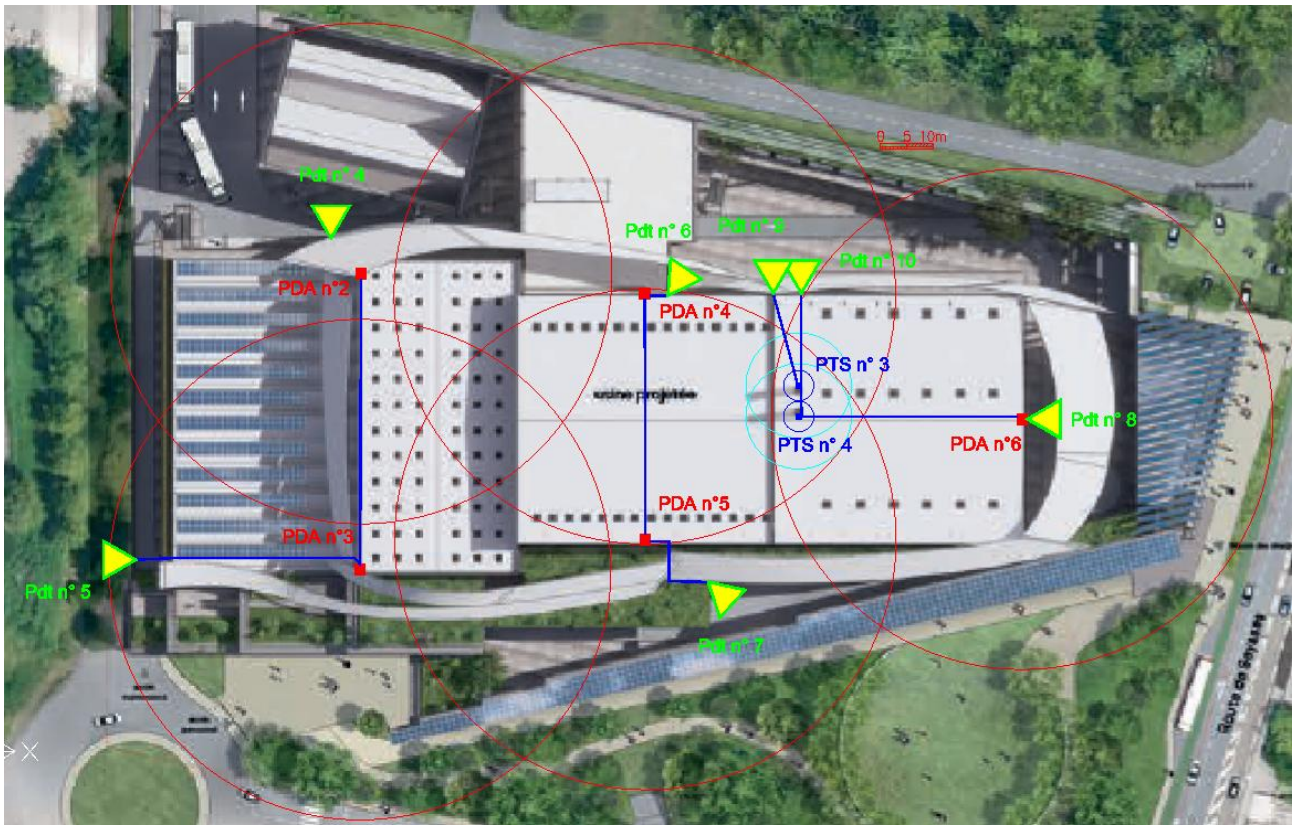



***Plan 18: Implantation des paratonnerres, conducteurs de descente et prises de terre***

| Légende : | | | |
|---|---|---|---|
| ○ | Rayon de protection 47,4 m PDA 60µs – Niveau I (réduction des 40% appliquée) | ■ | PDA à 5 m de hauteur utile |
| ○ | Rayon de protection 2,9 m PTS – Niveau I | ■ | PTS à 2 m de hauteur utile |
| ○ | Rayon de protection 8,5 m PTS – Niveau I | — | Conducteur de descente à créer |
| △ | Prise de terre à créer | | |

