

Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale de la station multi énergies de Vougy



Etude de Dangers

Document n°4

Société GIE

74130 - VOUGY

Suivi des Modifications :**Date – 12/05/2026 - Rédacteur – Jean-Pierre NEVE**

VERSION/ REVISION	DATE	REDIGE PAR	CONTROLE EXTERNE	MODIFICATIONS
Projet version V0/ Révision 0	11/10/2024	Jean-Pierre NEVE	Nicolas MIZZI	Rédaction initiale de l'étude
Projet version V0/ Révision 1	05/02/2026	Jean-Pierre NEVE	Nicolas MIZZI	Prise en compte des remarques de la DREAL phase Amont
Projet version V1 / Révision 1	11/05/2026	Jean-Pierre NEVE	Nicolas MIZZI	Prise en compte des remarques de la DREAL du courrier du 16 avril 2026

SOMMAIRE

SOMMAIRE	3
PREAMBULE	7
1.1 <i>Glossaire technique et réglementaire</i>	7
1.1.1 Notions de dangers, risques et corolaires	7
1.1.2 Evènement et accidents	9
1.1.3 Fonctions et barrières de sécurité	11
1.2 <i>Liste des sigles et abbréviations</i>	13
1.3 <i>Liste des documents de références</i>	14
2. RENSEIGNEMENTS GENERAUX	16
2.1 <i>Contexte de l'étude</i>	16
2.2 <i>Présentation générale du site</i>	16
2.2.1 Localisation	16
2.2.1 Activité	17
2.2.1 Organisation	17
2.3 <i>Situation administrative de l'établissement au regard de la réglementation des ICPE</i>	18
2.3.1 Nature et volume des activités	18
2.3.2 Arrêtés préfectoraux en vigueur	19
3. PRESENTATION DE L'ETUDE : Objectifs, périmètre, contenu et méthodes	20
3.1 <i>Objectifs de l'étude de dangers</i>	20
3.2 <i>Périmètre de l'étude</i>	20
3.3 <i>Contenu de l'étude</i>	20
3.4 <i>Limites de l'étude</i>	21
3.5 <i>Méthodologie</i>	21
3.5.1 Présentation générale	21
3.5.2 1 ^{ère} étape : Accidentologie	22
3.5.3 2 ^{ème} étape : Identification et caractérisation des potentiels de dangers	22
3.5.4 3 ^{ème} étape : Analyse préliminaire des risques	23
3.5.5 Analyse détaillée des risques	25
4. DESCRIPTION DE L'ETABLISSEMENT ET DE SON ENVIRONNEMENT	31
4.1 <i>Description des installations et utilités</i>	31
4.2 <i>Description de l'environnement</i>	33
4.2.1 Environnement naturel	33
4.2.2 Environnement humain	33
5. IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES POTENTIELS DE DANGERS	34
5.1 <i>Dangers liés aux produits</i>	34
5.1.1 Produits stockés sur site	35
A/ Hydrogène	35
B/ Oxygène	38
C/ Azote	39
D/ Propane (GPL)	40
E/ Essence SP95- E10	41

