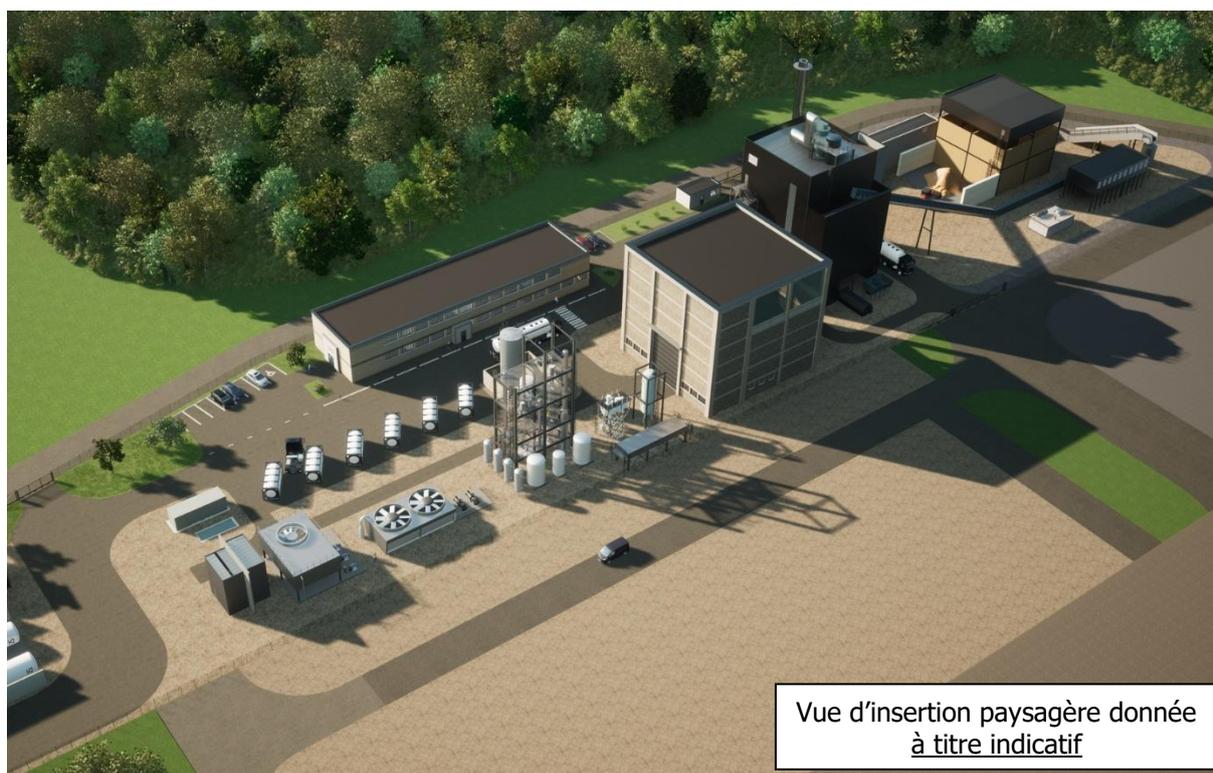


DDAE Projet ReSolute Étude de dangers

Diesen-Porcelette (57)



Référence	1207 D03 CIRCA DDAE Etude de dangers E(cl).docx
Date	30/07/2024
Nombre de pages	176
Diffusion	Publique

Agence Ile de France
23 rue Colbert
78180 Montigny le Bretonneux
Tél. : +33 (0)1 61 38 37 30

Siège Social – Agence PACA
100 rue Pierre Duhem
13290 Aix en Provence
Tél. : +33 (0)4 42 24 51 40

Agence Rhône Alpes
5 rue Abraham BLOCH
69007 Lyon
Tel. : +33 (0)4 78 18 53 53

SUIVI DU DOCUMENT

Indice	Suivi du document en versions « Document de Travail »
A	Date : 24/11/2022 Motif de révision : Première émission Chapitres : Tous
B	Date : 05/12/2022 Motif de révision : Révision avec commentaires CIRCA Chapitres : Tous
C	Date : 03/03/2023 Motif de révision : Modifications après réunion DREAL 18.01.23 Chapitres : Tous
D	Date : 12/01/24 Motif de révision : Prise en compte commentaires DREAL Chapitres : Tous
E	Date : 30/07/24 Motif de révision : Version pour enquête publique Chapitres : Tous

VALIDATION DU DOCUMENT

Indice	NOM/VISA ISO Ingénierie						NOM/VISA Client	
	Rédacteur	Date	Vérificateur	Date	Approbateur	Date	Chef de projet	Date
E	A. MACLEAN	30/07/24	JR. CONSTANS	30/07/24	JR. CONSTANS	30/07/24	D.A. LEDUC	30/07/24
	Motif de révision : Version pour enquête publique							

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	15
2. CONTEXTE	16
3. OBJET DE L'ETUDE	16
4. PERIMETRE DE L'ETUDE	16
5. REGLEMENTATION	17
5.1. Réglementation générale	17
5.2. Réglementation et documents de référence relatifs aux études de dangers	17
5.3. Guide méthodologique de référence	17
5.4. Rubriques de la nomenclature des ICPE	17
6. METHODOLOGIE GENERALE	18
PARTIE 1. PRESENTATION DE L'ETABLISSEMENT	20
7. IDENTITE DU DEMANDEUR	21
8. DESCRIPTION GENERALE	22
9. LOCALISATION DU SITE	23
PARTIE 2. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT	24
10. EVALUATION DES ENJEUX	25
10.1. Enjeux environnementaux	25
10.1.1. Topographie	25
10.1.2. Données hydrologique et hydrographique	25
10.1.3. Sol et sous-sol	25
10.2. Enjeux sur le patrimoine naturel et culturel	26
10.2.1. Sites classés et inscrits	26
10.2.2. Monuments historiques	26
10.2.3. Zones naturelles et remarquables	26
10.2.4. Bilan des enjeux sur le patrimoine naturel	27
10.3. Enjeux humains	28
10.3.1. Populations environnantes	28
10.3.2. Établissements Recevant du Publique (ERP)	28
10.3.3. Activité économique et établissements industriels	29
10.3.4. Infrastructures de transport	30
10.3.5. Bilan des enjeux humains	30
11. CARACTERISATION DES ELEMENTS AGRESSEURS EXTERNES	31
11.1. Dangers liés aux phénomènes naturels	31
11.1.1. Climat	31
11.1.2. Risque foudre	31

11.1.3.	Risque sismique	32
11.1.4.	Risque inondation	32
11.1.5.	Risque gonflement d'argile	32
11.1.6.	Cavités souterraines et mouvement de terrain	32
11.1.7.	Feux de forêts	32
11.2.	Dangers liés au facteur humain	33
11.2.1.	Risque lié aux installations voisines	33
11.2.2.	Risque lié aux transports de matières dangereuses (TMD)	39
11.2.3.	Risque lié aux actes de malveillance	41
PARTIE 3. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS ET DE LEUR FONCTIONNEMENT		42
12. INTRODUCTION		43
13. LOCALISATION DES INSTALLATIONS		43
14. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS		45
14.1.	Réception des matières premières	45
14.2.	Manipulation de la biomasse	45
14.3.	Séchage de la biomasse	45
14.4.	Distribution de la biomasse sèche	45
14.5.	Dosage chimique et entreposage des produits chimiques	46
14.6.	Chaudière-pyrolyseur LFC	46
14.7.	Purification du LGO	47
14.8.	Hydrogénation	48
14.9.	Filtration catalytique	48
14.10.	Remplacement et régénération du catalyseur	48
14.11.	Purification et distribution du Cyrène™	49
14.12.	Récupération du sulfolane	49
14.13.	Installations annexes	49
14.14.	Installations de traitement des effluents	49
PARTIE 4. IDENTIFICATION, CARACTERISATION DES POTENTIELS DE DANGERS ET REDUCTION DES DANGERS		50
15. INTRODUCTION		51
16. RECENSEMENT DES PRODUITS ET DE LEURS DANGERS		51
17. IDENTIFICATIONS DES INCOMPATIBILITES		58
17.1.	Incompatibilités entre produits	58
17.2.	Incompatibilités entre produits/matériaux	62
17.2.1.	Acide phosphorique	62
17.2.2.	Hydrogène	62

17.2.3.	Acide formique	62
17.2.4.	Conclusion	62
18.	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX ACTIVITES	63
18.1.	Réception de la matière première	63
18.2.	Manipulation de la biomasse	63
18.3.	Séchage de la biomasse	63
18.4.	Distribution de la biomasse sèche	63
18.5.	Dosage chimique et entreposage des produits chimiques	63
18.6.	Chaudière-pyrolyseur LFC	64
18.7.	Purification du LGO	64
18.8.	Hydrogénation	65
18.9.	Filtration catalytique	65
18.10.	Remplacement et régénération du catalyseur	65
18.11.	Purification du Cyrène™	65
18.12.	Conditionnement du produit	65
18.13.	Récupération du sulfolane	65
18.14.	Installation de traitement des effluents	66
19.	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PERTES D'UTILITES ET INSTALLATIONS ANNEXES	67
19.1.	Perte de l'eau industrielle	67
19.2.	Perte de la vapeur / condensats	67
19.3.	Perte de l'azote et de l'air instrument	67
19.4.	Perte de l'hydrogène	67
19.5.	Perte du fioul domestique	67
19.6.	Perte du gaz naturel	67
19.7.	Perte du sable	67
19.8.	Perte d'électricité	68
20.	IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PHASES DE TRAVAUX OU DE MAINTENANCE	68
21.	SYNTHESE DES POTENTIELS DE DANGERS	69
22.	REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS	71
22.1.	Minimisation des quantités de produit	71
22.2.	Substitution des produits dangereux mis en œuvre	71
22.3.	Mesures de réduction des sources de toxicité	71
22.4.	Mesures de réduction des sources d'explosion	72

22.5. Simplification du procédé	72
22.6. Bilan	72
PARTIE 5. ANALYSE DE L'ACCIDENTOLOGIE	73
23. INTRODUCTION	74
24. ACCIDENTOLOGIE EXTERNE LIEE AUX PRODUITS UTILISES	74
24.1. Acide phosphorique	74
24.2. Biochar	74
24.3. Goudron	75
24.4. Poussières de bois	75
24.5. Conclusion	75
25. ACCIDENTOLOGIE EXTERNE LIEE AUX INSTALLATIONS	76
25.1. Hydrogénation	76
25.2. Tours aéroréfrigérantes (TAR)	76
25.3. Silos de bois	77
25.4. Brûleurs	77
25.5. Conclusion	77
26. ACCIDENTOLOGIE INTERNE	78
26.1. Explosion au niveau de réacteur d'hydrogénation (REX CIRCA)	78
26.2. Explosion au niveau du réservoir intermédiaire de lavage (REX Valmet)	79
27. CONCLUSION SUR LA PRISE EN COMPTE DU REX INTERNE ET EXTERNE	80
PARTIE 6. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (APR)	81
28. INTRODUCTION	82
29. METHODOLOGIE DE L'EVALUATION PRELIMINAIRE DES RISQUES	82
29.1. Objectifs de l'évaluation préliminaire des risques	82
29.2. Méthodologie	82
29.2.1. Introduction	82
29.2.2. Démarche de l'analyse	83
29.2.3. Découpage fonctionnel des installations	84
29.2.4. Tableau de l'Analyse Préliminaire des risques	84
29.2.5. Participants de l'Analyse Préliminaire des risques	84
29.3. Résultats de l'APR	85
PARTIE 7. MODELISATIONS DES PHENOMENES DANGEREUX	86
30. INTRODUCTION	87

31. DEFINITIONS DES SCENARIOS	88
32. RAPPELS REGLEMENTAIRES	89
32.1. Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets	89
32.2. Seuils des effets dominos	90
33. SYNTHESE DES RESULTATS DE MODELISATION	91
PARTIE 8. ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES (ADR)	95
34. INTRODUCTION	96
35. METHODOLOGIE	97
35.1. Définition et objectif de l'ADR	97
35.2. Principe des arbres : Méthode retenue	98
35.3. Performance des barrières	100
35.4. Évaluation de la probabilité	101
35.4.1. Cotation de la probabilité d'occurrence des EI	101
35.4.2. Cotation de la probabilité d'occurrence des ERC et PhD	101
35.5. Évaluation de la gravité	102
35.5.1. Méthodologie de comptage	102
35.5.2. Détermination de la gravité pour chaque scénario	104
35.6. Cinétique de développement	105
35.7. Positionnement dans la matrice MMR	106
35.8. Effets dominos	107
36. DETERMINATION DES SCENARIOS RETENUS POUR L'ADR	108
37. DETERMINATION DE LA FREQUENCE DES EVENEMENTS INITIATEURS	109
38. DETERMINATION DE LA PROBABILITE DE DEFAILLANCE DES BARRIERES DE MAITRISE DES RISQUES	110
40. SCENARIO 4 : ÉCLATEMENT DE LA CHAMBRE DE COMBUSTION	111
40.1. Description du scénario	111
40.2. Évènements initiateurs	111
40.3. Barrières préventives	113
40.4. Probabilité d'occurrence de l'ERC	114
40.5. Barrières limitant les conséquences	115
40.6. Phénomènes dangereux	115
40.7. Probabilité des phénomènes dangereux	115
40.8. Distances d'effets relatives au scénario	115
40.9. Gravité du scénario	115
40.10. Cinétique du scénario	116

40.11. Effets dominos	116
40.12. Conclusion	116
40.13. Représentation du nœud papillon	117
40.14. Cartographie des distances d'effets	118
41. SCENARIO 10 : ÉCLATEMENT DE L'HYDROGENATEUR	119
41.1. Description du scénario	119
41.2. Évènements initiateurs	119
41.3. Barrières préventives	121
41.4. Probabilité d'occurrence de l'ERC	121
41.5. Barrières limitant les conséquences	122
41.6. Phénomènes dangereux	122
41.7. Probabilité des phénomènes dangereux	122
41.8. Distances d'effets relatives au scénario	122
41.9. Gravité du scénario	122
41.10. Cinétique du scénario	123
41.11. Effets dominos	123
41.12. Conclusion	123
41.13. Représentation du nœud papillon	124
41.14. Cartographie des distances d'effets	125
42. SCENARIO 11 : ÉCLATEMENT DU STOCKAGE HYDROGENE	126
42.1. Description du scénario	126
42.2. Évènements initiateurs	126
42.3. Barrières préventives	127
42.4. Probabilité d'occurrence de l'ERC	127
42.5. Barrières limitant les conséquences	127
42.6. Phénomènes dangereux	127
42.7. Probabilité des phénomènes dangereux	127
42.8. Distances d'effets relatives au scénario	128
42.9. Gravité du scénario	128
42.10. Cinétique du scénario	128
42.11. Effets dominos	128
42.12. Conclusion	129
42.13. Représentation du nœud papillon	130
42.14. Cartographie des distances d'effets	131

43. SCENARIO 12 : UVCE/JET ENFLAMME SUITE A LA RUPTURE DE LA LIGNE H₂ EN EXTERIEUR	132
43.1. Description du scénario	132
43.2. Évènements initiateurs (partie enterrée)	132
43.3. Évènements initiateurs (partie aérienne)	133
43.4. Barrières préventives	133
43.5. Probabilité d'occurrence de l'ERC	134
43.6. Barrières limitant les conséquences	134
43.7. Phénomènes dangereux	134
43.8. Probabilité des phénomènes dangereux	135
43.9. Distances d'effets relatives au scénario	135
43.10. Gravité du scénario	136
43.11. Cinétique du scénario	136
43.12. Effets dominos	136
43.13. Conclusion	137
43.14. Représentation du nœud papillon	138
43.15. Cartographies des distances d'effets	140
44. SCENARIO 14 : UVCE/JET ENFLAMME SUITE A LA RUPTURE DE LA LIGNE GN EN EXTERIEUR	143
44.1. Description du scénario	143
44.2. Évènements initiateurs (partie enterrée)	143
44.3. Évènements initiateurs (partie aérienne)	144
44.4. Barrières préventives	144
44.5. Probabilité d'occurrence de l'ERC	145
44.6. Barrières limitant les conséquences	145
44.7. Phénomènes dangereux	145
44.8. Probabilité des phénomènes dangereux	146
44.9. Distances d'effets relatives au scénario	146
44.10. Gravité du scénario	147
44.11. Cinétique du scénario	147
44.12. Effets dominos	147
44.13. Conclusion	148
44.14. Représentation du nœud papillon	149
44.15. Cartographies des distances d'effets	151
PARTIE 9. MESURES DE MAITRISE DES RISQUES	152

45. METHODOLOGIE	153
45.1. Définition	153
45.2. Justification	153
45.3. Évaluation des performances	154
45.4. Listes des barrières identifiées	154
46. SYNTHÈSE DES MMR	155
46.1. MMR 1 (B4.1) : Détection flamme au sein de la chambre de combustion	155
46.2. MMR 2 (B4.2) : Détection débit d'air bas au sein de la chambre de combustion	156
46.3. MMR 3 (B10.1) : Balayage à l'azote avant injection d'hydrogène	157
46.4. MMR 4 (B10.2) : Matériel ATEX au sein de l'hydrogénateur	158
46.5. MMR 5 (B10.3) : Soupape de sécurité avec disque de rupture sur l'hydrogénateur	159
46.6. MMR 6 (B11.1) : Soupape de sécurité sur le stockage d'hydrogène	160
46.7. MMR 7 (B12.1) : Protection mécanique de la canalisation enterrée	161
PARTIE 10. ORGANISATION DE LA SECURITE	162
47. PLAN D'OPERATION INTERNE	163
47.1. Introduction	163
47.2. Interactions avec le site Émile Huchet	163
47.3. Interactions avec la plateforme Chemiesis	163
47.4. Schéma d'alerte	164
47.5. Moyens mis à disposition	164
48. FORMATION DU PERSONNEL	165
49. PROTECTION DU PERSONNEL	165
50. MOYENS D'INTERVENTION ET DE SECOURS	166
50.1. Évacuation du personnel	166
50.2. La surveillance du site	166
50.3. Mesures de réduction des sources d'inflammation	166
50.3.1. Dispositions générales	166
50.3.2. Point chaud	166
50.3.3. Feux nus	166
50.3.4. Circulation des véhicules	166
50.4. Incendie généralisé du site	167
50.5. Sécurité incendie	167
50.6. Moyens de lutte	167

50.7. Protection foudre	168
50.8. Calcul des besoins en eaux	169
50.9. Rétention des eaux d'extinction incendie	169
51. PRISE EN COMPTE DE L'ENVIRONNEMENT EN PHASE ACCIDENTELLE	170
51.1. Émissions de fumées de biomasse	170
51.2. Émissions de fumées de produits chimiques	170
51.3. Rétention des eaux polluées en cas d'accident	170
51.4. Rejets de gaz toxiques à l'atmosphère	171
51.5. Effets de surpression liés à une explosion	171
51.6. Synthèse	171
PARTIE 11. SYNTHÈSE	172
52. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DE DANGERS	173
53. TABLEAU DE SYNTHÈSE DES RESULTATS	173
54. ACCEPTABILITE DES RISQUES	175
55. IMPACTS SUR LES INSTALLATIONS VOISINES	176
56. IMPACTS SUR LES ELEMENTS VULNERABLES	176

TABLEAUX

Tableau 1 – Recensement des populations dans les communes voisines (source : INSEE 2016)	28
Tableau 2 – Établissements industriels les plus proches de CIRCA	29
Tableau 3 – Transport ferroviaire en 2015	40
Tableau 4 – Synthèse des propriétés des produits	55
Tableau 5 – Dangers associés aux produits recensés	57
Tableau 6 – Synthèse des incompatibilités (Source : INRS)	58
Tableau 7 – Emplacements stockages	61
Tableau 8 – Synthèse des potentiels de dangers	69
Tableau 9 – Actions mises en place après prise en compte du retour d'expérience	80
Tableau 10 – Résultats APR	85
Tableau 11 – Valeurs de référence relatives aux seuils des effets thermiques	89
Tableau 12 – Valeurs de référence relatives aux seuils de surpression	89
Tableau 13 – Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets toxiques	89
Tableau 14 – Seuils des effets dominos	90
Tableau 15 – Récapitulatif des résultats de modélisation	94
Tableau 16 – Termes utilisés pour les nœuds papillons	99
Tableau 17 – Échelle de probabilité	101
Tableau 18 – Prise en compte de l'environnement industriel autour de CIRCA	103
Tableau 19 – Échelle de gravité	104
Tableau 20 – Cinétique des phénomènes dangereux	105
Tableau 21 – Grille MMR	106
Tableau 22 – Seuils des effets dominos	107
Tableau 23 – Fréquence des événements initiateurs	109
Tableau 24 – Probabilités de défaillance sur demande des barrières de maîtrise des risques	110
Tableau 25 – Probabilité du PhD 4	115
Tableau 26 – Distances d'effets du PhD 4	115
Tableau 27 – Gravité du PhD 4	115
Tableau 28 – Résultats du PhD 4	116
Tableau 29 – Grille de criticité du PhD 4	116
Tableau 30 – Probabilité du PhD 10	122
Tableau 31 – Distances d'effets du PhD 10	122
Tableau 32 – Gravité du PhD 10	122
Tableau 33 – Résultats du PhD 10	123
Tableau 34 – Grille de criticité du PhD 10	123
Tableau 35 – Probabilité du PhD 11	127
Tableau 36 – Distances d'effets du PhD 11	128
Tableau 37 – Gravité du PhD 11	128
Tableau 38 – Résultats du PhD 11	129
Tableau 39 – Grille de criticité du PhD 11	129
Tableau 40 – Probabilité du PhD 12	135
Tableau 41 – Distances d'effets du PhD 12	135
Tableau 42 – Gravité du PhD 12	136
Tableau 43 – Résultats du PhD 12	137
Tableau 44 – Grille de criticité du PhD 12	137
Tableau 45 – Probabilité du PhD 14	146
Tableau 46 – Distances d'effets du PhD 14	146
Tableau 47 – Gravité du PhD 14	147
Tableau 48 – Résultats du PhD 14	148
Tableau 49 – Grille de criticité du PhD 14	148
Tableau 50 – Liste des barrières identifiées	154
Tableau 51 – Niveau de protection des structures pour le risque foudre	168
Tableau 52 – Calcul du volume de rétention des eaux d'incendie	169
Tableau 53 – Synthèse des phénomènes dangereux	174
Tableau 54 – Positionnement des PhD sortant du site dans la grille de criticité	175

FIGURES

Figure 1 – Démarche globale d'une EDD	19
Figure 2 – Localisation du site de CIRCA à Carling (Source : Google Maps)	23
Figure 3 – Extrait du plan de zonage du PPRT	33
Figure 4 – Scénario de dispersion de l'eau ammoniacale	35
Figure 5 – Scénario de boil over de la cuve fioul	36
Figure 6 – Incendie des silos de stockage de bois	37
Figure 7 – Explosion des silos de stockage de bois	38
Figure 8 – Transport de matières dangereuses par canalisations	39
Figure 9 – Implantation des installations de CIRCA	44
Figure 10 – Emplacement des zones de stockages du site	60
Figure 11 – Localisation des potentiels de dangers	70
Figure 12 – Représentation en nœud papillon (principe)	98
Figure 13 – Représentation en nœud papillon du scénario 4	117
Figure 14 – Cartographie des distances d'effets du scénario 4	118
Figure 15 – Représentation en nœud papillon de l'ERC 10	124
Figure 16 – Cartographie des distances d'effets du scénario 10	125
Figure 17 – Représentation en nœud papillon du scénario 11	130
Figure 18 – Cartographie des distances d'effets du scénario 11	131
Figure 19 – Représentation en nœud papillon du scénario 12 (enterrée)	138
Figure 20 – Représentation en nœud papillon du scénario 12 (aérienne)	139
Figure 21 – Cartographie des distances d'effets du scénario 12a	140
Figure 22 – Cartographie des distances d'effets du scénario 12d	141
Figure 23 – Cartographie des distances d'effets du scénario 12e	142
Figure 24 – Représentation en nœud papillon du scénario 14 (enterrée)	149
Figure 25 – Représentation en nœud papillon du scénario 14 (aérienne)	150
Figure 26 – Cartographie des distances d'effets du scénario 14b	151
Figure 27 – Schéma d'alerte	164

Glossaire

ADR : Analyse Détaillée des Risques

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ARF : Analyse Risques Foudre

ARIA : Analyse, Recherche et Information sur les Accidents

ATEX : Atmosphère Explosive

BARPI : Bureau d'Analyse des Risques et des Pollutions Industrielles

BV : Bris de vitres

CLP : Classification, Labelling, Packaging (classification, à étiquetage et emballage)

DREAL : Direction Régionale, de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement

EDD : Étude de dangers

EDF : Électricité De France

EI : Évènement Initiateur

ERC : Évènement redouté central

ERP : Établissement recevant le publique

ESP : Équipement sous pression

FDS : Fiches de Données de Sécurité

FOD : Fioul Domestique

ICPE : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

INRS : Institut national de recherche et de sécurité

LFC : Lit Fluidifié Circulant

LGO : Levoglucosenone

MMR : Mesures de Maîtrise des Risques

PFD : Probability of Failure on Demand (Probabilité de Défaillance sur Demande)

PhD : Phénomène dangereux

POI : Plan d'Opérations Internes

PPRT : Plan de Prévention des Risques Technologiques

PSH : Capteur de pression haute

PSHH : Capteur de pression très haute

RD : Route Départementale

RN : Route Nationale

RIA : Robinets d'incendie armés

SEI : Seuil des effets Irréversibles

SEL : Seuil des effets Létaux

SELS : Seuil des effets Létaux significatifs

TMD : Transport de Matières Dangereuses

ZICO : Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux

ZNIEFF : Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistiques et Floristique

1. INTRODUCTION

L'objet du présent dossier de demande d'autorisation environnementale ainsi que le contexte réglementaire dans lequel il s'insère sont présentés dans le tome n°1 de ce dossier « Notice administrative ».

Le contenu du présent dossier de demande d'autorisation environnementale est réalisé conformément au Livre Ier, Titre VIII, chapitre unique, Section 1 de la partie réglementaire du code de l'environnement.

Il est composé de 7 tomes et d'annexes :

- ◇ Tome n° 1 : notice administrative ;
- ◇ Tome n° 2 : notice descriptive ;
- ◇ **Tome n° 3 : étude de dangers ;**
- ◇ Tome n° 4 : résumé non technique de l'étude de dangers ;
- ◇ Tome n° 5 : étude d'impact ;
- ◇ Tome n° 6 : résumé non technique de l'étude d'impact ;
- ◇ Tome n° 7 : note de présentation non technique.

Le présent document constitue le tome n°3 du dossier de demande d'autorisation : l'étude de dangers.

L'étude de dangers décrit en détail les installations de l'établissement en vue d'identifier précisément les risques internes et externes à l'établissement, de les évaluer par des scénarios d'accidents envisageables, de concevoir les mesures à même de les réduire, et de recenser les moyens de secours disponibles en cas de sinistre.

L'objectif de l'étude de dangers est par ailleurs, mentionné à l'article D. 181-15-2 du code de l'Environnement, pris en application au titre VIII du Livre 1^{er} et « justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation. Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de la vulnérabilité des intérêts mentionnés à l'article L. 181-3 ».

Remarque : la présente étude a été réalisée avec les documents mis à disposition au moment de sa rédaction.

2. CONTEXTE

CIRCA prévoit de construire le premier site mondial de production industrielle d'une molécule plateforme, la Levoglucosenone (LGO) dont la première application industrielle mature d'un point de vue technologique et marché est la transformation en un solvant bio renouvelable, le Cyrène™ à partir d'un procédé propriété de **CIRCA** mettant en œuvre de la biomasse renouvelable non-alimentaire. Cette unité industrielle sera installée sur une parcelle du site Émile Huchet, membre de l'association Chemosis, localisée sur les communes de Diesen et Porcellette.

CIRCA exploite actuellement en Australie un démonstrateur produisant du LGO et du Cyrène™ à une échelle vingt fois plus petite que celle du projet **ReSolute**, et souhaite par ce projet implanter sa première usine à échelle industrielle dans la région Grand-Est qui servira de référence à ses clients ainsi que pour toute future implantation.

Le nouveau site est soumis à autorisation au titre des ICPE notamment pour les rubriques 3410-b et 2910.B.2 et ne possède pas de statut SEVESO.

3. OBJET DE L'ÉTUDE

La présente étude vise donc à préciser les risques auxquels le projet de construction d'un nouveau site de production de produits organiques peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts visés à l'article L.511-1 du Code de l'environnement en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe tel qu'il est mentionné dans la circulaire du 10 mai 2010.

4. PERIMETRE DE L'ÉTUDE

La réalisation de l'étude concerne le projet de construction du nouveau site de production de LGO et de Cyrène™ au niveau de la plateforme Chemosis de Carling/Saint-Avold, toutes les installations projetées au sein de ce site sont cependant comprises dans cette étude.

Le plan de masse de l'installation est présenté en annexe de la notice descriptive D02-A1 de ce dossier.

5. REGLEMENTATION

Rappel des textes réglementaires applicables et des outils méthodologiques communément utilisés dans les études de dangers :

5.1. Réglementation générale

- Code de l'environnement – Livre 1^{er} :
 - * En particulier, articles L. 181-25 et D. 181-15-2 du code de l'environnement.

5.2. Réglementation et documents de référence relatifs aux études de dangers

- **Circulaire du 10 mai 2000** relative à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement soumises à autorisation (application de la directive Seveso II) ;
- **Circulaire du 10 mai 2010** récapitulant des 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 ;
- **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 ;
- **Arrêté du 26 mai 2014** relatif à la prévention des accidents majeurs dans les installations classées mentionnées à la section 9, chapitre V, titre Ier du livre V du code de l'environnement ;
- **Règlement 1272/2008 dit règlement CLP** sur la classification, l'étiquetage et l'emballage des substances et des mélanges ;
- **Arrêté du 4 octobre 2010** relatif à la prévention des risques accidentels au sein des ICPE soumises à autorisation.

5.3. Guide méthodologique de référence

- **Référentiel de l'INERIS Oméga 9** – rapport d'étude n°46055 – l'étude de dangers d'une installation classée – 2006 ;
- **Référentiels de l'INERIS Oméga 10** – Évaluation des Barrières Techniques de Sécurité ;
- **Référentiels de l'INERIS Oméga 20** – Démarche d'évaluation des Barrières Humaines de Sécurité.

5.4. Rubriques de la nomenclature des ICPE

D'après la nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), les activités exercées relèvent des rubriques de la nomenclature ICPE listées dans le tableau présent dans le tome n°1 : notice administrative.

Le site est soumis à **autorisation** selon les rubriques 3410-b et 2910.B.2 sans avoir le statut SEVESO.

L'installation est soumise à la rubrique 3410-b ; la directive IED est applicable au site.

6. METHODOLOGIE GENERALE

L'analyse des risques constitue la partie centrale de l'étude de dangers. Elle précise les risques auxquels les installations peuvent exposer, directement ou indirectement, l'homme, l'environnement ou le matériel en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation. Elle prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie spécifique. Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents. Enfin, elle tient compte du respect des dispositions législatives et réglementaires, et préoccupations liées à la Santé, la Sécurité et l'Environnement.

L'analyse des risques repose sur trois grandes étapes :

1. **L'identification des potentiels des dangers** et leur hiérarchisation. Les potentiels de dangers les plus importants feront l'objet d'une analyse préliminaire des risques (APR).
2. **L'analyse préliminaire des risques** : l'APR concerne les procédés ou installations les plus critiques retenus à l'issue de la première étape. C'est une évaluation semi-quantitative permettant d'identifier les événements redoutés liés à ces potentiels de dangers et d'évaluer leur criticité sur la base de l'expérience des personnes d'un groupe de travail. Le but de cet exercice est de sélectionner les scénarios critiques à étudier en détail.
3. **L'analyse détaillée de risques majeurs**. C'est une analyse quantitative effectuée sur les scénarios critiques qui ont des effets externes au site, prenant en compte les moyens de prévention/protection existants, et qui doit permettre de vérifier l'acceptabilité du risque résiduel des accidents majeurs, ou le cas échéant, d'en proposer des mesures supplémentaires afin d'amener ces risques à un niveau acceptable. L'acceptabilité d'un risque est estimée sur les critères de probabilité d'occurrence et de gravité qui sont quantifiés.

Le but final est de vérifier l'acceptabilité du risque résiduel. En effet, le risque nul n'existe pas. Un risque est cependant jugé acceptable si les moyens mis en œuvre pour limiter les conséquences et la probabilité d'occurrence permettent d'en assurer une maîtrise suffisante.

On rappelle la signification des notions de danger et de risque :

- ◇ Le danger est une caractéristique intrinsèque d'une substance ou d'une situation susceptible de provoquer des dommages ;
- ◇ Le risque intègre la probabilité d'occurrence durant une période donnée ou dans des circonstances déterminées, et la notion de gravité ou des conséquences.

Le schéma suivant présente la démarche utilisée pour la réalisation de l'étude de dangers du site.

La structure de cette étude est inspirée de la partie 2 de la circulaire du 10 mai 2010 : « Guide d'élaboration et de lecture des études de dangers pour les établissements soumis à autorisation avec servitudes ».

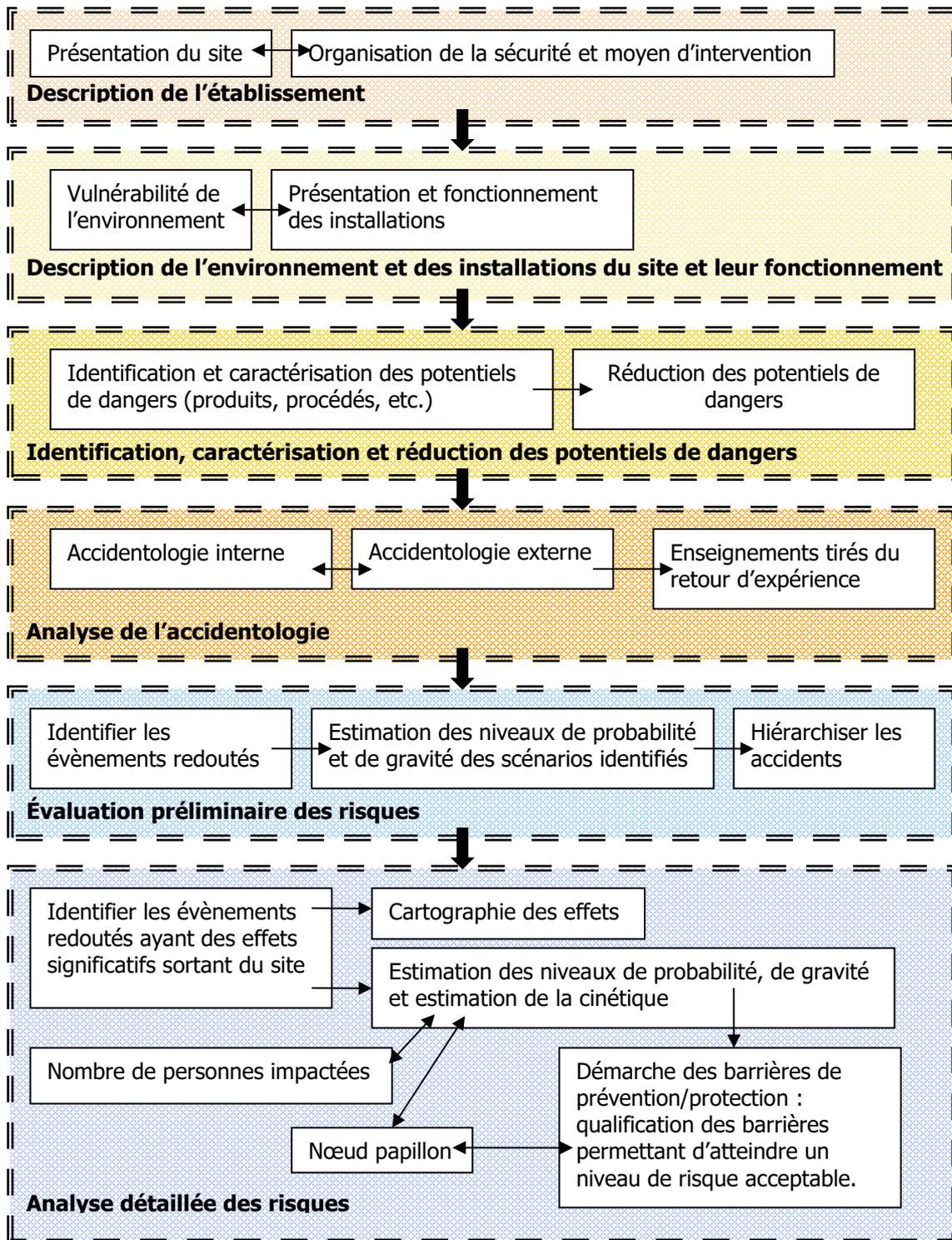


Figure 1 – Démarche globale d'une EDD

PARTIE 1. PRESENTATION DE L'ETABLISSEMENT

7. IDENTITE DU DEMANDEUR

Les principaux renseignements sur le demandeur sont donnés ci-dessous :

Société	CIRCA Sustainable Chemicals France
Forme juridique	SAS (Société à Actions Simplifiée)
Adresse siège social	3, place Simone Veil CS 20739 54 064 NANCY Cedex
Adresse projet	Centrale Émile HUCHET, Carling 57 490
N° SIRET	889 798 912
Code APE	7219Z
Représentant légal mandaté	DUNCAN Anthony James

Correspondant pour l'élaboration du présent dossier et à contacter dans le cadre de l'enquête publique :

David-Alexandre LEDUC

CIRCA

Tél : +33 (0)6 64 38 92 28

Email : da.leduc@circa-group.com

8. DESCRIPTION GENERALE

Le Cyrène™ est une biomolécule qui vient en remplacement des solvants classiques (NMP, DMF...) à destination des industries de l'eau (lors de la fabrication des membranes de traitement), agrochimique (pour la protection des cultures par des herbicides et des phéromones), cosmétique, pharmaceutique et électronique (production et recyclage de graphène) notamment, suivis par la Commission Européenne pour leur toxicité élevée ; le Cyrène™ apporte donc une solution très attendue par rapport aux problèmes de toxicité des solvants de la même catégorie.

La matière première principale utilisée par **CIRCA** pour produire le Cyrène™ est constituée de produits connexes issus de la première transformation du bois (tels que la sciure de bois non traitée) sous la forme de particules. Cette biomasse humide (environ 50% d'humidité) est stockée (sous forme de particules) sur le site puis séchée. Une fois à l'humidité requise, les particules sont mélangées à un catalyseur liquide composé de sulfolane et d'acide phosphorique pour ensuite être pyrolysées à 300-350 °C dans un couple chaudière/pyrolyseur.

La vapeur de pyrolyse résultante est refroidie et lavée (« quenchée ») pour obtenir un liquide pyrolytique qui correspond au LGO impur qui va ensuite être distillé.

La combinaison de la chaudière et du pyrolyseur est développée par **CIRCA** et **Valmet**. Ce procédé unique, breveté, permet de par la combinaison symbiotique des deux équipements un contrôle optimal de la réaction de pyrolyse tout en permettant une valorisation des flux secondaires du procédé à valeur calorifique significative.

La purification du LGO par distillation est réalisée par une succession de distillations sous vide. Ces distillations vont permettre de purifier le LGO mais aussi de récupérer le sulfolane qui est présent lors de la réaction de pyrolyse de la biomasse. Le procédé de distillations successives pour la purification a été développé par **CIRCA** et **Rhine Ruhr**.

Une fois purifié, le LGO est hydrogéné lors d'une étape d'hydrogénation en présence d'un catalyseur. Du Cyrène™ impur est ainsi obtenu en sortie d'hydrogénation. Cette partie du procédé a été développée par **CIRCA** et **EKATO**.

Le Cyrène™ est alors filtré pour séparer le catalyseur qui est réutilisé pendant un certain nombre de cycles avant d'être régénéré. Une dernière distillation est alors réalisée pour purifier le Cyrène™ pour obtenir un produit pur à 99% avant d'être stocké sur le site en isocontainer puis commercialisé.

Le projet **ReSolute** permet :

- ◇ La construction d'une première installation de Cyrène™ à échelle industrielle ;
- ◇ De s'intégrer dans une volonté de remplacer des solvants classiques par des solvants verts ;
- ◇ D'être un précurseur pour de futures installations de production de solvants verts.

9. LOCALISATION DU SITE

L'unité est implantée sur le site de la centrale Émile Huchet, membre de l'association Chemesis à cheval sur les communes de Porcelette et Diesen (57), situé en Moselle en région Grand-Est.

Le projet, d'une superficie d'environ 1,5 hectares, se situe sur l'emprise de la centrale Émile Huchet actuellement exploitée par GAZEL Energie qui va louer une partie de ses bâtiments et de son terrain à **CIRCA**.



Figure 2 – Localisation du site de CIRCA à Carling (Source : Google Maps)

PARTIE 2. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT

10. EVALUATION DES ENJEUX

La description de l'environnement permet d'identifier les éléments sensibles de l'environnement. De nombreux éléments de ce chapitre sont tirés des informations des services gouvernementaux (DRIEE, Géoportail, MERIMEE...). D'autres éléments sont issus des études complémentaires menées par **CIRCA**.

La description de l'environnement permet d'identifier les éléments sensibles de l'environnement naturel et anthropique. Les enjeux peuvent être :

- ◇ Les enjeux environnementaux ;
- ◇ Les enjeux sur le patrimoine naturel ;
- ◇ Les enjeux humains.

Dans ce document seuls les enjeux associés aux risques accidentels sont étudiés. Les enjeux liés aux incidences environnementales lors du fonctionnement normal de l'usine sont détaillés dans le tome n°4 : étude d'impact.

10.1. Enjeux environnementaux

10.1.1. Topographie

Le site est situé à environ 240 m d'altitude sur un terrain plat.

10.1.2. Données hydrologique et hydrographique

Les nappes d'eau souterraines

La plateforme de Carling/Saint Avold est située sur une masse d'eau souterraine libre, appelée Grès du Trias inférieur du bassin Houiller (code FRCG028).

Cette masse d'eau souterraine à dominante sédimentaire dont l'écoulement est libre. Elle s'étend sur 209 km². La nappe est affleurante sur la totalité de sa surface.

L'état de la nappe en 2015 est bon aussi bien au niveau qualitatif que quantitatif avec un niveau de confiance moyen.

Masse d'eau superficielle – Bassins versants

3 cours d'eau sont présents à proximité de la plateforme de Carling/Saint-Avold, il s'agit du Merle, de la Bisten et de la Rosselle.