***Tableau 34 : Légende des I.E.P.F à installer***

### 3.1.1.2 *UVE*




***Plan 19: Implantation des paratonnerres, conducteurs de descente et prises de terre***

| Légende : | | | |
|---|---|---|---|
| ○ | Rayon de protection 47,4 m PDA 60µs – Niveau I (réduction des 40% appliquée) | ■ | PDA à 5 m de hauteur utile |
| ○ | Rayon de protection 2,9 m PTS – Niveau I | ■ | PTS à 2 m de hauteur utile |
| ○ | Rayon de protection 10 m PTS – Niveau I | — | Conducteur de descente à créer |
| △ | Prise de terre à créer | | |

***Tableau 35 : Légende des I.E.P.F à installer***

### *3.1.2 Caractéristiques des dispositifs de capture*

| | PTS 1 & 2 | PTS 3 | PTS 4 | PDA 1 | PDA 2 | PDA 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Avance à l'amorçage** | - | | | 60 µs | | |
| **Hauteur par rapport à la surface à protéger** | 2 m | | | 5 m | | |
| **Niveau de protection** | I | | | | | |
| **Rayon de protection** | 2,9 m | | | 47,4 m | | |
| **Distance de séparation** | 1,8 m | 3,2 m | 3,5 m | 1,8 m | 1,7 m | 3,8 m |

| | PDA 4 | PDA 5 | PDA 6 |
|---|---|---|---|
| **Avance à l'amorçage** | 60 µs | | |
| **Hauteur par rapport à la surface à protéger** | 5 m | | |
| **Niveau de protection** | I | | |
| **Rayon de protection** | 47,4 m | | |
| **Distance de séparation** | 2,4 m | 3,2 m | 1,8 m |

***Tableau 36 : 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 Industrielles | *mm²* | | |
| Canalisations Eau du Canal de Saint Martory | *mm²* | | |
| Canalisations CVC | *mm²* | | |
| Canalisations Process / Solution d'ammoniaque, Bicarbonate de sodium, Charbon Actif…) | *mm²* | | |
| Canalisation Incendie (Mousse…) | *mm²* | | |

***Tableau 37 : 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 | Type | Marque - réf | Up (kV) | In- (kA) | Iimp- Imax (kA) | Dispositif de déconnexion |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pôle Energie | TGBT | 1+2 | | | | | |
| | Alimentation Eclairage Extérieur | 1+2 | | | | | |
| UVE | TGBT | 1+2 | | | | | |
| | Alimentation Eclairage Extérieur | 1+2 | | | | | |
| | Alimentation Pont Bascule | 1+2 | | | | | |
| Maison des Energie | TGBT | 1+2 | | | | | |
| | Installation Photovoltaïque | 1+2 | | | | | |
| | | 2 | | | | | |
| | Répartiteur multipaires (Arrivée Télécom) | 1 | | | | | |
| Ensemble du projet (UVE, Pôle Energie, Maison des Energies) | Centrale de détection incendie | 2 | | | | | |
| | Extinction automatique par inertage | 2 | | | | | |
| | Extinction automatique et manuelle Buse de pulvérisation | 2 | | | | | |
| | Clapet de fermeture de la trémie | 2 | | | | | |
| | Centrale de détection Explosion | 2 | | | | | |
| | Centrale de détection gaz | 2 | | | | | |
| | Contrôle de la combustion | 2 | | | | | |
| | Onduleurs | 2 | | | | | |
| | Vidéo-surveillance | 2 | | | | | |
| | Centrale de détection intrusion | 2 | | | | | |
| | Centrale de détection multi ponctuelle - Supervision | 2 | | | | | |
| | Courant Faible inter bâtiment | 1 | | | | | |
| | Report d'alarme ligne cuivre vers SDIS ou Télésurveillance | 1 | | | | | |
| | Caméra de vidéosurveillance extérieur | 1 | | | | | |

***Tableau 38 : Liste des parafoudres***

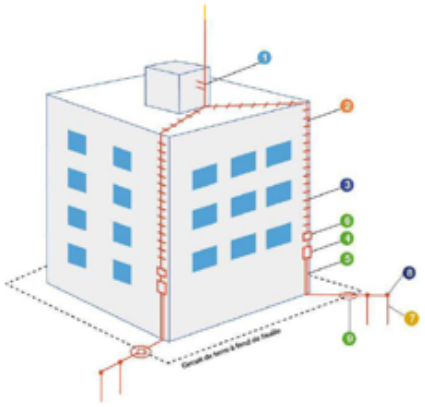
# 4. NOTICE DE VERIFICATION

## 4.1 Notices de vérification des Systèmes de Protection Foudre (SPF)

**FICHE CONTROLE PTS**

**BATIMENT PROTEGE :**

| CARACTERISTIQUES PTS |
|---|
| Hauteur du mât : ..... |
| 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 de la PTS : | ☐ 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 .....