F/ Essence SP98	41
G/ Superéthanol E85	42
H/ Gazole	44
I/ Autres produits	45
J/ Les fumées	45
5.1.2 Synthèse des dangers liés aux produits	45
5.2 Dangers liés aux installations	46
5.3 Identification des agressions d'origine externes	48
5.3.1 Risques technologiques présents à proximités	48
5.3.2 Dangers liés aux événements naturels	52
5.4 Accidentologie	55
5.4.1 Evénements redoutés identifiés dans l'accidentologie	61
5.4.2 Phénomènes dangereux associés à ces événements	61
5.4.3 Enseignements tirés et positionnement vis-à-vis de ces enseignements	63
6. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS	66
6.1 Principe de substitution	66
6.2 Principe d'intensification	66
6.3 Principe d'atténuation	66
6.4 Principe de limitation des effets	66
7. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES	68
7.1 Rappel de la méthode	68
7.2 Analyse des risques d'origine externe	69
7.2.1 Risques d'origine naturels	69
7.2.2 Risques d'origine non naturelle	72
7.3 Analyse préliminaire des risques liés aux équipements	73
7.3.1 Electrolyse et purification d'hydrogène	73
7.3.2 Compression hydrogène – Compresseurs 1 et 2	79
7.3.3 Stockages – Stockages BP, MP et HP	84
7.3.4 Réseaux aériens, événements et platines	89
7.3.5 Semi-remorque de livraison d'hydrogène	94
7.3.6 Station Carburant – Côté public	97
7.3.7 Utilités	105
7.4 Récapitulatif des risques identifiés dans l'APR	108
8. MODELISATION DES EFFETS DES PHENOMENES DANGEREUX	109
8.1 Sélection des phénomènes dangereux associés aux installations	109
8.1.1 Phénomènes dangereux retenus dans le cadre de cette étude	109
8.1.2 Eclatement d'un stockage	110
8.1.3 Rupture d'une tuyauterie en caniveau, aérienne ou en container	111
8.1.4 Feu nappe devant une borne de distribution de carburant fossile (SP95/SP98/Gazole/E85 et GPL)	111
8.1.5 Exclusion de certains phénomènes dangereux	113
8.1.6 Présence d'oxygène dans le réseau hydrogène	113
8.1.7 Explosion de capacité de stockage	113
8.1.8 BLEVE d'un camion-citerne de GPL, d'essence / de gazole ou de carburant E85	113
8.2 Méthodologie retenue pour évaluer l'intensité des phénomènes dangereux	115
8.2.1 Seuils de références	115
8.2.1.1 Effets thermiques	115
8.2.1.2 Effets de surpression	116

8.2.2	Modélisation des effets associés aux éclatements des récipients	117
8.2.3	Modélisation des effets associés aux explosions dans les containers	117
8.2.4	Modélisation des effets associés aux fuites d'hydrogène	119
8.2.5	Modélisation des effets associés aux feux nappes	120
8.3	<i>PhD n°1 : Fuite d'hydrogène dans le module de purification d'hydrogène – Explosion</i>	121
8.4	<i>PhD n°2: Fuite d'hydrogène dans le réseau basse pression (BP)</i>	122
8.4.1	Phénomènes dangereux modélisés : PhD n°2 Feu Torche	122
8.4.2	Phénomène dangereux modélisé : PhD 2 UVCE	122
8.5	<i>PhD n°3 : Eclatement du séparateur d'hydrogène</i>	125
8.6	<i>PhD n°4 : Eclatement du stockage Basse Pression</i>	126
8.7	<i>PhD n°5 : Explosion du container de compression n°1</i>	128
8.8	<i>PhD n°6 : Fuite d'hydrogène dans un réseau ou une platine Moyenne Pression (MP)</i>	129
8.8.1	Phénomènes dangereux modélisés : PhD n°6 Feu Torche	129
8.8.2	Phénomène dangereux modélisé : PhD n°6 UVCE	129
8.9	<i>PhD n°7 : Eclatement du stockage Moyenne Pression</i>	133
8.10	<i>PhD n°8 : Explosion du container de compression n°2</i>	135
8.11	<i>PhD n°9: Fuite d'hydrogène dans un réseau ou une platine Haute Pression (HP)</i>	136
8.11.1	Phénomènes dangereux modélisés : PhD n°9 Feu Torche	136
8.11.2	Phénomène dangereux modélisé : PhD n°9 UVCE	136
8.12	<i>PhD n°10 : Eclatement du stockage Haute Pression pris dans un incendie</i>	140
8.13	<i>PhD n°11 : Rupture guillotine du flexible de distribution d'un semi-remorque d'approvisionnement</i>	142
8.13.1	Phénomènes dangereux modélisés : PhD n°11 Feu Torche	142
8.13.2	Phénomènes dangereux modélisés : PhD n°11 UVCE	142
8.14	<i>PhD n°12: Eclatement du stockage d'hydrogène d'un semi-remorque pris dans un incendie</i>	145
8.15	<i>PhD n°13: Relargage d'hydrogène à un événement d'ANS la zone technique</i>	147
8.16	<i>PhD n°14: Feu nappe sur une piste de distribution</i>	148
8.17	<i>PhD n°15: Fuite d'un flexible de distribution d'hydrogène</i>	149
8.18	<i>Tableau récapitulatif des différents phénomènes dangereux</i>	150
9.	ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES	152
9.1	<i>Principes retenues pour l'évaluation de la gravité</i>	152
9.2	<i>Principes retenus pour l'évaluation de la cinétique</i>	154
9.3	<i>Tableau récapitulatif de la gravité et de la cinétique des phénomènes dangereux majeurs de l'analyse détaillée des risques</i>	155
9.4	<i>Evaluation de la probabilité des phénomènes dangereux</i>	159
9.4.1	Choix d'une méthode d'estimation de la probabilité	159
9.4.2	Collecte des données d'entrée nécessaires à l'estimation	159
9.4.3	Fréquences des PhD	162
9.5	<i>Synthèse de l'analyse détaillée des risques</i>	165
9.5.1	Tableau récapitulatif des Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) et mesures Importantes pour la Sécurité (MIPS)	175
9.5.1.1	Mesures de maîtrise des risques (MMR)	175
9.5.1.2	Autres mesures importantes pour la sécurité	179
9.5.2	Synthèse de l'analyse des risques – Criticité	180
9.5.3	Rappel des moyens de prévention et de protection présents pour les phénomènes en zone de criticité intermédiaire	181