Les eaux superficielles possèdent un objectif d'atteinte de bon état chimique et bon potentiel écologique aux échéances 2027/2033.

Les eaux souterraines et superficielles sont impactées par la forte présence d'industries sur la plateforme de Carling/Saint-Avold. Compte tenu de cet impact déjà existant, les masses d'eau sont considérées comme moyennement vulnérables.

10.1.3. Sol et sous-sol

La géologie superficielle au droit du site est peu perméable par la présence de grès tendres argileux.

10.2. Enjeux sur le patrimoine naturel et culturel

10.2.1. Sites classés et inscrits

Aucun site classé ou inscrit n'est recensé à proximité du site.

10.2.2. Monuments historiques

Les monuments historiques les plus proches sont :

- * La chapelle de la Sainte-Trinité à 5 km au Sud ;
- * Le carreau de Sainte-Fontaine à 5,4 km à l'Est du site ;
- * Le château d'Hausen à 6 km au Sud-Est.

Plusieurs monuments historiques sont situés à une distance supérieure à 1 km du site. Le site n'a aucune incidence sur ces sites classés en cas de scénario accidentel (cf Partie 7). Ils ne sont donc pas vulnérables.

10.2.3. Zones naturelles et remarquables

ZNIEFF :

Les zones sensibles les plus proches sont les suivantes :

- * Les forêts du Warndt à Saint-Avold entourant la plateforme, le site est bordé au Nord par cette ZNIEFF (ZNIEFF Type I Identifiant : 410030006) ;
- * Les sites A Amphibiens de Saint-Avold Nord à 150 m à l'Est du site et à 400 m au Sud du site (ZNIEFF Type I Identifiant : 410008804).

Compte tenu des distances d'éloignement, les ZNIEFF sont sensibles vis-à-vis du projet.

ZICO :

Aucune zone ZICO n'est recensée dans un rayon de 5 km autour du site.

Compte tenu des distances d'éloignement, les zones ZICO les plus proches ne présentent pas de sensibilité vis-à-vis du projet.

Natura 2000 (directive Oiseaux) :

Aucune zone Natura 2000 selon la directive Oiseaux n'est recensée dans un rayon de 5 km autour du site.

Compte tenu des distances d'éloignement, les zones Natura 2000 les plus proches ne présentent pas de sensibilité vis-à-vis du projet.

Natura 2000 (directive Habitats) :

La zone Natura 2000 selon la directive Oiseaux la plus proche est Les Mines du Warndt situées à 1,5 km au Sud du site.

La zone Natura 2000 est relativement proche du site. Cependant compte tenu des distances d'effets des phénomènes dangereux ce site n'est pas vulnérable.

Réserve biologique :

La réserve biologique des Landes de Saint-Avoid est située au Sud et à l'Ouest du site, la distance la plus proche est de 1,2 km des limites de site vers l'Ouest.

La réserve biologique est relativement proche du site. Cependant compte tenu des distances d'effets des phénomènes dangereux ce site n'est pas vulnérable.

Arrêté de type biotope :

Les Anciennes Mines du Bleiberg concernée par un Arrêté de protection du Biotope sont situées à 6 km au Sud du site.

L'arrêté de type biotope est relativement proche du site. Cependant compte tenu des distances d'effets des phénomènes dangereux ce site n'est pas vulnérable.

10.2.4. Bilan des enjeux sur le patrimoine naturel

L'enjeu principal sur le patrimoine naturel est la présence d'une ZNIEFF de type I à la limite Nord du site ainsi qu'une seconde ZNIEFF de type I à 150 m à l'Est du site.

10.3. Enjeux humains

10.3.1. Populations environnantes

Les communes les plus proches du site (en termes de distance mairie site) sont :

- * Carling ;
- * L'Hôpital ;
- * Diesen ;
- * Porcelette ;
- * Saint-Avold.

Commune	Nombre d'habitants	Distance par rapport au site (Mairie-site)
Carling	3 433	2,04
L'Hôpital	5 290	2,54
Diesen	1 057	2,87
Porcelette	579	3,13
Saint-Avold	15 789	5,70

Tableau 1 – Recensement des populations dans les communes voisines (source : INSEE 2016)

Les habitations les plus proches du site sont situées :

- * à 1,5 km au Nord du site ;
- * à 500 m à l'Est du site ;
- * à 2,3 km au Sud du site ;
- * à 2,8 km à l'Ouest du site.

Les habitations les plus proches sont situées à 500 m à l'Est du site à l'entrée de Carling.

10.3.2. Établissements Recevant du Publique (ERP)

Les Établissements Recevant du Public (ERP) relevés sur le secteur d'étude les plus proches sont :

- * Un hôtel à 1,3 km au Nord.
- * Un magasin à 1 km à l'Est ;
- * Un magasin à 1,2 km au Sud ;
- * Un magasin à 1 km à l'Est ;

Les ERP les plus proches sont situés à 1 km du terrain à l'étude.

10.3.3. Activité économique et établissements industriels

Le site est situé au sein de la plateforme de Carling/Saint-Avoid, plateforme regroupant de nombreuses industries dont plusieurs sites SEVESO tels que Total Pétrochimie France (TPF) ou Arkema.

Ainsi 27 installations ICPE et non ICPE sont situés dans un rayon de moins de 2 km du site. Les 5 installations les plus proches sont listées ci-dessous :

Société	Localisation	Activité	Distance par rapport aux limites de site
GAZEL ENERGIE GENERATION	Centrale Émile Huchet BP 80079	Production d'électricité	-
CGR Environnement	Route départementale 633	Récupération de déchets triés	0,4 km
TOTAL DIRECT ENERGIE	Centrale électrique de Saint AVOID – Route de Haslach CS 80166	Production d'électricité	0,9 km
Outillage 57	Route de Carling	Commerce de gros de quincaillerie	1 km
SNF SA	Route de Haslach	Fabrication d'autres produits chimiques n.c.a	1,1 km

Tableau 2 – Établissements industriels les plus proches de CIRCA

Toutes les installations sur la plateforme de Carling/Saint-Avoid sont incluses dans un même Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT).

Au sein de la plateforme de Carling/Saint-Avoid la centrale Émile Huchet est en cours de conversion en de multiples projets de tailles plus petites.

Le projet **ReSolute** et la centrale biomasse font partie des deux premiers projets à s'installer au sein de cette centrale en reconversion. Afin de gérer les risques industriels provenant du site de **CIRCA** vers la centrale pouvant accueillir à terme de nouveaux projets ; une convention sur les limites d'usages des emprises touchées par des effets provenant du projet de **CIRCA** est réalisée afin de maîtriser ces risques.

Cette convention signée avec GAZEL Energie, le gestionnaire de la future plateforme que compose l'ancienne centrale, est donnée en annexe D01-A5 de ce dossier au sein de la lettre de confort.

10.3.4. Infrastructures de transport

Trafic routier :

Trois axes routiers principaux sont à proximité du site. Il s'agit de :

- * L'autoroute A4 reliant Strasbourg et Metz à 2 km ;
- * La route nationale N33 reliant Saint Avold et Sarrelouis à 400 m ;
- * La route départementale D26d reliant L'Hôpital à Freyming-Merlebach à 450 m.

Trafic ferroviaire :

Les lignes ferroviaires passant au niveau de la plateforme ne transportent pas de voyageur mais sont destinées au transport de fret et passe à 100 m à l'Ouest du site.

La ligne ferroviaire transportant des voyageurs la plus proche est située à 1,5 km à l'Est du site.

Trafic aérien :

Les aéroports et aérodromes les plus proches du site sont :

- * Aéroport régional de Metz-Nancy-Lorraine situé à 39 km au Sud-Ouest du site ;
- * Aéroport de Sarrebruck situé en Allemagne à 30 km à l'Est du site.

Du fait de l'éloignement de ces aéroports de plus de 2 km du site, l'événement initiateur de chute n'est pas retenu dans l'analyse préliminaire des risques conformément à la circulaire du 10 mai 2010.

Trafic fluvial :

Les voies d'eaux présentent à proximité du site ne sont pas navigables.

10.3.5. Bilan des enjeux humains

Les principaux enjeux humains externes au site sont :

- * Les établissements industriels voisins au site ;
- * La route nationale N33 ;
- * La ligne ferroviaire destinée au transport de fret.

11. CARACTERISATION DES ELEMENTS AGRESSEURS EXTERNES

L'identification des dangers liés à l'environnement constitue une démarche spécifique, étant donné qu'elle repose sur la caractérisation et sur la matérialisation préalable de l'environnement en tant qu'agresseur potentiel.

L'objectif de cette démarche est :

- ◇ D'identifier quels sont les agresseurs de l'environnement du site qui sont significatifs en termes de danger ;
- ◇ D'identifier les équipements ou les fonctions exposées à l'agression ;
- ◇ De matérialiser les dangers sur ces équipements ou fonctions.

Afin d'identifier les agressions de l'environnement qui constituent des causes potentielles d'événements redoutés lors de l'analyse préliminaire des risques (puis, lors de l'étude détaillée des risques, si justifié).

11.1. Dangers liés aux phénomènes naturels

Parmi les facteurs potentiels d'agressions externes sur les installations, les phénomènes naturels peuvent avoir un impact non négligeable.

11.1.1. Climat

La région est soumise à un climat océanique dégradé ou atténué à influence semi-continentale. Les saisons sont contrastées et bien marquées mais en fonction des vents dominants peuvent se succéder du jour au lendemain des périodes de précipitations (influence océanique) ou de forte amplitude thermique (influence continentale).

Températures

Le mois le plus chaud est le mois de juillet avec une température moyenne maximale de 25,3 °C. Le mois le plus froid est le mois de janvier avec une température moyenne minimale de -0,5 °C.

Les températures extrêmes enregistrées entre 1981 et 2010 sont de 39,7 °C et -23,2 °C.

Le risque lié au gel ou à l'évaporation de solvant est présenté par la suite.

Précipitations

Les précipitations sont bien réparties tout au long de l'année.

Vent

Les vents dominants sont essentiellement d'origine Sud-ouest et Nord-Est.

Neige et conditions particulières

Nombre moyen de jours par an avec	Données de la station Metz-Frescaty
Brouillard	44,5
Orage	20,4
Grêle	2,6
Neige	25,0

Les installations répondent aux normes vent et neige en vigueur (NV65 révisée en février 2009) et les règles N84.

11.1.2. Risque foudre

Le risque foudre est moyen dans le département de la Moselle avec une densité de foudroiement comprise entre 1,5 et 2,5 (Source CITEL).

Le risque foudre est pris en compte dans la suite de l'étude avec la mise en place de protections contre la foudre (cf §50.7).

11.1.3. Risque sismique

Les tremblements de terre peuvent provoquer la destruction des constructions, des ruptures de matériels et de canalisations.

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes.

Le site se situe dans une zone de sismicité très faible (risque de catégorie 1).

11.1.4. Risque inondation

Selon Géorisques, le site de **CIRCA** n'est pas situé dans une zone réglementée par un plan de prévention des risques d'inondation bien qu'un risque de crue est présent sur la commune de Saint-Avoid lié au ruissellement pluvial.

11.1.5. Risque gonflement d'argile

Le site n'est pas concerné par le risque de retrait et gonflement des sols argileux.

11.1.6. Cavités souterraines et mouvement de terrain

Le site n'est pas concerné par le risque lié aux cavités souterraines ni par un plan de prévention des risques miniers.

11.1.7. Feux de forêts

Le site est bordé sur une bonne partie par de la forêt. Une distance d'au moins 10 mètres exempte de tout stockage de matériau combustible, sépare le site et la forêt.

La séparation est effectuée par une route et les bâtiments situés au plus proche de la forêt ne sont pas des bâtiments procédés.

Compte-tenu des dispositions de l'installation, le risque de feu de forêts n'est pas retenu comme événement initiateur. Un entretien du site pour limiter la présence de broussaille ou autres matières combustibles en limite de propriété est mis en place.

11.2. Dangers liés au facteur humain

11.2.1. Risque lié aux installations voisines

Établissements SEVESO et PPRT

Treize établissements classés à autorisation sont situés dans l'environnement proche du site. Parmi ces 13 établissements 5 possèdent le statut SEVESO.

- * ARKEMA (SEVESO Seuil Haut) ;
- * GAZEL ENERGIE GEBERATION (SEVESO Seuil Bas) ;
- * PROTELOR (SEVESO Seuil Haut) ;
- * SNF SA (SEVESO Seuil Haut) ;
- * Total Pétrochimie France - TPF (SEVESO Seuil Haut).

La plateforme Chemesis est concernée par un PPRT par la présence de site classés SEVESO seuil Haut. Ce PPRT a été approuvé le 22 octobre 2013 par la Préfecture.

Le site de **CIRCA** est situé majoritairement en zone b2a.

Les zones de types b2a et b2b sont décrites de telle sorte dans le PPRT :

Ce sont des zones urbanisées à vocation d'activités, concernées par des aléas « faible ». Elles sont impactées, partiellement ou intégralement, par des effets thermiques, toxiques et de surpression.

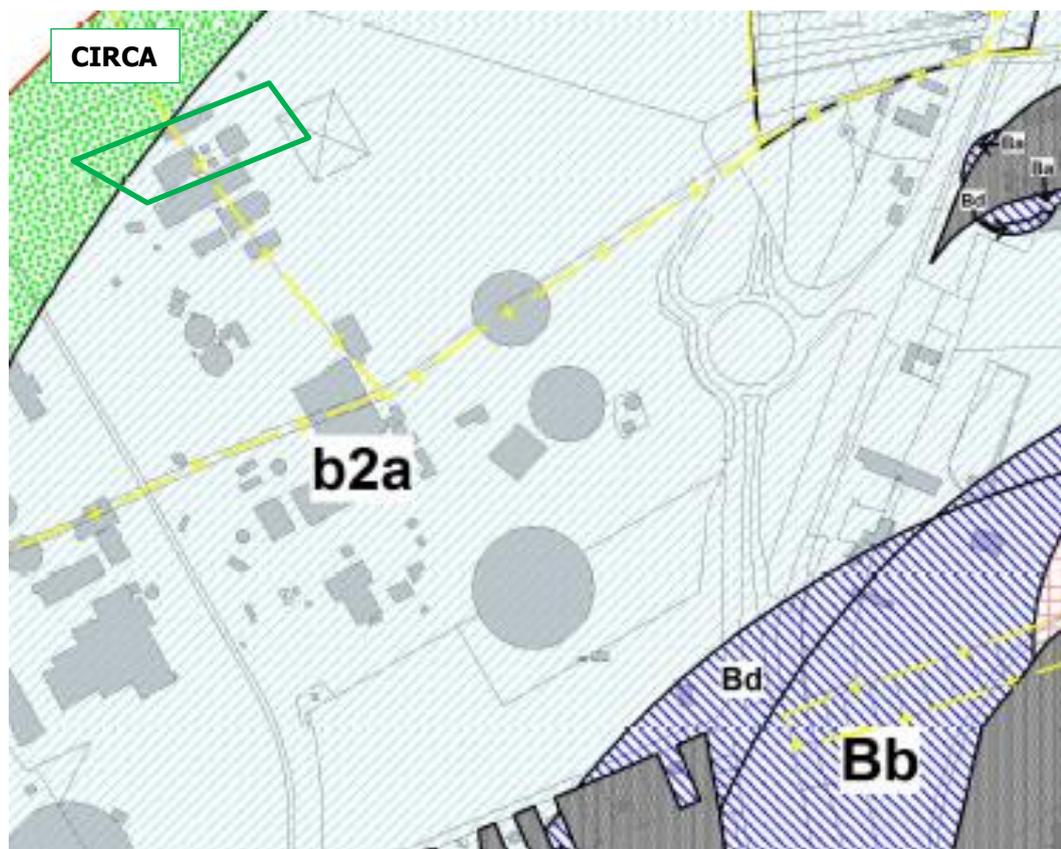


Figure 3 – Extrait du plan de zonage du PPRT

Les cartographies annexées au PPRT permettent d'identifier les risques auxquels les installations de **CIRCA** sont exposées :

- * Effets de surpression : intensités -> zone des effets indirects par bris de vitres – 35 mbar ;
- * Effets de surpression : caractérisation de l'onde -> Ondes de choc – Durée du signal – 1000 ms ;
- * Effets thermiques : non concerné ;
- * Effets toxiques : Taux d'atténuation cible – 6,67 %.

Les effets du PPRT sur le site de CIRCA entraînent la mise en place de mesures complémentaires sur le site :

- * Mise en place d'un local de confinement afin de protéger le personnel en cas de dispersion d'un nuage toxique. La conception de ce dernier n'est pas encore finalisée à la date de rédaction de ce document, mais il répondra au taux d'atténuation nécessaire de 6,67% requis par le PPRT ;
- * Mise en place de vitres renforcées résistantes aux 35 mbar de surpression en cas d'effets de surpression venant de la plateforme pétrochimique.

Ces mesures permettent de démontrer la conformité du projet avec le PPRT plateforme. Le personnel du site est de plus informé des risques et est formé à la conduite à tenir en cas d'accident sur la plateforme.

Centrale Émile Huchet (GAZEL Energie)

Les bâtiments utilisés par **CIRCA** pour la production de Cyrène™ sont situés directement au sein de la centrale Émile Huchet et de ce fait peuvent être concernés par des effets dominos liés à l'exploitation de la centrale.

Parmi les scénarios identifiés comme pouvant avoir un impact sur l'emprise de **CIRCA**, 2 scénarios ont été retenus par GAZEL Energie :

- * Scénario de dispersion de l'eau ammoniacale ;
- * Scénario de boil over du bac de fioul.

Les cartographies de ces deux scénarios sont présentées en page suivante :

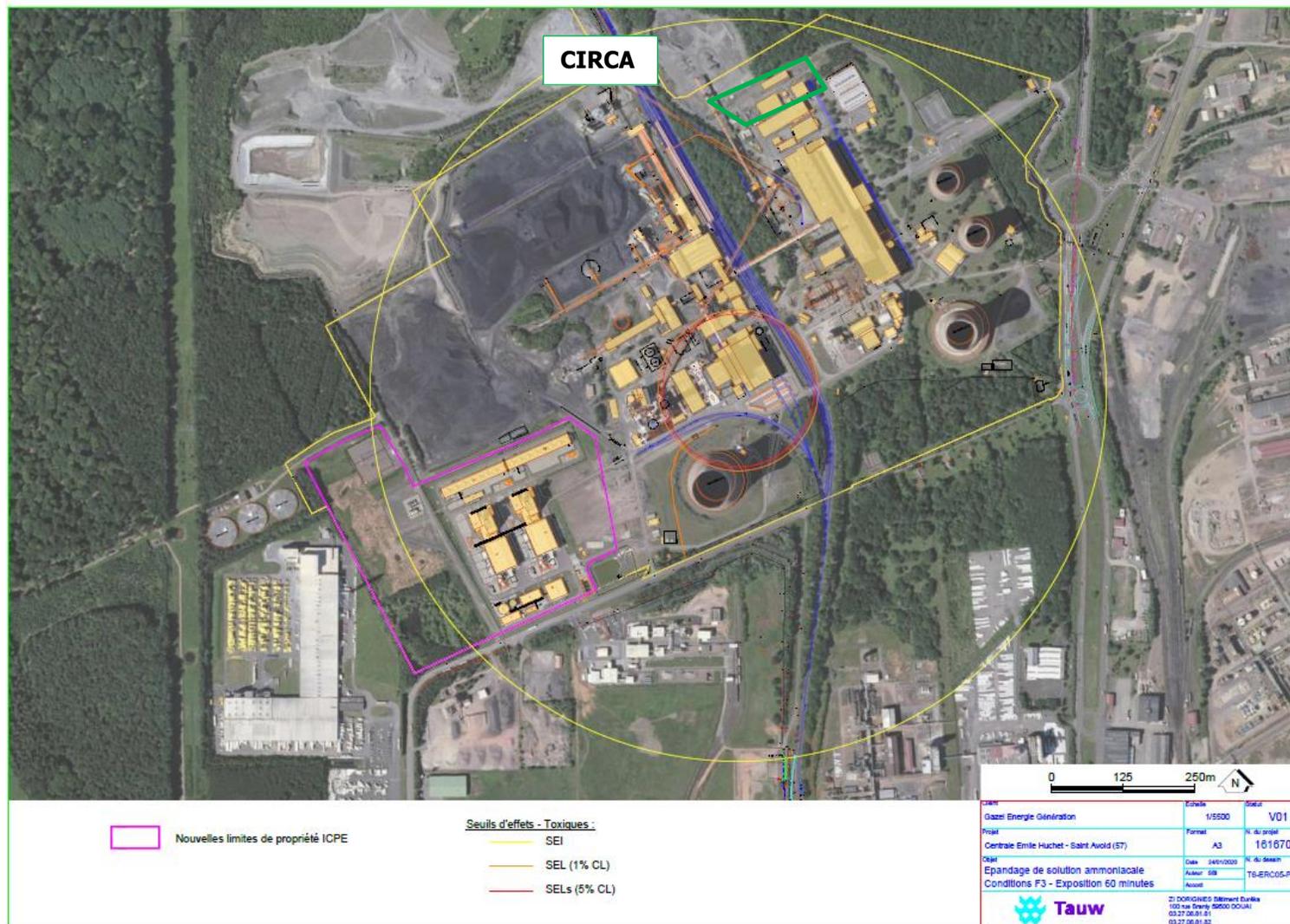


Figure 4 – Scénario de dispersion de l’eau ammoniacale

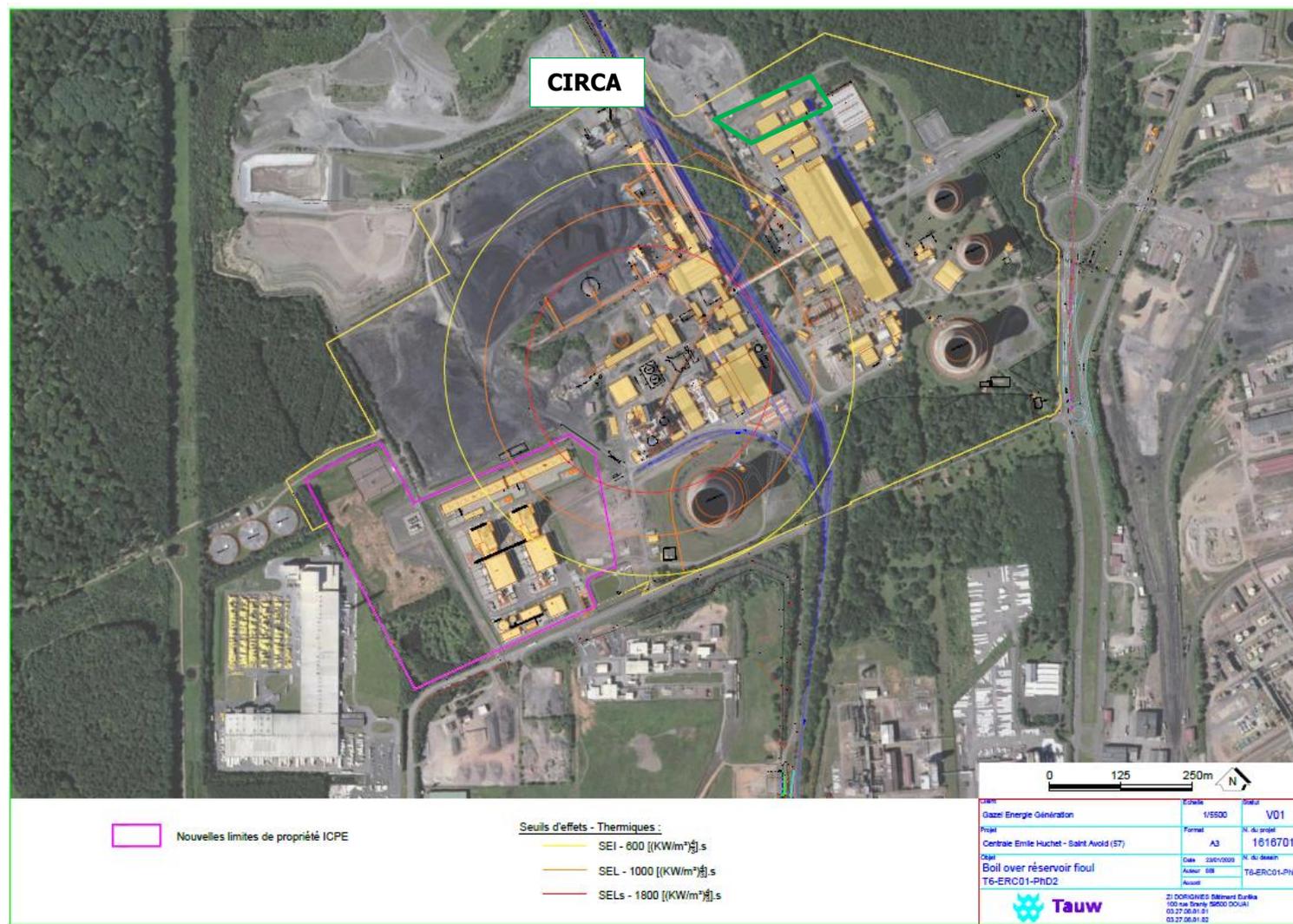


Figure 5 – Scénario de boil over de la cuve fioul

Le site est uniquement concerné par des effets toxiques au seuil des effets irréversibles en provenance de la centrale Émile Huchet.

Projet biomasse

Une centrale de production d'énergie fonctionnant à la biomasse est en projet au sud-est de la parcelle détenue par **CIRCA**, le projet est lui aussi situé sur le terrain de la centrale Émile Huchet détenu par GAZEL Energie.

Un Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale est en cours d'instruction, ce dossier fait objet d'une étude de dangers dont les scénarios majeurs pouvant impacter le projet **ReSolute** sont présentés ci-dessous :

- * L'incendie des silos de stockage de bois ;
- * L'explosion des silos de stockage de bois.

Les cartographies de ces scénarios sont présentées ci-dessous :

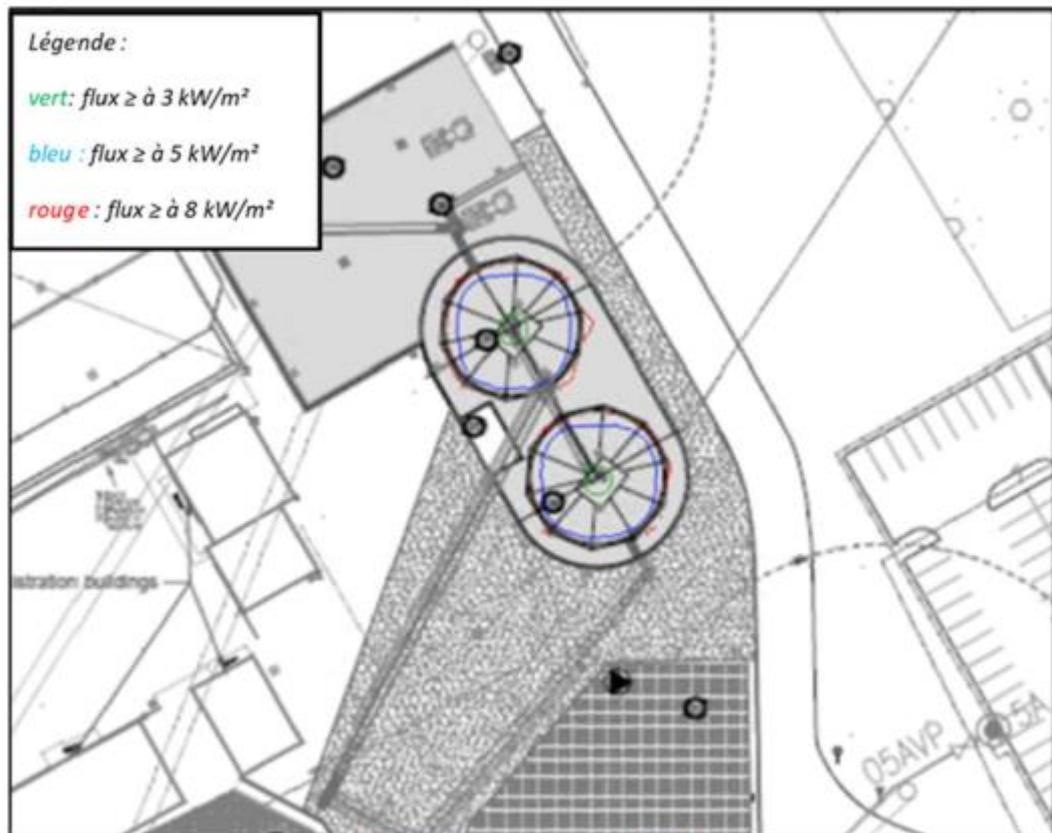


Figure 6 – Incendie des silos de stockage de bois



Figure 7 – Explosion des silos de stockage de bois

Ces cartographies mettent en avant l'absence d'effets dominos en provenance du projet biomasse.

11.2.2. Risque lié aux transports de matières dangereuses (TMD)

Risques liés aux TMD par canalisation

Le TMD par canalisation consiste à transporter de façon continue ou séquentielle des fluides ou des gaz liquéfiés : gaz naturel (gazoducs), hydrocarbures liquides ou liquéfiés (oléoducs, pipelines), produits chimiques (éthylène, propylène etc.) ou sel liquéfié (saumoduc).



**Figure 8 – Transport de matières dangereuses par canalisations
(Source : Géorisques)**

Les canalisations de transport de gaz et d'hydrocarbures sont éloignées du site de **CIRCA**. Aucun accident sur ces canalisations n'est susceptible d'engendrer des effets sur les installations du site.

Risques liés aux TMD par voie routière

La plateforme est sujette au transport par voies routières, en raison notamment de la présence de plusieurs grands axes routiers sur son territoire : RN33, A4

Les routes qui traversent les parcs d'activités de la ville sont également potentiellement exposées au risque.

D'après la circulaire du 10 mai 2010, le BLEVE produit par un camion-citerne 20t produit des effets létaux significatifs thermiques jusqu'à 120 m.

Les scénarios majorants sont hors de portée des effets létaux significatifs du BLEVE d'un camion. Le risque lié aux TMD par voie routière n'est pas retenu dans la suite de l'étude.

Risque lié au transport par voie ferroviaire

Le transport par voie ferrée est répandu sur la plateforme de Carling/Saint-Avold.

La voie ferroviaire la plus proche se situe à 100 m à l'Ouest du site, celle-ci est destinée au fret et est exploitée par la société VLFI.

Le PPI de la plateforme de Carling/Saint-Avold indique une activité importante de transport de matière dangereuse par train.

Le tableau ci-dessous récapitule le trafic ferroviaire en 2015 :

2015							
Classe de matière dangereuse	Type de produit	Code ONU	Quantité (Tonnes)	Client	tonnage moyen/wgs	Nombre wgs chargés	Logique livraison / restitution donc nb wgs X 2
classe2	C3 Propylène	1077	48 279,64	TPF	50	966	1932
	C4 Butadiène	1010	43830,95	TPF	49	895	1790
	Chlorure de méthyle	1063	13 718,00	SNF	55	250	500
classe3	Styrène	2055	196753,81	TPF	46	4278	8556
	Hydracarbures Liquides (DOPE)(BX)(BTX)	3295	54 541,75	TPF	62	880	1760
	Acrylate de buthyle	2348	6 638,00	Arkema	46	145	290
	Acrylate de méthyle	1919	0,00	Arkema	53	0	0
	Butanol	1120	41 340,00	Arkema	63	657	1314
	Ethanol	1170	15 128,00	Arkema	64	237	474
	Méthanol	1230	0,00	Arkema	54	0	0
	Diméthylamine en solution	1160	4 028,00	SNF	55	74	148
classe6	Benzène	1114	56 556,05	TPF	62	913	1826
	Cyanure de sodium	3414	5 300,00	Protelor	60	89	178
classe8	Épichloridrine	2023	5 405,00	SNF	50	109	218
	Acide acrylique stabilisé	2218	7 572,00	Arkema	62	123	246
	Diméthylamino-2-éthanol	2051	4 146,00	Arkema	58	72	144
Total annuel :			503 237,20	T			

Tableau 3 – Transport ferroviaire en 2015

Le nombre de wagons chargés est ainsi estimé à 9 698 par an.

Les trains traversant la centrale Émile Huchet ne sont pas amenés à effectuer un arrêt et la zone n'a pas vocation à servir de zone de triage.

Les équipements les plus à l'Est (stockage hydrogène) du site peuvent être concernés par des effets dominos en cas de BLEVE de wagon au niveau de la voie de chemin de fer. Un talus en terre ainsi que des bâtiments de la centrale Émile Huchet sont présents entre le projet **ReSolute** et les voies de chemin de fer.

L'absence de zone de stockage de wagon de produits dangereux ainsi que les écrans physiques entre les voies de chemin de fer et le site font que les probabilités de survenue d'un BLEVE wagon ainsi que les conséquences d'un BLEVE wagon sont estimées faibles pour le projet.

Le risque lié au transport de matière dangereuse par voie ferrée n'est pas retenu pour la détermination de la probabilité des scénarios de l'ADR.

Risque lié aux chutes d'aéronefs

L'aérodrome le plus proche est situé à 30 km du site.

Le site étant suffisamment loin des aérodromes il ne se situe pas sous une zone de décollage ou d'atterrissage. Le risque de chute d'aéronef peut donc être négligé.

11.2.3. Risque lié aux actes de malveillance

D'après le circulaire du 10 mai 2010, la malveillance est généralement caractérisée par un acte d'intervention délibéré dans le but de provoquer un accident. La prévention contre un tel acte est difficile. Les risques liés aux actes de malveillance existent sur les installations soumis à autorisation comme pour toute unité industrielle.

Le principal acte de malveillance qui peut être envisagé est l'intrusion de personnes mal intentionnées sur le site.

La probabilité d'occurrence des risques liés à d'éventuels actes de malveillance après intrusion sur le site est très limitée du fait des mesures interdisant l'accès aux installations aux personnes étrangères au service qui en assure l'exploitation.

Les mesures de prévention prises pour réduire le risque sont :

- * Clôtures en limite de propriété ;
- * Pendant les heures d'ouvertures de l'accueil, les visiteurs et les entreprises extérieures doivent s'enregistrer à leur arrivée ;
- * La nuit, le site est fermé par un portail ;
- * Un contrôle d'accès au bâtiment industriel ;
- * Procédure d'identification à l'accueil. Seuls les piétons munis d'un badge individuel sont autorisés à rentrer sur le site.

Conformément à la circulaire du 10 mai 2010, les actes de malveillance ne sont pas pris en compte comme événement initiateur potentiel dans l'étude de dangers.

Néanmoins, **CIRCA** met en place un ensemble de mesures permettant de réduire le risque d'intrusion et de malveillance au minimum.

PARTIE 3. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS ET DE LEUR FONCTIONNEMENT

12. INTRODUCTION

La description des installations est une étape importante pour la compréhension de l'étude. In fine, la description des installations doit permettre d'identifier les points sensibles et dangereux et de fournir les éléments essentiels à la compréhension des risques identifiés et des mesures mises en place. La plus grande difficulté consiste à sélectionner les éléments nécessaires et suffisants à la réalisation de l'étude de dangers tout en évitant de s'attarder sur les détails (principe de proportionnalité).

Cette partie est plus détaillée dans le tome n°2 : notice descriptive dans sa version confidentielle.

13. LOCALISATION DES INSTALLATIONS

La nouvelle usine exploitée par **CIRCA** peut être divisée en plusieurs sections :

- ◇ Un espace couvert de stockage pour la réception de la biomasse ;
- ◇ Un espace secondaire ouvert de réception de la biomasse en cas de surplus ;
- ◇ Un emplacement extérieur pour le séchage de la biomasse et le stockage de la biomasse sèche ;
- ◇ Un bâtiment contenant le procédé développé par Valmet/**CIRCA** avec le procédé couplé chaudière/pyrolyseur ;
- ◇ Une zone dédiée à la distillation, comprenant l'ensemble des colonnes de distillation et les équipements associés (réservoirs tampons, pompes etc....) ;
- ◇ Un bâtiment dédié à l'hydrogénation et à la manutention / au recyclage du catalyseur ;
- ◇ Un bâtiment dédié à la maintenance accueillant aussi les bureaux, laboratoires et vestiaires ;
- ◇ Une dalle de stockage d'hydrogène ;
- ◇ Un bâtiment pour l'entreposage des compresseurs et des équipements électriques ;
- ◇ D'autres éléments indispensables au procédé sont disposés en extérieur :
 - Le stockage de produits chimiques (acide phosphorique, sulfolane et Cyrène™) ;
 - Les tours de refroidissement ;
 - Utilités diverses (Production d'azote, réservoir de FOD...).

Les principales parties de l'installation sont représentées sur le schéma ci-dessous :

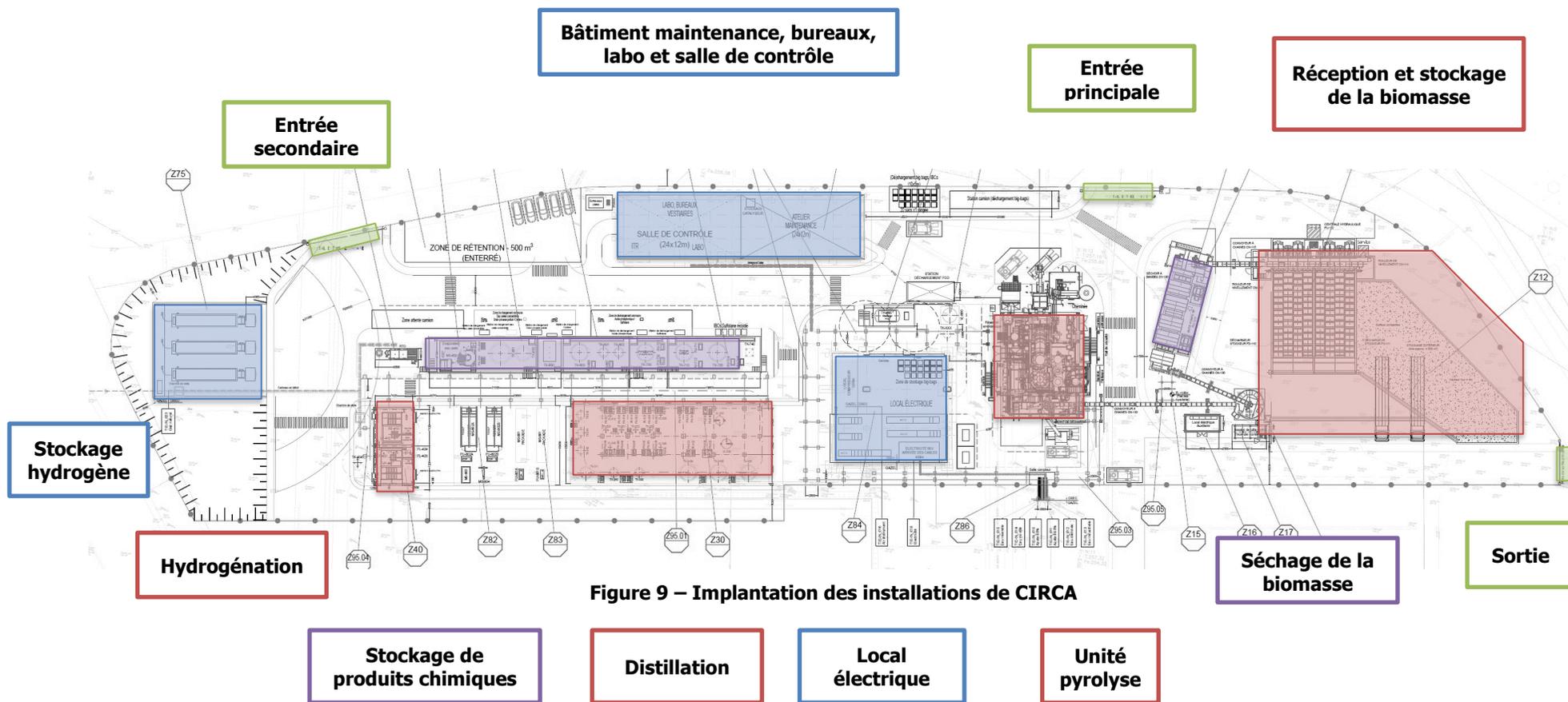


Figure 9 – Implantation des installations de CIRCA

14. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS

14.1. Réception des matières premières

L'approvisionnement principal en biomasse est réalisé par Norske Skog depuis des scieries des Vosges.

Les produits connexes issus de la première transformation du bois expédiés consistent en une récupération de la part de Norske Skog des sciures de bois des scieries sans traitement.

Selon les informations fournies par Norske Skog, les sciures reçues finalement par **CIRCA** ont les caractéristiques suivantes :

- Taille moyenne de quelques mm pour la sciure ;
- Variété de bois (en moyenne) : 40 % sapin, 30 % épicéa, 20 % sapin de Douglas et 10 % pin ;
- Densité moyenne : 270 kg/m³ ;
- Humidité : 50 %.

En cas de surplus au niveau de la zone de réception principale, une zone secondaire, ouverte dans ce cas, est présente à côté du bâtiment de stockage pour entreposer de la biomasse.

Une séparation de la matière indésirable (particules trop grosses, branchages...) et une extraction magnétique des résidus métalliques sont réalisées avant stockage.

14.2. Manipulation de la biomasse

Une fois sur site, la biomasse est acheminée par des systèmes de convoyeurs vers une unité de séparation des particules pour retenir uniquement les particules à la taille nécessaire pour la production de LGO.

14.3. Séchage de la biomasse

La biomasse est séchée à la teneur en humidité de 5% requise à l'aide d'un sécheur à bande. Au cours du processus de séchage, de l'air chaud est projeté par des ventilateurs à travers la couche de biomasse et en absorbe l'humidité.

14.4. Distribution de la biomasse sèche

La biomasse séchée est transportée par convoyeur jusqu'aux silos de stockage.

Du silo, la biomasse est transportée vers un convoyeur où les produits chimiques (sous forme liquide) sont ajoutés à la biomasse.

Le mélange résultant est ensuite introduit dans le réacteur de pyrolyse.

14.5. Dosage chimique et entreposage des produits chimiques

Les produits chimiques pulvérisés sur la biomasse dans la vis de mélange en amont de son introduction dans le pyrolyseur sont :

- Le sulfolane ($C_4H_8SO_2$), majoritairement issu des colonnes de distillation du LGO (sulfolane recyclé) et avec un léger appoint de produit frais ;
- L'acide phosphorique (H_3PO_4), appoint de produit frais exclusivement.