**RESULTAT DE LA VERIFICATION :**

_____

_____

**ACTIONS CORRECTIVES :**

_____

_____

# FICHE CONTROLE PDA

**Numéro du PDA : .....**

**BATIMENT PROTEGE :**

## CARACTERISTIQUES PDA

**Modèle : .....**

**Marque : .....**

**Hauteur du mât : .....**

**Avance à l'amorçage: .....**

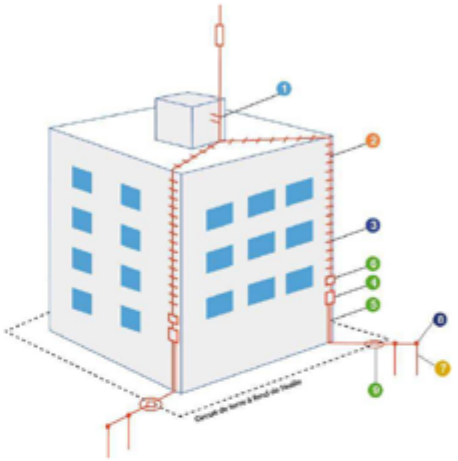
| Testable à distance : Oui ☐ Non ☐ | Résultat du test de la tête : Positif ☐ Négatif ☐ |
|---|---|

**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**

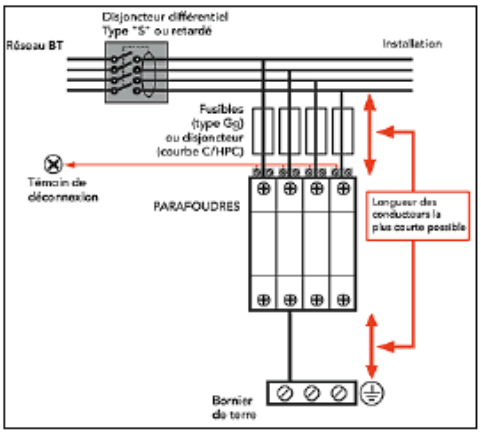
**FICHE CONTROLE DES PARAFOUDRES**

Nom de l'armoire : ..... Photos : .....

EQUIPEMENTS PROTEGES :

| |
|---|
| |

| CARACTERISTIQUES PARAFOUDRES |
|---|
| Régime de Neutre : .....<br>Marque : .....<br>☐ Tétra<br>☐ Tri<br>☐ Mono |
| Type 1 ☐ Type 3 ☐<br>Type 2 ☐ |
| Up : .....kV<br>Uc : .....V |
| Pour type 1 :<br>$I_{imp}$ : .....kA<br>Pour type 2 ou 3 :<br>In : .....kA<br>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 |
|---|---|---|---|
| 02/09/2025 | Analyse du Risque Foudre RGC 32 433 | RG Consultant | N.ALNET 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 |
|---|---|---|---|
| 03/09/2025 | Etude technique foudre RGC 32 434 | RG Consultant | N.ALNET 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 |
| Up | Valeur de tension maximale aux bornes du parafoudres lorsqu'il est passant |
| Ut | Tension maximal temporaire acceptable par le parafoudre |
| UVE | Unité de Valorisation Energétique |

# 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

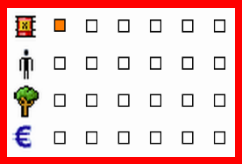
Sur les 119 incinérateurs de déchets non dangereux de métropole, le BARPI a eu connaissance d'informations sur 48 d'entre eux à la date du 1er avril 2025.

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.

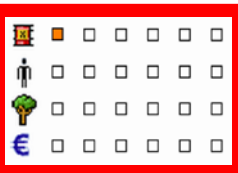
Pour 74 événements, les conséquences économiques ont été communiquées et s'élèvent à un total de plus de 6,7 millions d'euros, soit une moyenne de l'ordre de 90 000 euros par événement.

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)**

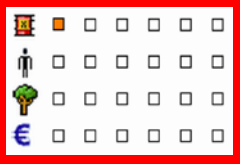
Des bouteilles de protoxyde d'azote explosent dans un four d'un incinérateur de déchets non dangereux. Le four est arrêté pour réparer les dégâts matériels.