9.5.3.1	Mesures de protections et de préventions collectives pour les phénomènes dangereux en zone MMR rang 1 (jaune)	181
9.5.3.2	Mesures de protection spécifiques aux PhD2, PhD6 et PhD9 (rupture franche de tuyauterie) qui sont MMR de rang 1 (jaune)	181
9.5.3.3	Mesures de protection spécifiques aux PhD3, PhD4 et PhD7 (éclatement d'un récipient) qui sont MMR de rang 1 (jaune)	182
9.5.3.4	Mesures de protections et de préventions collectives pour les phénomènes dangereux en zone MMR rang 2 (orange)	182
9.5.3.5	Mesures de protection spécifiques aux PhD11 et PhD12 (rupture guillotine d'in flexible et éclatement d'un récipient d'un semi-remorque) qui sont MMR de rang 2 (orange)	183
9.5.4	Organisation des secours	185
9.5.4.1	Organisation suite à l'apparition d'une fuite d'hydrogène	185
9.5.4.1	Organisation en cas de départ d'incendie sur le site	186
9.5.5	Conclusion de l'analyse détaillée des risques	188
ANNEXE – LISTE DES TABLEAUX		189
ANNEXE – LISTE DES SCHEMAS		191
ANNEXE – LISTE DES FIGURES		191