Les deux produits chimiques utilisés sont reçus et stockés dans des réservoirs de moins de 50 m³ sur le site dans une zone de stockage dédiée, ces réservoirs sont placés sur rétention au niveau du robinet d'alimentation.

14.6. Chaudière-pyrolyseur LFC

Le procédé de conversion de la biomasse en LGO est réalisée par pyrolyse de la biomasse au sein d'un couple chaudière-pyrolyseur développé par **CIRCA** et **VALMET**.

Un lit fluidisé contient une masse de particules solides à travers laquelle on fait passer un fluide s'écoulant vers le haut à une vitesse suffisante pour que les particules se comportent comme un liquide.

Le lit est principalement constitué de fines particules de sable, de cendres de combustible, de combustible (biochar issu de la pyrolyse, particules de biomasse) et d'additifs minéraux (exemple : calcaire, oxyde de magnésium). Le milieu de fluidisation est constitué d'air et de gaz de combustion produits par la chaudière.

La chaudière présente de multiples interactions avec le reste de l'installation. Il constitue un point central du projet **ReSolute**.

La chaudière a pour fonctions principales de chauffer du sable à haute température qui est transféré dans le pyrolyseur, mais également de fournir la vapeur nécessaire aux colonnes de distillation du site et l'énergie requise dans le sécheur de biomasse ainsi que dans l'hydrogénateur (étape de préchauffage seulement).

Du fioul domestique est aussi nécessaire pour le démarrage de la chaudière, ce fioul domestique est stocké dans une cuve de 10 m³ placée sous rétention.

La chaudière présente de multiples interactions avec le reste de l'installation. Il constitue un point central du projet **ReSolute**.

Le pyrolyseur permet la réaction de pyrolyse de la biomasse en LGO (intermédiaire de réaction), en présence du catalyseur liquide de sulfolane et d'acide phosphorique. Il s'agit de la première réaction du procédé de fabrication du CyrèneTM, la seconde consistant en l'hydrogénation du LGO.

Le package de pyrolyse est composé des sous-systèmes suivants :

- Un réacteur de pyrolyse (à lit fluidisé entraîné) ;
- Deux cyclones ;
- Un système de récupération du liquide ;
- Un système de recirculation des gaz ;
- Un système de transfert du liquide.

Les réactions de pyrolyse ont lieu dans un environnement exempt d'oxygène, dans un réacteur à flux entraîné, c'est-à-dire un réacteur tubulaire vertical qui fonctionne également comme un convoyeur pneumatique transportant la matière vers le haut du réacteur. La biomasse introduite (préalablement mélangée avec le sulfolane et l'acide phosphorique) est chauffée très rapidement. En l'absence d'agents oxydants, la biomasse se décompose thermiquement en gaz condensables et non condensables ainsi qu'en biochar. Les additifs catalysent les réactions souhaitées et protègent le LGO formé de sa décomposition thermique.

14.7. Purification du LGO

Une séparation en plusieurs étapes est réalisée pour extraire le LGO du liquide pyrolytique, cette séparation est réalisée par des distillations successives en continu. Au cours de cette étape les impuretés sont éliminés tels que l'eau, des composés légers (furanes – furfural principalement et acide acétique) ainsi que des composés lourds (goudrons et sulfolane).

De l'eau de refroidissement ou de l'eau glacée est utilisée pour le refroidissement des produits.

Toutes les colonnes fonctionnent sous vide.

14.8. Hydrogénation

Le LGO est converti en Cyrène™ par hydrogénation au cours d'une réaction exothermique. Environ 2 lots sont réalisés par jour. Un catalyseur est utilisé en addition à de l'hydrogène entre 4 et 10 barg.

Le réacteur d'hydrogénation, d'un volume d'environ 2,7 m³, est agité pour accélérer la réaction (par homogénéisation).

La réaction d'hydrogénation est refroidie par l'eau de refroidissement (circulant dans des « coils ») pour maintenir une température dans le réacteur de 100 °C maximum.

En cas d'urgence, si le refroidissement ne permet pas de maintenir la température à 100 °C ou moins, le flux d'hydrogène est arrêté et l'agitateur est arrêté. La poursuite du refroidissement, le manque d'hydrogène et l'absence d'agitation permettent d'arrêter la réaction d'hydrogénation.

Les essais dans les installations pilotes ont permis d'obtenir des taux de conversion élevés avec des résultats répétables.

Une fois la réaction d'hydrogénation terminée, le lot est refroidi et tout le contenu du réacteur est pompé vers le système de filtration pour la séparation et le retour du catalyseur solide dans le réacteur.

14.9. Filtration catalytique

Le Cyrène™ contenant le catalyseur non décanté est retiré dans un réservoir tampon. De ce réservoir, le mélange est pompé à travers les éléments filtrants.

Lorsque la limite de pression différentielle du filtre est atteinte, l'alimentation est arrêtée, le Cyrène™ filtré est retiré et le filtre est rincé à l'azote pour déloger le catalyseur. La ligne d'alimentation est rincée avec le lot suivant de LGO.

14.10. Remplacement et régénération du catalyseur

Après un certain nombre de lots, le catalyseur est régénéré ou renvoyé au fournisseur pour être raffiné, c'est-à-dire traité pour être à nouveau utilisé.

Avant renvoi le catalyseur est nettoyé par de l'eau pour éliminer les résidus de Cyrène™.

14.11. Purification et distribution du Cyrène™

Le Cyrène™ est distillé pour être purifié à 99 % de pureté .

Le Cyrène™ récupéré après distillations est refroidi avant vérification de sa qualité. Le Cyrène™ conforme aux spécifications est stocké dans un réservoir inférieur à 50 m³ avant d'être expédié pour commercialisation.

14.12. Récupération du sulfolane

Le sulfolane est recyclé car il est indispensable à la réaction dans le pyrolyseur ; il est ensuite séparé lors de la distillation ; cette récupération de sulfolane permet de réduire la quantité d'appoint de sulfolane pur et a un impact positif sur l'empreinte carbone du procédé. Il est directement réutilisé sans traitement spécifique pour une nouvelle production de LGO.

14.13. Installations annexes

En plus des installations « process », le site de **CIRCA** comporte des bureaux avec laboratoire ainsi qu'un parking.

14.14. Installations de traitement des effluents

Afin de permettre le traitement des effluents gazeux des équipements et produits supplémentaires sont ajoutés sur le site spécifiquement dédiés aux traitements :

- Une SNCR (Réduction Catalytique Non Sélective) pour le traitement des NO_x, cette méthode nécessite l'utilisation d'une base d'ammoniac pour le traitement. Une solution ammoniacale à 25 % est ainsi utilisée pour permettre la SNCR, cette solution est stockée sur le site à raison de 5 m³ ;
- Un évaporateur ainsi qu'un laveur pour le traitement des effluents liquides et des effluents gazeux ;
- Un oxydateur thermique pour le traitement des gaz diffus.

PARTIE 4. IDENTIFICATION, CARACTERISATION DES POTENTIELS DE DANGERS ET REDUCTION DES DANGERS

15. INTRODUCTION

Généralement, les risques liés aux produits et à l'exploitation industrielle sont les suivants :

- ◇ Incendie ;
- ◇ Explosion ;
- ◇ Pollution accidentelle ;
- ◇ Dispersion d'aérosols, vapeurs et fumées toxiques.

Les utilités ainsi que les procédés mis en œuvre sur le site peuvent également être sources de dangers potentiels.

L'identification des potentiels de dangers est la première étape de l'analyse des risques et alimentera l'APR (Analyse Préliminaire des Risques).

Remarque : afin d'être le plus exhaustif possible, nous avons listé les potentiels de dangers liés :

- ◇ Aux produits ;
- ◇ Aux incompatibilités entre produits et matériaux ;
- ◇ Aux procédés ;
- ◇ Aux installations annexes et perte d'utilité.

Un même potentiel de dangers peut donc être identifié dans plusieurs paragraphes.

16. RECENSEMENT DES PRODUITS ET DE LEURS DANGERS

L'exploitation des données sur les produits est une source de renseignements très riche sur la nature des dangers que peut représenter une installation.

On s'appuie pour cette analyse sur la liste des différents produits susceptibles d'être présents dans les installations, sur les Fiches de Données de Sécurité (FDS) de ces produits et sur les tableaux des incompatibilités entre produits et avec les matériaux utilisés sur site. Les FDS sont présentées en annexe D03-A1 de ce dossier.

Les FDS récapitulent les informations de base nécessaires à leur utilisation, sur le plan de la sécurité notamment :

- ◇ Les caractéristiques physiques et chimiques des produits ;
- ◇ Les phrases de risques normalisées, définies en fonction de leurs caractéristiques, ainsi que les phrases de sécurité normalisées correspondantes.

Produit	n° CAS	Pictogrammes	Phrases H	Point éclair (°C)	TAI (°C)	EMI (mJ)	LII (%)	LSI (%)	Quantités stockées	État physique (usuel)	Dangers associés
Matières Premières											
Biomasse	-	-	-	-	-	-	-	-	2600 m ³	Solide	Explosion de poussière / Incendie
Sulfolane	126-33-0		H302 H360	176	-	-	-	-	< 50 m ³	Liquide (Solide en dessous de 27,6 °C)	Intoxication Incendie
Acide Phosphorique	7664-38-2		H290 H314	-	-	-	-	-	< 50 m ³	Liquide	Corrosion
Hydrogène	1333-74-0		H220 H280	-	560	-	4	77	2 * 45 m ³	Gaz	Incendie et/ou explosion
Catalyseur	-	Non classé CLP	H228	-	-	-	-	-	Quelques tonnes	Solide	-
Intermédiaires											
LGO	37112-31-5		H302 H319	117	320	-	-	-	-	Liquide	Incendie
Produits finis											
Cyrène™	53716-82-8		H319	108	296	-	-	-	< 50 m ³	Liquide	Incendie
Sous-produits											
Résidus métalliques	-	-	-	-	-	-	-	-	Benne de 10 m ³	Solide	-
Biochar	7440-44-0		H251 H315 H319 H335	-	>320 (couche) > 490 (nuage)	> 1000	-	-	Sous-produit de réaction	Solide	Explosion de poussière / Incendie

Produit	n° CAS	Pictogrammes	Phrases H	Point éclair (°C)	TAI (°C)	EMI (mJ)	LII (%)	LSI (%)	Quantités stockées	État physique (usuel)	Dangers associés
Acide acétique	64-19-7	 	H226 H314	39 à 43 (coupelle fermée)	463-465	-	4	19,9	Sous-produit de réaction	Liquide	Incendie et/ou explosion
Furfural	98-01-1	  	H224 H302 + H332 H315 H341 H350 H373 H412	- 36 (coupelle fermée)	-	-	2,3	14,3	Sous-produit de réaction	Gaz	Incendie et/ou explosion Intoxication
Formaldéhyde	50-00-0	  	H302 H311 + H331 H314 H317 H335 H341 H350	66	> 300	-	7	73	Sous-produit de réaction	Gaz	Intoxication
2-met Ph	90-05-1		H302 H315 H319	205	375	-	-	-	Sous-produit de réaction	Solide	Incendie
5-met Ph	620-02-0	Non classé CLP	-	72	-	-	-	-	Sous-produit de réaction	Liquide	Incendie
Acide formique	64-18-6	  	H226 H302 H314 H331	49,5	528	-	18	38	Sous-produit de réaction	Liquide	Incendie et/ou explosion Intoxication
Méthanol	67-56-1	  	H225 H301 H331 H311 H370	9,7	455	-	5,5	44	Sous-produit de réaction	Liquide	Incendie et/ou explosion Intoxication

Produit	n° CAS	Pictogrammes	Phrases H	Point éclair (°C)	TAI (°C)	EMI (mJ)	LII (%)	LSI (%)	Quantités stockées	État physique (usuel)	Dangers associés
Goudrons	-	-	-	-	-	-	-	-	Sous-produit de réaction	Liquide	Incendie Intoxication
Eaux résiduelles procédé	Eaux polluées considérées comme dangereuses du fait des sous-produits de réaction								40 m ³	Liquide	Incendie et/ou explosion Intoxication
Cendres/Poussières	Considérées comme dangereuses du fait de leur granulométrie								2*40 tonnes	Solide	Incendie et/ou explosion
Résidus de filtration	Résidus considérés comme dangereux du fait de la présence de sous-produits de réaction								2 m ³	Solide/Liquide	Incendie Intoxication
Rejets gazeux	Les rejets gazeux ne contiennent plus de produits dangereux uniquement des polluants atmosphériques classiques								Sous-produit de réaction	Gaz	-
Produits annexes											
Additifs minéraux inertes	Produits inertes non classés selon la réglementation CLP (Calcaire et MgO)								100 tonnes	Solide	-
Sable	Produit inerte non classés selon la réglementation CLP								30 tonnes	Solide	-
Solution ammoniacale (24,5 %)	1336-21-6		H314 H335 H412	Non applicable	-	-	-	-	2 m ³	Liquide	Intoxication
Gaz naturel	68410-63-9		H220 H280	- 188	600	-	5	15	-	Gazeux	Incendie et/ou explosion
Fioul domestique	Mélange		H226 H304 H315 H332 H351 H373 H411	> 55	> 250	-	0,5	5	20 m ³	Liquide	Incendie

Produit	n° CAS	Pictogrammes	Phrases H	Point éclair (°C)	TAI (°C)	EMI (mJ)	LII (%)	LSI (%)	Quantités stockées	État physique (usuel)	Dangers associés
Propane ¹	74-98-6		H220 H280	- 104	-	-	2,1	9,5	2 * 50L	Gaz	Explosion
Azote	7727-37-9		H280	-	-	-	-	-	15 m ³	Gaz	Éclatement
Propylène glycol	57-55-6	Non classé CLP	-	103	-	-	2,6	12,5	1 m ³	Liquide	-
Soude (30 %)	1310-73-2		H290 H314	Non applicable	-	-	-	-	1 m ³	Liquide	Intoxication
Fluide frigorigène	Produits non définis précisément mais présents à faibles quantités et potentiellement inflammables*								< 300 kg	Gaz	Incendie/Explosion
Huiles et graisses	Produits non définis précisément mais présents à faibles quantités et potentiellement combustibles								Quelques m ³	Liquide	Incendie
Produits d'entretien	Produits non définis précisément mais présents à faibles quantités et potentiellement inflammables								Quelques m ³	Liquide	Incendie
Produits de laboratoires	Produits non définis précisément mais présents à faibles quantités et potentiellement inflammables								Quelques m ³	Liquide	Incendie

Tableau 4 – Synthèse des propriétés des produits

TAI : Température d'auto-inflammation

EMI : Energie minimale d'activation

LII : Limite Inférieure d'inflammation

LSI : Limite Supérieure d'Inflammation

* Le fluide frigorigène n'est pas connu à ce jour cependant des spécifications sur la nature de ce fluide sont réalisées par **CIRCA** afin que ce dernier ne soit pas dans les fluides interdits d'ici à 2030.

¹ L'utilisation de propane a été retirée en cours de projet pour changer le système d'allumage au propane par un allumage électrique.

N°	Produits	État physique usuel	Dangers associés
1	Biomasse	Solide	Explosion de poussière / Incendie
2	Sulfolane	Liquide (Solide en dessous de 26 °C)	Intoxication
3	Acide Phosphorique	Liquide	Corrosion
4	Hydrogène	Gaz sous pression	Incendie et/ou explosion
5	Catalyseur	Solide	-
6	LGO	Liquide	-
7	Cyrène™	Liquide	-
8	Résidus métalliques	Solide	-
9	Biochar	Solide	Explosion de poussière / Incendie
10	Acide acétique	Liquide	Incendie et/ou explosion
11	Furfural	Gaz	Incendie et/ou explosion Intoxication
12	Formaldéhyde	Gaz	Intoxication
13	2-met Ph	Solide	Irritant
14	5-met Ph	Liquide	-
15	Acide formique	Liquide	Incendie et/ou explosion Intoxication
16	Méthanol	Liquide	Incendie et/ou explosion Intoxication
17	Goudron	Liquide	Incendie
18	Eaux résiduelles procédé	Liquide	Incendie et/ou explosion Intoxication
19	Cendres/poussières	Solide	Incendie et/ou explosion
20	Résidus de filtration	Solide/Liquide	Incendie Intoxication
21	Rejets gazeux	Gaz	-
22	Additifs minéraux inertes	Solide	-
23	Sable	Solide	-
24	Solution ammoniacale	Liquide	Intoxication
25	Gaz naturel	Gazeux	Incendie et/ou explosion
26	Fioul domestique	Liquide	Incendie
27	Azote	Gaz	Éclatement
28	Propylène glycol	Liquide	-
29	Soude	Liquide	Intoxication

N°	Produits	État physique usuel	Dangers associés
30	Gaz de refroidissement	Gaz	Incendie et/ou explosion
31	Huiles et graisses	Liquide	Incendie
32	Produits d'entretien	Liquide	Incendie
33	Produits de laboratoires	Liquide	Incendie

Tableau 5 – Dangers associés aux produits recensés

Nota : Les produits tels que le CyrèneTM et le LGO sont récents et toutes les études de dangerosité et toxicité n'ont pas encore pu être menées à ce jour.

Les potentiels de dangers liés aux produits sont :

- ◇ L'incendie et/ou l'explosion pour les poussières de bois, l'hydrogène, le gaz naturel et les sous-produits de réaction ;
- ◇ Des risques toxiques pour les produits organiques notamment ;
- ◇ Des risques d'explosion/éclatement pour les gaz sous pression.

17. IDENTIFICATIONS DES INCOMPATIBILITES

17.1. Incompatibilités entre produits

Le danger associé aux mélanges incompatibles vient essentiellement de réactions entre acides et bases ou avec l'eau, ces réactions pouvant être exothermiques voire violentes engendrant des risques de brûlures pour les opérateurs en cas d'erreur de manipulation, et dégageant des gaz toxiques.

Les conditions de stockages des produits chimiques intervenant dans le site ainsi que les procédures de dépotage permettront de conclure que les risques de mélanges incompatibles peuvent être considérés comme faibles.

Des règles de stockage visent à isoler les produits dangereux incompatibles. L'analyse des Fiches de Données de Sécurité nous indique les incompatibilités entre produits chimiques.

Il est d'usage d'utiliser la grille ci-dessous pour informer le personnel du risque et éviter que certains produits incompatibles soient stockés à proximité les uns des autres.

									
	●	×	×	×	×	×	×	+	×
	×	+	×	×	×	×	×	+	×
	×	×	+	●	×	×	×	×	×
	×	×	●	+	●	×	×	×	×
	×	×	×	●	●	●	●	●	●
	×	×	×	×	●	+	+	+	+
	×	×	×	×	●	+	+	+	+
	+	+	×	×	●	+	+	+	+
	×	×	×	×	●	+	+	+	+

Tableau 6 – Synthèse des incompatibilités (Source : INRS)

+ : stockage compatible

X : stockage incompatible

O : stockage compatible sous certaines conditions

Les produits stockés sur le site de **CIRCA** sont disposés sur le site dans des réservoirs individuels dédiés. Les compatibilités entre produits sont prises en considération dans la disposition des stockages au sein du site.

Ainsi, en tenant compte des distances d'éloignements des produits stockés et de la disposition des rétentions pour éviter les mélanges incompatibles en cas de fuite. Les stockages du projet **ReSolute** sont répartis de la manière suivante :

- Stockage indépendant de biomasse ;
- Stockage indépendant de fioul domestique ;
- Stockage indépendant de sulfolane ;
- Stockage indépendant d'acide phosphorique ;
- Stockage indépendant de Cyrène™ ;
- Stockage indépendant d'hydrogène ;
- Stockage indépendant de catalyseur ;
- Stockages regroupés au niveau du procédé Valmet de cendres et additifs minéraux ;
- Stockage indépendant de solution ammoniacale ;
- Stockage tampon indépendant d'azote ;
- Stockage indépendant d'eaux résiduelles procédé.

Le LGO est un intermédiaire de réaction non isolé sur le site ainsi aucun stockage permanent du produit n'est identifié.

Les additifs minéraux n'ayant pas de classement CLP le stockage de ceux-ci est compatibles avec n'importe quel autre produit.

Aucune problématique d'incompatibilité entre produits n'est identifié sur le site compte-tenu de sa disposition.

Ces stockages sont récapitulés dans la cartographie suivante. Les stockages de déchets présentés dans l'étude d'impact ont aussi été ajoutés à la cartographie :

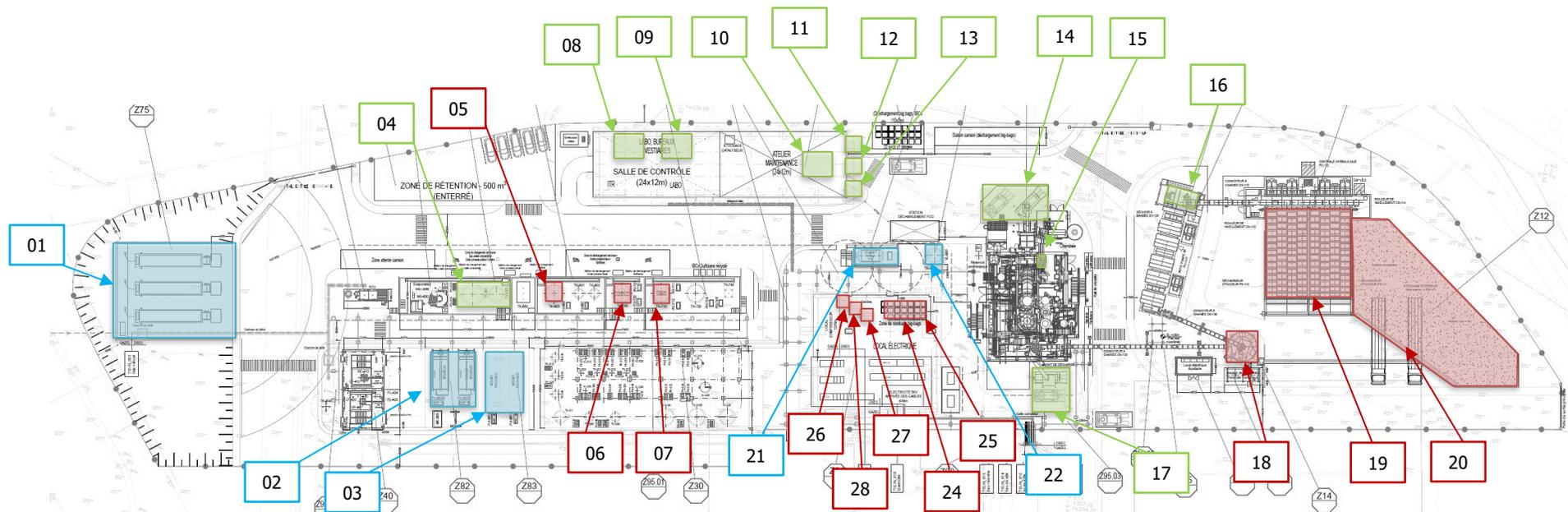


Figure 10 – Emplacement des zones de stockages du site

- Produit
- Utilité
- Déchet

Légende :

N°	Produit	Type stockage	Quantité stockée	Catégorie	N°	Produit	Type stockage	Quantité stockée	Catégorie
01	Hydrogène	Trailer	90 m ³	Utilité	16	Résidus métalliques	Réservoir	20 t	Déchet
02	Eau refroidissement	Circuit	10 m ³	Utilité	17	Cendres denses	Trémie	40 t	Déchet
03	Eau glacée	Circuit	10 m ³	Utilité	18	Biomasse	Silo	100 m ³	Déchet
04	Eau usée process	Cuves	40 m ³	Déchet	19	Biomasse	Vrac couvert	1000 m ³	Produit
05	Cyrène™	Cuve	< 50 m ³	Produit	20	Biomasse	Vrac ouvert	1600 m ³	Produit
06	Acide phosphorique	Cuve	< 50 m ³	Produit	21	FOD	Cuve	20 m ³	Utilité
07	Sulfolane	Cuve	< 50 m ³	Produit	22	Azote	Trailer	15 m ³	Utilité
08	Solvant non halogéné	IBC	5 t	Déchet	23	Catalyseur	Tambour	2 t	Produit
09	Produits de laboratoires	IBC	900 kg	Déchet	24	Additifs minéraux	Big bags	100 t	Utilité
10	Huiles et graisses	IBC	800 kg	Déchet	25	Sable	Big bags	30 t	Utilité
11	Futs vides	Benne	6 t	Déchet	26	Solution NH3	IBC	2 m ³	Utilité
12	Filtres souillés	Benne	20 m ³	Déchet	27	Propylène glycol	IBC	1 m ³	Utilité
13	DEEE	Benne	12 m ³	Déchet	28	Soude	IBC	1 m ³	Utilité
14	Cendres volantes	Trémie	40 t	Déchet	-	Fluide frigorigène (Intégré dans le 02)	Circuit	< 300 kg	Utilité
15	Résidus filtration	IBC	2 m ³	Déchet					

Tableau 7 – Emplacements stockages

17.2. Incompatibilités entre produits/matériaux

Les compatibilités avec les matériaux sont indiquées ci-dessous.

17.2.1. Acide phosphorique

L'acide phosphorique est corrosif et ne doit pas être stocké dans des récipients en métal ou métaux légers et peut former des gaz ou des vapeurs inflammables ou de l'hydrogène avec certains métaux ou alliages de métaux (aluminium, composés du fer/contenant du fer, acier doux)

17.2.2. Hydrogène

L'hydrogène est un réducteur très puissant qui a une grande affinité pour l'oxygène et tous les oxydants.

L'hydrogène n'est pas corrosif, mais il est cependant incompatible avec certains métaux qu'il fragilise en particulier les aciers ferritiques. En présence de métaux alcalins ou alcalino-terreux, il forme des hydrures.

17.2.3. Acide formique

Conserver le récipient hermétiquement fermé dans un endroit sec et bien ventilé. Tenir à l'écart de la chaleur et des sources d'ignition. Conserver sous clé ou dans un endroit accessible uniquement aux personnes qualifiées ou autorisées.

Ventiler périodiquement. Manipuler et ouvrir le récipient avec précaution. Hygroscopique. Réfrigérer avant l'ouverture.

17.2.4. Conclusion

Les dispositions nécessaires sont mises en place sur le site de **CIRCA** pour prévenir des incompatibilités entre produits et matériaux, notamment pour l'acide phosphorique stocké dans des réservoirs dédiés et résistants à la corrosion.

18. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX ACTIVITES

18.1. Réception de la matière première

La réception de matières premières se fait par camions déposant la biomasse sur le site en extérieur sous un auvent ou dans le stockage secondaire en cas de surplus.

Les particules métalliques sont retirées en amont du stockage pour limiter la présence de sources d'ignitions.

Le danger principal associé à cette étape est l'incendie et/ou l'explosion des stockages de biomasse.

18.2. Manipulation de la biomasse

Une inflammation des poussières de bois en peut avoir lieu ; le cas échéant entraînant un risque d'explosion et/ou d'incendie lors du transport sur les convoyeurs.

18.3. Séchage de la biomasse

Le séchage des particules est réalisé sur un sécheur. Une inflammation des poussières de bois en peut avoir lieu le cas échéant entraînant un risque d'explosion et/ou d'incendie.

18.4. Distribution de la biomasse sèche

Pour la phase d'alimentation du procédé en biomasse, les poussières de bois transitent par deux silos pour permettre l'alimentation de la chaudière ou du pyrolyseur. Ces silos sont purgés à l'azote mais en cas de perte de purge une atmosphère ATEX peut être présente dans un des silos.

Une explosion de silo peut avoir lieu durant la phase d'alimentation.

18.5. Dosage chimique et entreposage des produits chimiques

Les poussières de bois vont être mélangées à une solution préchauffée de sulfolane et d'acide phosphorique. Le risque lié aux poussières de bois est toujours présent. Les produits chimiques utilisés quant à eux ne présentent pas de risques majeurs, il convient néanmoins d'employer des matériaux adéquats pour limiter la corrosion liée à l'acide phosphorique pour le procédé et pour le stockage en capacités tampons.

18.6. Chaudière-pyrolyseur LFC

Au cours de cette étape, le mélange constitué de poussières de bois, sulfolane et acide phosphorique va être pyrolysé. La pyrolyse est réalisée avec du sable comme media chauffant, le sable étant chauffé dans le réacteur. La vapeur résultante va alors être désactivée pour ainsi obtenir un liquide appelé liquide pyrolytique. Du biochar, sous-produit de réaction, va aussi être obtenu au cours de cette étape qui est éliminé avec le sable à l'aide d'un cyclone puis réutilisé au sein du réacteur pour son pouvoir calorifique.

Parmi les potentiels de dangers associés à cette étape, il est possible d'identifier :

- Le risque d'explosion au sein de la chambre de combustion ;
- Le risque de formation d'une ATEX de poussières de biochar au niveau du cyclone ou du filtre ;
- Le risque de corrosion dû à la présence d'acide organique (acide phosphorique) ;
- Le risque d'érosion produite par le sable.

18.7. Purification du LGO

Une succession de distillation permet la purification du LGO. Ces distillations permettent la séparation de l'eau, des furanes, de l'acide acétique, des goudrons et du sulfolane.

Les sous-produits de réaction à savoir l'acide acétique et les furanes sont classés tous les deux de liquides et vapeurs inflammables et peuvent présenter un risque de départ d'incendie et/ou un risque d'explosion en cas d'inflammation d'un nuage. De plus les furanes ont un caractère toxique par inhalation et/ou par ingestion.

Le goudron présente aussi un potentiel de danger important en cas d'inflammation avec le démarrage d'un incendie.

La pression au sein de la colonne durant ces distillations est comprise entre 10 et 50 mbar (abs) et la température entre 0 et 200 °C. Dans ces conditions les produits présents peuvent s'enflammer en cas de source d'ignition.

De la vapeur, de l'eau de refroidissement et de l'eau glycolée sont utilisées pour chauffer ou refroidir les colonnes de distillation au besoin à des températures et pressions non susceptibles d'avoir des impacts majeurs sur le procédé et ne présentant pas de potentiel de danger. La vapeur haute pression étant délivrée à 18 barg et 215 °C.

Les installations sont de plus conçues pour limiter les effets de cavitation et d'encrassement des bouilleurs et des condenseurs et les colonnes sont dimensionnées pour résister aux phénomènes de corrosion.

18.8. Hydrogénation

L'hydrogénation du LGO en Cyrène™ est réalisée en présence d'un catalyseur au cours d'une réaction exothermique sous agitation.

L'hydrogène utilisé présente une volatilité importante avec une zone d'inflammabilité très grande (4 à 77 %), le risque de formation d'une zone ATEX est présent à proximité du réacteur.

La réaction d'hydrogénation étant exothermique, un emballement de la réaction est possible. La présence d'hydrogène au sein du réacteur peut aussi conduire à une explosion en cas d'entrée d'air dans l'hydrogénateur.

Le catalyseur quant à lui n'est pas pyrophorique ni sensible à l'oxygène.

18.9. Filtration catalytique

Un filtre à bougie est placé en sortie de réaction d'hydrogénation pour récupérer le catalyseur pour être réutilisé pour un autre lot de LGO à hydrogéner.

Le Cyrène™ une fois obtenu ne présente pas de potentiels de dangers intrinsèques à ses propriétés.

18.10. Remplacement et régénération du catalyseur

Le catalyseur est régénéré après 25 lots en moyenne, avant expédition le catalyseur est rincé à l'eau pour récupérer du Cyrène™ afin d'être envoyé pour raffinage auprès d'une société extérieure.

Aucun potentiel de dangers n'est identifié à cette étape.

18.11. Purification du Cyrène™

Le Cyrène™ une fois obtenu après filtration du catalyseur est distillé pour être purifié et éliminé, les composés légers récupérés sont essentiellement de l'eau et de l'acide acétique.

Les produits présents dans les colonnes ne possèdent pas de nouveaux potentiels de dangers par rapport à ceux identifiés lors des premières distillations.

Les conditions de fonctionnement de la distillation ne représentent pas un potentiel de dangers (température entre 1 et 50 °C et pression comprise entre 10 et 60 mbar(abs)).

La vapeur utilisée comme utilité ne représente pas non plus un potentiel de dangers.

18.12. Conditionnement du produit

Une fois purifié le Cyrène™ est stocké dans un réservoir. En cas de débordement des risques d'incendie peuvent se présenter.

18.13. Récupération du sulfolane

Le sulfolane usé est réutilisé au sein du procédé directement avec uniquement une étape de stockage intermédiaire. En cas de débordement des risques d'incendie peuvent se présenter.

18.14. Installation de traitement des effluents

Ces installations s'accompagnent de l'utilisation de produits chimiques présentent des risques spécifiques aux produits utilisés.

Les gaz collectés au sein des distillations ne pouvant être rejetés directement à l'atmosphère du fait de leur toxicité sont traités avant rejet à l'atmosphère par une oxydation thermique (TO).

Le procédé utilise une réaction de décomposition thermique (« cracking ») des molécules de solvant à plus de 750°C sans flamme. La décomposition est exothermique mais l'élévation de température étant proportionnelle à la concentration dans le flux de gaz ; il n'y a pas de risque d'emballement réactionnel, l'arrêt de l'introduction de solvants stoppant immédiatement la réaction et l'élévation de température.

Concernant le brûleur gaz naturel, il s'agit d'une combustion classique sans risque d'emballement. La coupure d'alimentation en gaz permet de stopper immédiatement la combustion.

Il existe un potentiel de risque d'**explosion** de la chambre de combustion ou suite à une fuite de gaz ou lors des phases transitoires.

La solution ammoniacale quant à elle, en cas de fuite, peu présenter des risques pollution locales et des risques toxiques à proximité (solution liquide).

19. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PERTES D'UTILITES ET INSTALLATIONS ANNEXES

19.1. Perte de l'eau industrielle

L'eau industrielle est essentielle pour la production de diverses utilités telles que l'eau de refroidissement ou l'eau glycolée qui permettent de refroidir les produits pour le procédé (distillations notamment).

Cet événement est retenu comme événement initiateur dans l'analyse préliminaire des risques.

19.2. Perte de la vapeur / condensats

La vapeur et les condensats sont utilisés pour maintenir une certaine température dans l'installation pour limiter les phénomènes de condensation ou de figeage des produits.

Cet événement est retenu comme événement initiateur dans l'analyse préliminaire des risques.

19.3. Perte de l'azote et de l'air instrument

L'azote est nécessaire à la purge d'équipement et au bon fonctionnement des équipements. De l'air instrument est nécessaire pour l'air des moulins et des instruments.

Cet événement est retenu comme événement initiateur dans l'analyse préliminaire des risques.

19.4. Perte de l'hydrogène

L'hydrogène est nécessaire pour l'hydrogénation, la perte de l'hydrogène entraîne des conséquences sur la production mais ne présente pas de risque industriel.

19.5. Perte du fioul domestique

Le fioul domestique est nécessaire pour le démarrage du réacteur/pyrolyseur, la perte du fioul entraîne des conséquences sur la production mais ne présente pas de risque industriel.

19.6. Perte du gaz naturel

Le gaz naturel est utilisé pour le fonctionnement de l'oxydateur thermique. En cas de défaillance sur le réseau de gaz naturel, il y a fermeture des vannes de gaz du TO et arrêt du TO sans avoir de risque industriel.

19.7. Perte du sable

Le sable est utilisé comme média chauffant pour la pyrolyse. La perte du sable entraîne un arrêt de la production mais aucun risque industriel. De plus le sable présent sur le site peut être utilisé plusieurs fois, une perte totale du sable n'est pas envisagée.

19.8. Perte d'électricité

Une perte d'électricité (indisponibilité, rupture alimentation, etc.) entraînerait l'arrêt de l'ensemble des équipements électriques.

Cet événement est retenu comme événement initiateur dans l'analyse préliminaire des risques.

Les transformateurs du site sont placés en dehors des installations à risque d'incendie.

20. IDENTIFICATION DES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PHASES DE TRAVAUX OU DE MAINTENANCE

Les travaux effectués sur les installations constituent, selon les retours d'expériences, des phases opératoires à risque élevé dans le milieu industriel. Ils sont l'une des principales causes d'incidents et accidents de type incendie et explosion dans l'industrie.

Les mesures de sécurité suivantes sont en place : il est interdit de fumer sur l'ensemble du site à l'exception de quelques points situés à l'extérieur réservés aux fumeurs. Les espaces verts et les haies sont régulièrement entretenus.

Les camions stationnent sur des aires spécifiques. Les voies de circulation des piétons et des véhicules sont séparées et matérialisées par des marquages au sol.

Des permis de feu sont délivrés pour tout travaux présentant des risques ATEX ou d'inflammation.

Les entreprises extérieures au site réalisant des travaux sont soumises à un plan de prévention et sont suivies par des interlocuteurs **CIRCA**.

21. SYNTHÈSE DES POTENTIELS DE DANGERS

Les potentiels de dangers recensés au droit des installations sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

Étape du procédé	Potentiel de dangers
Réception des matières premières	Présence de poussières de bois de faible granulométrie => Risque d'explosion de poussières et/ou d'incendie
Manipulation de la biomasse	
Dosage chimique et entreposage des produits chimiques	Présence d'acide phosphorique et de sulfolane => Risque de fuites de produits chimiques
Chaudière-Pyrolyseur LFC	Utilisation de fioul domestique => Risque d'explosion et/ou d'incendie Présence de poussières de bois ou biochar pour être pyrolysées => Risque d'explosion de poussières et/ou d'incendie Présence de produits toxiques issus de la réaction (LGO) => Risque d'intoxication
Purification du LGO	Présence de goudron inflammable => Risque d'incendie Présence d'acide acétique et de furanes donnant des vapeurs inflammables => Risque d'incendie et/ou explosion Présence de furanes dont les vapeurs sont toxiques => Risque d'intoxication
Hydrogénation	Utilisation d'hydrogène => Risque d'explosion et/ou d'incendie
Filtration catalytique	Pas de nouveaux risques identifiés
Remplacement et régénération du catalyseur	
Purification du Cyrène™	Produits comburants => Risque d'incendie
Conditionnement du produit	
Récupération du sulfolane	Produits comburants => Risque d'incendie
Traitement des effluents	Présence de produits liquides nocifs Utilisation de gaz naturel => Risque d'explosion et/ou incendie

Tableau 8 – Synthèse des potentiels de dangers

Les potentiels de dangers sont synthétisés dans la cartographie ci-dessous par types de dangers

22. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS

Ce paragraphe a pour but de démontrer que toutes les mesures (techniquement et économiquement acceptables) ont été prises pour réduire à la source les potentiels de dangers identifiés dans les paragraphes précédents.

La démarche adoptée pour cette étude de réduction des potentiels de dangers à la source est celle dite de la sécurité inhérente, s'attachant aux quatre principes suivants :

- ◇ **Principe de minimisation** : Réduire au minimum les inventaires de produits dangereux ;
- ◇ **Principe de substitution** : Substituer, si possible, les produits dangereux par des produits moins dangereux, dans la limite de l'économiquement et technologiquement acceptable (en termes de coût de mise en œuvre et de rendement des opérations) ;
- ◇ **Principe de modération** : Mettre en œuvre des conditions opératoires les plus modérées possibles afin de réduire les possibilités de dérive ;
- ◇ **Principe de simplification** : Mettre en œuvre un procédé le plus simple et ergonomique possible, éviter les équipements superflus et procédures trop complexes, de manière à éviter l'occurrence de structures trop complexes et susceptibles d'être mal utilisées.

Les dispositions générales adoptées en conséquence sont résumées dans les paragraphes ci-après.

22.1. Minimisation des quantités de produit

Les quantités stockées sont ajustées pour garantir une réalisation optimale de la production en continu de Cyrène™ et permettent une autonomie de quelques jours.

Une maximisation de la réutilisation des produits au sein du site a été réalisée permettant de limiter fortement les stockages intermédiaires.

22.2. Substitution des produits dangereux mis en œuvre

Les produits présents sur le site sont essentiels pour la production de Cyrène™ et ne présentent que peu de dangerosité intrinsèque.

Les produits les plus dangereux sont en faibles quantités et sont pour la plupart des sous-produits de réaction. De nombreux tests ont été réalisés pour maximiser les rendements de réaction et ainsi minimiser les quantités de produits dangereux obtenus.

Ces produits ne peuvent pas être substitués.

22.3. Mesures de réduction des sources de toxicité

Les sources de toxicités sont fortement réduites par rapport à des solvants ayant des propriétés équivalents (NMP ou DMF), les produits ayant des caractéristiques toxiques au sein du procédé sont des sous-produits ou des intermédiaires de réaction nécessaire à la fabrication de Cyrène™ et qui sont traités au sein de l'installation.

Le produit fini constitue une mesure de réduction à la source de la toxicité des produits qui correspond au fondement de l'économie que projette de développer **CIRCA**.

22.4. Mesures de réduction des sources d'explosion

Les sources d'explosion proviennent du stockage des poussières de bois et à l'utilisation d'hydrogène.

L'hydrogène stocké sur le site permet une autonomie d'une à deux semaines et est réalisé à l'aide de bouteilles de 2,4 m³ plutôt qu'un réservoir fixe pour limiter les effets de surpression d'une explosion.

Le stockage de la biomasse est réalisé en silo ouvert permettant de limiter les effets de surpression en cas d'explosion d'un nuage de poussières.

Une étude ATEX du site est réalisée afin de mettre en avant les risques d'explosion sur le site et de prendre toutes les mesures nécessaires pour limiter les explosions sur le site (analyse de risque, classement en zone, adéquation du matériel, formation du personnel...).

Des revues HAZOP sur les procédés du site permettent aussi de mettre en avant les risques d'explosion et d'identifier les mesures adéquates pour prévenir des risques d'explosion.

Les sources d'explosion ne peuvent pas être davantage réduites.

22.5. Simplification du procédé

Le procédé est continuellement étudié pour être simplifié au maximum, le procédé tel que présenté ici est le plus simple développé à ce stade de la recherche sur le sujet.

Une grande avancée par rapport aux premiers procédés développés par **CIRCA** est la réutilisation d'un grand nombre de flux secondaires du site par une valorisation énergétique dans le pyrolyseur, permettant la simplification du procédé (suppression de stockages intermédiaires, d'étapes de purification).

22.6. Bilan

CIRCA par sa recherche et le développement de son procédé a identifié de multiples sources de réduction des potentiels de dangers par rapport aux premiers design de l'installation ou par rapport à l'installation pilote en Tasmanie notamment :

- Diminution des quantités stockés sur le site ;
- Optimisation des paramètres procédé et donc du rendement de la réaction ;
- Réutilisation des flux secondaires.