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

# ANNEXE 6 DIMENSIONNEMENT DES BESOINS EN EAU POUR LES OPERATIONS DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE ET DES BESOINS EN RETENTION ASSOCIES (CALCULS D9/D9A)

**UVE TOULOUSE EVONEO**

**CALCUL D9**
Indice B du 01/10/2025

| | | Hall quais de déchargement | | Plancher trémie | Fosse OM | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Critère | Coefficients additionnels | Coefficients retenus pour le calcul | | | | Commentaires |
| | | Activité | Stockage | Activité | Stockage | |
| **Hauteur de stockage (1) (2) (3)** | | | | | | |
| Jusqu'à 3m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 | Hauteur maximale de stockage de la fosse OM : 14m. |
| Jusqu'à 8m | 0,1 | | | | | |
| Jusqu'à 12m | 0,2 | | | | | |
| Jusqu'à 30m | 0,5 | | | | | |
| **Type de construction (4)** | | | | | | |
| Résistance mécanique de l'ossature ≥ R 60 | -0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | Structure bâtiment mixte acier : Parois béton et charpente métallique. **Ossature < R30** |
| Résistance mécanique de l'ossature ≥ R 30 | 0 | | | | | |
| Résistance mécanique de l'ossature < R 30 | 0,1 | | | | | |
| **Matériaux Aggravants** | | | | | | |
| Présence d'au moins un matériau aggravant (5) | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | Plaques polycarbonates et installation photovoltaïque au-dessus du quai déchargement. |
| **Types d'interventions internes** | | | | | | |
| Accueil 24h/24 (présence permanente à l'entrée) | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | Personnel présent 24h/24 - 7j/7 en salle de commande. |
| DAI généralisé reportée 24h/24 7j/7 en télésurveillance ou sur poste de secours 24h/24 lorsqu'il existe, avec des consignes d'appels. (6) | -0,1 | | -0,1 | | -0,1 | Fosse OM couverte par une détection automatique d'incendie par caméras thermiques. |
| Service de sécurité incendie 24h/24 avec moyens appropriés, équipe de seconde intervention en mesure d'intervenir 24h/24 (7) | -0,3* | | | | | Mise en place d'une détection incendie sur les zones de stockage DASRI. |
| Σ coefficients | | 0,1 | 0 | 0,1 | 0,5 | |
| 1+Σcoefficients | | 1,1 | 1 | 1,1 | 1,5 | |
| Surface de référence (S en m²) | | 2345 | 175 | 920 | 760 | |
| $Qi = 30 \times \frac{S}{500} \times (1 + \Sigma\ coef)$ (8) | | 154,77 | 10,5 | 60,72 | 68,4 | |
| **Catégorie de risque (9)** | | | | | | |
| Risque 1 : Q1 =Qi x 1 | | 1 | 1,5 | 1 | 1,5 | Fascicule S01 |
| Risque 2 : Q2 =Qi x 1,5 | | | | | | |
| Risque 3 : Q3 =Qi x 2 | | | | | | |
| Débit intermédiaire Qi | | 154,77 | 15,75 | 60,72 | 102,6 | |
| Risque Sprinklé Q1,Q2 ou Q3 / 2 (10) | | Non | Non | Non | Oui | |
| **DEBIT REQUIS Q (en m³/h) (11)** | | **282,54** | | | | |
| **DEBIT REQUIS Q (en m³/h) multiple de 30** | | **270** | | | | |