PREAMBULE

1.1 GLOSSAIRE TECHNIQUE ET REGLEMENTAIRE

1.1.1 Notions de dangers, risques et corolaires

TERMES	DEFINITIONS
Aléa	<p>Probabilité qu'un phénomène accidentel produise en un point donné des effets d'une intensité donnée, au cours d'une période déterminée. L'aléa est donc l'expression, pour un type d'accident donné, du couple (Probabilité d'occurrence x Intensité des effets). Il est spatialisé et peut être cartographié. (Circulaire du 02/10/03 du MEDD sur les mesures d'application immédiate introduites par la loi n° 2003-699 en matière de prévention des risques technologiques dans les installations classées).</p> <p>NB : Notion utilisée principalement pour les PPRT (Plan de Prévention des Risques Technologiques)</p>
Acceptation du risque	<p>« Décision d'accepter un risque ». L'acceptation du risque dépend des critères de risques retenus par la personne qui prend la décision [1] (ISO/CEI 73). Le regard porté par cette personne tient compte du "ressenti" et du "jugement" qui lui sont associés.</p> <p>NB : Notion ne figurant pas dans les textes relatifs aux installations classées, mais utilisé dans d'autres domaines ou à l'étranger.</p>
Danger	<p>Cette notion définit une propriété intrinsèque à une substance (butane, chlore,...), à un système technique (mise sous pression d'un gaz,...), à une disposition (élévation d'une charge),..., à un organisme (microbes), etc., de nature à entraîner un dommage sur un « élément vulnérable » [sont ainsi rattachées à la notion de "danger" les notions d'inflammabilité ou d'explosivité, de toxicité, de caractère infectieux etc. inhérentes à un produit et celle d'énergie disponible (pneumatique ou potentielle) qui caractérisent le danger] ;</p>
Potentiel de danger	<p>Système (naturel ou créé par l'homme) ou disposition adoptée et comportant un (ou plusieurs) "danger(s)" ; dans le domaine des risques technologiques, un "potentiel de danger" correspond à un ensemble technique nécessaire au fonctionnement du processus envisagé.</p>
Réduction du risque	<p>Actions entreprises en vue de diminuer la probabilité, les conséquences négatives (ou dommages), associés à un risque, ou les deux. [FD ISO/CEI Guide 73]. Cela peut être fait par le biais de chacune des trois composantes du risque, la probabilité, l'intensité et la vulnérabilité :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réduction de la probabilité : par amélioration de la prévention, par exemple par ajout ou fiabilisation des mesures de sécurité - Réduction de l'intensité : par action sur l'élément porteur de danger (ou potentiel de danger), par exemple substitution par une substance moins dangereuse, réduction des quantités mises en oeuvre, atténuation des conditions de procédés (T°, P...), simplification du système.... <p>la réduction de l'intensité peut également être accomplie par des mesures de limitation (ex : rideau d'eau pour abattre un nuage toxique, limitant son extension à des concentrations dangereuses)</p> <p>La réduction de la probabilité et/ou de l'intensité correspond à une réduction du risque « à la source », ou réduction de l'aléa.</p> <p>Réduction de la vulnérabilité : par éloignement ou protection des éléments vulnérables (par exemple par la maîtrise de l'urbanisation, dont PPRT, ou par les plans d'urgence externes).</p>