PARTIE 5. ANALYSE DE L'ACCIDENTOLOGIE

23. INTRODUCTION

Dans le but d'évaluer les phénomènes accidentels, les causes et les conséquences des accidents/incidents, une accidentologie est réalisée pour des activités comparables à celles de la **nouvelle installation de CIRCA**.

Cette installation est la première à échelle industrielle de production de Cyrène™, le retour d'expérience disponible par CIRCA ne concerne que des installations pilotes.

On s'intéresse ici aussi à tous les grands types d'accidents pouvant potentiellement affecter des installations du site.

Dans le cadre de cette démarche, sont regardés :

- ◇ Des accidents répertoriés dans la base de données ARIA du Bureau d'Analyse des Risques et des Pollutions Industrielles (BARPI) ;

24. ACCIDENTOLOGIE EXTERNE LIEE AUX PRODUITS UTILISES

Des recherches sur le BARPI ont été menées sur les produits en utilisant les mots-clés suivant :

- ◇ Acide phosphorique ;
- ◇ Biochar ;
- ◇ Goudron ;
- ◇ Cyrène™ ;
- ◇ Levoglucosenone ou LGO ;
- ◇ Sulfolane ;
- ◇ Poussières de bois.

Les produits spécifiques au procédé mis en œuvre par **CIRCA** à savoir le Cyrène™, le LGO et le sulfolane n'ont donné aucun résultat sur le site du BARPI.

24.1. Acide phosphorique

Les principaux accidents recensés sur le BARPI liés à la présence ou à la formation d'acide phosphorique relève de son caractère corrosif qui a entraîné des ruptures d'équipements notamment de fûts :

- BARPI 49846 : Fuite de phosphore blanc avec inflammation :

« Cette corrosion (corrosion du fut impliqué dans l'incendie) en points successifs serait liée à une réaction entre l'air et le phosphore : l'acide phosphorique produit aurait attaqué le revêtement intérieur du fût ».

24.2. Biochar

Les résultats obtenus sur le BARPI regroupent notamment des explosions ou incendie dans des centrales fonctionnant au charbon :

- BARPI 48444 : Explosion dans une centrale à charbon ;
- BARPI 51531 : Incendie dans une cimenterie.

« Un feu se déclare dans un silo de stockage de charbon dans une cimenterie. »

24.3. Goudron

Le goudron produit lors du procédé utilisé par **CIRCA** est destiné à être valoriser en production d'énergie, les résultats retenus dans la recherche sur le BARPI sont donc axés dans ce sens d'utilisation du goudron produit :

- BARPI 41610 : Feu sur un brûleur d'une chaudière à vapeur d'une usine sidérurgique ;
« Le percement du flexible sur le brûleur n° 3 a provoqué un écoulement de goudron non-atomisé qui s'est enflammé au contact du casing chaud du brûleur inférieur. »
- BARPI 11424 : Feu d'une colonne d'extraction ;
« Des égouttures se sont enflammées sur une épingle de vapeur (une / plateau) utilisée pour réchauffer les produits. Alimenté par du goudron non nettoyé au pied de la colonne, les flammes se sont propagées verticalement sur les chemins de câbles. »
- BARPI 46103 : Feu de cheminée dans une sidérurgique.
« L'accident serait dû à l'auto-inflammation des goudrons qui s'accumulent au niveau de la hotte supérieure d'extraction des fumées provenant des étuves de laquage. L'incendie s'est propagé dans les gaines, au ventilateur puis à la cheminée de 15 m de haut. L'accumulation des goudrons inflammables est due à la condensation des vapeurs de solvants sur des surfaces froides. »

24.4. Poussières de bois

Le BARPI recense de nombreux accidents liés aux poussières de bois notamment lorsqu'elles sont stockées en silo. Les conséquences majeures de ces accidents sont l'incendie et l'explosion :

- BARPI 28990
« Dans une fabrique de panneaux de bois, une explosion se produit à 2h58 dans un raffineur de copeaux secs dans le secteur de préparation et de tri des copeaux. [...] L'explosion du raffineur génère un effet de souffle qui éventre le cyclofiltre pourtant protégé par des événements et se propage dans les silos également équipés d'évents. Elle provoque aussi un incendie qui se propage aux installations communicantes : readlers, aspirations, trieurs, silo du raffineur (28 m³), silos A et B (alors remplis au 1/3). »
- BARPI 29011 : Explosion dans un silo de copeaux
« Une explosion suivie d'un incendie se produit à l'intérieur du silo de copeaux secs « intérieur ». Les événements du silo s'ouvrent limitant ainsi les effets de l'onde de choc. »
- BARPI 53318 : Explosion d'un tambour de séchage dans une usine d'aliments pour animaux
« À 7h15, une explosion se produit dans un tambour de séchage d'une usine de fabrication d'aliments pour animaux de ferme. La ligne de séchage était en cours de démarrage.
Une poche de poussières présente dans le tambour serait à l'origine de l'accident. Celle-ci pourrait provenir de la re-granulation de bois réalisée au cours des 2 dernières semaines sur un circuit parallèle à la ligne de séchage. »

24.5. Conclusion

Les risques principaux relatifs aux produits sont des risques d'incendie ou d'explosion.
Du fait du caractère innovant de l'installation de **CIRCA**, les produits spécifiques au procédé du projet **ReSolute** ne présentent pas de retour d'expérience sur le site du BARPI.

25. ACCIDENTOLOGIE EXTERNE LIEE AUX INSTALLATIONS

Des recherches sur le BARPI ont été menées sur les installations similaires à celle prévues pour le procédé de **CIRCA** en utilisant les mots-clés suivants :

- ◇ Hydrogénation ;
- ◇ Distillation ;
- ◇ Tours aéro-réfrigérées ;
- ◇ Silos de bois ;
- ◇ Brûleurs.

Les résultats obtenus concernant les opérations de distillations sont liés aux caractéristiques intrinsèques des produits distillés et ne concernent pas l'installation de distillation en elle-même.

25.1. Hydrogénation

Les accidents associés à des opérations d'hydrogénation relèvent de l'utilisation de l'hydrogène qui engendre une explosion et/ou un incendie. La réaction d'hydrogénation pouvant être exothermique, des montées en pression du réacteur sont aussi observées.

- BARPI 38732 : Incendie sur une fuite d'hydrogène dans l'unité d'hydrogénation du cyclododécadiène (CDA)
« Un feu se déclare peu avant 17h au rez-de-chaussée de l'unité d'hydrogénation du cyclododécadiène (CDA)»
- BARPI 52794 : Explosion dans un réacteur d'hydrogénation dans une usine chimique
« Vers 14h25, dans une usine de fabrication de produits chimiques pour les industries pharmaceutiques et cosmétiques, une explosion se produit lors de l'ouverture d'un réacteur d'hydrogénation. »
- BARPI 47182 : Éclatement du disque de rupture d'un réacteur chimique
« Dans une usine chimique, le disque de rupture d'un réacteur éclate à 11h35 lors d'une opération d'hydrogénation sous pression. »

25.2. Tours aérorefrigérantes (TAR)

Dans le cadre de l'étude les tours aérorefrigérantes permettent le refroidissement de l'eau pour être utilisé comme utilité. Dans des installations similaires, le risque principal associé à ces TAR est un risque toxique de légionellose.

- BARPI 46297 : Épisode de cas groupé de légionellose provenant d'une tour aérorefrigérante industrielle
« Un épisode de cas groupés de légionellose est identifiée le 07/11/2014, dans la banlieue de Lisbonne. Le premier cas a lieu le 14/10 et le nombre de patients infectés augmente jusqu'à un pic le 06/11. [...] La comparaison entre les souches cliniques et les souches environnementales conduit à incriminer, comme origine de la contamination, une tour aérorefrigérantes exploitée sur un site de production d'engrais minéraux et azotés. »
- BARPI 47078 : Dépassement du seuil de concentration en légionelles dans une TAR
« Dans une entreprise fabriquant des plaques de stratifiés (feuilles de papier kraft imprégnées de résine, superposées sous haute pression), la concentration en légionelles d'une des tours aérorefrigérantes (TAR) dépasse 100 000 UFC/l. »

25.3. Silos de bois

Le risque associé à l'utilisation de silos pour le stockage des particules de bois est le risque d'explosion ou d'incendie en cas de présence d'une source d'ignition dans le silo.

- BARPI 49119 : Explosion et incendie dans un silo de copeaux
« Vers 19h30, 2 explosions se produisent dans un silo de 30 m de hauteur et de 230 m³ rempli à moitié et dans un tamiseur dans une usine de fabrication de panneaux de bois. Un feu se déclare sur des installations de traitement du bois. L'incendie se propage à un deuxième silo. Une étincelle à l'origine de l'explosion a été initié dans le broyeur. Les systèmes de détection d'étincelles en aval du broyeur et en amont du silo n'ont pas fonctionné à cause du gel. »
- BARPI 46106 : Feu de silos à bois
« Vers 15 h, un feu se déclare dans un silo en parpaings de 140 m³ contenant 20 m³ de sciure dans une menuiserie soumise à déclaration. La conception du silo serait à l'origine de l'incendie. De par celle-ci, il est possible que le silo se retrouve en dépression par rapport à l'extérieur permettant ainsi des rentrées d'air chaud de la chaudière biomasse. L'air chaud circulerait via le conduit d'alimentation de la vis sans fin. »

25.4. Brûleurs

Le risque associé aux brûleurs utilisant du gaz naturel est le risque d'explosion ou d'incendie en cas de mauvais contrôle du gaz naturel.

- BARPI 33096 : Incendie dans un four dans une industrie chimique
« Un four est constitué d'une chambre de combustion chauffée à l'aide de 100 brûleurs alimentés en gaz naturel. Cette chambre est traversée par le faisceau de radiation où circule le DCE. Le sinistre a pour origine le perçage d'un tube de four (diamètre 8 mm) entraînant une fuite de produits et une inflammation locale. La fuite s'est ensuite aggravée (13 mm) avec détente des produits dans le four et effet de souffle. »

25.5. Conclusion

L'accidentologie externe permet de mettre en avant un risque important d'explosion et d'incendie au sein des silos de biomasse, au niveau des brûleurs et des réactions d'hydrogénation.
Des risques de légionellose sont aussi présents avec l'utilisation de tours aéroréfrigérantes.

26. ACCIDENTOLOGIE INTERNE

Le site de **CIRCA** sur la plateforme de Carling/Saint-Avoid étant nouveau, aucun retour d'expérience sur ce site n'est à déclarer.

De même, le site étant le premier dédié à la production à échelle commerciale de Cyrène™, le retour d'expérience interne est très limité et est restreint aux retours d'expériences provenant principalement de l'installation FC5 située en Tasmanie.

Tous les accidents et presque accidents survenus dans ces installations font l'objet d'un rapport d'accident présentant une courte description de l'accident, une identification et analyse des causes ainsi que les actions préventives mises en place à la suite de l'accident.

VALMET a déjà participé à l'élaboration de centrales de production électrique utilisant le même principe que le procédé développé pour le projet **ReSolute**, le retour d'expérience de ces installations a aussi été valorisé dans les parties suivantes.

26.1. Explosion au niveau de réacteur d'hydrogénation (REX CIRCA)

Un opérateur opérait sur l'hydrogénateur en verre Parr le matin du lundi 16 Mars 2015 lorsque le réacteur en verre a explosé approximativement à 11h30.

Les investigations menées ont permis de formuler les constats suivants :

- L'explosion a eu lieu durant la phase de démarrage, c'est-à-dire lors de la montée pression avec de l'azote pour identifier la présence de fuites.
- L'explosion du réacteur en verre a résulté en la projection de bouts de verre blessant l'opérateur (coupures) ;
- L'erreur humaine a été exclue (la procédure a bien été suivie) ;
- Les causes de l'accident proviennent de la rupture de l'équipement sous la pression (le site de Parr fait mention de ce type d'accident) ;
- Autres :
 - * Le réacteur a été acheté d'occasion des USA, avec un nombre inconnu de cycles déjà réalisés ;
 - * Des inspections visuelles sont réalisées à chaque opération pour être sûr de l'absence de fissures pouvant mener à des fuites de LGO.
- **Les mesures préventives** mises en place à la suite de cet accident sont les suivantes :
 - * **Réacteur** : Achat d'un nouveau réacteur en acier inoxydable de Parr pour remplacer les réacteurs en verre qui sont connus pour exploser. Le bloqueur et le tube ont aussi été changés ;
 - * **Soupape** : La pression de tarage de la soupape a été diminuée ;
 - * **Protocole** : Révision du protocole qui requiert la fermeture de la protection contre les explosions avant de tester la pression ;
 - * **Entraînement** : Entraînement des équipes en fonction du nouveau protocole et aux jauges de pression ;
 - * **Réponse à un incident** : De nouveaux équipements sont utilisés pour permettre une meilleure réponse en cas d'explosion et/ou d'épandage de LGO (kit d'épandage, hotte...).

Le réseau d'azote (10 bar rel) du projet **ReSolute** n'est pas suffisamment pressurisé pour atteindre la pression de tenue du réacteur d'hydrogénation (16 bar rel).

26.2. Explosion au niveau du réservoir intermédiaire de lavage (REX Valmet)

Un cas majeur d'explosion au niveau d'un équipement faisant partie du procédé développé par Valmet a été recensé en 2014 dans une installation présentant un procédé similaire à celui du projet **ReSolute** en Finlande.

À la suite de cet accident, une inspection et un groupe d'analyse ont été mis en place, le déroulement de l'accident avec les causes, conséquences et mesures sont synthétisées ci-après.

Il est à noter que l'installation concernée par cet accident, était une installation de démonstration pour le procédé, le retour d'expérience sur cette installation était ainsi très faible.

Présentation	Causes	Conséquences	Mesures mises en place
Explosion à l'intérieur du procédé après ouverture du trou d'homme au niveau du réservoir intermédiaire après le lavage	L'inertage du procédé n'était pas complète à cause d'un niveau haut de liquide dans le procédé (bouchage) => Augmentation de pression en amont et perte de l'inertage en aval => Présence de gaz inflammables. Lors de l'ouverture du trou d'homme, l'air a été aspiré au sein du procédé créant une atmosphère explosive qui s'est enflammée avec une source d'ignition non identifiée précisément (surface chaude, particules chaudes par ex).	3 personnes blessées par brûlures	Augmentation de la quantité d'azote pour l'inertage Augmentation du volume du condenseur et ajout d'une mesure de niveau Mesure de volume sur azote entrant et sortant du procédé

Bien que les conséquences soient graves avec 3 personnes blessées, l'impact de ce scénario est cependant localisé à l'installation. Le scénario est néanmoins considéré pour la suite de l'étude.

27. CONCLUSION SUR LA PRISE EN COMPTE DU REX INTERNE ET EXTERNE

Causes premières	Actions mises en place par CIRCA
Inflammation de poussières inflammables ou gaz inflammables	Les endroits présentant des risques ATEX sont classés dans des zones adéquates et les sources d'inflammation sont limitées autant que possible dans ces zones. Des inertages à l'azote sont réalisés lorsque nécessaires et des systèmes de déluge sont mis en place
Risque lié à l'utilisation d'hydrogène	Les équipements sont purgés à l'azote pour prévenir des risques de formation d'atmosphères ATEX
Corrosion des équipements	Contrôle régulier des équipements et utilisation de matériaux spécifiques pour limiter les risques de corrosion
Non consultation de la documentation technique Erreur de manipulation	Formation/qualification spécifiques du personnel intervenant sur les équipements
Erreur de pression de tarage des soupapes	Les soupapes font l'objet de contrôles réguliers
Suppression d'équipements lors de l'inertage	Les équipements critiques sont dimensionnés pour la pression maximale du réseau d'azote
Risque de bouchage au sein du procédé	Les équipements sont bien dimensionnés, des mesures de niveau/pression/température sont présentes tout au long du procédé
Risque lié à la légionnelle	Le risque légionnelle est connu de CIRCA et est pris en compte lors de l'exploitation en accord avec les règles associées avec la rubrique ICPE 2921.

Tableau 9 – Actions mises en place après prise en compte du retour d'expérience

PARTIE 6. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (APR)

28. INTRODUCTION

Sur la base de la caractérisation des éléments agresseurs externes (Partie 2), de l'identification des potentiels de dangers (Partie 4) et du retour d'expérience (Partie 5), une analyse systématique des risques a été conduite.

29. METHODOLOGIE DE L'ÉVALUATION PRELIMINAIRE DES RISQUES

29.1. Objectifs de l'évaluation préliminaire des risques

L'évaluation préliminaire des risques a pour objet d'identifier les causes et les conséquences potentielles découlant de situations dangereuses provoquées par des dysfonctionnements des installations étudiées.

Elle permet de caractériser le niveau de risque de ces événements redoutés, selon une méthodologie décrite ci-dessous, et d'identifier les scénarios d'accidents majeurs, qui seront étudiés de manière détaillée dans les chapitres qui suivent.

29.2. Méthodologie

29.2.1. Introduction

La méthodologie d'analyse des risques est la suivante :

- * Identifier de façon la plus exhaustive possible les phénomènes dangereux pouvant conduire à des accidents majeurs induits par différents scénarios identifiés lors de la mise en œuvre d'une méthode adaptée aux installations, conduite en groupe de travail. Chaque phénomène dangereux peut être la résultante de plusieurs événements redoutés centraux, eux-mêmes créés par différentes causes ;
- * Lister les barrières (techniques et/ou organisationnelles) de prévention et/ou de protection mises en place par l'industriel et agissant sur le scénario d'accident majeur identifié ;
- * Estimer l'impact des effets des phénomènes dangereux sur l'extérieur du site ;
- * De cette analyse ressortent deux classes de phénomènes dangereux :
- * Ceux qui ont des effets estimés considérées comme circonscrites à l'intérieur du site ;
- * Ceux ayant des distances d'effets considérées comme susceptibles de déborder à l'extérieur du site ;
- * De ce classement se dégagent les modélisations et les analyses détaillées qui seront effectuées par la suite, dans l'analyse détaillée des risques.

29.2.2. Démarche de l'analyse

L'analyse préliminaire des risques permet de recenser les défaillances pouvant affecter les éléments d'un système mais aussi d'analyser les conséquences de ces dysfonctionnements.

Ainsi, cette analyse intègre des situations anormales ou exceptionnelles telles que les défaillances mécaniques des équipements, les erreurs humaines, les erreurs de produits...

La synthèse de l'analyse des risques effectuée est présentée sous forme de tableaux récapitulatifs à 8 colonnes :

- * Colonne 1 – **N°** : ce repère permet d'identifier un scénario potentiel.
- * Colonne 2 – **Équipement** : correspond à l'équipement concerné par l'analyse.
- * Colonne 3 – **Événements initiateurs (causes possibles)** : ce sont les conditions, événements indésirables, erreurs, pannes ou défaillances qui, seuls ou combinés entre eux, sont à l'origine de la situation dangereuse.
- * Colonne 4 – **Événement redouté central** : il s'agit de l'événement pouvant se produire au centre de l'enchaînement accidentel ; il correspond à une situation dangereuse.
- * Colonne 5 – **Barrières** : dans cette colonne, toutes les mesures de prévention ou de protection qui permettent de réduire la probabilité d'apparition ou la gravité de l'événement indésirable sont recensées. Pour un même scénario ces barrières doivent être indépendantes entre-elles pour être retenue dans la suite de l'étude.
- * Colonne 6 – **Phénomènes dangereux (conséquences possibles)** : ce sont les principales conséquences majeures que la situation dangereuse peut entraîner si celle-ci survient (les barrières constituées par les mesures de prévention ayant été inopérantes ou insuffisantes) = risque potentiel.
- * Colonne 7 – **Scénarios à modéliser** : dans cette colonne, les scénarios à modéliser par la suite de l'étude sont identifiés. Ils sont susceptibles d'avoir des effets en dehors des limites de site.
- * Colonne 8 – **Commentaires et actions** : dans cette colonne, des commentaires relatifs au scénario considéré ainsi que toutes les actions sont énumérées.

29.2.3. Découpage fonctionnel des installations

Les installations/équipements analysés lors de l'APR sont les suivants :

- * Réception et traitement de la biomasse ;
- * Stockage de produits chimiques ;
- * Fourniture Valmet (chaudière/pyrolyseur) ;
- * Distillation ;
- * Hydrogénation ;
- * Utilités ;
- * APR Externe.

29.2.4. Tableau de l'Analyse Préliminaire des risques

Le tableau d'Analyse préliminaire des risques est présenté en annexe D03-A2 (**confidentielle**) de ce dossier.

Les sessions APR ont été réalisées en deux séries de sessions distinctes (liés au changement de procédé entre 2021 et 2022 :

- * Une première série de sessions en été 2021 par visio-conférence ;
- * Une seconde série de sessions en septembre 2022 sur le futur site du projet **ReSolute** afin de revoir l'APR suite à la modification du procédé de fabrication et des entreprises en charge de la construction et des études de détail.

Les sessions se sont déroulées en anglais.

29.2.5. Participants de l'Analyse Préliminaire des risques

Les personnes ayant participé aux premières sessions APR ne sont pas reprises ci-dessous, celles-ci sont néanmoins mentionnées dans le tableau APR en annexe. Les participants à l'APR sont composées des sociétés suivantes :

- * **CIRCA** (porteur du projet) ;
- * DSEC (Ingénierie) ;
- * Valmet (fournisseur réacteur/pyrolyseur) ;
- * EKATO (Fournisseur hydrogénateur) ;
- * Rhine Ruhr (Fournisseur distillation).

Les sessions d'APR ont été animées par **ISO Ingénierie**.

29.3. Résultats de l'APR

Suite aux sessions APR de multiples scénarios ont été identifiées comme pouvant avoir des effets potentiels hors des limites de propriétés de **CIRCA**, ceci est dû à la taille réduite du site avec des installations en bordure de site.

Ces scénarios sont synthétisés dans le tableau suivant issu du tableau APR.

Installation	N° APR	Équipement	Événement redoute	Scénario retenu
Biomasse	1-3	Zone de stockage	Feu interne dans le stockage	Scénario 1 - Incendie du stockage de biomasse
Biomasse	13	Silo tampon	Explosion au sein du silo	Scénario 2 – Éclatement du silo tampon de biomasse
Fourniture Valmet	1-6	Silo d'alimentation	Explosion au sein du silo	Scénario 3 – Éclatement d'un silo d'alimentation de biomasse
Fourniture Valmet	3-4	Chaudière LFC	Explosion au sein de la chambre de combustion	Scénario 4 – Éclatement de la chambre de combustion LFC
Fourniture Valmet	5	Filtre à manches	Explosion au sein du filtre à manches	Scénario 5 – Éclatement du filtre à manches
Fourniture Valmet	21	Traitement des goudrons	Feu de nappe dans la rétention	Scénario 6 – Feu de nappe pyrolyseur
Fourniture Valmet	28	Tuyauterie FOD	Feu de nappe dans la rétention	Scénario 7 – Feu de nappe FOD
Fourniture Valmet	29	Bouteilles propane ²	Éclatement d'une bouteille de propane	Scénario 8 – Éclatement d'une bouteille de propane
Distillation	83	Réservoirs, colonnes	Feu de nappe dans la rétention	Scénario 9 – Feu de nappe distillation
Hydrogénation	5	Hydrogénateur	Explosion au sein de l'hydrogénateur	Scénario 10 – Éclatement de l'hydrogénateur
Utilités	3	Stockage hydrogène	Éclatement du stockage	Scénario 11 – Éclatement du stockage d'hydrogène
Utilités	4 à 7	Canalisation hydrogène	Fuite d'hydrogène	Scénario 12 – Rupture de la ligne d'hydrogène
Utilités	8	Oxydateur thermique	Éclatement de la chambre de combustion	Scénario 13 – Éclatement de la chambre du TO
Utilités	9 à 12	Canalisation GN	Fuite de gaz naturel	Scénario 14 – Rupture de la ligne de gaz naturel
Utilités	21	Stockage azote	Éclatement du stockage	Scénario 15 – Éclatement du stockage d'azote

Tableau 10 – Résultats APR

² Ce scénario a été retiré par la suite avec la modification de la méthode d'ignition en passant d'une ignition au propane et une ignition électrique.

PARTIE 7. MODELISATIONS DES PHENOMENES DANGEREUX

30. INTRODUCTION

À la suite de l'analyse préliminaire des risques, les scénarios identifiés comme ayant des effets potentiels hors du site sont modélisés afin de déterminer les scénarios ayant des effets effectifs en dehors du site.

Selon l'origine du phénomène dangereux plusieurs méthodes de modélisations sont retenues :

- ◇ **Phast** pour les scénarios de dispersion de gaz ;
- ◇ **Flumilog** pour les scénarios de feu d'entrepôt ;
- ◇ **Des outils de calculs** développés sur la base des guides et normes communément utilisés pour déterminer des effets spécifiques.

Un rapport spécifique sur les modélisations réalisées est présenté en annexe D03-A3 (**confidentielle**) de ce dossier, seuls les parties essentielles de ce rapport sont présentées dans ce document.

31. DEFINITIONS DES SCENARIOS

Les scénarios identifiés au cours de l'APR peuvent être séparés en plusieurs catégories selon la nature du phénomène dangereux et donc la technique de modélisation à mettre en œuvre. Le tableau suivant récapitule pour chaque scénario le type de modélisation à réaliser et la méthode à utiliser.

Numéro Scénario	Description	Type d'effets	Type de modélisation	Méthode de calcul
1	Incendie du stockage de biomasse	Thermique*	Feux de solides	FLUMILOG
2	Explosion du silo tampon de biomasse	Surpression	Explosion de silo	Guide silos Méthode multi-énergie
3	Explosion d'un silo alimentation de biomasse	Surpression	Explosion de silo	Guide silos Méthode multi-énergie
4	Éclatement de la chambre de combustion LFC	Surpression	Rupture d'équipements	Méthode multi-énergie
5	Éclatement du filtre à manches	Surpression	Rupture d'équipements	Méthode multi-énergie
6	Feu de nappe pyrolyseur	Thermique	Feu de nappe	Feuille de calcul feu de nappe
7	Feu de nappe FOD	Thermique	Feu de nappe	Feuille de calcul feu de nappe
9	Feu de nappe distillation	Thermique	Feu de nappe	Feuille de calcul feu de nappe
10	Éclatement de l'hydrogénateur	Surpression	Rupture d'équipements	Méthode multi-énergie
11	Éclatement du stockage H ₂	Surpression	Rupture d'équipements	Méthode multi-énergie
12	Rupture de la ligne H ₂ en extérieur	Thermique Surpression	Dispersion gaz inflammable	Logiciel PHAST
13	Éclatement de l'oxydateur thermique	Surpression	Rupture d'équipements	Méthode multi-énergie
14	Rupture de la ligne GN en extérieur	Thermique Surpression	Dispersion gaz inflammable	Logiciel PHAST
15	Éclatement du stockage N ₂	Surpression	Rupture d'équipements	Méthode multi-énergie

* Des effets toxiques peuvent aussi survenir des scénarios d'incendie généralisés compte-tenu de l'absence de données sur la caractérisation de ces scénarios. Ces effets sont exclus de l'étude de dangers.

32. RAPPELS REGLEMENTAIRES

L'évaluation des conséquences potentielles de chaque scénario d'accident consiste à calculer la dimension de chacune de ces zones de dangers autour des installations considérées.

Pour chaque type de phénomène dangereux et, en particulier, au regard des effets générés (surpression, radiation thermique, etc.), les seuils particuliers, définis dans l'arrêté 29 septembre 2005 correspondant à différents niveaux de gravité (effets mortels, blessures, dégâts matériels) sont appliqués.

Les seuils et valeurs de références définies par l'arrêté du 29 septembre 2005 sont rappelés ci-dessous

32.1. Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets

- Effets thermiques

Seuils de flux thermique	Zone de dangers et type d'effets		
	Sur l'homme		Sur les structures
8 kW/m²	(SELS)	Létaux significatifs Très graves pour la vie humaine	Dégâts graves et Seuil des effets dominos
5 kW/m²	(SEL)	Létaux Graves pour la vie humaine	Destruction significative de vitres
3 kW/m²	(SEI)	Irréversibles Significatifs pour la vie humaine	-

Tableau 11 – Valeurs de référence relatives aux seuils des effets thermiques

- Effets de surpression

Seuils de surpression	Zone de dangers et type d'effets		
	Sur l'homme		Sur les structures
300 mbar	-		Dégâts très graves sur les structures
200 mbar	(SELS)	Létaux significatifs Très graves pour la vie humaine	Seuil des effets dominos
140 mbar	(SEL)	Létaux Graves pour la vie humaine	Dégâts graves
50 mbar	(SEI)	Irréversibles Significatifs pour la vie humaine	Dégâts légers
20 mbar	Effets indirects par bris de vitres		Destruction significative de vitres

Tableau 12 – Valeurs de référence relatives aux seuils de surpression

- Effets toxiques (exemple de l'H₂S)

Seuils des effets toxiques	Zone de dangers et type d'effets		H₂S
	Sur l'homme		60 min (INERIS)
SELS	Létaux significatifs Très graves pour la vie humaine		414 ppm
SEL	Létaux Graves pour la vie humaine		372 ppm
SEI	Irréversibles Significatifs pour la vie humaine		80 ppm

Tableau 13 – Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets toxiques

32.2. Seuils des effets dominos

Les effets des phénomènes dangereux à prendre en compte dans le cadre de l'analyse des effets dominos sont principalement :

- Les effets thermiques ;
- * Les effets mécaniques d'une onde de surpression.

Le tableau ci-dessous donne les seuils des effets dominos pour ces effets :

Seuils de flux thermique	Effets dominos thermiques	
8 kW/m²	(SELS)	Dégâts graves et Seuil des effets dominos
Seuils de surpression	Effets dominos de surpression	
200 mbar	(SELS)	Seuil des effets dominos

Tableau 14 – Seuils des effets dominos

Ces seuils correspondent aux seuils des effets létaux significatifs sur l'homme. Dans la suite de l'étude, tous les scénarios font l'objet d'une étude des effets dominos que le scénario peut engendrer ou peut recevoir.

33. SYNTHÈSE DES RESULTATS DE MODELISATION

Les résultats des modélisations sont présentés dans le tableau en page suivante en récapitulant :

- ◇ La description du scénario (N° et résumé) ;
- ◇ Les résultats intermédiaires (pour les scénarios en faisant apparaître) ou des précisions ;
- ◇ Le type d'effet ;
- ◇ Les distances d'effets en mètres par rapport aux seuils réglementaires (NA = Non atteint et NP = Non Pertinent) ;
- ◇ Les effets atteints hors des limites de propriété le cas échéant ;
- ◇ Les effets dominos potentiels ;
- ◇ La nécessité d'étudier le scénario en ADR.

Afin de déterminer les effets hors site des cartographies des scénarios ont été réalisées ces dernières sont présentées en annexe D03-A4 de ce dossier.

Les résultats obtenus mettent en avant 4 scénarios ayant des effets hors site (hors bris de vitre) :

- ◇ Scénario 4 – Éclatement de la chambre de combustion LFC ;
- ◇ Scénario 10 – Éclatement de l'hydrogénateur ;
- ◇ Scénario 11 – Éclatement du stockage H₂ ;
- ◇ Scénario 12 – Rupture de la tuyauterie H₂ en extérieur ;
- ◇ Scénario 14 – Rupture de la tuyauterie de gaz naturel en extérieur.

Les effets dominos entre installations identifiées concernent uniquement les scénarios 10 à 12 et 14 dont les effets hors site sont déjà avérés.

N°	Description	Type d'effet	Orientation	Distances d'effets (m)				Effets hors site	Effets dominos	Scénario ADR
				BV	SEI	SEL	SELS			
1	Incendie stockage biomasse intérieur	Thermique	Nord	-	5	10	12	Non	Non	Non
			Ouest	-	0	0	0			
			Est	-	5	10	12			
			Sud	-	10	10	13			
	Incendie stockage biomasse extérieur	Thermique	Nord	-	0	0	0	Non	Non	Non
			Ouest	-	0	0	0			
			Est	-	0	0	0			
			Sud	-	10	10	5			
2	Explosion silo tampon biomasse	Surpression	-	32	16	NA	NA	BV	Non	Non
3	Explosion silo alimentation biomasse	Surpression	-	17	8	NA	NA	Non	Non	Non
4	Éclatement chambre de combustion LFC	Surpression	-	49	25	NA	NA	SEI BV	Non	Oui
5	Éclatement filtre à manches	Surpression	-	32	16	NA	NA	BV	Non	Non
6	Feu de nappe pyrolyseur	Thermique	Longueur	-	15	NP	NP	Non	Non	Non
			Largeur	-	NP	NP	NP			

N°	Description	Type d'effet	Orientation	Distances d'effets (m)				Effets hors site	Effets dominos	Scénario ADR
				BV	SEI	SEL	SELS			
7	Feu de nappe FOD	Thermique	Longueur	-	15	15	NP	Non	Non	Non
			Largeur	-	10	NP	NP			
8	Éclatement bouteille propane	Surpression	-	14	7	3	2	Non	Non	Non
9	Feu de nappe distillation	Thermique	Longueur	-	15	15	NP	Non	Non	Non
			Largeur	-	NP	NP	NP			
10	Éclatement hydrogénateur	Surpression	-	66	33	15	11	SEI BV	Sc 12/14	Oui
11	Éclatement stockage hydrogène	Surpression	-	125	62	28	4	SEL SEI BV	Sc 12/14	Oui
12a	Rupture tuyauterie H ₂ enterrée - UVCE	Surpression	Verticale (canalisation enterrée)	39	18	8	6	SEI BV	Sc 10/11/14	Oui
12b	Rupture tuyauterie H ₂ enterrée - Flash fire	Thermique		-	2	1	1	Non	Sc 14	Non
12c	Rupture tuyauterie H ₂ enterrée - Jet enflammé	Thermique		-	7	5	4	Non	Sc 11/14	Oui
12d	Rupture tuyauterie H ₂ aérienne - UVCE	Surpression	Horizontale (canalisation aérienne)	51	25	14	12	SEI BV	Sc 10/14	Oui
12e	Rupture tuyauterie H ₂ aérienne - Flash fire	Thermique		-	17	11	11	SEI	Sc 10/14	Oui
12f	Rupture tuyauterie H ₂ aérienne - Jet enflammé	Thermique		-	8	7	7	Non	Sc 10/14	Oui

N°	Description	Type d'effet	Orientation	Distances d'effets (m)				Effets hors site	Effets dominos	Scénario ADR
				BV	SEI	SEL	SELS			
13	Éclatement oxydateur thermique	Surpression	-	20	10	4	3	Non	Sc 14a à 14c	Non
14a	Rupture tuyauterie GN enterrée - UVCE	Surpression	Horizontale (canalisation enterrée)	NA	NA	NA	NA	Non	Non	Non
14b	Rupture tuyauterie GN enterrée - Flash fire	Thermique		-	1	NA	NA	SEI	Non	Oui
14c	Rupture tuyauterie GN enterrée - Jet enflammé	Thermique		-	NA	NA	NA	Non	Non	Non
14d	Rupture tuyauterie GN aérienne - UVCE	Surpression	Verticale (canalisation aérienne)	20	10	5	5	Non	Sc 13	Non
14e	Rupture tuyauterie GN aérienne - Flash fire	Thermique		-	6	5	5	Non	Sc 13	Non
14f	Rupture tuyauterie GN aérienne - Jet enflammé	Thermique		-	16	14	13	Non	Sc 13 Sc 12a à 12c	Non
15	Éclatement stockage N ₂	Surpression	-	34	17	8	6	BV	Non	Non

Tableau 15 – Récapitulatif des résultats de modélisation

PARTIE 8. ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES (ADR)

34. INTRODUCTION

L'Analyse Détaillée des Risques (ADR) constitue la troisième étape d'une analyse des risques. Elle constitue la suite logique et indispensable de l'Analyse Préliminaire des Risques (APR) et est réalisée pour les risques apparus comme les plus importants à l'issue de l'APR et susceptibles d'affecter les personnes à l'extérieur de l'établissement.

Les points suivants sont traités pour chaque scénario :

- ◇ **L'estimation des niveaux de confiance** (NC) des mesures de maîtrise des risques (MMR) ;
- ◇ **Les probabilités des événements redoutés centraux** (ERC) ont été calculées à partir des événements initiateurs et des barrières de prévention ;
- ◇ **Les probabilités des phénomènes dangereux** (PhD) ont été calculées à partir des ERC et des probabilités des barrières valorisées ;
- ◇ **L'estimation de la gravité** en prenant en compte la situation actuelle et les modélisations réalisées ;
- ◇ **La réalisation des nœuds papillon** avec l'inventaire des barrières de prévention et de protection qui sont mises en place.

35. METHODOLOGIE

35.1. Définition et objectif de l'ADR

À partir des Événements Redoutés (ER) nécessitant une analyse plus détaillée, identifiés lors de l'APR, l'analyse détaillée permet de mener une démarche itérative de réduction des risques à la source.

L'identification de la gravité d'un événement a été faite d'une part sur la base des quantités de produits mises en œuvre, et d'autre part en fonction des conséquences que l'événement serait susceptible d'engendrer en termes de distances d'effets thermiques, toxiques ou d'effets de surpression.

Un scénario d'accident est défini par :

- Un produit associé à un équipement ;
- Une hypothèse de défaillance ou événement redouté (à titre d'exemple, la rupture d'une canalisation) ;
- Un phénomène physique : explosion de vapeurs, incendie de type feu de torche, feu de cuvette...

Les objectifs de l'analyse détaillée des risques sont :

1. Démontrer la maîtrise des risques pour chacun des événements redoutés sélectionnés :
 - * Identifier toutes les combinaisons de causes des événements redoutés ;
 - * Identifier et caractériser les mesures de prévention de ces événements redoutés ;
 - * Identifier et évaluer tous les effets potentiels et les facteurs d'aggravation de chaque événement redouté analysé (effets en termes de phénomènes accidentels) ainsi que les dommages associés (sur les individus, l'environnement et les matériels et structures).
2. Évaluer la probabilité et la gravité des différents dommages possibles (quantification) :
 - * Évaluer d'une manière plus précise la fréquence d'occurrence de ces événements redoutés ;
 - * Examiner la performance des mesures de maîtrise des risques permettant de réduire la probabilité des dommages ;
 - * Calculer la probabilité d'occurrence des différents dommages possibles ;
 - * Évaluer la gravité des différents dommages possibles.
3. Établir une hiérarchisation des risques ainsi quantifiés ;
4. Proposer des mesures d'amélioration complémentaires ;
5. Identifier les mesures prépondérantes qui pourront être considérées comme des Mesures de Maîtrise des Risques (MMR).

35.2. Principe des arbres : Méthode retenue

L'analyse détaillée des risques des événements redoutés retenus lors de l'EPR est réalisée en utilisant une formalisation par des Arbres :

- **Arbre de défaillances** : pour l'analyse des causes des événements redoutés et pour la justification de l'adéquation des mesures de prévention ;
- **Arbre d'évènements** : pour la détermination des effets et des dommages, en fonction de la disponibilité des mesures de protection.

Le synoptique illustre la méthode de l'analyse détaillée des risques :

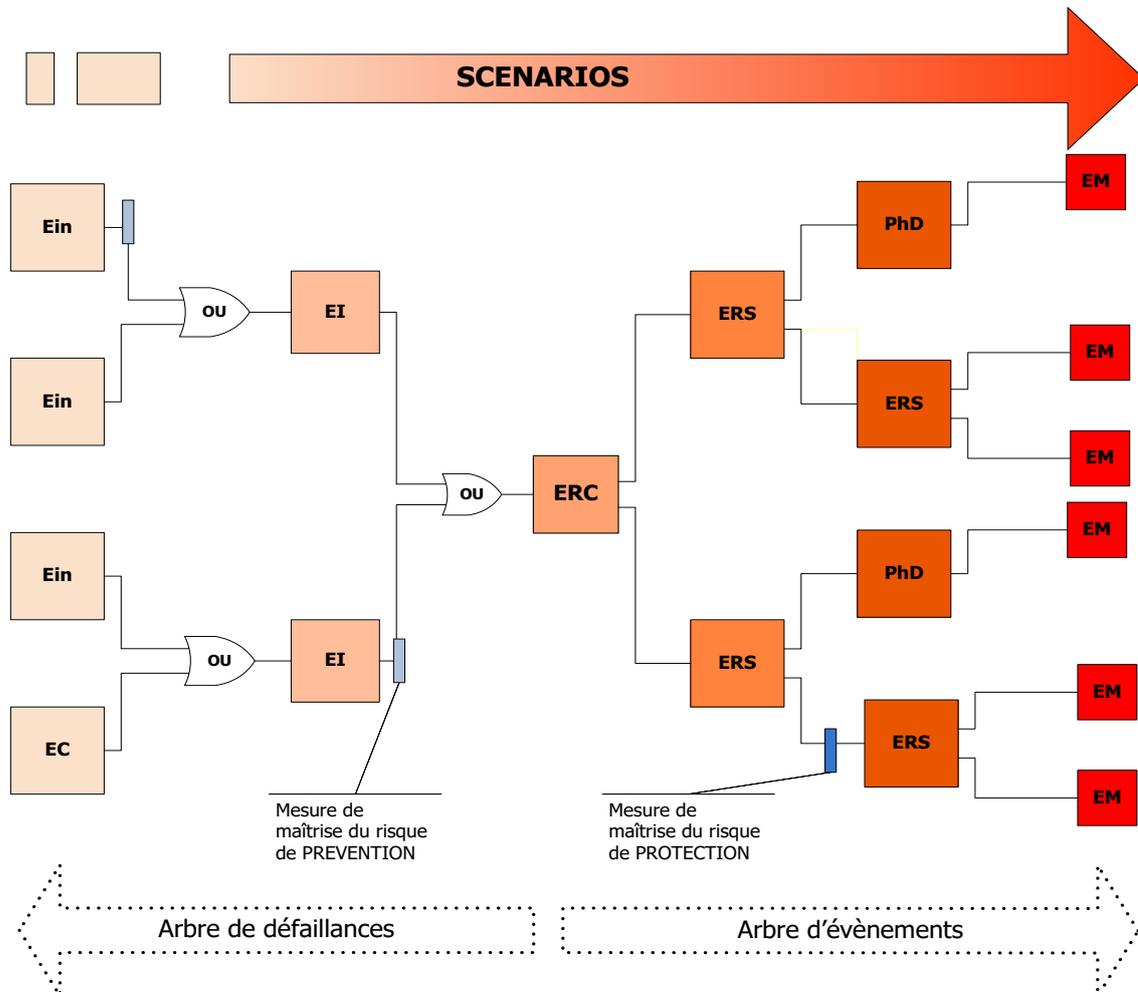


Figure 12 – Représentation en nœud papillon (principe)

Désignation	Signification	Définition	Exemples
EI	Évènement initiateur	Cause directe d'une perte de confinement ou d'intégrité physique	La corrosion, l'érosion, les agressions mécaniques, une montée en pression sont généralement des évènements initiateurs
ERC	Évènement redouté central	Perte de confinement sur un équipement dangereux ou perte d'intégrité physique d'une substance dangereuse	Rupture, brèche, ruine ou décomposition d'une substance dangereuse dans le cas d'une perte d'intégrité physique
PhD	Phénomène dangereux	Phénomène physique produisant des effets et pouvant engendrer des dommages majeurs	Incendie, explosion, dispersion d'un nuage toxique
Barrières de prévention		Mesures visant à prévenir la perte de confinement ou d'intégrité physique	Peinture anti-corrosion, coupure automatique des opérations de dépotage sur détection d'un niveau très haut...
Barrières de protection		Mesures visant à limiter les conséquences de la perte de confinement ou d'intégrité physique	Vannes de sectionnement automatiques asservies à une détection (gaz, pression, débit), moyens d'intervention

Tableau 16 – Termes utilisés pour les nœuds papillons

Cette méthode a pour objectif, en partant d'un évènement initiateur, de déterminer l'ensemble des séquences susceptibles de se réaliser suivant que les barrières de protection sont disponibles ou non.