**UVE TOULOUSE EVONEO**

**CALCUL D9**
Indice B du 01/10/2025

| | | Bâtiment GTA | | |
|---|---|---|---|---|
| Critère | Coefficients additionnels | Coefficients retenus pour le calcul | | Commentaires |
| | | Activité | Stockage | |
| **Hauteur de stockage (1) (2) (3)** | | | | |
| Jusqu'à 3m | 0 | 0 | 0 | Hauteur maximale de stockage de la fosse OM : 14m. |
| Jusqu'à 8m | 0,1 | | | |
| Jusqu'à 12m | 0,2 | | | |
| Jusqu'à 30m | 0,5 | | | |
| **Type de construction (4)** | | | | |
| Résistance mécanique de l'ossature ≥ R 60 | -0,1 | 0 | 0 | Structure bâtiment mixte acier. **Ossature ≥ R30** |
| Résistance mécanique de l'ossature ≥ R 30 | 0 | | | |
| Résistance mécanique de l'ossature < R 30 | 0,1 | | | |
| **Matériaux Aggravants** | | | | |
| Présence d'au moins un matériau aggravant (5) | 0,1 | 0 | 0 | |
| **Types d'interventions internes** | | | | |
| Accueil 24h/24 (présence permanente à l'entrée) | -0,1 | -0,1 | -0,1 | Personnel présent 24h/24 - 7j/7 en salle de commande.<br><br>Bâtiment GTA couvert par un système de détection incendie |
| DAI généralisé reportée 24h/24 7j/7 en télésurveillance ou sur poste de secours 24h/24 lorsqu'il existe, avec des consignes d'appels. (6) | -0,1 | -0,1 | -0,1 | |
| Service de sécurité incendie 24h/24 avec moyens appropriés, équipe de seconde intervention en mesure d'intervenir 24h/24 (7) | -0,3* | | | |
| Σ coefficients | | -0,2 | -0,2 | |
| 1+Σcoefficients | | 0,8 | 0,8 | |
| Surface de référence (S en m²) | | 1200 | | |
| $Qi = 30 \times \frac{S}{500} \times (1 + \Sigma\ coef)$ (8) | | 57,6 | 0 | |
| **Catégorie de risque (9)** | | | | |
| Risque 1 : Q1 =Qi x 1 | | 1 | 1,5 | Fascicule T02 |
| Risque 2 : Q2 =Qi x 1,5 | | | | |
| Risque 3 : Q3 =Qi x 2 | | | | |
| Débit intermédiaire Qi | | 57,6 | 0 | |
| Risque Sprinklé Q1,Q2 ou Q3 / 2 (10) | | Non | Non | |
| **DEBIT REQUIS Q (en m³/h) (11)** | | **57,6** | | |
| **DEBIT REQUIS Q (en m³/h) multiple de 30** | | **60** | | |

**UVE TOULOUSE EVONEO**

**CALCUL D9**
Indice B du 01/10/2025

| | | Parking souterrain (Niv. -1 et -2) | | |
|---|---|---|---|---|
| Critère | Coefficients additionnels | Coefficients retenus pour le calcul | | Commentaires |
| | | Activité | Activité | |
| **Hauteur de stockage (1) (2) (3)** | | | | |
| Jusqu'à 3m | 0 | 0 | 0 | Hauteur maximale de stockage de la fosse OM : 14m. |
| Jusqu'à 8m | 0,1 | | | |
| Jusqu'à 12m | 0,2 | | | |
| Jusqu'à 30m | 0,5 | | | |
| **Type de construction (4)** | | | | |
| Résistance mécanique de l'ossature ≥ R 60 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | Structure béton. **Ossature ≥ R60** |
| Résistance mécanique de l'ossature ≥ R 30 | 0 | | | |
| Résistance mécanique de l'ossature < R 30 | 0,1 | | | |
| **Matériaux Aggravants** | | | | |
| Présence d'au moins un matériau aggravant (5) | 0,1 | 0 | 0 | |
| **Types d'interventions internes** | | | | |
| Accueil 24h/24 (présence permanente à l'entrée) | -0,1 | -0,1 | -0,1 | Personnel présent 24h/24 - 7j/7 en salle de commande.<br>Mise en place d'un système de protection incendie sur les deux niveaux du parking souterrain. |
| DAI généralisé reportée 24h/24 7j/7 en télésurveillance ou sur poste de secours 24h/24 lorsqu'il existe, avec des consignes d'appels. (6) | -0,1 | -0,1 | -0,1 | |
| Service de sécurité incendie 24h/24 avec moyens appropriés, équipe de seconde intervention en mesure d'intervenir 24h/24 (7) | -0,3* | | | |
| Σ coefficients | | -0,3 | -0,3 | |
| 1+Σcoefficients | | 0,7 | 0,7 | |
| Surface de référence (S en m²) | | 1675 | 1675 | |
| $Qi = 30 \times \frac{S}{500} \times (1 + \Sigma\ coef)$ (8) | | 70,35 | 70,35 | |
| **Catégorie de risque (9)** | | | | |
| Risque 1 : Q1 =Qi x 1 | | 1 | 1,5 | Fascicule Q02<br>Stationnement AVEC bornes de recharge : Risque 2 (Niv. -1).<br>Stationnement SANS bornes de recharge : risque 1 (Niv. -2). |
| Risque 2 : Q2 =Qi x 1,5 | | | | |
| Risque 3 : Q3 =Qi x 2 | | | | |
| Débit intermédiaire Qi | | 70,35 | 105,525 | |
| Risque Sprinklé Q1,Q2 ou Q3 / 2 (10) | | Oui | Oui | |
| **DEBIT REQUIS Q (en m³/h) (11)** | | **87,9375** | | |
| **DEBIT REQUIS Q (en m³/h) multiple de 30** | | **90** | | |