TERMES	DEFINITIONS
Risque toléré	<p>La "tolérabilité" du risque résulte d'une mise en balance des avantages et des inconvénients (dont les risques) liés à une situation, situation qui sera soumise à révision régulière afin d'identifier, au fil du temps et chaque fois que cela sera possible, les moyens permettant d'aboutir à une réduction du risque.</p> <p>La norme EN 61508 - 5 en son annexe A (§A2) indique "la détermination du risque tolérable pour un événement dangereux a pour but d'établir ce qui est jugé raisonnable eu égard à la fréquence (ou probabilité) de l'événement dangereux et a ses conséquences spécifiques. Les systèmes relatifs à la sécurité sont conçus pour réduire la fréquence (ou probabilité) de l'événement dangereux et/ou les conséquences de l'événement dangereux".</p> <p>NB : Notion ne figurant pas dans les textes relatifs aux installations classées, mais utilisé dans d'autres domaines.</p>
Risque	<p>« Combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences » (ISO/CEI 73), « Combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité » (ISO/CEI 51).</p> <p>1/ Possibilité de survenance d'un dommage résultant d'une exposition aux effets d'un phénomène dangereux. Dans le contexte propre au « risque technologique », le risque est, pour un accident donné, la combinaison de la probabilité d'occurrence d'un événement redouté/final considéré (incident ou accident) et la gravité de ses conséquences sur des éléments vulnérables.</p> <p>2 / Espérance mathématique de pertes en vies humaines, blessés, dommages aux biens et atteinte à l'activité économique au cours d'une période de référence et dans une région donnée, pour un aléa particulier. Le risque est le produit de l'aléa par la vulnérabilité [ISO/CEI Guide 51]</p> <p>Le risque constitue une " potentialité ". Il ne se « réalise » qu'à travers "l'événement accidentel", c'est-à-dire à travers la réunion et la réalisation d'un certain nombre de conditions et la conjonction d'un certain nombre de circonstances qui conduisent, d'abord, à l'apparition d'un (ou plusieurs) élément(s) initiateur(s) qui permettent, ensuite, le développement et la propagation de phénomènes permettant au "danger" de s'exprimer, en donnant lieu d'abord à l'apparition d'effets et ensuite en portant atteinte à un (ou plusieurs) élément(s) vulnérable(s).</p> <p>Le risque peut être décomposé selon les différentes combinaisons de ses trois composantes que sont l'intensité, la vulnérabilité et la probabilité (la cinétique n'étant pas indépendante de ces trois paramètres) :</p> <p>Intensité x Vulnérabilité = gravité des dommages ou conséquences Intensité x Probabilité = aléa Risque = Intensité x Probabilité x Vulnérabilité = Aléa x Vulnérabilité = Conséquences x Probabilité</p> <p>Dans les analyses de risques et les études de dangers, le risque est généralement qualifié en Gravité (des Conséquences) x Probabilité, par exemple dans une grille P x G, alors que pour les PPRT, il l'est selon les deux composantes Aléa x Vulnérabilité (par type d'effet : thermique, toxique, surpression et projection).</p>
Sécurité – Sûreté	<p>Dans le cadre des installations classées, on parle de sécurité des installations vis-à-vis des accidents et de sûreté vis-à-vis des attaques externes volontaires (type malveillance ou attentat) des intrusions malveillantes et de la malveillance interne. Par parallèle avec le secteur nucléaire, on utilise parfois l'expression « sûreté de fonctionnement » dans les installations classées, qui se rapporte en fait à la maîtrise des risques d'accident, donc à la sécurité des installations.</p>

1.1.2 Evènement et accidents

TERMES	DEFINITIONS
Accident	<p>Événement non désiré, tel qu'une émission de substance toxique, un incendie ou une explosion résultant de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation d'un établissement qui entraîne des conséquences/ dommages vis à vis des personnes, des biens ou de l'environnement et de l'entreprise en général. C'est la réalisation d'un phénomène dangereux, combinée à la présence de cibles vulnérables exposées aux effets de ce phénomène.</p> <p>Ex : accident : « N blessés et 1 atelier détruit suite à l'incendie d'un réservoir de 100 tonnes de fioul ».</p>
Cinétique	Vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables. Cf articles 5 à 8 de l'arrêté du 29/09/2005.
Effets dominos	<p>Action d'un phénomène dangereux affectant une ou plusieurs installations d'un établissement qui pourrait déclencher un autre phénomène sur une installation ou un établissement voisin, conduisant à une aggravation générale des effets du premier phénomène.</p> <p>[effet domino = « accident » initié par un « accident »].</p>
Effets d'un phénomène dangereux	Ce terme décrit les caractéristiques des phénomènes physiques, chimiques,... associés à un phénomène dangereux concerné : flux thermique, concentration toxique, surpression....
Éléments vulnérables (ou enjeux)	Éléments tels que les personnes, les biens ou les différentes composantes de l'environnement susceptibles, du fait de l'exposition au danger, de subir, en certaines circonstances, des dommages. Le terme de « cible » est parfois utilisé à la place d'élément vulnérable. Cette définition est à rapprocher de la notion « d'intérêt à protéger » de la législation sur les installations classées (art. L.511-1 du Code de l'Environnement).
Evènement initiateur	Événement, courant ou anormal, interne ou externe au système, situé en amont de l'événement redouté central dans l'enchaînement causal et qui constitue une cause directe dans les cas simples ou une combinaison d'événements à l'origine de cette cause directe. Dans la représentation en « noeud papillon » (ou arbre des causes), cet événement est situé à l'extrémité gauche.
Evènement redouté central	Événement conventionnellement défini, dans le cadre d'une analyse de risque, au centre de l'enchaînement accidentel. Généralement, il s'agit d'une perte de confinement pour les fluides et d'une perte d'intégrité physique pour les solides. Les événements situés en amont sont conventionnellement appelés « phase pré-accidentelle » et les événements situés en aval « phase post-accidentelle ».
Gravité	<p>On distingue l'intensité des effets d'un phénomène dangereux de la gravité des conséquences découlant de l'exposition de cibles de vulnérabilités données à ces effets. La gravité des conséquences potentielles prévisibles sur les personnes, prises parmi les intérêts visés à l'article L.511-1 du code de l'environnement, résulte de la combinaison en un point de l'espace de l'intensité des effets d'un phénomène dangereux et de la vulnérabilité des personnes potentiellement exposées.</p> <p>Exemple d'intensité (ou gravité potentielle) : le flux thermique atteint la valeur du seuil d'effet thermique létal à 50m de la source du flux.</p>