35.3. Performance des barrières

Le terme de barrière de sécurité regroupe à la fois les barrières techniques, organisationnelles et à déclenchement humain liées à la sécurité.

Les barrières de sécurité participent à la fonction de sécurité qui tend à réduire la probabilité d'occurrence de l'événement redouté et/ou limiter les dommages au niveau des cibles.

Les barrières assurant la fonction de sécurité peuvent être classées en 3 familles distinctes :

- **Les barrières techniques intrinsèques** : dispositif physique de sécurité, système instrumenté assurant une chaîne d'action commandée sur des organes physiques ;
- **Les barrières organisationnelles** : procédures, consignes, activités humaines ne faisant pas intervenir les barrières techniques ;
- **Les barrières techniques à déclenchement humain** : décision et action humaine d'intervention sur un organe physique et/ou chaîne d'action commandée.

Afin d'appréhender les niveaux d'efficacité, de disponibilité et de fiabilité des barrières, les critères suivants sont détaillés pour chaque barrière :

- Descriptif succinct ;
- Fonction de sécurité ;
- Type de barrière (prévention ou protection) ;
- Type de famille ;
- Conception et retour d'expérience : barrière spécifique à l'établissement et non éprouvée, standard actuel de la profession, barrière optimale par rapport au standard actuel de la profession ;
- Temps de réponse ;
- Type de sécurité : active (sécurité préventive ou primaire), positive (position de sécurité par défaut de force motrice), ou passive (intrinsèque) ;
- Disponibilité : taux de défaillance éventuel (déterminé à partir de bases de données) ;
- Testabilité / maintenabilité : si la maintenance est réalisable ou non ;
- Assurance de non-modification des performances : c'est l'assurance que la barrière sera stable au cours du temps, ou à la sollicitation, pour participer à la fonction de sécurité.

Il pourra également être notifié la consigne à appliquer en cas de dérive de la barrière : en cas de dégradation temporaire (voire permanente) de l'efficacité, de la disponibilité ou de la fiabilité de la barrière prépondérante pour la sécurité, l'exploitant identifie et met en œuvre des moyens de maîtrise du risque palliatifs afin d'assurer la fonction de sécurité.

35.4. Évaluation de la probabilité

35.4.1. Cotation de la probabilité d'occurrence des EI

La fréquence d'occurrence des événements initiateurs et la probabilité de défaillance des barrières de sécurité de prévention et de protection sont déterminées en confrontant les données et le retour d'expérience du site Marne Aval avec les données issues des documents suivants :

- * Résumé des travaux du groupe de travail de L'ICSI « Fréquence des événements initiateurs d'accidents et disponibilité des barrières de prévention et de protection » ;
- * Intégration de la dimension probabiliste dans l'analyse du risque – INERIS –DRA 34 et ses annexes (Opération j – Intégration de la dimension probabiliste dans l'analyse de risques – Partie 2 : Données quantifiées) ;
- * Guide de maîtrise des risques technologiques dans les Dépôts de Liquides Inflammables (GDLI) ;
- * Documents émis dans le cadre du projet ARAMIS (Accidental Risk Assessment Methodology for Industries in the context of the SEVESO II directive) et en particulier, annexes du document D1C relatif aux méthodes d'identification des risques d'accidents majeurs et des scénarios de référence.

35.4.2. Cotation de la probabilité d'occurrence des ERC et PhD

La représentation en nœuds papillon permet ensuite de calculer les probabilités d'occurrence des événements redoutés centraux (ERC) et des phénomènes dangereux (PhD) qui en découlent.

La cotation de la probabilité d'occurrence s'effectue ensuite en se basant sur la grille de cotation définie par l'arrêté du 29 septembre 2005 relative 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.

Classe de probabilité Type d'appréciation	E	D	C	B	A
Qualitative (les définitions entre guillemets ne sont valables que si le nombre d'installations et le retour d'expérience sont suffisants)	« Évènement possible mais extrêmement improbable » : n'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années d'installations.	« Évènement très improbable » : s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité.	« Évènement improbable » : un événement similaire déjà rencontré dans le 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.	« Évènement probable » : s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation	« Évènement courant » : 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.
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 de l'arrêté du 29 sept 05				
Quantitative (par unité et par an)	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	

Tableau 17 – Échelle de probabilité

35.5. Évaluation de la gravité

35.5.1. Méthodologie de comptage

Les hypothèses utilisées pour le comptage sur les axes routiers, les axes ferroviaires et les axes fluviaux sont décrites ci-après :

* **Axes routiers**

D'après la fiche n°1 de la circulaire du 10 Mai 2010, pour déterminer la gravité concernant les axes routiers, on compte **0,4 personne par kilomètre exposé par tranche de 100 véhicules/jour**.

* **Axes ferroviaires**

Train de voyageurs : compter 1 train équivalent à 100 véhicules (soit 0,4 personne exposée en permanence par km et par train), en comptant le nombre réel de trains circulant quotidiennement sur la voie.

* **Établissement Recevant du Public (ERP)**

Compter les ERP (bâtiments d'enseignement, de service public, de soins, de loisirs, religieux, grands centres commerciaux etc.) en fonction de leur capacité d'accueil (au sens des catégories du Code de la construction et de l'habitation), le cas échéant sans compter leurs routes d'accès.

Les commerces et ERP de catégorie 5 dont la capacité n'est pas définie peuvent être traités de la façon suivante :

- ⇒ Compter 10 personnes par magasin de détail de proximité (boulangerie et autre alimentation, presse, coiffeur)
- ⇒ Compter 15 personnes pour les tabacs, cafés, restaurants, supérettes, bureaux de poste.

De plus, Le syndicat accueillera du public jusqu'à 165 personnes en plus des 29 employés. Cet effectif du public étant inférieur à 200 personnes, l'établissement a été classé en ERP de 5ème catégorie.

* **Logements**

Les hypothèses utilisées pour le comptage des habitations sont décrites ci-après :

Type d'habitat	Nombre de personnes à l'hectare
Individuel dispersé	40
Pavillonnaire dense	100
Collectif ≤ R+2	400 - 600
Collectif immeuble > R+2	600 - 1000

* **Terrain non bâti**

Les cas des terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais...) : **compter 1 personne par tranche de 100 ha.**

* **Industries à proximité**

Compte-tenu de l'implantation de **CIRCA**, une grande partie des personnes impactées par les effets hors site sont affiliées à la future plateforme de la centrale Émile Huchet.

Les hypothèses de comptages prises en considération sont présentées ci-après. Ces hypothèses ont été prises en concertation avec GAZEL Energie, le gestionnaire de la plateforme.

En cas de sous-dimensionnement des hypothèses pour les usages futurs, des zones de restriction d'accès seront formalisées sur la plateforme pour rendre les occupations conformes aux hypothèses retenues dans les zones concernées par des effets hors-site.

Cibles de la plateforme	Estimation
Circulation autour du site	1000 véhicules/jour
Personnes sur site (hors bâtiments)	10 personnes/hectares
Personnes dans bâtiments	Nombre de personnes dans le bâtiment pondéré avec la surface atteinte et la surface totale du bâtiment

Tableau 18 – Prise en compte de l'environnement industriel autour de CIRCA

35.5.2. Détermination de la gravité pour chaque scénario

La gravité est évaluée à partir de :

- * L'intensité des phénomènes dangereux : celle-ci est déterminée par les zones d'effets toxiques, de surpression ou thermiques (irréversibles, létaux et létaux significatifs) des phénomènes dangereux par le biais des calculs de modélisation ;
- * La sensibilité de l'environnement du site : elle est déterminée, en particulier, par l'implantation des zones d'activités, de résidence ou de circulation.

L'échelle utilisée pour évaluer le niveau de gravité sur les personnes est définie par l'Annexe 3 de l'arrêté du 29 septembre 2005, dit « PCIG ». Il s'agit d'une échelle à 5 niveaux, présentés ci-après.

NIVEAU DE GRAVITÉ des conséquences	ZONE DÉLIMITÉE PAR LE SEUIL		
	des effets létaux significatifs SELS	des effets létaux SEL	des effets irréversibles sur la vie humaine SEI
Désastreux	Plus de 10 personnes exposées (1).	Plus de 100 personnes exposées.	Plus de 1 000 personnes exposées.
Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées.	Entre 10 et 100 personnes.	Entre 100 et 1 000 personnes exposées.
Important	Au plus 1 personne exposée.	Entre 1 et 10 personnes exposées.	Entre 10 et 100 personnes exposées.
Sérieux	Aucune personne exposée.	Au plus 1 personne exposée.	Moins de 10 personnes exposées.
Modéré	Pas de zone de létalité hors de l'établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à «une personne».

(1) Personne exposée : en tenant compte le cas échéant des mesures constructives visant à protéger les personnes contre certains effets et la possibilité de mise à l'abri des personnes en cas d'occurrence d'un phénomène dangereux si la cinétique de ce dernier et de la propagation de ses effets la permettent.

Tableau 19 – Échelle de gravité

Pour chaque scénario dont les effets sortent des limites de propriété, la gravité a été déterminée suivant la méthodologie de comptage décrite ci-avant.

Cette évaluation de la gravité s'accompagne d'une caractérisation préalable de l'environnement humain externe à l'établissement. Le comptage des personnes est réalisé à l'aide de la fiche n°1 relative à la détermination de la gravité des accidents accompagnant la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les 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.

35.6. Cinétique de développement

La cinétique de développement des Phénomènes Dangereux est le délai entre un ERC jugé représentatif et le Phénomène Dangereux étudié.

Cette caractérisation tient donc compte des barrières limitant les conséquences dont les performances sont jugées compatibles avec les scénarios conduisant aux phénomènes dangereux.

Phénomènes dangereux recensés	Caractéristiques	Effets	Cinétique
Explosion / Éclatement	Délai d'atteinte des cibles : immédiat Durée d'exposition : instantanée	Surpression	Rapide
Incendie	Propagation rapide des flammes Durée d'exposition variable selon le terme source	Thermique	Rapide
Jet enflammé	Délai d'inflammation : immédiat à quelques minutes	Thermique	Rapide
UVCE / Flash-fire	Délai de formation du nuage : très rapide Inflammation : quelques minutes Délai d'atteinte des cibles : immédiat Durée d'exposition : immédiat pour les effets de surpression et variable pour les effets thermiques (fonction de la taille du nuage)	Surpression et thermique	Rapide

Tableau 20 – Cinétique des phénomènes dangereux

35.7. Positionnement dans la matrice MMR

La matrice utilisée est la suivante (arrêté du 29 septembre 2005 dit PCIG) :

Gravité des conséquences sur les personnes exposées au risque	PROBABILITÉ D'OCCURRENCE (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
Désastreux	MMR Rang 2 (Non partiel)	Non rang 1	Non rang 2	Non rang 3	Non rang 4
Catastrophique	MMR rang 1	MMR rang 2	Non rang 1	Non rang 2	Non rang 3
Important	MMR rang 1	MMR rang 1	MMR rang 2	Non rang 1	Non rang 2
Sérieux			MMR rang 1	MMR rang 2	Non rang 1
Modéré					MMR rang 1

Tableau 21 – Grille MMR

À l'intérieur des cases de la grille apparaissent 4 niveaux de risques :

- Niveau I (rouge) : zone de **risque élevé**, figurée par le mot « NON » ;
- Niveau II (orange) : zone de **risque intermédiaire**, figurée par le sigle « MMR rang 2 » (Mesures de Maîtrise des Risques), dans laquelle une démarche d'amélioration continue est particulièrement pertinente, en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation ;
- Niveau III (jaune) : zone de **risque intermédiaire**, figurée par le sigle « MMR rang 1 » (Mesures de Maîtrise des Risques), dans laquelle une démarche d'amélioration continue est particulièrement pertinente, en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation ;
- Niveau IV (vert) : zone de **risque moindre**, qui ne comporte ni « NON », ni « MMR ».

35.8. Effets dominos

Un effet domino peut être défini comme l'action d'un premier phénomène dangereux capable de générer un second accident sur une installation voisine ou un établissement voisin, dont les effets seraient plus « graves » que ceux de l'accident premier.

- **Les effets « donneurs »** c'est-à-dire les conséquences en cas d'accident interne sur :
 - * Les autres installations sensibles du site (accès, poteau incendie, bâtiment...);
 - * Les installations extérieures au site le cas échéant ;
 - * Les voies de communication éventuellement.
- **Et les effets « receveurs »** qui consistent à caractériser, en cas d'accident, à l'extérieur du site (autres installations industrielles, voies de communication...), les conséquences sur l'installation étudiée.

Les effets des phénomènes dangereux à prendre en compte dans le cadre de l'analyse des effets dominos sont principalement :

- Les effets thermiques ;
- Les effets mécaniques d'une onde de surpression.

Au vu des phénomènes dangereux identifiés dans les paragraphes précédents, les effets à prendre en compte sont : les effets thermiques et les effets de surpression.

Le tableau ci-dessous donne les seuils des effets dominos pour ces effets :

Seuils de flux thermique	Effets dominos thermiques	
8 kW/m²	(SELS)	Dégâts graves et Seuil des effets dominos
Seuils de surpression	Effets dominos de surpression	
200 mbar	(SELS)	Seuil des effets dominos

Tableau 22 – Seuils des effets dominos

Ces seuils correspondent aux seuils des effets létaux significatifs sur l'homme. Dans la suite de l'étude, chaque scénario étudié en détail a fait l'objet d'une analyse des effets dominos.

36. DETERMINATION DES SCENARIOS RETENUS POUR L'ADR

Conformément au guide Omega 9 développé par l'INERIS relatif à la réalisation d'étude de dangers d'une installation classée, seuls les scénarii relevant de rubriques classées à autorisation sont à considérer pour l'étude de dangers.

Les installations non soumises à autorisation (pour un établissement ne relevant pas du statut SEVESO) ne sont à considérer que s'il existe des effets dominos potentiels (effets agresseurs) :

- ◇ S'il existe un effet domino possible de l'installation soumise à déclaration / enregistrement ou non classée vers l'installation soumise à autorisation : l'installation soumise à déclaration / enregistrement ou non classée est considérée comme un événement initiateur pour les phénomènes dangereux de l'installation soumise à autorisation. La probabilité des événements de l'installation soumise à autorisation doit tenir compte de celle des événements de l'installation soumise à déclaration / enregistrement ou non classée ;
- ◇ S'il existe un effet domino de l'installation soumise à autorisation sur l'installation soumise à déclaration / enregistrement ou non classée, qui conduit de plus à augmenter l'intensité des effets des phénomènes dangereux de l'installation soumise à autorisation.

Les scénarios issus des installations soumises à déclaration, enregistrement ou non classée sont alors exclus en cas d'absence d'effets dominos potentiels sur des installations à enregistrement.

À noter que la conformité aux arrêtés-types pour les installations soumises à enregistrement et à déclaration est démontrée en annexe de la notice administrative D01-A1 de ce dossier.

Parmi les scénarios retenus pour l'analyse détaillée des risques, les suivants ne font pas partie d'installations soumises à autorisation :

- ◇ Scénario 11 : Éclatement du stockage d'hydrogène.

Ce scénario est néanmoins majorant pour l'installation de **CIRCA** et est concerné par des effets dominos depuis la ligne d'alimentation de l'hydrogénateur. Conformément au guide Omega 9, ce scénario est maintenu dans l'ADR même si le stockage d'hydrogène est soumis à déclaration.

Tous les scénarios retenus comme ayant des effets hors site au §33 sont à analyser en ADR. Les scénarios concernés sont repris ci-dessous :

- ◇ Scénario 4 – Éclatement de la chambre de combustion LFC ;
- ◇ Scénario 10 – Éclatement de l'hydrogénateur ;
- ◇ Scénario 11 – Éclatement du stockage H₂ ;
- ◇ Scénario 12 – Rupture de la tuyauterie H₂ en extérieur ;
- ◇ Scénario 14 – Rupture de la tuyauterie de gaz naturel en extérieur.

37. DETERMINATION DE LA FREQUENCE DES EVENEMENTS INITIATEURS

Les fréquences associées aux événements initiateurs identifiés préalablement dans l'APR et précisés dans l'analyse détaillée des risques sont présentées avec les sources associées ci-dessous.

Description EI	Fréquence associée (par an)	Source	Scénarios associés
Défaillance d'une boucle de régulation ou équipement	1.10 ⁻¹	INERIS DRA 34 Opération j Partie 2 <i>La fréquence d'occurrence d'une défaillance de régulation peut être estimée à 1.10⁻¹/an.</i>	4
Erreur opérateur	1.10 ⁻¹	INERIS DRA 34 Opération j Partie 2 <i>La fréquence d'occurrence d'une erreur opérateur peut être estimée à 1.10⁻¹/an.</i>	4
Inflammation hydrogène en zone ATEX	1.10 ⁻¹	INERIS DRA 71 Opération B <i>La probabilité d'inflammation retardée d'un gaz hautement réactif particulier en zone "classée ATEX" est de 1.10⁻¹.</i>	10
Feu externe	1.10 ⁻²	INERIS DRA 34 Opération j Partie 2 La fréquence d'occurrence de défaillance d'un feu externe de grande ampleur peut être estimée à 1.10 ⁻² /an.	11
Choc avec véhicule ou engin	1.10 ⁻²	INERIS DRA 34 Opération j Partie 2 <i>La fréquence d'occurrence de l'intervention d'un tiers (impact par véhicule, etc.) peut être estimée à 1.10⁻²/an.</i>	12-14
Rupture canalisation	1.10 ⁻⁶ /m/an	CPR 18 E du Purple book <i>La probabilité de rupture guillotine de la canalisation pour un diamètre de canalisation < 75 mm est de 1.10⁻⁶/an/m.</i>	12-14
Inflammation immédiate hydrogène	1	INERIS DRA 71 Opération B <i>La probabilité d'inflammation d'un gaz hautement réactifs particuliers quel que soit le débit de fuite ou le type d'ERC est de 1.</i>	12
Inflammation retardée hydrogène	1.10 ⁻¹	INERIS DRA 71 Opération B <i>La probabilité d'inflammation d'un gaz hautement réactif particulier quel que soit le débit de fuite ou le type d'ERC est de 1, la probabilité d'avoir de l'hydrogène résiduel est ainsi nulle après inflammation immédiate.</i> => De manière conservative celle-ci est maintenue à 0,1 pour ne pas éliminer le scénario.	12
Inflammation gaz naturel	1.10 ⁻¹	INERIS DRA 71 Opération B <i>La probabilité d'inflammation d'un gaz peu réactif est estimé à 10⁻¹ pour les ERC non induits par des sources d'énergie.</i> <i>Par opposition la probabilité d'inflammation retardée est estimée à 9.10⁻¹</i>	14
Effets dominos	-	La fréquence d'occurrence des effets dominos est déterminée à partir des probabilités des scénarios qui engendrent des effets dominos.	10-11-12-14

Tableau 23 – Fréquence des événements initiateurs

38. DETERMINATION DE LA PROBABILITE DE DEFAILLANCE DES BARRIERES DE MAITRISE DES RISQUES

Les probabilités de défaillance des barrières associées aux événements initiateurs identifiés préalablement dans l'APR et précisés dans l'analyse détaillée des risques sont présentées avec les sources associées ci-dessous.

Description barrière	PFD par an retenu	Source	Scénarios associés
Boucle de sécurité	10^{-1} ou 10^{-2}	<p>INERIS DRA 34 Opération j Partie 2</p> <p><i>La fréquence d'occurrence d'une défaillance d'une boucle de contrôle (BPCS) peut être estimée entre $1.10^{-1}/an$ à $1.10^{-2}/an$.</i></p>	4-10
Barrière physique passive	10^{-3}	<p>INERIS DRA 34 Opération j Partie 2</p> <p><i>La fréquence d'occurrence d'une défaillance d'une barrière passive est estimée dans tous les cas recensés à $1.10^{-2}/an$ ou 1.10^{-3}.</i></p> <p>Une fréquence de 1.10^{-3} est retenue pour l'efficacité de protection de l'enterrement d'une canalisation dans un fourreau.</p> <p>Les barrières passives peuvent permettre dans certains cas l'élimination du scénario => Non retenu dans ce cas.</p>	12-14
Soupape de sécurité	10^{-1}	<p>INERIS DRA 34 Opération j Partie 2</p> <p><i>La fréquence d'occurrence de défaillance d'une soupape de sécurité peut être estimée à $1.10^{-1}/an$.</i></p> <p>L'utilisation de la soupape étant pour un stockage de gaz propre.</p>	10-11

Tableau 24 – Probabilités de défaillance sur demande des barrières de maîtrise des risques

40. SCENARIO 4 : ÉCLATEMENT DE LA CHAMBRE DE COMBUSTION

Les paragraphes suivants explicitent le nœud papillon 4 relatif au scénario d'éclatement de la chambre de combustion de la chaudière LFC au sein de la partie « Fourniture Valmet » de l'installation.

40.1. Description du scénario

Au sein de la chaudière, les résidus du site (principalement le biochar) et de la biomasse sont utilisés pour produire l'énergie nécessaire à l'alimentation du pyrolyseur et des utilités du site.

En cas de perturbation du fonctionnement de la chaudière et d'accumulation de gaz explosif (gaz de combustion ou FOD lors du démarrage) en présence d'une source d'ignition, une explosion peut survenir entraînant une surpression et l'éclatement de la chambre de combustion.

40.2. Évènements initiateurs

Les événements initiateurs identifiés sont présentés ci-dessous, ces événements initiateurs sont issus de discussions en groupe de travail avec le fournisseur de la chaudière Valmet et **CIRCA**.

Les causes identifiées ont aussi été mises en opposition avec le rapport d'étude DRA-18-171215-05612B de mars 2020 relatifs à la prise en compte des centrales à biomasse dans la rédaction d'une étude de dangers réalisé par l'INERIS.

Cause (Événement initiateur)	Analyse de la représentativité sur le site
Accumulation de FOD au démarrage (EI 1)	<p>L'accumulation de FOD au démarrage a pour origine une perte de flamme.</p> <p>La perte de flamme est liée aux conditions au sein de la chambre de combustion. En cas de défaillance de la régulation de niveau (EI1.1) de FOD avec une entrée excessive ou insuffisante de FOD la stabilité de la flamme est perturbée pouvant entraîner jusqu'à son extinction.</p> <p>Un contrôle de la flamme est mis en place dans la chambre de combustion avec une fermeture des vannes d'alimentation en cas de perte de la flamme (B4.1).</p> <p>Avant le rallumage du brûleur une séquence de balayage est réalisée pour prévenir de toute accumulation au cours d'un arrêt (B4.2).</p> <p>Compte-tenu des caractéristiques d'inflammation du FOD, en cas de démarrage à froid, ce dernier n'est pas susceptible de générer des vapeurs inflammables, cet événement initiateur n'est ainsi valable qu'en cas de démarrage à chaud.</p> <p>Les démarrages sont estimés à 5 % du temps annuel de fonctionnement selon le retour d'expérience de Valmet.</p>

Cause (Événement initiateur)	Analyse de la représentativité sur le site
<p>Accumulation de gaz de combustions (EI 2)</p>	<p>Deux sources d'accumulation de gaz de combustions sont identifiées :</p> <p><u>Mauvaise combustion suite à un mauvais ratio air/combustible</u></p> <p>Le flux de combustibles dicte la quantité d'air injectée au sein de la chambre de combustion ; ainsi le mauvais ratio air/combustible est lié à un défaut d'air qui a comme causes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ◇ Registre du ventilateur fermé à tort (EI 2.1) ; ◇ Erreur opérateur entraînant une diminution du débit d'air (EI 2.2) ; ◇ Défaillance du ventilateur (EI 2.3) ; ◇ Défaillance du contrôleur d'entrée d'air (EI 2.4). <p>Le débit d'air (B4.3), les ratios air/gaz (B4.4 et B4.5) sont contrôlés au sein de la chambre de combustion.</p> <p>Une détection de CO avec alarme permet de plus d'identifier la présence d'imbrûlés au sein de la chambre (B4.6).</p> <p><u>Perte de flamme en fonctionnement</u></p> <p>Le brûleur de la chaudière est alimenté par des flux annexes du site ainsi en cas de perturbations en amont de la chaudière, la stabilité de la flamme n'est plus assurée par une dérive du ratio de gaz au brûleur. Ces dérives de procédé ont comme cause :</p> <ul style="list-style-type: none"> ◇ La fermeture à tort d'une vanne manuelle (EI 2.5) ; ◇ La défaillance d'un équipement (EI 2.6) ; ◇ La fermeture à tort d'une vanne automatique (EI 2.7). <p>Un contrôle de la flamme est mis en place dans la chambre de combustion avec une fermeture des vannes d'alimentation en cas de perte de la flamme (B4.1).</p>
<p>Source d'ignition (EI 3)</p>	<p>Dans les deux cas d'accumulation de gaz (en fonctionnement ou au démarrage à chaud) des sources d'ignitions peuvent être présentes en continu (braises, surfaces chaudes...).</p>

40.3. Barrières préventives

Les barrières préventives humaines et/ou techniques permettant de réduire la probabilité d'occurrence des événements initiateurs sont les suivantes :

- **Barrière B4.1 : Détection flamme au sein de la chambre de combustion**

Cette barrière est une barrière technique instrumentée entraînant la fermeture des vannes d'alimentation en combustibles via l'automate de sécurité sur perte de flamme au sein de la chambre de combustion.

Cette barrière est à déclenchement automatique via un traitement informatique ; selon les documents issus de *l'INERIS – DRA 34 Opération j Partie 2 annexe 4* données quantifiées, le niveau de confiance est estimé à **NC = 2**, la fonction étant mise en place avec un niveau de sécurité SIL 2.

- **Barrière B4.2 : Balayage de la chambre de combustion**

Cette barrière est une barrière technique instrumentée, un balayage de la chambre de combustion avant allumage (5 fois le volume) via l'automate de conduite est réalisé avant chaque démarrage de la combustion.

Cette barrière est à déclenchement automatique via un traitement informatique ; selon les documents issus de *l'INERIS – DRA 34 Opération j – Partie 2 annexe 4* données quantifiées, le niveau de confiance est estimé à **NC = 1**.

Cette barrière n'est pas valorisée car elle fait intervenir l'automate de conduite qui peut être à l'origine de l'événement initiateur.

- **Barrière B4.3 : Détection débit d'air bas au sein de la chambre de combustion**

Cette barrière est une barrière technique instrumentée entraînant la fermeture des vannes d'alimentation en combustibles via l'automate de sécurité sur détection de débit d'air bas au sein de la chambre de combustion.

Cette barrière est à déclenchement automatique via un traitement informatique ; selon les documents issus de *l'INERIS – DRA 34 Opération j Partie 2 annexe 4* données quantifiées, le niveau de confiance est estimé à **NC = 2**, la fonction étant mise en place avec un niveau de sécurité SIL 2.

- **Barrière B4.4 : Contrôle des débits d'air et de combustibles de la chambre de combustion**

Cette barrière est une barrière technique à action manuelle, un contrôle croisé des débits d'air et de combustibles est réalisé via l'automate de conduite avec une alarme et action opérateur en cas dérive.

Cette barrière est à déclenchement automatique via un traitement informatique associée à une action opérateur bien définie et simple ; selon les documents issus de *l'INERIS – DRA 34 Opération j – Partie 2 annexe 4* données quantifiées, le niveau de confiance est estimé à **NC = 1**.

Cette barrière n'est pas valorisée car elle fait intervenir l'automate de conduite qui peut être à l'origine de l'événement initiateur.

- **Barrière B4.5 : Détection de ratio air/combustible au sein de la chambre de combustion**

Cette barrière est une barrière technique instrumentée entraînant la fermeture des vannes d'alimentation en combustibles via l'automate de sécurité sur détection de débit d'air bas par rapport au débit de combustible.

Cette barrière est à déclenchement automatique via un traitement informatique ; selon les documents issus de *l'INERIS – DRA 34 Opération j Partie 2 annexe 4* données quantifiées, le niveau de confiance est estimé à **NC = 2**, la fonction étant mise en place avec un niveau de sécurité SIL 2.

Cette barrière n'est pas valorisée car non indépendante de la barrière B4.3 déjà valorisée (logique et actions communes).

- **Barrière B4.6 : Détection de CO au sein de la chambre de combustion**

Cette barrière est une barrière technique à action manuelle, une détection alarmée de CO via l'automate de conduite est présente au sein de la chambre de combustion.

Cette barrière est à déclenchement automatique via un traitement informatique associée à une action opérateur bien définie et simple ; selon les documents issus de *l'INERIS – DRA 34 Opération j – Partie 2 annexe 4* données quantifiées, le niveau de confiance est estimé à **NC = 1**.

Cette barrière n'est pas valorisée car elle fait intervenir l'automate de conduite qui peut être à l'origine de l'événement initiateur.

40.4. Probabilité d'occurrence de l'ERC

Les probabilités de survenue des événements initiateurs sont issues des sources présentées dans le tableau §37.

Compte-tenu des événements initiateurs et des barrières valorisées mise en place la probabilité d'occurrence de l'ERC est la suivante :

- $\{(EI\ 1.1 * B4.1) + [(EI\ 2.1 + EI\ 2.2 + EI\ 2.3 + EI\ 2.4) * B4.3 + (EI\ 2.5 + EI\ 2.6 + EI\ 2.7) * B4.1]\} * EI\ 3$
- $\{(0,1 * 0,05 * 0,01) + [(0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1) * 0,01 + (0,1 + 0,1 + 0,1) * 0,01]\} * 1$
- $5,00.10^{-5} + 4,00.10^{-3} + 3,00.10^{-3}$
- $7,05.10^{-3}$.

La fréquence d'occurrence de l'événement redouté central est ainsi estimée à $7,05.10^{-3}$.

40.5. Barrières limitant les conséquences

Aucune barrière ne permettant de limiter les conséquences de l'éclatement de la chambre de combustion n'a été identifiée.

40.6. Phénomènes dangereux

Un seul phénomène dangereux associé à l'ERC a été identifié compte-tenu de l'absence de barrière de protection.

- PhD 4 : Éclatement de la chambre de combustion.

40.7. Probabilité des phénomènes dangereux

Repère	Calculs	Probabilité	Niveau de probabilité
PhD 4	ERC 4	7,05.10⁻³	B

Tableau 25 – Probabilité du PhD 4

40.8. Distances d'effets relatives au scénario

Le tableau suivant résume les distances d'effet en mètres des phénomènes dangereux à hauteur d'homme (1,5 m) issues des modélisations présentées au §33.

Repère	Effets	BV	SEI	SEL	SELS
PhD 4	Suppression	49	25	Non atteint	Non atteint

Tableau 26 – Distances d'effets du PhD 4

XX Ne sort pas des limites du site

40.9. Gravité du scénario

La gravité du scénario est présentée dans le tableau suivant :

		SEI	SEL	SELS
PhD 4 Effets de suppression	Cibles atteintes*	Zone industrielle hors bâtiment (75 m ²)	Aucune	Aucune
	Nb de personnes dans la zone	0,1	-	-
	Niveau gravité pénalisant	Modérée		

Tableau 27 – Gravité du PhD 4

* Le nombre de cibles atteintes à l'intérieur du périmètre de la centrale Émile Huchet est déterminé en fonction des restrictions d'usages définies entre **CIRCA** et GAZEL Energie (cf §10.3.3)

40.10. Cinétique du scénario

Vu le délai d'atteinte des cibles immédiat et la durée d'exposition instantanée, la cinétique d'explosion est considérée comme **rapide**.

40.11. Effets dominos

Le seuil des effets dominos n'est pas atteint pour ce scénario compte-tenu de la pression de tenue de la chambre de combustion.

Il n'y a aucun effet domino potentiel à l'extérieur du site.

40.12. Conclusion

Le tableau récapitulatif suivant présente pour les phénomènes dangereux, leurs cinétiques, leurs probabilités d'occurrence ainsi que les distances maximales de leurs effets :

Repère	Probabilité	Type d'effet	Distances calculées (m)				Gravité	Cinétique
			BV	SEI	SEL	SELS		
PhD 4	B	Suppression	49	25	NA	NA	Modérée	Rapide

Tableau 28 – Résultats du PhD 4

XX Ne sort pas des limites du site

NA = Non Atteint

Le positionnement des phénomènes dangereux dans la grille de criticité définie par l'arrêté du 29 septembre 2005 est le suivant :

Gravité des conséquences sur les personnes exposées au risque	PROBABILITÉ D'OCCURRENCE (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré				PhD 4	

Tableau 29 – Grille de criticité du PhD 4

En conclusion, le scénario PhD 4 est **acceptable** selon la grille du 29/09/2005.

40.13. Représentation du nœud papillon

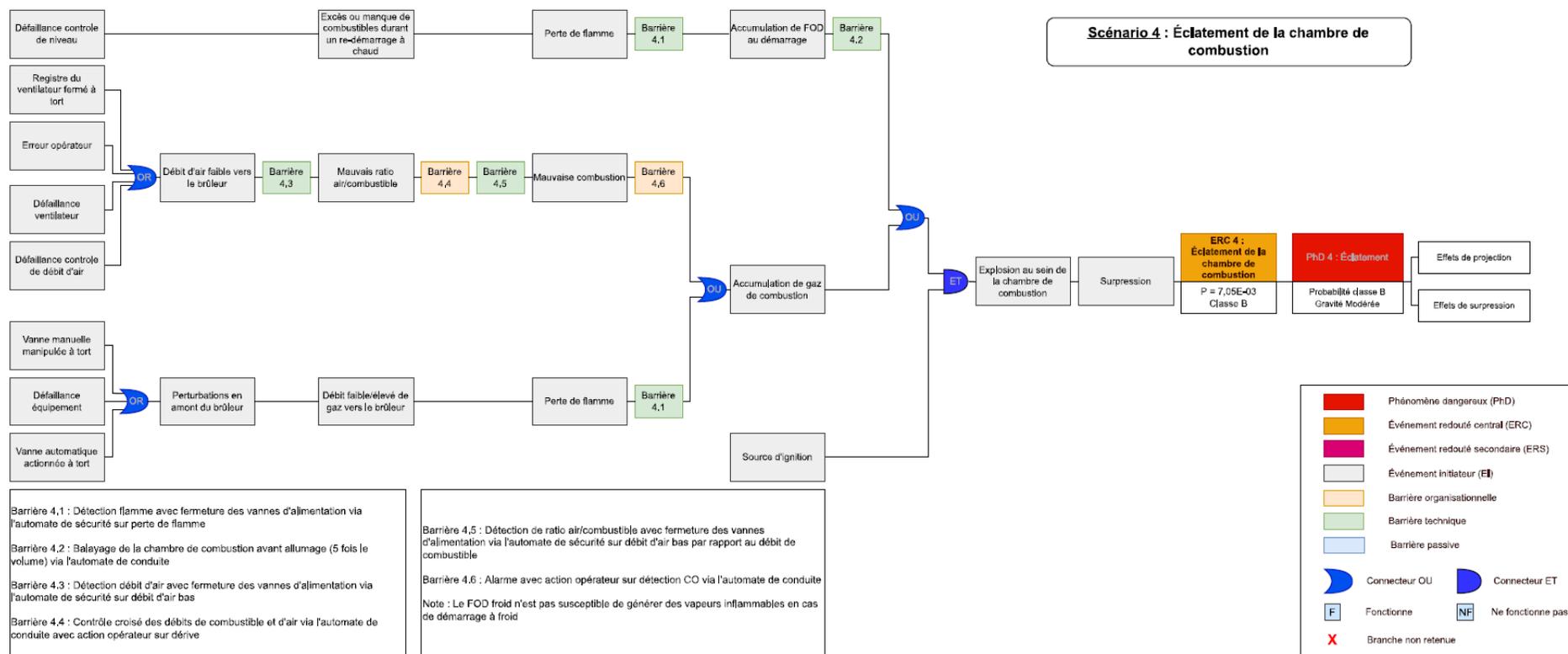


Figure 13 – Représentation en nœud papillon du scénario 4

40.14. Cartographie des distances d'effets

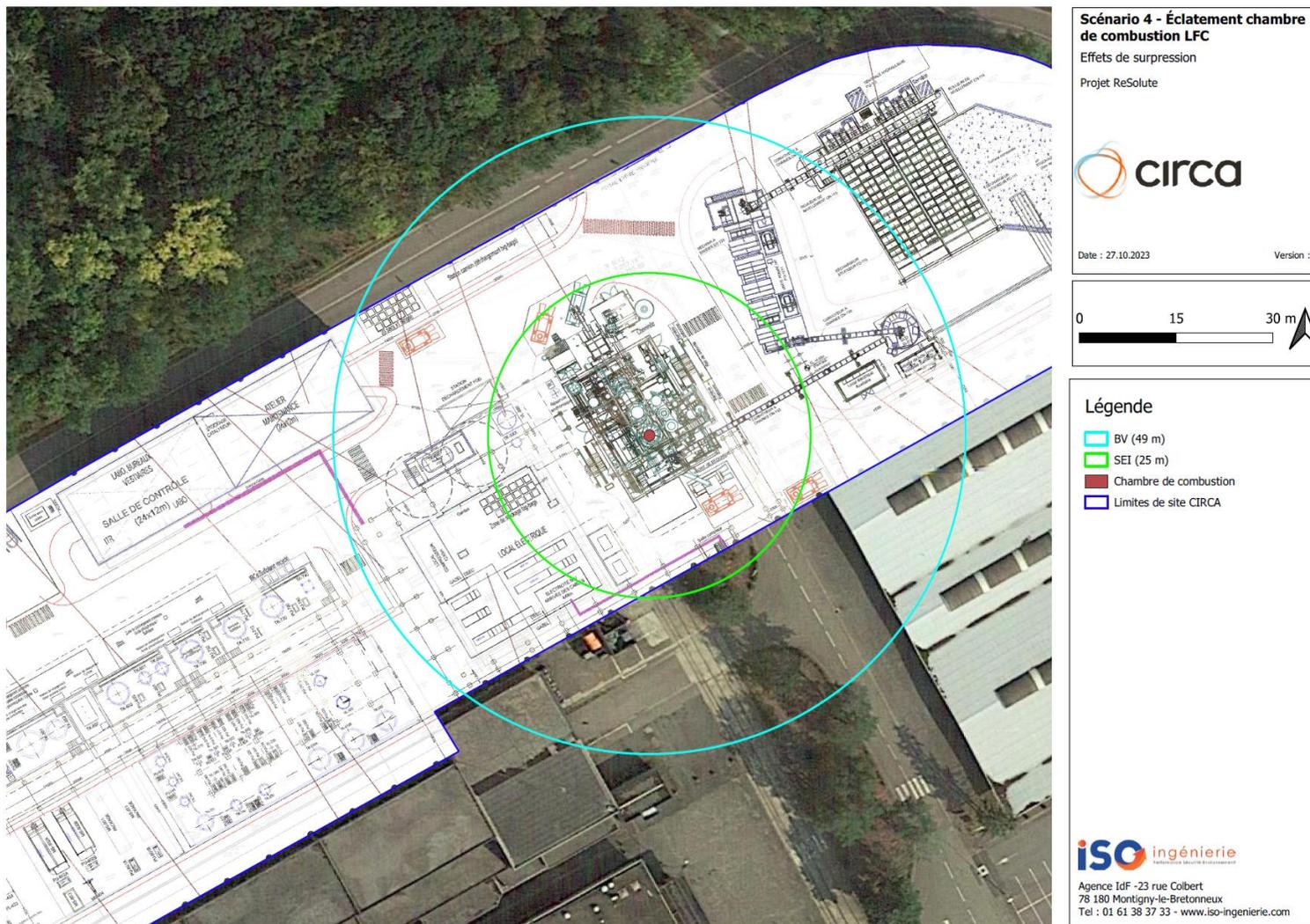


Figure 14 – Cartographie des distances d'effets du scénario 4

41. SCENARIO 10 : ÉCLATEMENT DE L'HYDROGENATEUR

Les paragraphes suivants explicitent le nœud papillon 10 relatif au scénario d'éclatement de l'hydrogénateur au niveau de l'unité d'hydrogénation.

41.1. Description du scénario

La réaction d'hydrogénation du Cyrène™ est réalisée avec injection d'hydrogène dans du LGO en présence d'un catalyseur. La présence d'hydrogène, gaz hautement réactif, présente un risque important d'explosion en cas de mélange avec l'oxygène. La réaction est de plus exothermique.

En cas de surpression à l'intérieur de l'hydrogénateur ce dernier peut éclater sous l'effet de la pression.

41.2. Évènements initiateurs

Les événements initiateurs identifiés sont présentés ci-dessous, ces événements initiateurs sont issus de discussions en groupe de travail avec le fournisseur de l'unité d'hydrogénation EKATO et **CIRCA**.

L'identification des événements initiateurs s'est portée sur les sources de surpression à l'intérieur de l'hydrogénateur pouvant mener à sa rupture.