**UVE TOULOUSE EVONEO**

**CALCUL D9**
Indice B du 01/10/2025

| | | Sous-sol quai de déchargement | | |
|---|---|---|---|---|
| Critère | Coefficients additionnels | Coefficients retenus pour le calcul | | Commentaires |
| | | Activité | Stockage | |
| **Hauteur de stockage (1) (2) (3)** | | | | |
| Jusqu'à 3m | 0 | 0 | 0 | Hauteur maximale de stockage de la fosse OM : 14m. |
| Jusqu'à 8m | 0,1 | | | |
| Jusqu'à 12m | 0,2 | | | |
| Jusqu'à 30m | 0,5 | | | |
| **Type de construction (4)** | | | | |
| Résistance mécanique de l'ossature ≥ R 60 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | Structure béton.<br>**Ossature ≥ R60** |
| Résistance mécanique de l'ossature ≥ R 30 | 0 | | | |
| Résistance mécanique de l'ossature < R 30 | 0,1 | | | |
| **Matériaux Aggravants** | | | | |
| Présence d'au moins un matériau aggravant (5) | 0,1 | 0 | 0 | |
| **Types d'interventions internes** | | | | |
| Accueil 24h/24 (présence permanente à l'entrée) | -0,1 | -0,1 | -0,1 | Personnel présent 24h/24 - 7j/7 en salle de commande.<br>Local DASRI protégé par une installation sprinkler.<br>Sous-sol équipé d'un système de détection incendie |
| DAI généralisé reportée 24h/24 7j/7 en télésurveillance ou sur poste de secours 24h/24 lorsqu'il existe, avec des consignes d'appels. (6) | -0,1 | -0,1 | -0,1 | |
| Service de sécurité incendie 24h/24 avec moyens appropriés, équipe de seconde intervention en mesure d'intervenir 24h/24 (7) | -0,3* | | | |
| Σ coefficients | | -0,3 | -0,3 | |
| 1+Σcoefficients | | 0,7 | 0,7 | |
| Surface de référence (S en m²) | | 1875 | 1000 | Hypothèse : pas de recoupement (CF 2h) entre les locaux. |
| $Qi = 30 \times \frac{S}{500} \times (1 + \Sigma\ coef)$ (8) | | 78,75 | 42 | |
| **Catégorie de risque (9)** | | | | |
| Risque 1 : Q1 =Qi x 1 | | 1 | 1,5 | Fascicule S01 |
| Risque 2 : Q2 =Qi x 1,5 | | | | |
| Risque 3 : Q3 =Qi x 2 | | | | |
| Débit intermédiaire Qi | | 78,75 | 63 | |
| Risque Sprinklé Q1,Q2 ou Q3 / 2 (10) | | Non | Oui | |
| **DEBIT REQUIS Q (en m³/h) (11)** | | **110,25** | | |
| **DEBIT REQUIS Q (en m³/h) multiple de 30** | | **120** | | |

**UVE TOULOUSE EVONEO**

**CALCUL D9**
Indice B du 01/10/2025

| | | **Bâtiment Fours Chaudières + Traitement des fumées** | | **pas de cloisonnement REI120 entre les halls** |
|---|---|---|---|---|
| Critère | Coefficients additionnels | Coefficients retenus pour le calcul | | Commentaires |
| | | Activité | Stockage | |
| **Hauteur de stockage (1) (2) (3)** | | | | |
| Jusqu'à 3m | 0 | 0 | 0 | |
| Jusqu'à 8m | 0,1 | | | |
| Jusqu'à 12m | 0,2 | | | |
| Jusqu'à 30m | 0,5 | | | |
| **Type de construction (4)** | | | | |
| Résistance mécanique de l'ossature ≥ R 60 | -0,1 | 0,1 | 0,1 | Structure bâtiment mixte acier : **Ossature < R30** |
| Résistance mécanique de l'ossature ≥ R 30 | 0 | | | |
| Résistance mécanique de l'ossature < R 30 | 0,1 | | | |
| **Matériaux Aggravants** | | | | |
| Présence d'au moins un matériau aggravant (5) | 0,1 | 0 | 0 | |
| **Types d'interventions internes** | | | | |
| Accueil 24h/24 (présence permanente à l'entrée) | -0,1 | -0,1 | -0,1 | Personnel présent 24h/24 - 7j/7 en salle de commande. |
| DAI généralisé reportée 24h/24 7j/7 en télésurveillance ou sur poste de secours 24h/24 lorsqu'il existe, avec des consignes d'appels. (6) | -0,1 | | | |
| Service de sécurité incendie 24h/24 avec moyens appropriés, équipe de seconde intervention en mesure d'intervenir 24h/24 (7) | -0,3* | | | |
| Σ coefficients | | 0 | 0 | |
| 1+Σcoefficients | | 1 | 1 | |
| Surface de référence (S en m²) | | 4370 | | Hall four chadières : 2210 m²<br>Hall TF : 2160 m² |
| $Qi = 30 \times \frac{S}{500} \times (1 + \Sigma\ coef)$ (8) | | 262,2 | 0 | |
| **Catégorie de risque (9)** | | | | |
| Risque 1 : Q1 =Qi x 1 | | 1 | 1,5 | Fascicule S01 |
| Risque 2 : Q2 =Qi x 1,5 | | | | |
| Risque 3 : Q3 =Qi x 2 | | | | |
| Débit intermédiaire Qi | | 262,2 | 0 | |
| Risque Sprinklé Q1,Q2 ou Q3 / 2 (10) | | Non | Non | |
| **DEBIT REQUIS Q (en m³/h) (11)** | | **262,2** | | |
| **DEBIT REQUIS Q (en m³/h) multiple de 30** | | **270** | | |

**SUEZ**
**UVE TOULOUSE**

**CALCUL D9A**
Indice B du 01/10/2025

## TABLEAU DE CALCUL DU VOLUME À METTRE EN RETENTION
**Scénario : Hall fosse OM + Hall quais de déchargement**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Besoins pour la lutte extérieure | Résultat document D9 : (Besoins x 2 heures au minimum) | 540 m³ | 270 m³/h pendant 2h |
| + | + | | |
| Moyens de lutte intérieure contre l'incendie | Volume réserve intégrale de la source principale | 1970 m³ | Hypothèse : Utilisation intégrale des réserves incendie à disposition. |
| + | + | | |
| Volumes d'eau liés aux intempéries | 10 l/m$^2$ de surface imperméabilisée drainée | 43 m³ | Hypothèse : surface des halls par écoulement gravitaire vers la fosse OM.<br>Surface considérée : 4250 m² |
| + | + | | |
| Présence de stock de liquides | 20% du volume stocké | 0 m³ | Non applicable |
| | = | = | |
| **Volume total de liquide à mettre en rétention** | | **2553 m³** | |

| | |
|---|---|
| **Zone de rétention** | **Fosse OM** |

**SUEZ**
**UVE TOULOUSE**

**CALCUL D9A**
Indice B du 01/10/2025

## TABLEAU DE CALCUL DU VOLUME À METTRE EN RETENTION
**Scénario : Hall fours-chaudières + traitement des fumées**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Besoins pour la lutte extérieure | Résultat document D9 : (Besoins x 2 heures au minimum) | 540 m³ | 270 m³/h pendant 2h |
| + | + | | |
| Moyens de lutte intérieure contre l'incendie | Volume réserve intégrale de la source principale | 125 m³ | Hypothèse : Besoin théorique protection centrale hydraulique (125 m³) |
| + | + | | |
| Volumes d'eau liés aux intempéries | 10 l/m$^2$ de surface imperméabilisée drainée | 210 m³ | Hypothèse : Totalité des surfaces imperméabilisées du site. Hypothèse : 21 000 m² |
| + | + | | |
| Présence de stock de liquides | 20% du volume stocké | 0 m³ | Non applicable |
| | = | = | |
| **Volume total de liquide à mettre en rétention** | | **875 m³** | |