Cause (Événement initiateur)	Analyse de la représentativité sur le site
Explosion interne (EI 1)	<p>L'explosion interne au sein du réservoir à pour cause un mélange explosif entre l'hydrogène et l'oxygène en présence d'une source d'ignition.</p> <p>L'hydrogène étant utilisé pour la réaction sa présence est permanente en fonctionnement dans le réacteur, la principale source d'explosion étant alors l'entrée d'oxygène.</p> <p>La source d'entrée d'oxygène identifiée dans le réacteur, est l'entrée d'air après maintenance ou une longue période d'inutilisation. Ces séquences sont estimées à 4 fois par an (EI 1.1).</p> <p>Avant chaque redémarrage de l'installation, une séquence de balayage du réacteur est réalisée pour éliminer tout air résiduel dans l'hydrogénateur. La présence d'oxygène avant le démarrage est ainsi conditionnée à un oubli de la séquence de purge (EI 1.2).</p> <p>Une seconde purge indépendante de la première est conduite via l'automate de sécurité avant chaque injection d'hydrogène dans le réacteur (B10.1).</p> <p>Au sein du réacteur le matériel utilisé est certifié ATEX pour limiter les sources d'ignition à l'intérieur (B10.2). La probabilité d'inflammation reste néanmoins élevée compte-tenu de la forte réactivité de l'hydrogène (EI 1.3).</p>

Cause (Événement initiateur)	Analyse de la représentativité sur le site
Emballement de réaction (EI 2)	<p>La réaction étant exothermique, un emballement de réaction est possible. Cependant au sein du réacteur la température va monter dans un premier temps avant qu'une montée en pression soit identifiée (dégradation tardive des produits dans le réacteur).</p> <p>La température de design du réacteur est atteinte avant la pression de design de l'équipement entraînant des fuites au niveau des joints plutôt qu'un éclatement de la capacité.</p> <p>L'emballement de réaction n'est ainsi pas retenu comme événement initiateur.</p> <p>Cet événement, bien que non retenu pour ce scénario, est protégé par un interlock sur température haute avec arrêt de l'alimentation en hydrogène.</p>
Agression extérieure par effets dominos (EI 3)	<p>Des effets thermiques ou de surpression externes sont identifiés depuis la conduite d'hydrogène en provenance du stockage (cf 43.12).</p> <p>Un jet enflammé ou un UVCE en provenance de la ligne <u>H₂ aérienne</u> peut provoquer une surpression par échauffement de la capacité ou une rupture de l'enceinte par effets de surpression. De manière similaire un UVCE en provenance de la ligne <u>H₂ enterrée</u> peut provoquer une rupture de l'enceinte de l'hydrogénateur (EI 3.1).*</p> <p>Une soupape de sécurité, dimensionnée pour le cas feu, est mise en place sur le réacteur pour protéger le réacteur des effets dominos thermiques (B10.3).</p>

* La ligne hydrogène étant connectée à l'hydrogénateur et le stockage des effets dominos sont identifiés entre l'ensemble de ces équipements, la détermination de la probabilité des effets dominos tient compte du scénario le plus pénalisant.

41.3. Barrières préventives

Les barrières préventives humaines et/ou techniques permettant de réduire la probabilité d'occurrence des événements initiateurs sont les suivantes :

- **Barrière B10.1 : Purge à l'azote avant injection d'hydrogène**

Cette barrière est une barrière technique instrumentée empêchant l'alimentation en hydrogène du réacteur en cas de non-réalisation de la séquence de purge à l'azote avant démarrage de la séquence.

Cette barrière est à déclenchement automatique via un traitement informatique ; selon les documents issus de *l'INERIS – DRA 34 Opération j Partie 2 annexe 4* données quantifiées, le niveau de confiance est estimé à **NC = 1**, la fonction étant mise en place avec un niveau de sécurité SIL 1.

- **Barrière B10.2 : Matériel ATEX dans l'hydrogénateur**

Cette barrière est une barrière organisationnelle, le choix des équipements au sein du réacteur a été réalisé en accord avec les contraintes ATEX de l'hydrogène pour limiter les sources d'ignition.

Selon les document de *l'INERIS DRA 71 Opération B*, la probabilité d'inflammation d'un gaz hautement réactif particulier en zone classée ATEX est diminuée à 10^{-1} , un niveau de confiance **NC = 1** est ainsi associé à cette barrière.

- **Barrière B10.3 : Soupape sur l'hydrogénateur**

Cette barrière est une barrière passive, la soupape est dimensionnée pour le cas feu, cause initiatrice de la montée en pression.

Selon les documents issus de *l'INERIS – DRA 34 Opération j Partie 2 annexe 4* données quantifiées, le niveau de confiance est estimé à **NC = 1** dans le cadre d'une soupape de sécurité pour un gaz propre.

41.4. Probabilité d'occurrence de l'ERC

Les probabilités de survenue des événements initiateurs sont issues des sources présentées dans le tableau §37.

Compte-tenu des événements initiateurs et des barrières valorisées mise en place la probabilité d'occurrence de l'ERC est la suivante :

- $(EI\ 1.1 * EI\ 1.2) * B10.1) * EI\ 1.3/B10.2 + (PhD\ 12a + PhD\ 12d + PhD\ 12f * B10.3)^3$
- $(4 * 0,1) * 0,1) * 0,1 + (5.10^{-6} + 1.10^{-6} + 1.10^{-6} * 0,1)$
- $4,00.10^{-3} + 7,00.10^{-6}$
- $4,00.10^{-3}$.

La fréquence d'occurrence de l'événement redouté central est ainsi estimée à $4,00.10^{-3}$.

³ La probabilité des PhD est différente de celle calculée dans le paragraphe 43 car les effets dominos de l'hydrogénateur ont été retirés

41.5. Barrières limitant les conséquences

Aucune barrière ne permettant de limiter les conséquences d'un éclatement de l'hydrogénateur n'a été identifiée.

41.6. Phénomènes dangereux

Un seul phénomène dangereux associé à l'ERC a été identifié compte-tenu de l'absence de barrière de protection.

- PhD 10 : Éclatement de l'hydrogénateur.

41.7. Probabilité des phénomènes dangereux

Repère	Calculs	Probabilité	Niveau de probabilité
PhD 10	ERC 10	4,00.10⁻³	B

Tableau 30 – Probabilité du PhD 10

41.8. Distances d'effets relatives au scénario

Le tableau suivant résume les distances d'effet en mètres des phénomènes dangereux à hauteur d'homme (1,5 m) issues des modélisations présentées au §33.

Repère	Effets	BV	SEI	SEL	SELS
PhD 10	Suppression	66	33	15	11

Tableau 31 – Distances d'effets du PhD 10

XX Ne sort pas des limites du site

41.9. Gravité du scénario

La gravité du scénario est présentée dans le tableau suivant :

		SEI	SEL	SELS
PhD 10 Effets de suppression	Cibles atteintes*	Zone industrielle hors bâtiment (700 m ²)	Aucune	Aucune
	Nb de personnes dans la zone	0,7	-	-
	Niveau gravité pénalisant	Modérée		

Tableau 32 – Gravité du PhD 10

* Le nombre de cibles atteintes à l'intérieur du périmètre de la centrale Émile Huchet est déterminé en fonction des restrictions d'usages définies entre **CIRCA** et GAZEL Energie (cf §10.3.3)

41.10. Cinétique du scénario

Vu le délai d'atteinte des cibles immédiat et la durée d'exposition instantanée, la cinétique d'explosion est considérée comme **rapide**.

41.11. Effets dominos

Des effets dominos internes au site sont identifiées sur la canalisation d'hydrogène. Ces effets sont pris en compte comme événement initiateur au §43.2.

Il n'y a aucun effet domino potentiel à l'extérieur du site.

41.12. Conclusion

Le tableau récapitulatif suivant présente pour les phénomènes dangereux, leurs cinétiques, leurs probabilités d'occurrence ainsi que les distances maximales de leurs effets :

Repère	Probabilité	Type d'effet	Distances calculées (m)				Gravité	Cinétique
			BV	SEI	SEL	SELS		
PhD 10	B	Suppression	66	33	15	11	Modérée	Rapide

Tableau 33 – Résultats du PhD 10

XX Ne sort pas des limites du site

Le positionnement des phénomènes dangereux dans la grille de criticité définie par l'arrêté du 29 septembre 2005 est le suivant :

Gravité des conséquences sur les personnes exposées au risque	PROBABILITÉ D'OCCURRENCE (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré				PhD 10	

Tableau 34 – Grille de criticité du PhD 10

En conclusion, le scénario PhD 10 est **acceptable** selon la grille du 29/09/2005.

41.13. Représentation du nœud papillon

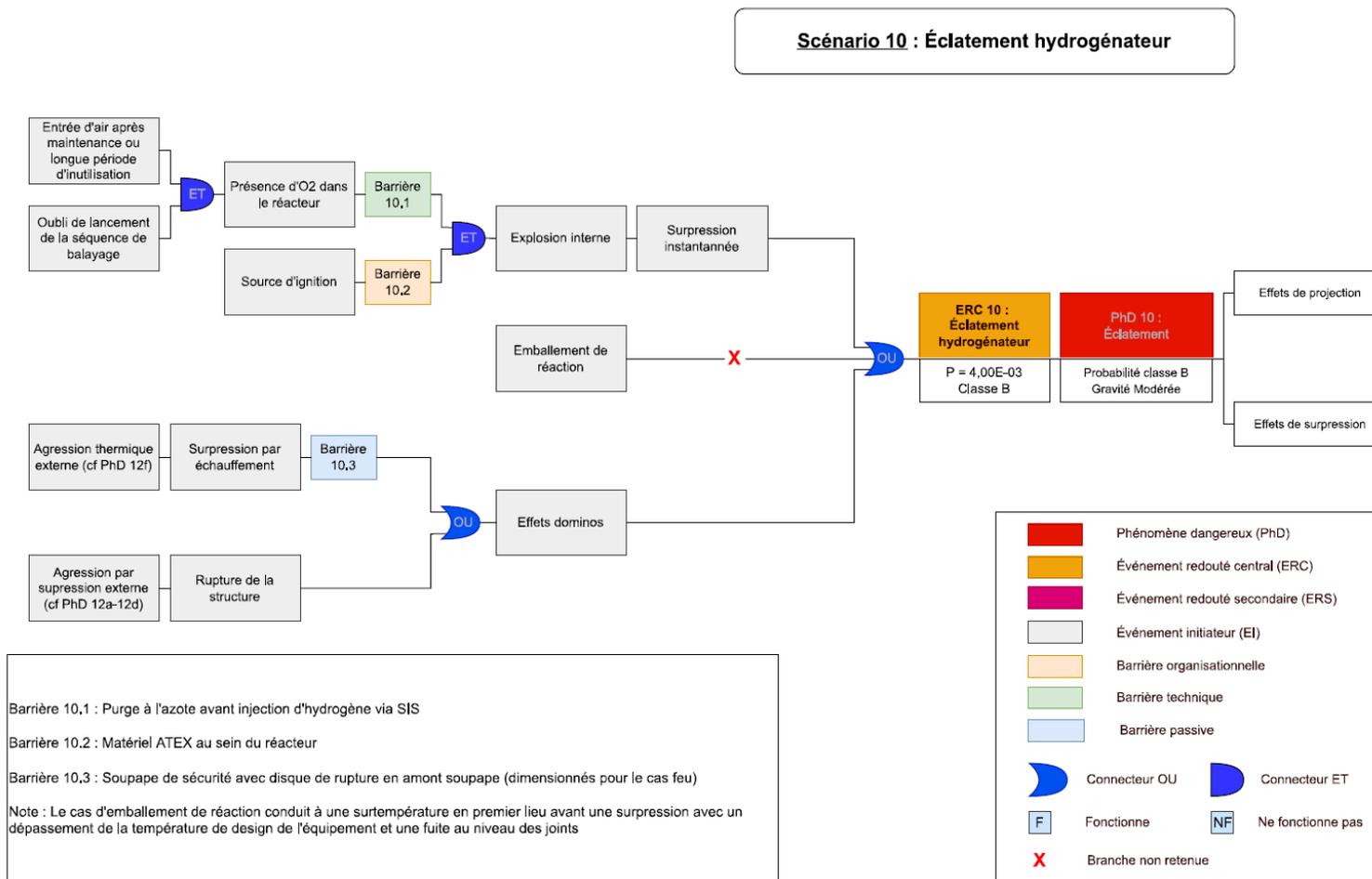


Figure 15 – Représentation en nœud papillon de l'ERC 10

41.14. Cartographie des distances d'effets

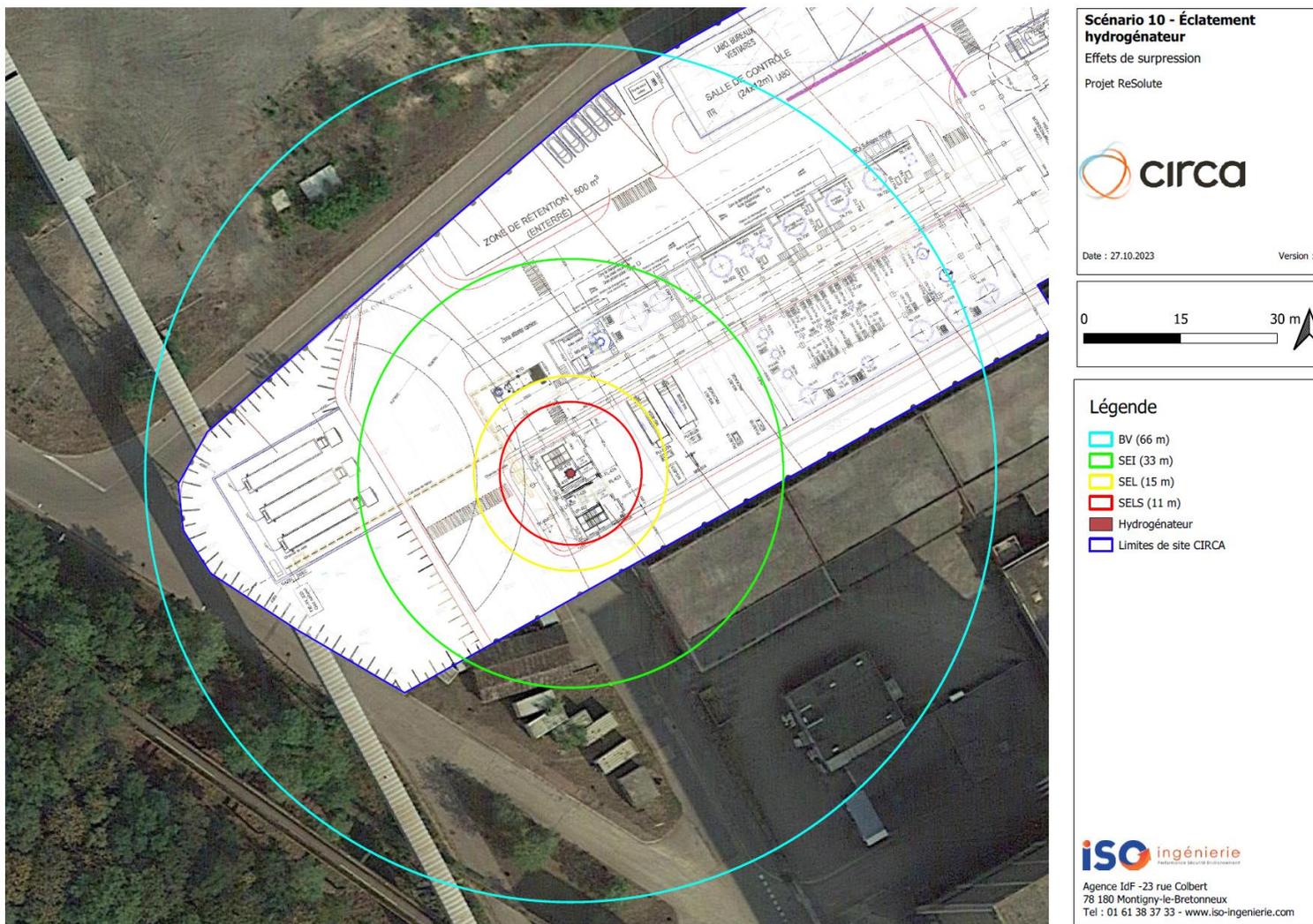


Figure 16 – Cartographie des distances d'effets du scénario 10

42. SCENARIO 11 : ÉCLATEMENT DU STOCKAGE HYDROGENE

Les paragraphes suivants explicitent le nœud papillon 11 relatif au scénario d'éclatement du stockage d'hydrogène situé à l'Ouest du site sur une dalle dédiée.

42.1. Description du scénario

Le stockage d'hydrogène est approvisionné par trailers de la part de Linde directement sur le site. Les trailers sont amenés pleins sur le site et sont expédiés une fois vides, aucune étape de remplissage n'est réalisée sur site.

En cas de montée en pression au sein du réservoir, un éclatement du réservoir peut survenir.

Le stockage est situé proche des limites de site extérieures, afin de limiter les effets de surpression vers l'extérieur et les agressions extérieures le stockage est bordé par des merlons de terre et d'un mur.

42.2. Évènements initiateurs

Les événements initiateurs identifiés sont présentés ci-dessous, ces événements initiateurs sont issus de discussions en groupe de travail avec le fournisseur des trailers LINDE et **CIRCA**.

L'identification des événements initiateurs s'est portée sur les causes de montée en pression des bouteilles du trailer.

Cause (Événement initiateur)	Analyse de la représentativité sur le site
Feu externe au site (EI 1)	Le stockage d'hydrogène est situé en limite de site à l'écart des autres installations du site. Le stockage est éloigné aussi de la forêt et de toute étendue inflammable ou combustible (espaces verts, broussailles...). Compte-tenu des dispositions mises en place sur le site, cet événement initiateur n'est pas retenu.
Agression extérieure par effets dominos (EI 2)	Des effets thermiques ou de surpression externes sont identifiés depuis la conduite d'hydrogène (cf 43.12). Un jet enflammé ou un UVCE en provenance de la ligne H ₂ enterrée peut provoquer une surpression par échauffement de la capacité ou une rupture de l'enceinte par effets de surpression (EI 2.1). Une soupape de sécurité, dimensionnée pour le cas feu, est mise en place en aval du stockage pour protéger la capacité des effets thermiques (B11.1).

42.3. Barrières préventives

- **Barrière B11.1 : Soupape sur le stockage d'hydrogène**

Cette barrière est une barrière passive, la soupape est dimensionnée pour le cas feu, cause initiatrice de la montée en pression.

Selon les documents issus de *l'INERIS – DRA 34 Opération j Partie 2 annexe 4* données quantifiées, le niveau de confiance est estimé à **NC = 1** dans le cadre d'une soupape de sécurité pour un gaz propre.

42.4. Probabilité d'occurrence de l'ERC

Les probabilités de survenue des événements initiateurs sont issues des sources présentées dans le tableau §37.

Compte-tenu des événements initiateurs et des barrières valorisées mise en place la probabilité d'occurrence de l'ERC est la suivante :

- $PhD\ 12a + PhD\ 12c * B11.1^4$
- $5,40.10^{-6} + 5,40.10^{-5} * 0,1$
- $1,08.10^{-5}$.

La fréquence d'occurrence de l'événement redouté central est ainsi estimé à $1,08.10^{-5}$.

42.5. Barrières limitant les conséquences

Afin de limiter les conséquences vers l'extérieur du site d'un éclatement du stockage d'hydrogène, un mur écran est positionné autour du stockage. Le mur est dimensionné pour contenir les effets dominos au sein du site, comme présenté dans le rapport de modélisation en annexe.

42.6. Phénomènes dangereux

Un seul phénomène dangereux associé à l'ERC a été identifié.

- PhD 11 : Éclatement du stockage d'hydrogène.

42.7. Probabilité des phénomènes dangereux

Repère	Calculs	Probabilité	Niveau de probabilité
PhD 11	ERC 11	$1,08.10^{-5}$	D

Tableau 35 – Probabilité du PhD 11

⁴ La probabilité des PhD est différente de celle calculée dans le paragraphe 43 car les effets dominos du stockage hydrogène ont été retirés

42.8. Distances d'effets relatives au scénario

Le tableau suivant résume les distances d'effet en mètres des phénomènes dangereux à hauteur d'homme (1,5 m) issues des modélisations présentées au §33.

Repère	Effets	BV	SEI	SEL	SELS
PhD 11	Suppression	125	62	28	4

Tableau 36 – Distances d'effets du PhD 11

XX Ne sort par des limites du site

Nota : Les effets présentés ci-dessus sont avec prise en compte du mur et des merlons de terre.

42.9. Gravité du scénario

La gravité du scénario est présentée dans le tableau suivant :

		SEI	SEL	SELS
PhD 11 Effets de suppression	Cibles atteintes*	Zone industrielle hors bâtiment (7900 m ²) Route autour du site (250 m)	Zone industrielle hors bâtiment (210 m ²) Route autour du site (85 m)	Aucune
	Nb de personnes dans la zone	8,7	0,6	-
	Niveau gravité pénalisant	Sérieuse		

Tableau 37 – Gravité du PhD 11

* Le nombre de cibles atteintes à l'intérieur du périmètre de la centrale Émile Huchet est déterminé en fonction des restrictions d'usages définies entre **CIRCA** et **GAZEL Energie** (cf §10.3.3)

42.10. Cinétique du scénario

Vu le délai d'atteinte des cibles immédiat et la durée d'exposition instantanée, la cinétique d'explosion est considérée comme **rapide**.

42.11. Effets dominos

Des effets dominos sont identifiés sur la canalisation d'hydrogène. Cependant d'après les événements initiateurs identifiés, la rupture de la canalisation d'hydrogène est l'origine de la suppression au sein du réservoir.

Ainsi les effets dominos du réservoir n'ont pas de conséquences supplémentaires sur la canalisation d'hydrogène.

Il n'y a aucun effet domino potentiel à l'extérieur du site.

Aucun autre effets dominos sur des installations concernées par l'étude de dangers n'a été identifiée.

42.12. Conclusion

Le tableau récapitulatif suivant présente pour les phénomènes dangereux, leurs cinétiques, leurs probabilités d'occurrence ainsi que les distances maximales de leurs effets :

Repère	Probabilité	Type d'effet	Distances calculées (m)				Gravité	Cinétique
			BV	SEI	SEL	SELS		
PhD 11	D	Suppression	125	62	28	4	Sérieuse	Rapide

Tableau 38 – Résultats du PhD 11

XX Ne sort pas des limites du site

Le positionnement des phénomènes dangereux dans la grille de criticité définie par l'arrêté du 29 septembre 2005 est le suivant :

Gravité des conséquences sur les personnes exposées au risque	PROBABILITÉ D'OCCURRENCE (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux		PhD 11			
Modéré					

Tableau 39 – Grille de criticité du PhD 11

En conclusion, le scénario PhD 11 est **acceptable** selon la grille du 29/09/2005.

42.13. Représentation du nœud papillon

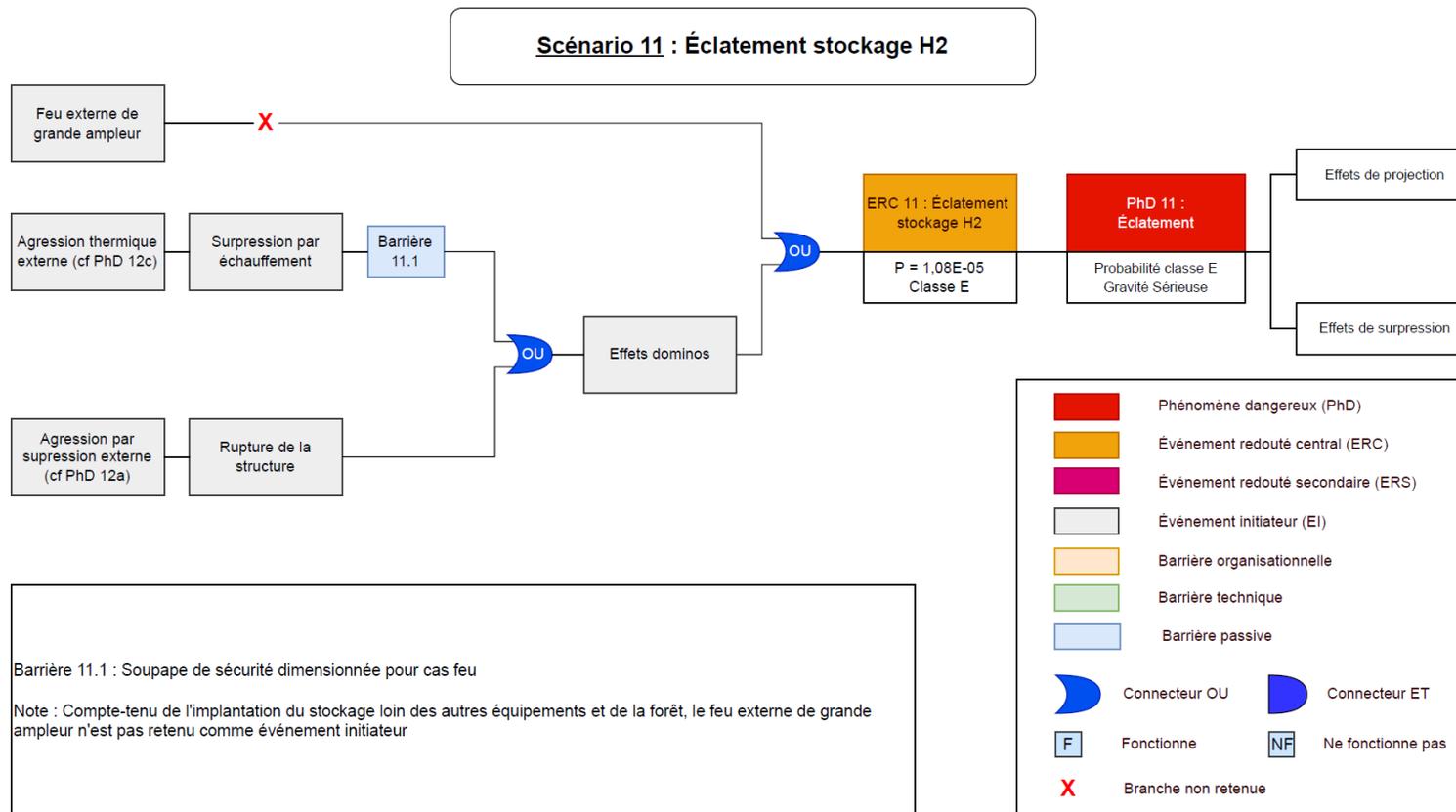


Figure 17 – Représentation en nœud papillon du scénario 11

42.14. Cartographie des distances d'effets

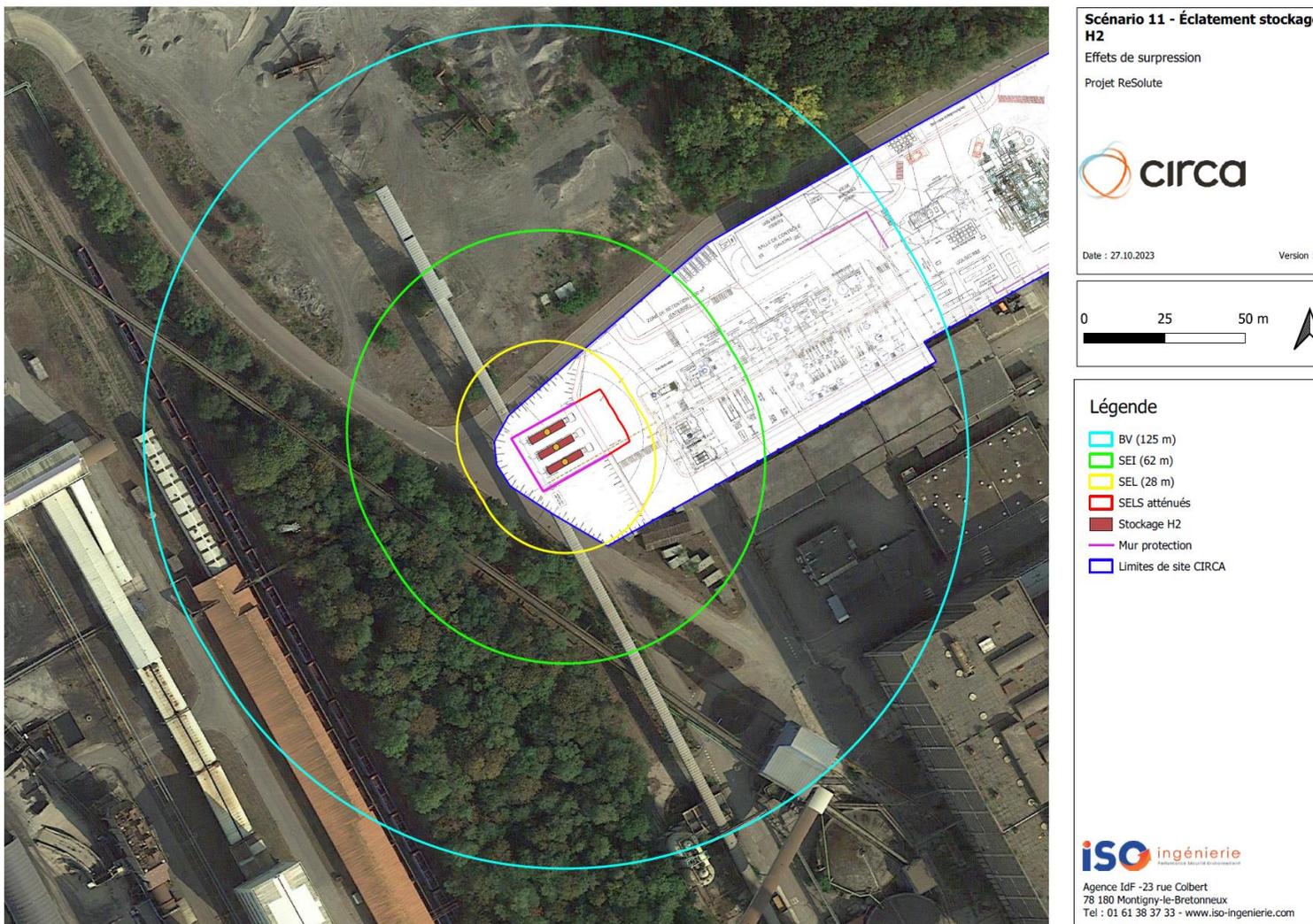


Figure 18 – Cartographie des distances d'effets du scénario 11

43. SCENARIO 12 : UVCE/JET ENFLAMME SUITE A LA RUPTURE DE LA LIGNE H₂ EN EXTERIEUR

Les paragraphes suivants explicitent le nœud papillon 12 relatif au scénario de rupture de la ligne H₂ en extérieur menant à un jet enflammé ou UVCE/Flash-fire.

2 cas distincts sont présentés dans ce scénario :

- ◇ Un premier cas sur la partie enterrée de la canalisation correspondant à 40 m de longueur depuis le stockage H₂ jusqu'à la sortie de terre au niveau de l'hydrogénation ;
- ◇ Un deuxième cas sur la partie aérienne de la canalisation correspondant à 10 m de longueur depuis la sortie de terre jusqu'à l'hydrogénateur.

Pour les effets situés au niveau du stockage d'hydrogène, le mur et les merlons de terres ont été valorisés de la même manière que pour le scénario 11 relatif à l'éclatement du stockage d'hydrogène.

43.1. Description du scénario

Une canalisation d'hydrogène permet l'acheminement entre le stockage et l'hydrogénateur, cette canalisation de 50 m, DN25 est enterrée puis aérienne sur le site pour limiter les conséquences d'un rejet d'hydrogène mais aussi pour protéger la canalisation des agressions extérieures en limitant au maximum la partie aérienne.

En cas de rupture de la ligne H₂ en extérieur selon si l'inflammation est retardée ou immédiate un UVCE/Flash fire ou un jet enflammé est redouté.

43.2. Évènements initiateurs (partie enterrée)

Les événements initiateurs identifiés sont présentés ci-dessous, ces événements initiateurs sont issus de discussions en groupe de travail avec **CIRCA** qui assure la liaison entre le stockage de Linde et l'hydrogénateur fourni par EKATO.

L'identification des événements initiateurs s'est portée sur les causes de rupture de la ligne.

Cause (Événement initiateur)	Analyse de la représentativité sur le site
Agression extérieure de surpression (EI 1)	Des effets de surpression externes sont identifiés depuis l'hydrogénateur, la canalisation de gaz naturel ou depuis le stockage d'hydrogène. Le stockage d'hydrogène, compte-tenu de ces événements initiateurs est exclu de ce scénario. Un éclatement de l'hydrogénateur quant à lui peut résulter en une rupture de la ligne H ₂ (EI 1.1 cf §41.11). Une rupture de la ligne aérienne de gaz naturel peut aussi entraîner la rupture de la ligne d'hydrogène (EI 1.2 cf §44.12). L'impact d'une explosion sur la canalisation est cependant fortement limité du fait de la conception de la tuyauterie, cette dernière est enterrée sous terre sur le site (B12.1).
Choc mécanique (EI 2)	Un choc par un engin ou véhicule (EI 2.1) peut mener à la rupture de la tuyauterie de faible diamètre. L'impact externe d'un engin ou véhicule est une nouvelle fois fortement limité par l'enterrement de la canalisation sur le site (B12.1).

Cause (Événement initiateur)	Analyse de la représentativité sur le site
Défaillance tuyauterie (EI 3)	De multiples causes de défaillance d'une tuyauterie peuvent être identifiées, ces causes ne sont pas toutes quantifiables facilement. Il a ainsi été retenu une probabilité de rupture de tuyauterie générique pour tenir compte de l'ensemble des causes. D'après le CPR 18 E du Purple book, la probabilité de rupture guillotine de la canalisation pour un diamètre de canalisation < 75 mm est de 1.10^{-6} /an/m. La canalisation étant DN25 et mesurant 40 m de long.

43.3. Évènements initiateurs (partie aérienne)

De manière similaire les événements initiateurs sont présentés pour la partie aérienne de la canalisation.

Cause (Événement initiateur)	Analyse de la représentativité sur le site
Agression extérieure de surpression (EI 1)	Des effets de surpression externes sont identifiés depuis l'hydrogénéateur pouvant mener à la rupture de la tuyauterie (EI 1.1) .
Choc mécanique (EI 2)	Un choc par un engin ou véhicule (EI 2.1) peut mener à la rupture de la tuyauterie de faible diamètre. Compte-tenu de l'implantation de cette canalisation en dehors des voies de circulation du site, cet événement initiateur n'est pas retenu.
Défaillance tuyauterie (EI 3)	De multiples causes de défaillance d'une tuyauterie peuvent être identifiées, ces causes ne sont pas toutes quantifiables facilement. Il a ainsi été retenu une probabilité de rupture de tuyauterie générique pour tenir compte de l'ensemble des causes. D'après le CPR 18 E du Purple book, la probabilité de rupture guillotine de la canalisation pour un diamètre de canalisation < 75 mm est de 1.10^{-6} /an/m. La canalisation étant DN25 et mesurant 10 m de long.

43.4. Barrières préventives

Les barrières préventives humaines et/ou techniques permettant de réduire la probabilité d'occurrence des événements initiateurs sont les suivantes :

- **Barrière B12.1 : Canalisation enterrée**

Cette barrière est une barrière passive protégeant de manière physique la canalisation, celle-ci est enterrée sous terre avec une couche additionnelle comme protection (béton par exemple).

Selon les documents issus de *l'INERIS – DRA 34 Opération j Partie 2 annexe 4* données quantifiées, le niveau de confiance est estimé à **NC = 3**, la protection étant purement physique avec une canalisation enterrée avec une protection additionnelle.

43.5. Probabilité d'occurrence de l'ERC

Les probabilités de survenue des événements initiateurs sont issues des sources présentées dans le tableau §37.

Compte-tenu des événements initiateurs et des barrières valorisées mises en place la probabilité de rupture de la tuyauterie H₂ enterrée est :

- $(EI\ 1.1 + EI\ 1.2) * B12.1 + EI\ 2.1 * B12.1 + EI\ 3.1$
- $(4,00.10^{-3} + 1,1.10^{-6}) * 0,001 + 0,01 * 0,001 + 1,00.10^{-6} * 40$
- $4,00.10^{-6} + 1,00.10^{-5} + 4,00.10^{-5}$
- $5,40.10^{-5}$.

De manière similaire pour la canalisation aérienne :

- $EI\ 1.1 + EI\ 3.1$
- $4,00.10^{-3} + 1,00.10^{-6} * 10$
- $4,00.10^{-3} + 1,00.10^{-5}$
- $4,01.10^{-3}$.

En tenant compte de la probabilité d'inflammation d'un rejet d'hydrogène, la probabilité de l'ERC est déterminée.

Il est retenu une probabilité d'inflammation immédiate de 1 d'après la littérature. Afin d'être conservateur une probabilité d'inflammation retardée de 0,1 est tout de même retenue pour ne pas complètement exclure le scénario.

La fréquence d'occurrence de l'événement redouté central (noté ERC 12-1) pour un UVCE/Flash-fire est ainsi estimée à $5,40.10^{-6}$ pour la partie enterrée et de $4,01.10^{-4}$ pour la partie aérienne.

La fréquence d'occurrence de l'événement redouté central (noté ERC 12-2) pour un jet enflammé est ainsi estimée à $5,40.10^{-5}$ et de $4,01.10^{-3}$ pour la partie aérienne.

43.6. Barrières limitant les conséquences

Aucune barrière ne permettant de limiter les conséquences d'un jet enflammé ou UVCE après rupture de la canalisation n'a été identifiée.

43.7. Phénomènes dangereux

6 phénomènes dangereux distincts sont identifiés pour ce scénario.

- PhD 12a : UVCE suite à la rupture de la canalisation hydrogène enterrée ;
- PhD 12b : Flash-fire suite à la rupture de la canalisation hydrogène enterrée ;
- PhD 12c : Jet enflammé suite à la rupture de la canalisation hydrogène enterrée ;
- PhD 12d : UVCE suite à la rupture de la canalisation hydrogène aérienne ;
- PhD 12e : Flash-fire suite à la rupture de la canalisation hydrogène aérienne ;
- PhD 12f : Jet enflammé suite à la rupture de la canalisation hydrogène aérienne.

Le flash-fire et l'UVCE bien que résultant du même phénomène physique conduisent à des effets thermiques et des effets de surpression c'est pour cette raison que les deux sont dissociés.

43.8. Probabilité des phénomènes dangereux

Repère	Calculs	Probabilité	Niveau de probabilité
PhD 12a	ERC 12-1 (enterrée)	5,40.10⁻⁶	E
PhD 12b	ERC 12-1 (enterrée)	5,40.10⁻⁶	E
PhD 12c	ERC 12-2 (enterrée)	5,40.10⁻⁵	D
PhD 12d	ERC 12-1 (aérienne)	4,01.10⁻⁴	C
PhD 12e	ERC 12-1 (aérienne)	4,01.10⁻⁴	C
PhD 12f	ERC 12-2 (aérienne)	4,01.10⁻³	B

Tableau 40 – Probabilité du PhD 12**43.9. Distances d'effets relatives au scénario**

Le tableau suivant résume les distances d'effet en mètres des phénomènes dangereux à hauteur d'homme (1,5 m) issues des modélisations présentées au §33.

Repère	Effets	BV	SEI	SEL	SELS
PhD 12a	Surpression	39	18	8	6
PhD 12b	Thermiques	-	2	1	1
PhD 12c	Thermiques	-	7	5	4
PhD 12d	Surpression	51	25	14	12
PhD 12e	Thermiques	-	17	11	11
PhD 12f	Thermiques	-	8	7	7

Tableau 41 – Distances d'effets du PhD 12

XX Ne sort par des limites du site

43.10. Gravité du scénario

La gravité du scénario est présentée dans le tableau suivant :

		SEI	SEL	SELS
PhD 12a Effets de surpression	Cibles atteintes*	Zone industrielle hors bâtiment (100 m ²) Route autour du site (25 m)	Aucune	Aucune
	Nb de personnes dans la zone	0,2	-	-
	Niveau gravité pénalisant	Modérée		
PhD 12d Effets de surpression	Cibles atteintes*	Zone industrielle hors bâtiment (250 m ²)	Aucune	Aucune
	Nb de personnes dans la zone	0,3	-	-
	Niveau gravité pénalisant	Modérée		
PhD 12e Effets thermiques	Cibles atteintes*	Zone industrielle hors bâtiment (100 m ²)	Aucune	Aucune
	Nb de personnes dans la zone	0,1	-	-
	Niveau gravité pénalisant	Modérée		

Tableau 42 – Gravité du PhD 12

* Le nombre de cibles atteintes à l'intérieur du périmètre de la centrale Émile Huchet est déterminé en fonction des restrictions d'usages définies entre **CIRCA** et **GAZEL Energie** (cf §10.3.3)

43.11. Cinétique du scénario

Vu le délai d'atteinte des cibles immédiat et la durée d'exposition instantanée, la cinétique d'explosion est considérée comme **rapide**.

43.12. Effets dominos

Des effets dominos internes au site sont identifiés sur les scénarios 10,11 et 14 (partie enterrée), ces derniers sont pris en compte dans les événements initiateurs des scénarios respectifs §41.2, 42.2 et 44.2.

Il n'y a aucun effet domino potentiel à l'extérieur du site.

43.13. Conclusion

Le tableau récapitulatif suivant présente pour les phénomènes dangereux, leurs cinétiques, leurs probabilités d'occurrence ainsi que les distances maximales de leurs effets :

Repère	Probabilité	Type d'effet	Distances calculées (m)				Gravité	Cinétique
			BV	SEI	SEL	SELS		
PhD 12a	E	Surpression	39	18	8	6	Modérée	Rapide
PhD 12d	C	Surpression	51	25	14	12	Modérée	Rapide
PhD 12e	C	Thermiques	-	17	11	11	Modérée	Rapide

Tableau 43 – Résultats du PhD 12

XX Ne sort par des limites du site

Le positionnement des phénomènes dangereux dans la grille de criticité définie par l'arrêté du 29 septembre 2005 est le suivant :

	PROBABILITÉ D'OCCURRENCE (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
Gravité des conséquences sur les personnes exposées au risque	Désastreux				
	Catastrophique				
	Important				
	Sérieux				
	Modéré	PhD 12a		PhD 12d PhD 12e	

Tableau 44 – Grille de criticité du PhD 12

En conclusion, les scénarios PhD 12a, 12d et 12e sont **acceptables** selon la grille du 29/09/2005.

43.14. Représentation du nœud papillon

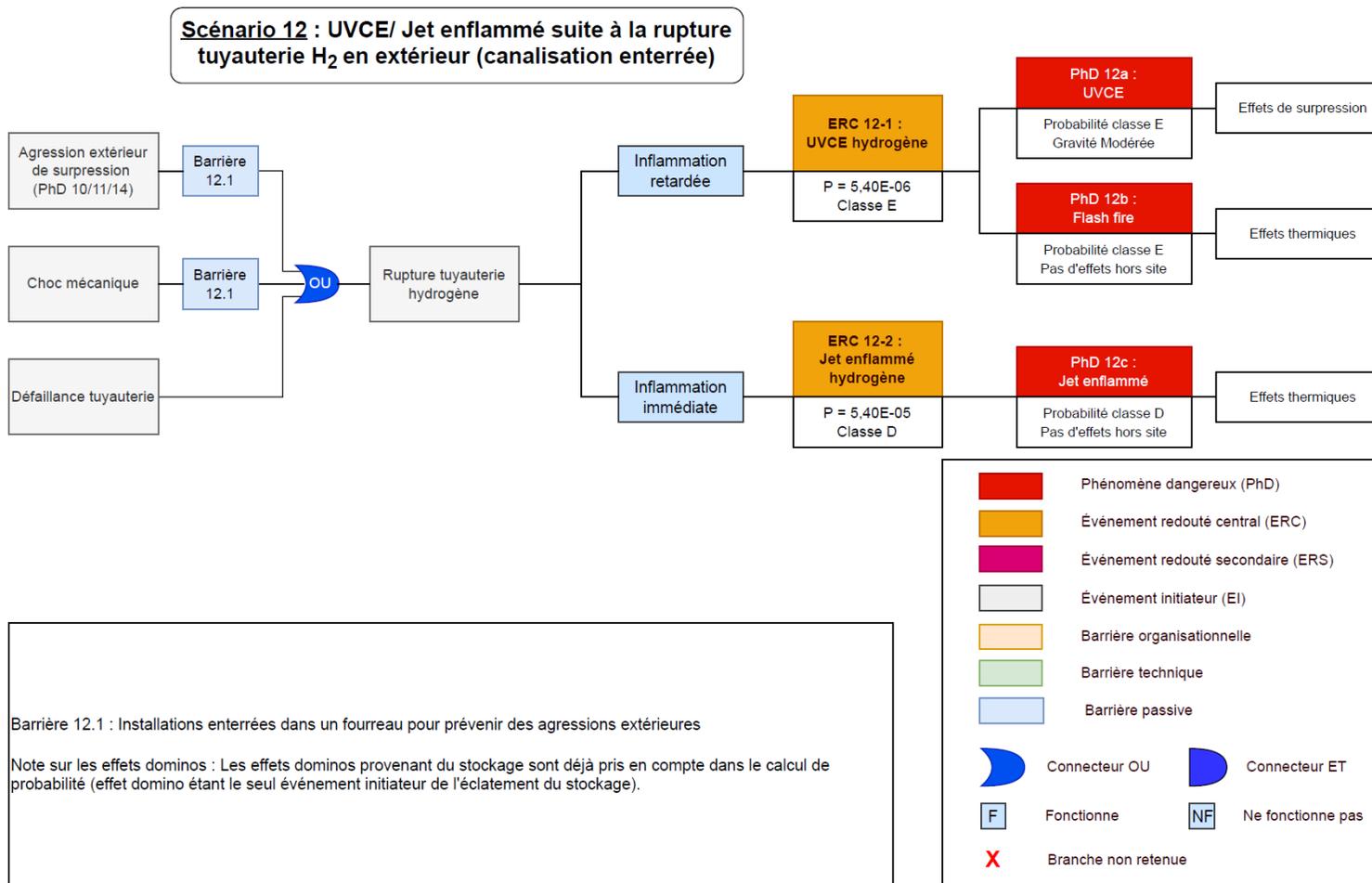


Figure 19 – Représentation en nœud papillon du scénario 12 (enterrée)

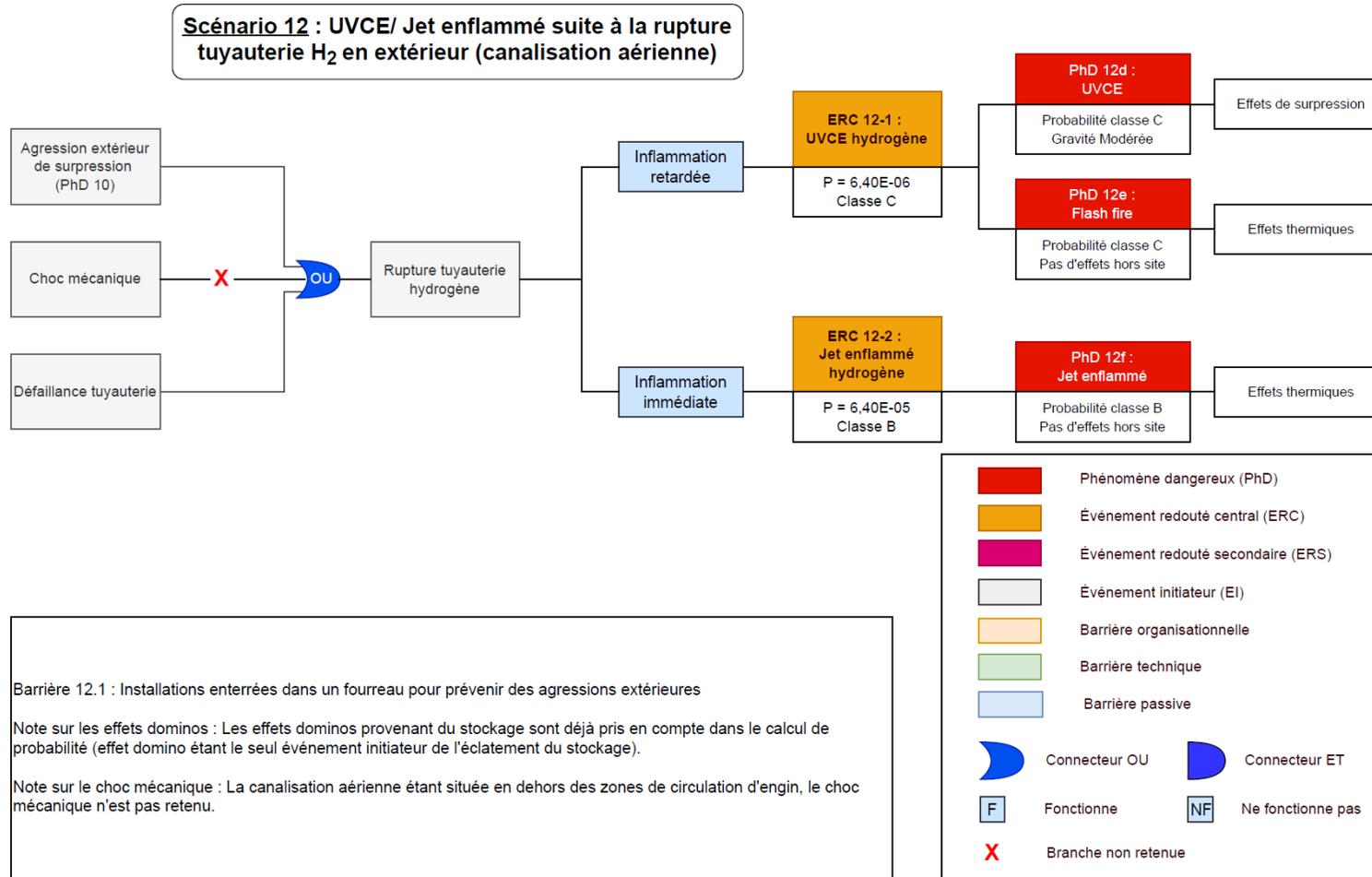


Figure 20 – Représentation en nœud papillon du scénario 12 (aérienne)

43.15. Cartographies des distances d'effets

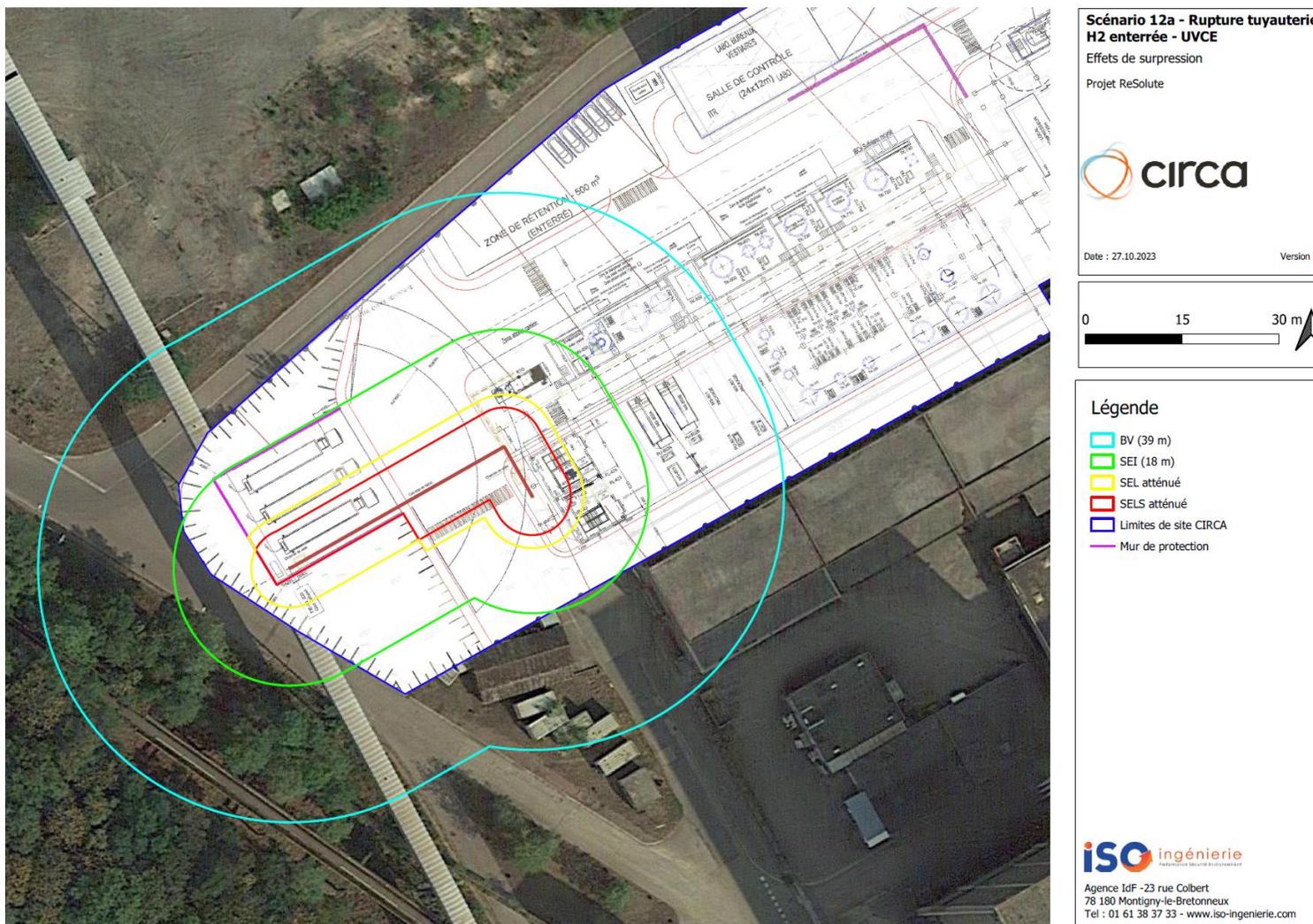
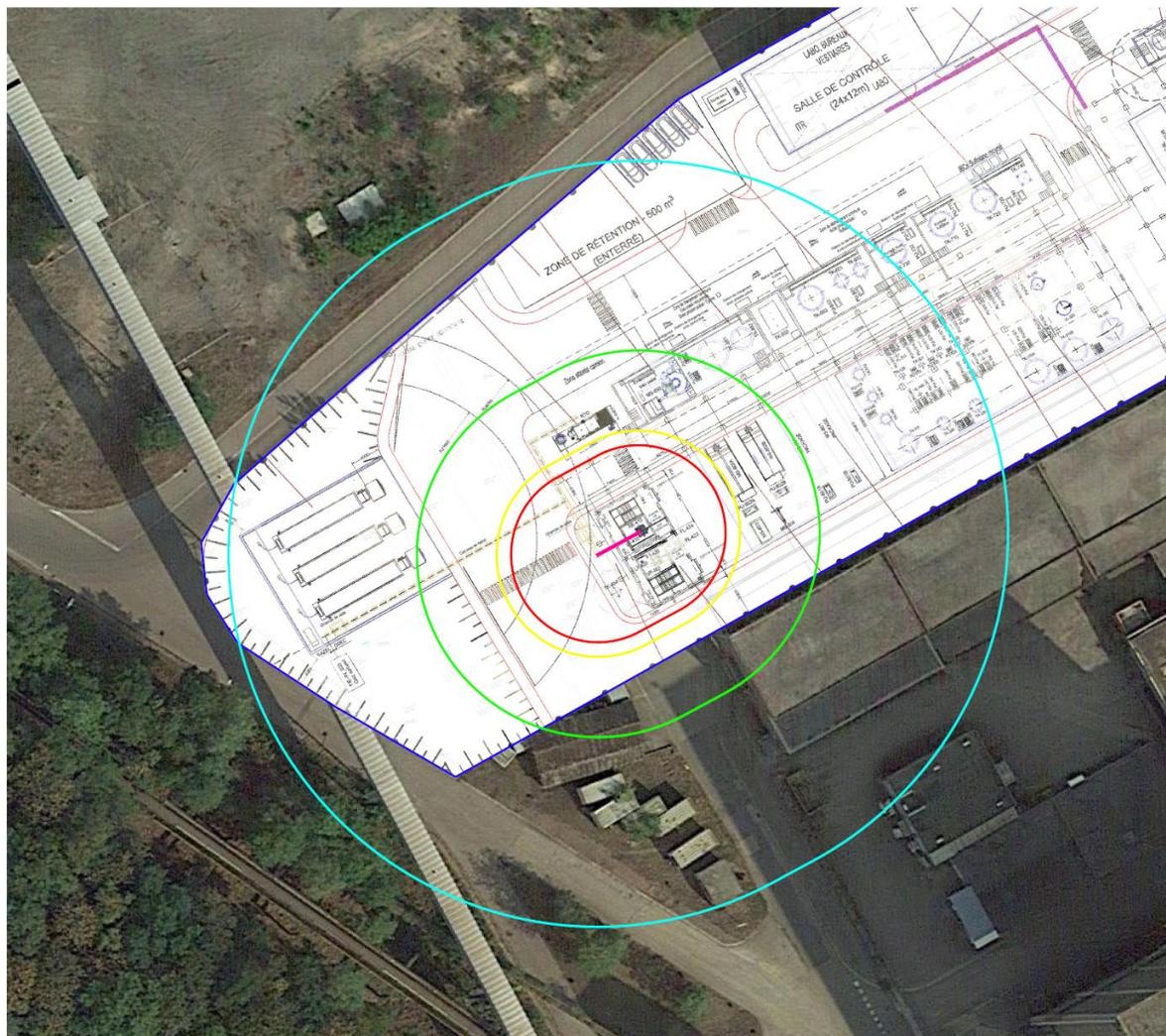


Figure 21 – Cartographie des distances d'effets du scénario 12a



Scénario 12d - Rupture tuyauterie H2 aérienne - UVCE
Effets de surpression
Projet ReSolute



Date : 27.10.2023 Version : 1

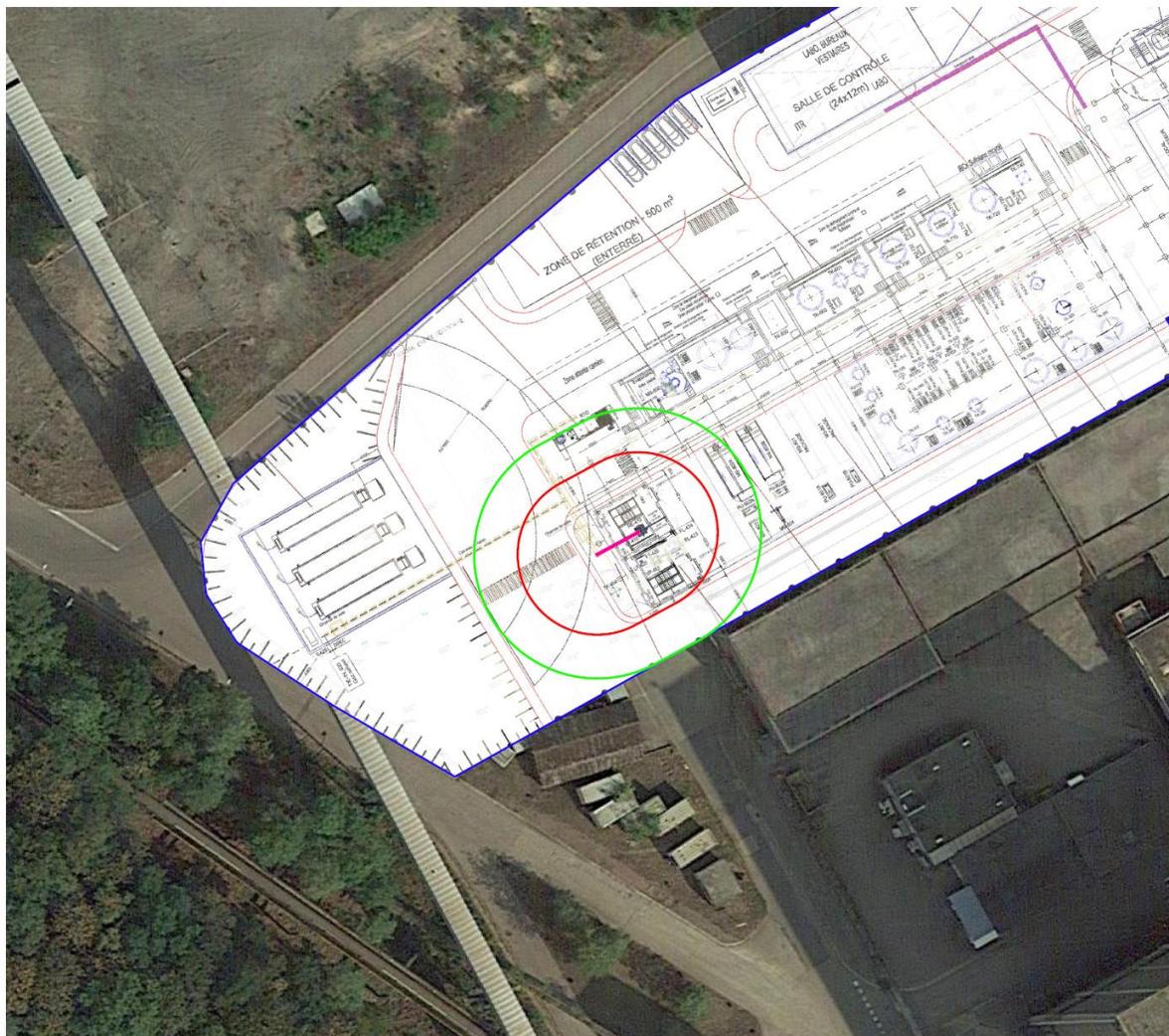
0 15 30 m 

Légende

-  BV (51 m)
-  SEI (25 m)
-  SEL (14 m)
-  SELS (12 m)
-  Tuyauterie H2 aérienne
-  Limites de site CIRCA


Agence IdF - 23 rue Colbert
78 180 Montigny-le-Bretonneux
Tel : 01 61 38 37 33 - www.iso-ingenierie.com

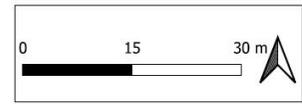
Figure 22 – Cartographie des distances d'effets du scénario 12d



Scénario 12e - Rupture tuyauterie H2 aérienne - Flash fire
Effets thermiques
Projet ReSolute



Date : 27.10.2023 Version : 1



Légende

- SEI (17 m)
- SELS/SEL (11 m)
- Tuyauterie H2 aérienne
- Limites de site CIRCA



Agence IdF - 23 rue Colbert
78 180 Montigny-le Bretonneux
Tel : 01 61 38 37 33 - www.iso-ingenierie.com

Figure 23 – Cartographie des distances d'effets du scénario 12e

44. SCENARIO 14 : UVCE/JET ENFLAMME SUITE A LA RUPTURE DE LA LIGNE GN EN EXTERIEUR

Les paragraphes suivants explicitent le nœud papillon 14 relatif au scénario de rupture de la ligne GN en extérieur menant à un jet enflammé ou UVCE/Flash-fire.

2 cas distincts sont présentés dans ce scénario :

- ◇ Un premier cas sur la partie enterrée de la canalisation correspondant à 60 m de longueur depuis le stockage GN jusqu'à la sortie de terre au niveau de l'oxydateur thermique ;
- ◇ Un deuxième cas sur la partie aérienne de la canalisation correspondant à 10 m de longueur depuis la sortie de terre jusqu'à l'oxydateur thermique.

44.1. Description du scénario

Une canalisation de gaz naturel (GN) permet l'acheminement depuis le site de Gazel Energie vers l'oxydateur thermique. Cette canalisation de 70 m de longueur sur l'emprise CIRCA, DN40 est enterrée puis aérienne sur le site pour limiter les conséquences d'un rejet de gaz naturel mais aussi pour protéger la canalisation des agressions extérieures en limitant au maximum la partie aérienne.

En cas de rupture de la ligne GN en extérieur selon si l'inflammation est retardée ou immédiate un UVCE/Flash fire ou un jet enflammé est redouté.

44.2. Évènements initiateurs (partie enterrée)

Les événements initiateurs identifiés sont présentés ci-dessous, ces événements initiateurs sont issus de discussions en groupe de travail avec **CIRCA**.

L'identification des événements initiateurs s'est portée sur les causes de rupture de la ligne.

Cause (Événement initiateur)	Analyse de la représentativité sur le site
Agression extérieure de surpression (EI 1)	Des effets de surpression externes sont identifiés depuis le stockage d'hydrogène ou depuis la canalisation d'hydrogène. Le stockage d'hydrogène, compte-tenu de ces événements initiateurs est exclu de ce scénario. L'impact d'un UVCE ou jet enflammé de la canalisation d'hydrogène sur la canalisation peut cependant causé une rupture de la tuyauterie, les canalisations suivant le même chemin en enterré, ne permettant pas de valoriser en barrière le caractère enterré de la canalisation (EI 1.1) .
Choc mécanique (EI 2)	Un choc par un engin ou véhicule (EI 2.1) peut mener à la rupture de la tuyauterie de faible diamètre. L'impact externe d'un engin ou véhicule est cependant fortement limité par l'enterrement de la canalisation sur le site (B12.1) .
Défaillance tuyauterie (EI 3)	De multiples causes de défaillance d'une tuyauterie peuvent être identifiées, ces causes ne sont pas toutes quantifiables facilement. Il a ainsi été retenu une probabilité de rupture de tuyauterie générique pour tenir compte de l'ensemble des causes. D'après le CPR 18 E du Purple book, la probabilité de rupture guillotine de la canalisation pour un diamètre de canalisation < 75 mm est de $1.10^{-6}/\text{an}/\text{m}$. La canalisation étant DN40 et mesurant 60 m de long.

44.3. Évènements initiateurs (partie aérienne)

De manière similaire les événements initiateurs sont présentés pour la partie aérienne de la canalisation.

Cause (Événement initiateur)	Analyse de la représentativité sur le site
Agression extérieure de surpression (EI 1)	Des effets de surpression externes sont identifiés depuis l'oxydateur thermique pouvant mener à la rupture de la tuyauterie (EI 1.1) .
Choc mécanique (EI 2)	Un choc par un engin ou véhicule (EI 2.1) peut mener à la rupture de la tuyauterie de faible diamètre. Compte-tenu de l'implantation de cette canalisation en dehors des voies de circulation du site, cet événement initiateur n'est pas retenu.
Défaillance tuyauterie (EI 3)	De multiples causes de défaillance d'une tuyauterie peuvent être identifiées, ces causes ne sont pas toutes quantifiables facilement. Il a ainsi été retenu une probabilité de rupture de tuyauterie générique pour tenir compte de l'ensemble des causes. D'après le CPR 18 E du Purple book, la probabilité de rupture guillotine de la canalisation pour un diamètre de canalisation < 75 mm est de 1.10^{-6} /an/m. La canalisation étant DN40 et mesurant 10 m de long.

44.4. Barrières préventives

Les barrières préventives humaines et/ou techniques permettant de réduire la probabilité d'occurrence des événements initiateurs sont les suivantes :

- **Barrière B12.1 : Canalisation enterrée**

Cette barrière est une barrière passive protégeant de manière physique la canalisation, celle-ci est enterrée sous terre avec une couche supplémentaire comme protection (béton par exemple).

Selon les documents issus de *l'INERIS – DRA 34 Opération j Partie 2 annexe 4* données quantifiées, le niveau de confiance est estimé à **NC = 3**, la protection étant purement physique avec une canalisation enterrée avec une protection supplémentaire.

44.5. Probabilité d'occurrence de l'ERC

Les probabilités de survenue des événements initiateurs sont issues des sources présentées dans le tableau §37.

Compte-tenu des événements initiateurs et des barrières valorisées mises en place la probabilité de rupture de la tuyauterie GN enterrée est :

- $EI\ 1.1 + EI\ 2.1 * B12.1 + EI\ 3.1$
- $5,40.10^{-5} + 0,01 * 0,001 + 1,00.10^{-6} * 60$
- $5,40.10^{-5} + 1,00.10^{-5} + 6,00.10^{-5}$
- $1,24.10^{-4}$.

De manière similaire pour la canalisation aérienne :

- $EI\ 1.1 + EI\ 3.1$
- $1,00.10^{-6} + 1,00.10^{-6} * 10$
- $1,00.10^{-6} + 1,00.10^{-5}$
- $1,10.10^{-5}$.

En tenant compte de la probabilité d'inflammation d'un rejet de gaz naturel, la probabilité de l'ERC est déterminée.

Il est retenu une probabilité d'inflammation immédiate de 0,1 d'après la littérature. Ainsi par opposition il est retenu une probabilité d'inflammation retardée de 0,9.

La fréquence d'occurrence de l'événement redouté central (noté ERC 14-1) pour un UVCE/Flash-fire est ainsi estimée à $1,12.10^{-4}$ pour la partie enterrée et de $9,90.10^{-6}$ pour la partie aérienne.

La fréquence d'occurrence de l'événement redouté central (noté ERC 14-2) pour un jet enflammé est ainsi estimée à $1,24.10^{-5}$ et de $1,10.10^{-6}$ pour la partie aérienne.

44.6. Barrières limitant les conséquences

Aucune barrière ne permettant de limiter les conséquences d'un jet enflammé ou UVCE après rupture de la canalisation n'a été identifiée.

44.7. Phénomènes dangereux

6 phénomènes dangereux distincts sont identifiés pour ce scénario.

- PhD 14a : UVCE suite à la rupture de la canalisation gaz naturel enterrée ;
- PhD 14b : Flash-fire suite à la rupture de la canalisation gaz naturel enterrée ;
- PhD 14c : Jet enflammé suite à la rupture de la canalisation gaz naturel enterrée ;
- PhD 14d : UVCE suite à la rupture de la canalisation gaz naturel aérienne ;
- PhD 14e : Flash-fire suite à la rupture de la canalisation gaz naturel aérienne ;
- PhD 14f : Jet enflammé suite à la rupture de la canalisation gaz naturel aérienne.

Le flash-fire et l'UVCE bien que résultant du même phénomène physique conduisent à des effets thermiques et des effets de surpression c'est pour cette raison que les deux sont dissociés.

44.8. Probabilité des phénomènes dangereux

Repère	Calculs	Probabilité	Niveau de probabilité
PhD 14a	ERC 14-1 (enterrée)	1,12.10⁻⁴	C
PhD 14b	ERC 14-1 (enterrée)	1,12.10⁻⁴	C
PhD 14c	ERC 14-2 (enterrée)	1,24.10⁻⁵	D
PhD 14d	ERC 14-1 (aérienne)	9,90.10⁻⁶	E
PhD 14e	ERC 14-1 (aérienne)	9,90.10⁻⁶	E
PhD 14f	ERC 14-2 (aérienne)	1,10.10⁻⁶	E

Tableau 45 – Probabilité du PhD 14**44.9. Distances d'effets relatives au scénario**

Le tableau suivant résume les distances d'effet en mètres des phénomènes dangereux à hauteur d'homme (1,5 m) issues des modélisations présentées au §33.

Repère	Effets	BV	SEI	SEL	SELS
PhD 14a	Surpression	n/a	n/a	n/a	n/a
PhD 14b	Thermiques	-	1	n/a	n/a
PhD 14c	Thermiques	-	n/a	n/a	n/a
PhD 14d	Surpression	20	10	5	5
PhD 14e	Thermiques	-	6	5	5
PhD 14f	Thermiques	-	16	14	13

Tableau 46 – Distances d'effets du PhD 14

XX Ne sort par des limites du site

44.10. Gravité du scénario

La gravité du scénario est présentée dans le tableau suivant :

		SEI	SEL	SELS
PhD 14b Effets thermiques	Cibles atteintes*	Zone industrielle hors bâtiment (<10 m ²)	Aucune	Aucune
	Nb de personnes dans la zone	0,01	-	-
	Niveau gravité pénalisant	Modérée		

Tableau 47 – Gravité du PhD 14

* Le nombre de cibles atteintes à l'intérieur du périmètre de la centrale Émile Huchet est déterminé en fonction des restrictions d'usages définies entre **CIRCA** et GAZEL Energie (cf §10.3.3)

44.11. Cinétique du scénario

Vu le délai d'atteinte des cibles immédiat et la durée d'exposition instantanée, la cinétique d'explosion est considérée comme **rapide**.

44.12. Effets dominos

Des effets dominos internes au site sont identifiés sur le scénario 12, ces derniers sont pris en compte dans les événements initiateurs du scénario §43.2.

Il n'y a aucun effet domino potentiel à l'extérieur du site.

44.13. Conclusion

Le tableau récapitulatif suivant présente pour les phénomènes dangereux, leurs cinétiques, leurs probabilités d'occurrence ainsi que les distances maximales de leurs effets :

Repère	Probabilité	Type d'effet	Distances calculées (m)				Gravité	Cinétique
			BV	SEI	SEL	SELS		
PhD 14b	C	Thermiques	-	1	n/a	n/a	Modérée	Rapide

Tableau 48 – Résultats du PhD 14

XX Ne sort pas des limites du site

Le positionnement des phénomènes dangereux dans la grille de criticité définie par l'arrêté du 29 septembre 2005 est le suivant :

Gravité des conséquences sur les personnes exposées au risque	PROBABILITÉ D'OCCURRENCE (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré			PhD 14b		

Tableau 49 – Grille de criticité du PhD 14

En conclusion, le scénario PhD 14b est **acceptable** selon la grille du 29/09/2005.

44.14. Représentation du nœud papillon

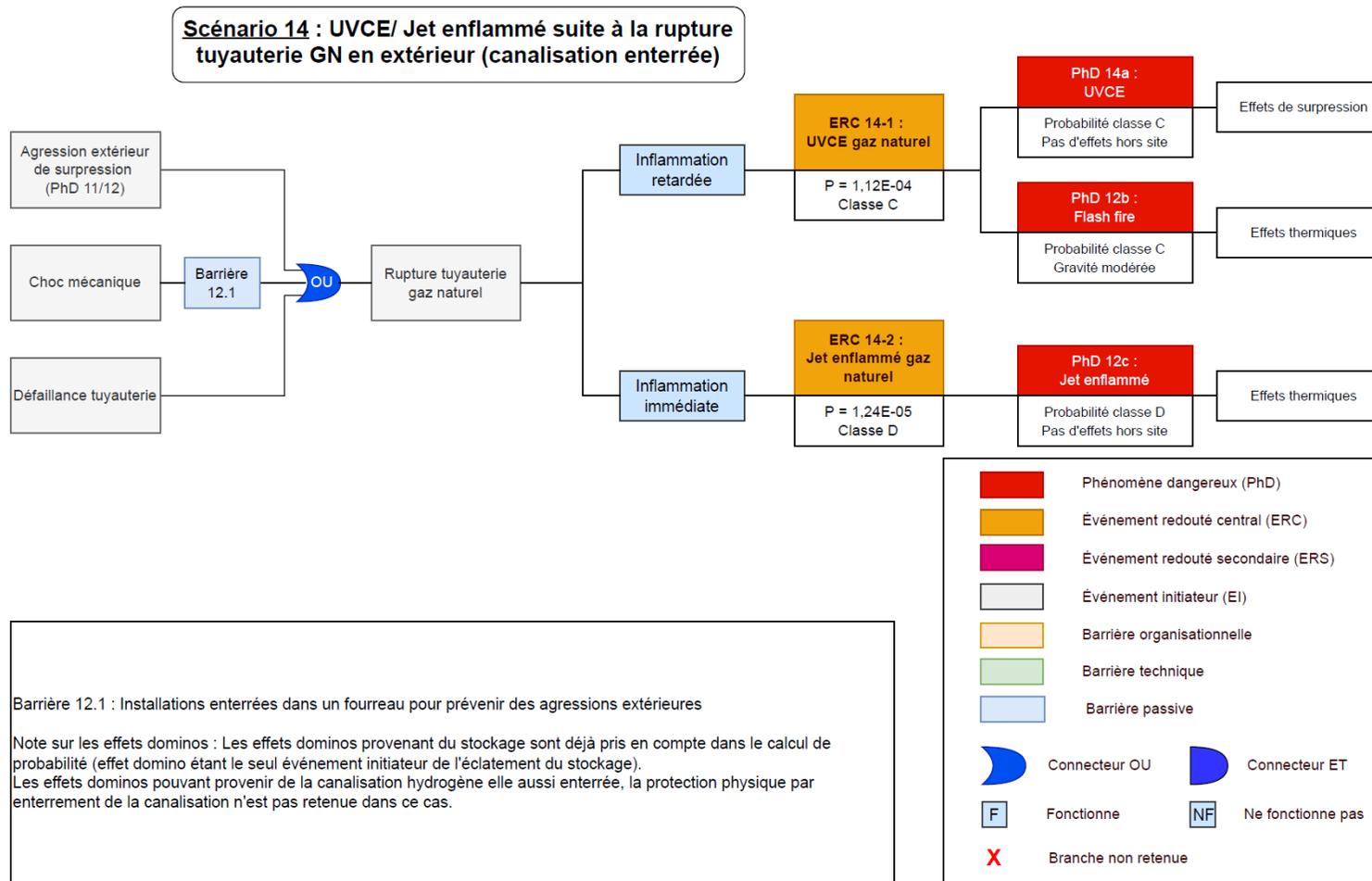


Figure 24 – Représentation en nœud papillon du scénario 14 (enterrée)

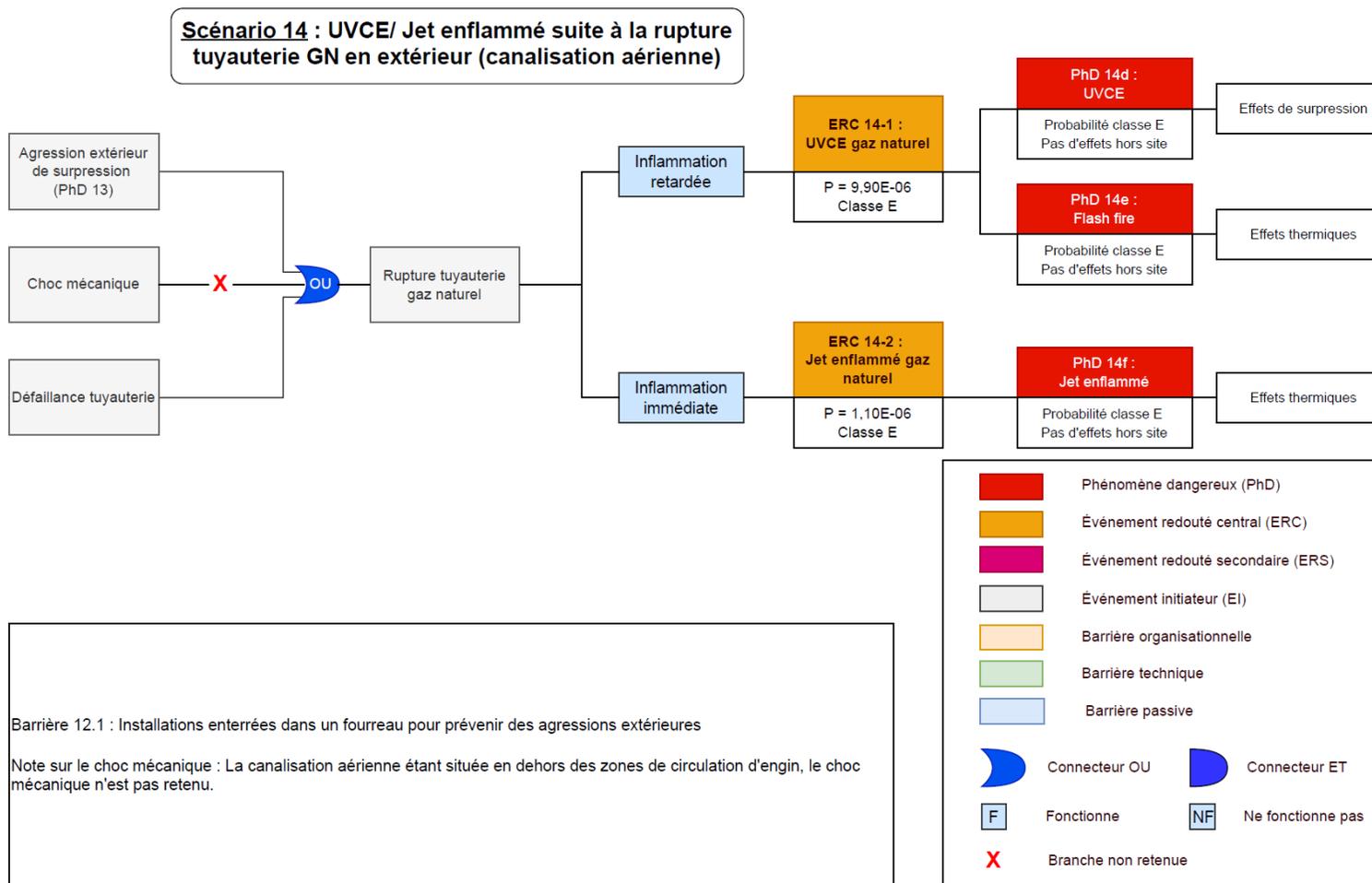


Figure 25 – Représentation en nœud papillon du scénario 14 (aérienne)

44.15. Cartographies des distances d'effets

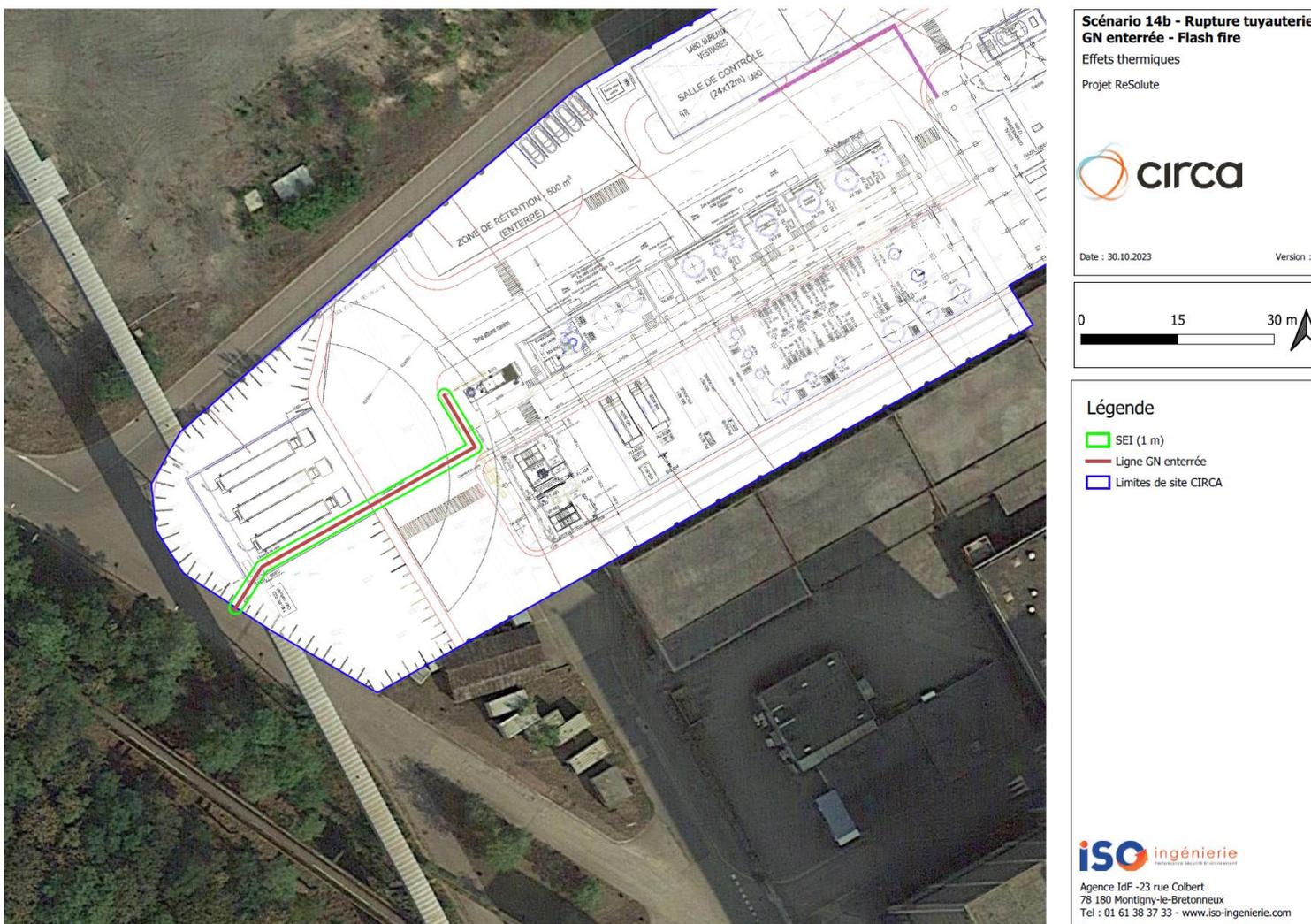


Figure 26 – Cartographie des distances d'effets du scénario 14b

PARTIE 9. MESURES DE MAITRISE DES RISQUES

45. METHODOLOGIE

45.1. Définition

Les Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) sont définies, comme suit, par le glossaire technique des risques technologiques annexé à la circulaire du 10 mai 2010.