| | |
|---|---|
| **Zone de rétention** | **Rétention déportée** |

**SUEZ**
**UVE TOULOUSE**

**CALCUL D9A**
Indice B du 01/10/2025

## TABLEAU DE CALCUL DU VOLUME À METTRE EN RETENTION

**Scénario : Halls fours-chaudières + traitement des fumées (Variante - stockage dans le bâtiment)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Besoins pour la lutte extérieure | Résultat document D9 : (Besoins x 2 heures au minimum) | 540 m³ | 270 m³/h pendant 2h |
| + | | + | |
| Moyens de lutte intérieure contre l'incendie | Volume réserve intégrale de la source principale | 125 m³ | Hypothèse : Besoin théorique protection centrale hydraulique pendant 90min (125 m³). |
| + | | + | |
| Volumes d'eau liés aux intempéries | 10 l/m$^2$ de surface imperméabilisée drainée | 44 m³ | Hypothèse : Surface des locaux (4370 m²) |
| + | | + | |
| Présence de stock de liquides | 20% du volume stocké | 0 m³ | Non applicable |
| = | | = | |
| **Volume total de liquide à mettre en rétention** | | **709 m³** | |

| | |
|---|---|
| **Zone de rétention** | **Halls fours-chaudières + traitement des fumées** |

**SUEZ**
**UVE TOULOUSE**

**CALCUL D9A**
Indice A du 06/08/2025

## TABLEAU DE CALCUL DU VOLUME À METTRE EN RETENTION
**Scénario : Bâtiment GTA (scénario dimensionnant de la rétention déportée)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Besoins pour la lutte extérieure | Résultat document D9 : (Besoins x 2 heures au minimum) | 120 m³ | |
| | + | + | |
| Moyens de lutte intérieure contre l'incendie | Volume réserve intégrale de la source principale | 1970 m³ | Hypothèse : Utilisation intégrale des réserves incendie à disposition. |
| | + | + | |
| Volumes d'eau liés aux intempéries | 10 l/m$^2$ de surface imperméabilisée drainée | 210 m³ | Hypothèse : Totalité des surfaces imperméabilisées du site. Hypothèse : 21 000 m² |
| | + | + | |
| Présence de stock de liquides | 20% du volume stocké | 20 m³ | Huile GTA + rupture bâches. Hypothèse : 20 m³ |
| | = | = | |
| **Volume total de liquide à mettre en rétention** | | **2320 m³** | |

| | |
|---|---|
| **Zone de rétention** | **Rétention déportée** |

**SUEZ**
**UVE TOULOUSE**

**CALCUL D9A**
Indice A du 06/08/2025

## TABLEAU DE CALCUL DU VOLUME À METTRE EN RETENTION
**Scénario : Sous-sol quai de déchargement**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Besoins pour la lutte extérieure | Résultat document D9 : (Besoins x 2 heures au minimum) | 240 m³ | 120 m³/h pendant 2h |
| + | | + | |
| Moyens de lutte intérieure contre l'incendie | Volume réserve intégrale de la source principale | 1970 m³ | Hypothèse : Utilisation intégrale des réserves incendie à disposition. |
| + | | + | |
| Volumes d'eau liés aux intempéries | 10 l/m$^2$ de surface imperméabilisée drainée | 0 m³ | Non considéré. Zone au sous-sol. Le volume du niveau RDC sera redirigé vers la fosse OM. |
| + | | + | |
| Présence de stock de liquides | 20% du volume stocké | 0 m³ | Non considéré. |
| | = | = | |
| **Volume total de liquide à mettre en rétention** | | **2210 m³** | |

| | |
|---|---|
| **Zone de rétention** | **Sous-sol quai de déchargement** |

**SUEZ**
**UVE TOULOUSE**

**CALCUL D9A**
Indice A du 06/08/2025

## TABLEAU DE CALCUL DU VOLUME À METTRE EN RETENTION
**Scénario : Parking souterrain (niv. -1 et -2)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Besoins pour la lutte extérieure | Résultat document D9 : (Besoins x 2 heures au minimum) | 180 m³ | 90 m³/h pendant 2h |
| | + | + | |
| Moyens de lutte intérieure contre l'incendie | Volume réserve intégrale de la source principale | 1970 m³ | Hypothèse : Utilisation intégrale des réserves incendie à disposition. |
| | + | + | |
| Volumes d'eau liés aux intempéries | 10 l/m$^2$ de surface imperméabilisée drainée | 0 m³ | Non considéré. Parking en sous-sol accessible depuis la voie publique. |
| | + | + | |
| Présence de stock de liquides | 20% du volume stocké | 0 m³ | Non considéré. |
| | = | = | |
| **Volume total de liquide à mettre en rétention** | | **2150 m³** | |

| | |
|---|---|
| **Zone de rétention** | **Niv. -2 du parking souterrain** |

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