Il s'agit d'un « ensemble d'éléments techniques et/ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité. On distingue parfois :

- **Les mesures (ou barrières) de prévention** : mesures visant à éviter ou limiter la probabilité d'un événement indésirable, en amont du phénomène dangereux ;
- Les mesures (ou barrières) de limitation : mesures visant à limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux ;
- Les mesures (ou barrières) de protection : mesures visant à limiter les conséquences sur les cibles potentielles par diminution de la vulnérabilité ».

De plus, d'après l'article 4 de l'arrêté ministériel relatif aux installations classées du 29 septembre 2005 :

« 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 de façon à garantir la pérennité du positionnement des phénomènes dangereux et accidents potentiels dans l'échelle de l'Annexe 1 ».

45.2. Justification

La détermination des Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) est effectuée au cours de l'Analyse Détaillée des Risques (ADR), qui est la suite logique et indispensable de l'Analyse Préliminaire des Risques (APR). L'ADR, pour rappel, est réalisée pour les risques apparus les plus importants à l'issue de l'APR et susceptibles d'affecter les personnes à l'extérieur de l'établissement.

Les MMR sont proposées suite à des analyses de risques réalisées à l'aide d'arbres d'événements qui permettent la détermination des effets et dommages causés par un événement redouté.

Une MMR peut être qualifiée de :

- Technique (automatique) ;
- Organisationnelle (repose sur une intervention humaine pour être opérationnelle) ;
- Passive (opérationnelle en permanence sans nécessité d'énergie pour son activation autonome).

La probabilité d'occurrence du phénomène dangereux auquel s'oppose une MMR est d'autant plus réduite que le niveau de confiance de la MMR est élevé.

45.3. Évaluation des performances

Les différents critères de performance d'une MMR retenus sont :

- La capacité de réalisation ou efficacité ;
- Le temps de réponse ;
- La disponibilité.

Les barrières techniques de sécurité doivent faire l'objet d'un suivi particulier afin de maintenir dans le temps leurs performances (efficacité, temps de réponse et disponibilité). En effet, si les dispositifs ne bénéficient pas d'opérations de maintenance, d'inspection et de tests, leurs performances se dégradent dans le temps.

45.4. Listes des barrières identifiées

Le tableau ci-dessous récapitule les barrières identifiées au cours de l'étude. Certaines de ces barrières sont des mesures de maîtrise des risques (MMR).

N°	Intitulé	Scénario associé	Valorisation
B4.1	Détection flamme au sein de la chambre de combustion	4	NC = 2
B4.3	Débit d'air bas au sein de la chambre de combustion	4	NC = 2
B10.1	Purge à l'azote avant injection d'hydrogène	10	NC = 1
B10.2	Matériel ATEX dans l'hydrogénateur	10	NC = 1
B10.3	Soupape sur l'hydrogénateur	10	NC = 1
B11.1	Soupape sur le stockage d'hydrogène	11	NC = 1
B12.1	Protection sur la canalisation enterrée	12-14	NC = 3

Tableau 50 – Liste des barrières identifiées

46. SYNTHÈSE DES MMR

46.1. MMR 1 (B4.1) : Détection flamme au sein de la chambre de combustion

<u>Nom et identification de la barrière</u>	Barrière B4.1 Détection flamme
<u>Fonction de sécurité assurée</u>	Prévenir des conséquences d'une perte de flamme au sein de la chambre de combustion
<u>Descriptif</u>	<p>La fonction est une fonction instrumentée de sécurité :</p> <ul style="list-style-type: none"> ◇ Détection : Sonde flamme ; ◇ Logique : Automate de sécurité ; ◇ Action : Fermeture des vannes d'alimentation du brûleur.
<u>Scénarios associés</u>	Scénario 4 : Éclatement de la chambre de combustion
1. Indépendance	<p>La perte de flamme est provoquée par des perturbations du procédé indépendantes de la détection, de la logique et de l'action.</p> <p>Aucune autre barrière n'est valorisée sur cette branche du scénario.</p> <p>Les vannes concernées sont des vannes dédiées à la sécurité.</p>
2. Efficacité :	<p>100%. Cette barrière permet de maîtriser le risque.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensionnement adapté La fermeture de la vanne est rapide. • Résistance aux contraintes spécifiques La vanne est dimensionnée par rapport aux lignes d'alimentation de la chambre de combustion. • Détection et traitement de l'information La vanne est conçue pour résister aux températures hautes et aux produits circulés au niveau de l'installation. Le détecteur est installé à l'endroit où la perte de flamme sera facilement détectée. La détection et l'action ne sont pas perturbées par l'événement initiateur. Le niveau d'étanchéité de la vanne est satisfaisant, la vanne de sécurité automatique est conçue pour fonctionner à la sollicitation et fonctionne en tout ou rien. Le fonctionnement du détecteur et de la vanne sont approuvés. La fonction de sécurité n'est pas inhibée au démarrage et à l'arrêt ou durant la maintenance.
3. Temps de réponse	Le temps de réponse est en adéquation avec le scénario.
4. Probabilité de défaillance	PFD = 10^{-2} /an.
5. Maintien du niveau de confiance des équipements	<p>Des inspections et des tests périodiques sont prévus.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Testabilité En cas d'indisponibilité de la vanne, l'installation est mise à l'arrêt jusqu'à remplacement. • Inspection Les équipements sont accessibles pour la maintenance et la réparation. • Disponibilité La vanne est à fonctionnement mécanique et continue à fonctionner en cas de perte électrique.
Recommandations	-

46.2. MMR 2 (B4.2) : Détection débit d'air bas au sein de la chambre de combustion

<u>Nom et identification de la barrière</u>	Barrière B4.2 Détection débit d'air bas
<u>Fonction de sécurité assurée</u>	Prévenir la présence d'imbrulés au sein de la chambre de combustion par mauvaise combustion
<u>Descriptif</u>	<p>La fonction est une fonction instrumentée de sécurité :</p> <ul style="list-style-type: none"> ◇ Détection : Capteur de débit ; ◇ Logique : Automate de sécurité ; ◇ Action : Fermeture des vannes d'alimentation du brûleur.
<u>Scénarios associés</u>	Scénario 4 : Éclatement de la chambre de combustion
1. Indépendance	<p>Le débit d'air bas est provoqué par des perturbations du procédé indépendantes de la détection, de la logique et de l'action.</p> <p>Aucune autre barrière n'est valorisée sur cette branche du scénario.</p> <p>Les vannes concernées sont des vannes dédiées à la sécurité.</p>
2. Efficacité :	<p>100%. Cette barrière permet de maîtriser le risque.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensionnement adapté La fermeture de la vanne est rapide. • Résistance aux contraintes spécifiques La vanne est dimensionnée par rapport aux lignes d'alimentation de la chambre de combustion. • Détection et traitement de l'information La vanne est conçue pour résister aux températures hautes et aux produits circulés au niveau de l'installation. <p>Le détecteur est installé à l'endroit où la perte d'air sera facilement détectée.</p> <p>La détection et l'action ne sont pas perturbées par l'événement initiateur.</p> <p>Le niveau d'étanchéité de la vanne est satisfaisant, la vanne de sécurité automatique est conçue pour fonctionner à la sollicitation et fonctionne en tout ou rien.</p> <p>Le fonctionnement du détecteur et de la vanne sont approuvés.</p> <p>La fonction de sécurité n'est pas inhibée au démarrage et à l'arrêt ou durant la maintenance.</p>
3. Temps de réponse	Le temps de réponse est en adéquation avec le scénario.
4. Probabilité de défaillance	PFD = 10^{-2} /an.
5. Maintien du niveau de confiance des équipements	<p>Des inspections et des tests périodiques sont prévus.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Testabilité En cas d'indisponibilité de la vanne, l'installation est mise à l'arrêt jusqu'à remplacement. • Inspection Les équipements sont accessibles pour la maintenance et la réparation. • Disponibilité La vanne est à fonctionnement mécanique et continue à fonctionner en cas de perte électrique.
Recommandations	-

46.3. MMR 3 (B10.1) : Balayage à l'azote avant injection d'hydrogène

<u>Nom et identification de la barrière</u>	Barrière B10.1 Balayage à l'azote
<u>Fonction de sécurité assurée</u>	Valider l'injection d'azote avant injection d'hydrogène
<u>Descriptif</u>	La fonction va permettre d'assurer la bonne réalisation du balayage à l'azote avant l'injection d'hydrogène par détection de pression au sein du réacteur.
<u>Scénarios associés</u>	Scénario 10 : Éclatement hydrogénéateur
1. Indépendance	La vérification du balayage est indépendante de l'événement initiateur. Aucune autre barrière n'est valorisée sur cette branche du scénario. La vérification est dédiée uniquement à la sécurité.
2. Efficacité : <ul style="list-style-type: none"> • Dimensionnement adapté • Résistance aux contraintes spécifiques • Détection et traitement de l'information 	100 % en cas d'absence de balayage, la séquence d'injection d'hydrogène est stoppée. La détection de pression est résistante aux contraintes de l'hydrogénéateur. La détection et le traitement de l'information sont indépendantes du système de conduite.
3. Temps de réponse	Instantané
4. Probabilité de défaillance	PFD = 10^{-1} /an
5. Maintien du niveau de confiance des équipements <ul style="list-style-type: none"> • Testabilité • Inspection • Disponibilité 	Des inspections et des tests périodiques sont prévus. En cas de non-retour de la réalisation du balayage, la séquence est bloquée. Les équipements sont accessibles pour la maintenance et la réparation.
Recommandations	-

46.4. MMR 4 (B10.2) : Matériel ATEX au sein de l'hydrogénateur

<u>Nom et identification de la barrière</u>	Barrière B10.2 Matériel ATEX
<u>Fonction de sécurité assurée</u>	Limiter l'inflammation d'une atmosphère explosive
<u>Descriptif</u>	Le matériel mis en place au sein du réacteur est certifié ATEX en conformité avec le type de zone identifié
<u>Scénarios associés</u>	Scénario 10 : Éclatement hydrogénateur
1. Indépendance	Le matériel ATEX est indépendant de l'événement initiateur. Aucune autre barrière n'est valorisée sur cette branche du scénario. Le matériel ATEX est mis en place pour la sécurité.
2. Efficacité : <ul style="list-style-type: none"> • Dimensionnement adapté • Résistance aux contraintes spécifiques • Détection et traitement de l'information 	Les équipements ATEX sont choisis par rapport à l'hydrogène et au type de zone identifié. Les équipements sont compatibles avec les conditions au sein de l'hydrogénateur.
3. Temps de réponse	-
4. Probabilité de défaillance	Diminution de la probabilité d'ignition d'un nuage d'hydrogène à 10^{-1} .
5. Maintien du niveau de confiance des équipements <ul style="list-style-type: none"> • Testabilité • Inspection • Disponibilité 	Des inspections et des tests périodiques sont prévus. En cas de dysfonctionnement, les équipements sont remplacés par des équipements équivalents d'un point de vue ATEX. Les équipements sont accessibles pour la maintenance et la réparation.
Recommandations	-

46.5. MMR 5 (B10.3) : Soupape de sécurité avec disque de rupture sur l'hydrogénateur

<u>Nom et identification de la barrière</u>	Barrière B10.3 Soupape de sécurité avec disque de rupture
<u>Fonction de sécurité assurée</u>	Évacuation du fluide en cas de surpression
<u>Descriptif</u>	La soupape va s'ouvrir dans le cas d'une pression trop importante dans une capacité sous pression
<u>Scénarios associés</u>	Scénario 10 : Éclatement hydrogénateur
1. Indépendance	La soupape est indépendante de l'événement initiateur. Aucune autre barrière n'est valorisée sur cette branche du scénario. La soupape est dédiée uniquement à la sécurité.
2. Efficacité : <ul style="list-style-type: none"> • Dimensionnement adapté • Résistance aux contraintes spécifiques • Détection et traitement de l'information 	La soupape est dimensionnée par rapport à la capacité sous pression et au cas feu particulièrement et permet d'évacuer à 100 % le contenu de la capacité sous pression. La soupape est conçue pour résister aux conditions de l'hydrogénateur.
3. Temps de réponse	Instantané
4. Probabilité de défaillance	PFD = 10^{-1} /an La soupape est faiblement sollicitée et le gaz est propre et non encrassant.
5. Maintien du niveau de confiance des équipements <ul style="list-style-type: none"> • Testabilité • Inspection • Disponibilité 	Des inspections et des tests périodiques sont prévus. En cas d'indisponibilité de la soupape, l'installation est mise à l'arrêt jusqu'à remplacement. Les équipements sont accessibles pour la maintenance et la réparation.
Recommandations	-

46.6. MMR 6 (B11.1) : Soupape de sécurité sur le stockage d'hydrogène

<u>Nom et identification de la barrière</u>	Barrière B11.1 Soupape de sécurité
<u>Fonction de sécurité assurée</u>	Évacuation du fluide en cas de surpression
<u>Descriptif</u>	La soupape va s'ouvrir dans le cas d'une pression trop importante dans une capacité sous pression
<u>Scénarios associés</u>	Scénario 11 : Éclatement du stockage d'hydrogène.
1. Indépendance	La soupape est indépendante de l'événement initiateur. Aucune autre barrière n'est valorisée sur cette branche du scénario. La soupape est dédiée uniquement à la sécurité.
2. Efficacité : <ul style="list-style-type: none"> • Dimensionnement adapté • Résistance aux contraintes spécifiques • Détection et traitement de l'information 	La soupape est dimensionnée par rapport à la capacité sous pression et au cas feu particulièrement et permet d'évacuer à 100 % le contenu de la capacité sous pression. La soupape est conçue pour résister aux conditions du stockage d'hydrogène.
3. Temps de réponse	Instantané
4. Probabilité de défaillance	PFD = 10^{-1} /an La soupape est faiblement sollicitée et le gaz est propre et non encrassant.
5. Maintien du niveau de confiance des équipements <ul style="list-style-type: none"> • Testabilité • Inspection • Disponibilité 	Des inspections et des tests périodiques sont prévus. En cas d'indisponibilité de la soupape, l'installation est mise à l'arrêt jusqu'à remplacement. Les équipements sont accessibles pour la maintenance et la réparation.
Recommandations	-

46.7. MMR 7 (B12.1) : Protection mécanique de la canalisation enterrée

<u>Nom et identification de la barrière</u>	Barrière B12.1 Protection mécanique de la canalisation enterrée
<u>Fonction de sécurité assurée</u>	Prévenir des agressions extérieures
<u>Descriptif</u>	Enterrement de la canalisation sous terre avec une protection béton
<u>Scénarios associés</u>	Scénario 12 : Rupture de la canalisation hydrogène Scénario 14 : Rupture de la canalisation gaz naturel
1. Indépendance	La conception de la canalisation est indépendante de l'événement initiateur. Aucune autre barrière n'est valorisée sur cette branche du scénario. La protection de la canalisation est dédiée à la sécurité.
2. Efficacité : <ul style="list-style-type: none"> • Dimensionnement adapté • Résistance aux contraintes spécifiques • Détection et traitement de l'information 	La canalisation est enterrée suffisamment profondément avec une protection pour limiter les risques d'agressions externes. Le personnel est informé de sa présence notamment en cas de travaux. La barrière est passive et ne présente pas de risque d'inhibition.
3. Temps de réponse	Non applicable (barrière passive)
4. Probabilité de défaillance	PFD = 10^{-3} /an
5. Maintien du niveau de confiance des équipements <ul style="list-style-type: none"> • Testabilité • Inspection • Disponibilité 	Des inspections et des tests périodiques sont prévus. Les équipements sont accessibles pour la maintenance et la réparation.
Recommandations	-

PARTIE 10. ORGANISATION DE LA SECURITE

47. PLAN D'OPERATION INTERNE

Un Plan d'Opération Interne est utilisé pour décrire l'organisation en cas de sinistre. En plus de la description organisationnelle des secours, il reprend toutes les informations nécessaires en cas de crise (organisation, personnes à contacter, plans, procédures...).

Le projet **ReSolute** n'est pas soumis à un statut SEVESO, ainsi l'obligation de POI n'est pas applicable au site.

47.1. Introduction

L'installation de **CIRCA** est indépendante de la Centrale Émile Huchet et du projet biomasse concernant l'organisation de sa sécurité. Cependant une démarche volontaire de la part de **CIRCA** est mise en œuvre afin d'être intégrée dans le POI du site Émile Huchet de GAZEL Energie pour la future plateforme constituée de l'ancienne centrale.

L'étude de dangers a été réalisée en étroite collaboration avec GAZEL Energie avec d'identifier les dangers émis et reçus par **CIRCA** et d'orchestrer au mieux la gestion des différents scénarios accidentels et ainsi optimiser la gestion de la plateforme. À ce titre une convention d'occupation des sols entre les deux parties a été rédigée.

47.2. Interactions avec le site Émile Huchet

CIRCA et GazelEnergie mettront en place un POI commun dès la complétude du premier projet d'investissement sur la plateforme. Ce POI sera revu selon les caractéristiques des nouveaux projets à venir. Il est prévu à termes pour la bonne gestion de la sécurité industrielle du site les dispositions suivantes :

- Communication immédiate de **CIRCA** vers la plateforme en cas de problème ;
- **CIRCA** transmettra ses règles de sécurité et son schéma d'alerte de son projet pour assurer une cohérence globale dans le POI du site ;
- Les plans d'interventions des secours ainsi que les règles pour l'intervention des secours sont transmis à la plateforme (poste de garde notamment puis « rondiers ») ;
- Des exercices communs avec une mise en commun des POI et règles de sécurité devront être mis en place pour assurer une coordination de crise régulière.

47.3. Interactions avec la plateforme Chemesis

En application du règlement du PPRT, **CIRCA** doit être membre à part entière de CHEMESIS afin de s'installer sur le site de GAZEL Energie étant impacté par le PPRT de la plateforme. A ce titre **CIRCA** compte rejoindre l'association de la plateforme Chemesis pour se conformer à cette exigence et intégrer la plateforme.

Une lettre d'intention d'adhésion à la plateforme rédigée par **CIRCA** est présentée en annexe D03-A5 de ce dossier.

Depuis 2023, **CIRCA** a adhéré à l'AIPCSA et est membre de Chemesis et s'engage à respecter l'ensemble des règles qui s'appliquent aux membres de l'association, à savoir le respect du PPRT et le PPI, ainsi que les actions dérivées de la circulaire du 10 mai 2010, le partage de retours d'expérience au sein de la zone du PPRT et l'organisation d'exercices coordonnés annuels, afin de garantir la sécurité de la plateforme.

Ces synergies vont permettre de bénéficier d'un certain nombre de services que **CIRCA** et CHEMESIS doivent contractualiser (tels que la lutte anti-incendie, une médecine du travail conjointe).

47.4. Schéma d'alerte

L'installation fonctionne 24h sur 24h et du personnel est présent en permanence sur le site ainsi à toute heure un accident ou incident peut être détecté de façon automatique ou par un témoin.

Lors de la détection, le chef d'établissement ou la personne désignée par le chef d'établissement en son absence sont alertés en personne ou par le système d'alarme visuelle ou sonore. La gravité de l'événement est alors évaluée, en cas de besoin les moyens nécessaires à l'intervention sont mis en œuvre :

- Intervention de l'équipe de première intervention et de l'équipe de secouristes ;
- Alerte des services de secours de la plateforme ;
- Information des autorités compétentes.

Le logigramme ci-dessous permet de récapituler le schéma d'alerte :

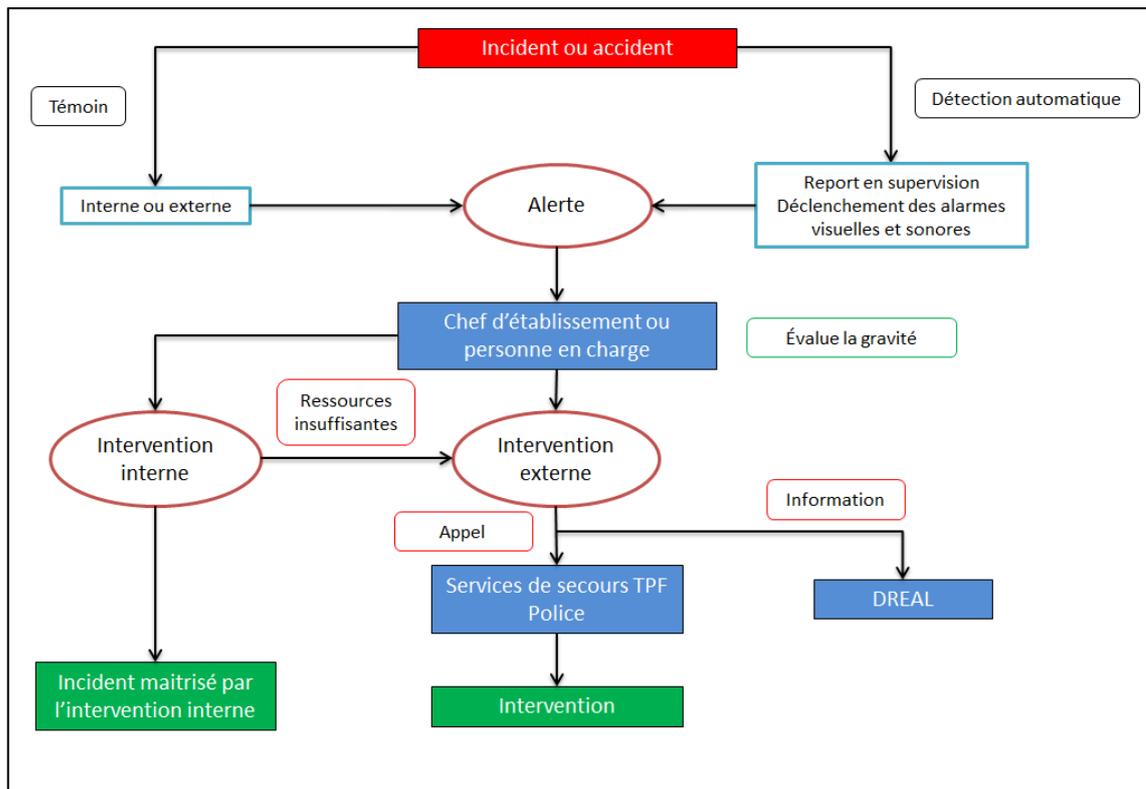


Figure 27 – Schéma d'alerte

L'alerte peut aussi être donnée par des personnes extérieures au site, témoin d'un accident ou incident à ce titre un numéro d'alerte est disponible à l'entrée du site.

47.5. Moyens mis à disposition

Plusieurs bases documentaires sont disponibles sur le site pour permettre une bonne intervention :

- La liste des contacts ;
- La liste des stocks de produits dangereux tenue à jour ;
- Le plan de localisation des zones de dangers.

Une personne est présente en permanence à l'accueil pour permettre l'accès aux engins d'intervention.

48. FORMATION DU PERSONNEL

Le personnel est formé pour se protéger et prévenir des risques du site. À ce titre le personnel est formé :

- ◇ À la manipulation des extincteurs en cas d'incendie ;
- ◇ Aux consignes d'évacuation en cas d'accident sur le site ;
- ◇ À travailler dans des zones ATEX.

En plus de la formation du personnel une équipe de 1ère intervention est présente sur le site.

En cas de besoin le personnel est formé à l'utilisation des EPI notamment à l'utilisation des respirateurs.

En cas d'intervention extérieure, les sous-traitants font l'objet d'une formation éventuelle selon le type d'intervention.

49. PROTECTION DU PERSONNEL

Toute personne intervenant sur le site hors des bureaux doit être dotée de chaussures de sécurité.

En fonction du secteur ou des opérations, le port de vêtements de travail, lunettes, gants, détecteur, protections auditives, casque, peut être obligatoire.

En complément des équipements cités précédemment, des appareils respiratoires isolants (ARI) et des lunettes de protection complètement fermées peuvent être utilisées en cas de fuite de LGO.

50. MOYENS D'INTERVENTION ET DE SECOURS

50.1. Évacuation du personnel

Les issues de secours sont identifiées sur les plans du site. Elles ont été positionnées pour permettre l'évacuation de tout le site.

Le personnel est formé à l'évacuation lors d'exercices.

50.2. La surveillance du site

Le système de sûreté du site, en regard du risque d'intrusion et de malveillance, est basé sur une protection périphérique, sur un contrôle permanent des accès et sur une surveillance constante à l'intérieur du site.

L'ensemble du périmètre du site est cerné par une clôture. Un affichage avec interdiction d'accès est présent.

50.3. Mesures de réduction des sources d'inflammation

50.3.1. Dispositions générales

Il est interdit de fumer sur l'ensemble du site à l'exception des zones fumeurs autorisées situées loin des zones à risques.

Les différentes zones de feu potentielles sont séparées d'au moins 10 m ou au moyen de murs coupe-feu pour limiter les risques d'incendie généralisé.

50.3.2. Point chaud

Les stockages en atelier des produits combustibles ou inflammables sont organisés pour être localisés à une distance importante des points chauds. Les produits sont stockés le cas échéant dans des armoires dédiées.

Les travaux par point chaud réalisés occasionnellement sur le site font l'objet de la délivrance d'un permis de feu. Il est complété par le plan de prévention pour les interventions des entreprises extérieures. Avant chaque travail par point chaud, l'opérateur vérifie l'existence de moyens d'intervention à proximité (extincteurs...) ou il les amène à proximité du poste de travail. Une surveillance après travaux est réalisée.

50.3.3. Feux nus

Les sources de feux nus sur le site sont les suivantes :

- * Les chaudières ;
- * Les brûleurs ;
- * La zone de formation des opérateurs à la manipulation des extincteurs et RIA.

50.3.4. Circulation des véhicules

L'accès des véhicules est réglementé dans l'établissement. L'accès au site est limité aux livraisons de matières premières et à l'expédition de produits finis ainsi qu'au personnel travaillant sur le site.

50.4. Incendie généralisé du site

La nature des scénarios majeurs déterminés au cours de cette étude ne met en avant que des effets de surpression en dehors des limites de propriété. Il a néanmoins été identifié plusieurs scénarios dans l'APR pouvant engendrer des effets thermiques (feu de nappe de produits organiques et incendie du stockage de biomasse particulièrement).

En tenant compte de l'éloignement des différentes zones concernées par un incendie, il n'est pas retenu de risque d'incendie généralisé sur l'ensemble du site ni une propagation aux installations de GAZEL Energie. La cartographie présentée en annexe permet de mettre en avant les effets thermiques identifiés pour le projet.

Ainsi, même si des incendies localisés peuvent survenir sur le site l'accès au site par les secours reste possible et un incendie généralisé sur la plateforme n'est pas retenu.

50.5. Sécurité incendie

Le réseau incendie est relié à celui de GAZEL Energie.

L'eau incendie est contenue dans 2 réservoirs de 1 550 m³ situées au Sud-Ouest du site de **CIRCA**. L'eau est acheminée vers les poteaux incendie répartis dans toute la centrale Émile Huchet par une tuyauterie DN200.

Le réseau existant de GAZEL Energie est prolongé vers l'installation de **CIRCA** qui boucle le réseau de son côté.

Le personnel est formé en cas d'incendie, la brigade incendie de la plateforme Chemesis est sollicitée en cas d'incendie (une redevance est payée annuellement par **CIRCA**) avec une intervention de la brigade des pompiers de TPF.

Plusieurs accès des pompiers sont disponibles depuis l'Est et le l'Ouest du site avec des entrées au Nord-Est et Nord-Ouest du site. En cas de besoin l'accès depuis la sortie Sud-Est peut aussi être utilisée.

3 poteaux incendie sont répartis sur le site, devant chaque poteau un emplacement dédié aux camions de pompier est prévu.

50.6. Moyens de lutte

En complément des poteaux incendie du site. Des déluges et RIA sont aussi intégrés à l'installation.

Les déluges sont installés au niveau des zones à haut risque d'incendie à savoir :

- La zone de stockage et manutention de la biomasse ;
- La distillation.

Un système de sprinklage est mis en place sur le sécheur en cas d'incendie.

Les RIA quant à eux sont présents au niveau de la salle de contrôle et de l'atelier de maintenance sur le bâtiment au Nord du site.

50.7. Protection foudre

Une étude foudre est réalisée par BCM foudre, l'étude est présentée en annexe D03-A6 de ce dossier.

Les conclusions de l'analyse de risque sont reprises ci-dessous.

Structure	Niveau de protection requis Effets directs	Niveau de protection requis Effets indirects
Zone biomasse dont séchage	Pas de protection nécessaire	Pas de protection nécessaire
Zone Unité Pyrolyse – local électrique	Protection de niveau IV sur la structure	Protection de niveau IV sur les lignes externes
Zone distillation – Stockage de produits chimiques - Hydrogénation	Protection de niveau IV sur la structure	Protection de niveau IV sur les lignes externes

Tableau 51 – Niveau de protection des structures pour le risque foudre

Les équipements stratégiques à protéger sont les suivants :

- Automate de sécurité (B4.1/B4.2) ;
- Système déluge (groupe motopompe) ;
- Armoire électrique générale de la salle de contrôle.

Les équipotentialités à prendre sont les suivantes :

- Eau de ville, eau incendie, eau sanitaire ;
- Purge ;
- Effluents ;
- Structures métalliques des cuves, rack, convoyeurs, unités, séchoir, stockage de H₂, cheminées dont l'oxydateur thermique.

Un système de prévention de situation orageuse est à intégrer à la procédure d'exploitation du site. En cas d'orage, il sera interdit notamment :

- L'accès en toiture des bâtiments ;
- Les interventions sur le réseau électrique ;
- La présence de personnes à proximité des descentes et prises de paratonnerres ;
- Les engins de levage à l'extérieur ;
- Les dépotages ou manipulations de produits sensibles.

50.8. Calcul des besoins en eaux

Les besoins en eau nécessaire pour combattre un incendie ont été calculés à partir du document technique D9, utilisé par les pompiers. Ce calcul a été réalisé en prenant comme référence le stockage de bois couvert installation la plus vulnérable à un incendie.

Les besoins en eau incendie sont de **300 m³**, le débit calculé nécessaire étant de 150 m³/h.

Le calcul du D9 est donné (avec le calcul du D9a) en annexe D03-A7 de ce dossier.

50.9. Rétention des eaux d'extinction incendie

Le dimensionnement des volumes de rétention minimum des effluents liquides pollués après extinction d'un incendie a été calculé à partir du document technique D9A, utilisé par les pompiers.

Paramètres	Volume nécessaire (m ³)
Besoin pour la lutte extérieure (1)	300
Moyens de lutte intérieure contre l'incendie (2)	49,5
Volume d'eau lié aux intempéries (3)	115
Présence stock de liquides (4)	0
Volume totale de liquide à mettre en rétention	464,5

Tableau 52 – Calcul du volume de rétention des eaux d'incendie

Remarques :

- (1) résultat issu du calcul selon le document technique D9 ;
- (2) sprinklage sur le sécheur et les convoyeurs ;
- (3) correspondant à 10 L/m² de surface de drainage ;
- (4) 20% du volume contenu dans le local contenant le plus grand volume.

Afin de maintenir une marge de sécurité par rapport au calcul réalisé un bassin de rétention de **500 m³** est mis en place sur le site.

La cuve de rétention est utilisée à la fois pour les eaux pluviales du site et les eaux incendie.

Ce bassin est utilisé de manière générale pour permettre un tamponnement des eaux pluviales avant rejet vers le réseau de collecte de GazelEnergie ; toutefois, il est isolé grâce à des vannes de sectionnement en cas d'incendie sur site ou pour tout événement pouvant générer une pollution potentielle des eaux de ruissellement. Lorsqu'un tel événement se présente, le bassin est alors isolé, et des analyses sont réalisées sur les effluents retenus. Si celles-ci sont conformes à la réglementation, les eaux du bassin sont alors rejetées vers le réseau de collecte de GazelEnergie ; dans le cas inverse, elles sont évacuées à l'extérieur du site dans la filiale adéquate.

Une procédure ou fiche réflexe sera établie pour la gestion du bassin de rétention en cas d'incendie ou d'événement pouvant causer une pollution des eaux de ruissellement.

51. PRISE EN COMPTE DE L'ENVIRONNEMENT EN PHASE ACCIDENTELLE

Dans son document « Les points de vue de la MRAe Grand Est » publié en février 2021, la MRAe met en avant la prise en compte des situations accidentelles pour l'évaluation environnementale pouvant faire l'objet d'impact sur l'environnement bien plus important que le fonctionnement normal d'une installation.

L'analyse précédente menée a permis de mettre en avant les risques liés à l'environnement des installations de **CIRCA** (cf §29.2.4 relative à l'analyse préliminaire des risques). Ces risques peuvent être regroupés selon leurs conséquences dans les catégories suivantes :

- ◇ Émissions de fumées en cas d'incendie de biomasse ;
- ◇ Émissions de fumées en cas d'incendie de produits chimiques ;
- ◇ Déversement de produits chimiques ;
- ◇ Rejets de gaz toxiques à l'atmosphère ;
- ◇ Effets de surpression liés à une explosion.

La prise en compte de ces situations accidentelles et les mesures mises en œuvre pour limiter leurs impacts sur l'environnement sont présentées dans les paragraphes ci-dessous.

51.1. Émissions de fumées de biomasse

Un incendie au niveau du stockage de biomasse est susceptible, en plus des effets thermiques (maîtrisés d'après les conclusions de l'étude de dangers), produire des fumées nocives pour l'environnement, ces fumées proviennent de la combustion de la biomasse. Cette biomasse étant propre et non traitée, les fumées ne sont pas susceptibles des produits chimiques de décomposition importants en comparaison à un incendie d'huiles ou d'hydrocarbures par exemple.

Des moyens incendie adéquats sont de plus présents sur le site pour limiter les effets d'un incendie avec la défense incendie du site et à la mobilisation des services de secours.

Les quantités stockées sont de plus limitées sur le site et des compartimentages réalisés pour limiter la propagation d'une cellule à l'autre.

51.2. Émissions de fumées de produits chimiques

De manière similaire au paragraphe précédent un incendie de produits chimiques peut provoquer des émissions de fumées, cependant compte-tenu de la nature des produits du site, ces fumées peuvent contenir des produits de décomposition beaucoup plus nocifs et toxiques pour l'environnement et les populations environnantes.

En complément des mesures de lutte contre l'incendie des mesures pour limiter les survenues et les conséquences d'un incendie sont mises en place :

- Absence de liquides inflammables ou combustibles à l'air libre ;
- Dimension des rétentions limitées pour circonscrire au maximum un incendie ;
- Absence de sources de chaleur suffisantes pour démarrer un incendie compte-tenu des produits du site.

51.3. Rétention des eaux polluées en cas d'accident

En cas de déversement accidentel, les liquides sont collectés par des rétentions, l'ensemble des liquides et eaux pollués sont dirigés vers la rétention des eaux incendie. Les eaux sont confinées dans cette rétention avant d'être extraites à l'aide d'une pompe pour être dirigées vers un traitement extérieur afin d'éviter toute contamination du milieu naturel.

51.4. Rejets de gaz toxiques à l'atmosphère

Les rejets de gaz toxiques à l'atmosphère sont possibles en cas de fuite ou de rupture sur des équipements ou des tuyauteries du site mais aussi en cas de dysfonctionnement des équipements de traitement.

Les ruptures et fuites de canalisations et d'équipements sont limitées par des mesures organisationnelles (choix des matériaux en adéquation avec les produits manipulés, mise en place des canalisations hors des circulations d'engins, maintenance et inspection). L'installation est de plus manipulée en accord avec les SCC (Conditions Strictement Contrôlées) du fait de la présence de LGO, un intermédiaire de réaction impliquant la limitation stricte des rejets vers l'atmosphère.

Concernant les dysfonctionnement des équipements de traitement, des suivis sont réalisés au niveau de ces équipements afin de vérifier leur bon fonctionnement. En cas de défaillance avérée une mise à l'arrêt ou un remplacement par un mo

yen équivalent de traitement sont mis en œuvre jusqu'à réparation ou remplacement des équipements dysfonctionnant.

51.5. Effets de surpression liés à une explosion

Les effets liés à une explosion entraînent des effets de surpression, ces effets sont maîtrisés d'après les conclusions de l'étude de dangers et ne sont pas susceptibles d'affecter l'environnement du site.

51.6. Synthèse

Compte-tenu des risques et des mesures mises en place pour le projet **ReSolute**, les risques pour l'environnement en situation accidentelle sont maîtrisées autant que possible par rapport aux enjeux environnementaux identifiés et les conséquences potentielles des scénarios accidentels.

PARTIE 11. SYNTHÈSE

52. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE DE DANGERS

L'ensemble des installations du projet **ReSolute** ont fait l'objet d'une étude des risques et dangers associés sur la base du procédé, des produits utilisés et du retour d'expérience en la matière (relativement limité du fait du projet innovateur).

Au cours de l'analyse préliminaire des risques 12 scénarios ont été retenus comme ayant des effets potentiels en dehors du site. Les modélisations ont permis de ramener ces scénarios à 4.

Parmi les 4 scénarios identifiés et compte-tenu des dispositions actuelles du site, tous sont classés dans une case « Acceptable ».

53. TABLEAU DE SYNTHÈSE DES RESULTATS

Les effets des événements jugés les plus critiques qui sortent des limites du site sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

Les phénomènes dangereux qui ne sortent pas du site sont grisés ().

Repère	Probabilité	Type d'effet	Distances calculées (m)				Gravité	Cinétique	Position grille MMR
			BV	SEI	SEL	SELS			
Scénario 4 : Éclatement de la chambre de combustion	B	Surpression	49	25	NA	NA	Modérée	Rapide	Acceptable
Scénario 10 : Éclatement de l'hydrogénateur	B	Surpression	66	33	15	11	Modérée	Rapide	Acceptable
Scénario 11 : Éclatement du stockage H ₂	D	Surpression	125	62	28	4	Sérieuse	Rapide	Acceptable
Scénario 12a : UVCE suite à rupture de la canalisation H ₂ (enterrée)	E	Surpression	39	18	8	6	Modérée	Rapide	Acceptable
Scénario 12d : UVCE suite à rupture de la canalisation H ₂ (aérienne)	C	Surpression	51	25	14	12	Modérée	Rapide	Acceptable
Scénario 12e : Flash fire suite à rupture de la canalisation H ₂ (aérienne)	C	Thermique	-	17	11	11	Modérée	Rapide	Acceptable
Scénario 14b : Flash fire suite à rupture de la canalisation GN (enterrée)	C	Thermique	-	1	n/a	n/a	Modérée	Rapide	Acceptable

Tableau 53 – Synthèse des phénomènes dangereux

54. ACCEPTABILITE DES RISQUES

L'acceptabilité du risque est définie comme la combinaison entre la probabilité d'apparition d'un phénomène dangereux et la gravité des conséquences.

Le positionnement des phénomènes dangereux dans la grille de criticité définie par l'arrêté du 29 septembre 2005 est le suivant :

		PROBABILITÉ D'OCCURRENCE (sens croissant de E vers A)				
		E	D	C	B	A
Gravité des conséquences sur les personnes exposées au risque	Désastreux					
	Catastrophique					
	Important					
	Sérieux		PhD 11			
	Modéré	PhD 12a		PhD 12d PhD 12e PhD 14b	PhD 4 PhD 10	

Tableau 54 – Positionnement des PhD sortant du site dans la grille de criticité

À l'intérieur des cases de la grille apparaissent 4 niveaux de risques :

- ◇ **Niveau I (rouge)** : zone de **risque élevé**, figurée par le mot « NON » ;
- ◇ **Niveau II (orange)** : zone de **risque intermédiaire**, figurée par le sigle « **MMR rang 2** » (Mesures de Maîtrise des Risques), dans laquelle une démarche d'amélioration continue est particulièrement pertinente, en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation ;
- ◇ **Niveau III (jaune)** : zone de **risque intermédiaire**, figurée par le sigle « **MMR rang 1** » (Mesures de Maîtrise des Risques), dans laquelle une démarche d'amélioration continue est particulièrement pertinente, en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation ;
- ◇ **Niveau IV (vert)** : zone de **risque moindre**, qui ne comporte ni « NON », ni « MMR ».

En conclusion, tous les scénarios identifiés sont « Acceptables ».

55. IMPACTS SUR LES INSTALLATIONS VOISINES

L'étude de dangers a permis de démontrer l'absence d'effets dominos en dehors du site sur les installations voisines pouvant engendrer un suraccident.

Des effets ont cependant été identifiées en dehors du site (effets thermiques et de surpression), ces effets atteignent principalement le terrain détenu par GAZEL Energie (pour les effets hors BV) ainsi qu'une partie de la forêt au Nord du site (BV uniquement).

Il n'a pas été identifié d'effets sur d'autres installations notamment sur des installations de la plateforme pétrochimique.

De nombreuses discussions ont eu lieu entre GAZEL Energie et CIRCA afin de déterminer l'acceptabilité des risques pour le propriétaire du terrain, une convention d'usage a été réalisée entre CIRCA et GAZEL Energie pour définir les activités et occupations possibles au sein des zones d'effets afin de maintenir l'acceptabilité de l'étude de dangers de CIRCA. Un extrait de cette convention est présentée en annexe D03-A8.

56. IMPACTS SUR LES ELEMENTS VULNERABLES

Des éléments vulnérables aux effets dominos sont identifiables sur le site :

- ◇ Les stockages d'eau incendie et pompes d'eau incendie : en cas d'effets dominos sur ces réservoirs ou sur les pompes, le site ne pourrait plus être approvisionné en eaux incendie pour lutter contre un incendie ;
- ◇ La salle de contrôle : En cas d'effets dominos sur la salle de contrôle, celle-ci serait alors à considérer hors d'usage ne permettant alors pas de maîtriser le reste de l'installation et pouvant entraîner des suraccidents ou une perte de la capacité d'action des opérateurs du site ;
- ◇ Les accès pompier au site : En cas d'effets dominos sur les accès pompiers au site, ces derniers ne pourraient alors pas lutter contre le sinistre ou porter assistance aux personnes sur site et à proximité du site sans garantir leur propre sécurité.

D'après les conclusions de l'étude de dangers, il n'est pas identifié d'effets dominos compromettant les éléments vulnérables :

- ◇ Les équipements incendie sont tous situés au niveau du site de GAZEL Energie, en dehors des rayons d'effets de l'installation de **CIRCA** ;
- ◇ La salle de contrôle située au Nord du site n'est atteinte que par le seuil des bris de vitre au sein du site, ainsi le dimensionnement de la salle de contrôle en tant que local de confinement, comme défini au §11.2 couvre déjà ces effets ;
- ◇ Le site étant relativement petit et les effets létaux et létaux significatifs ne sortant uniquement que sur la partie Ouest du site, un accès est toujours possible depuis l'Est du site.