TERMES	DEFINITIONS
Intensité des effets d'un phénomène dangereux	Mesure physique de l'intensité du phénomène (thermique, toxique, surpression, projections). Parfois appelée gravité potentielle du phénomène dangereux (mais cette expression est source d'erreur). Les échelles d'évaluation de l'intensité se réfèrent à des seuils d'effets moyens conventionnels sur des types d'éléments vulnérables [ou cibles] tels que « homme », « structures ». Elles sont définies, pour les installations classées, dans l'arrêté du 29/09/2005. L'intensité ne tient pas compte de l'existence ou non de cibles exposées. Elle est cartographiée sous la forme de zones d'effets pour les différents seuils.
Phénomène dangereux (ou phénomène redouté)	Libération d'énergie ou de substance produisant des effets, au sens de l'arrêté du 29/09/2005, susceptibles d'infliger un dommage à des cibles (ou éléments vulnérables) vivantes ou matérielles, sans préjuger l'existence de ces dernières. C'est une « Source potentielle de dommages » (ISO/CEI 51) Note : un phénomène est une libération de tout ou partie d'un potentiel de danger, la concrétisation d'un aléa. Ex de phénomènes : « incendie d'un réservoir de 100 tonnes de fioul provoquant une zone de rayonnement thermique de 3 kW/m ² à 70 mètres pendant 2 heures. », feu de nappe, feu torche, BLEVE, Boil Over, explosion, (U)VCE, dispersion d'un nuage de gaz toxique...
Probabilité d'occurrence	Au sens de l'article L.512-1 du code de l'environnement, la probabilité d'occurrence d'un accident est assimilée à sa fréquence d'occurrence future estimée sur l'installation considérée. Elle est en général différente de la fréquence historique et peut s'écarter, pour une installation donnée, de la probabilité d'occurrence moyenne évaluée sur un ensemble d'installations similaires.
Scénario d'accident (majeur)	Enchaînement d'événements conduisant d'un événement initiateur à un accident (majeur), dont la séquence et les liens logiques découlent de l'analyse de risque. En général, plusieurs scénarios peuvent mener à un même phénomène dangereux pouvant conduire à un accident (majeur) : on dénombre autant de scénarios qu'il existe de combinaisons possibles d'événements y aboutissant.». Les scénarios d'accident obtenus dépendent du choix des méthodes d'analyse de risque utilisées et des éléments disponibles.
Vulnérabilité	1/ « vulnérabilité d'une cible à un effet x » (ou « sensibilité ») : facteur de proportionnalité entre les effets auxquels est exposé un élément vulnérable (ou cible) et les dommages qu'il subit. 2/ « vulnérabilité d'une zone » : appréciation de la présence ou non de cibles ; vulnérabilité moyenne des cibles présentes dans la zone. La vulnérabilité d'une zone ou d'un point donné est l'appréciation de la sensibilité des éléments vulnérables [ou cibles] présents dans la zone à un type d'effet donné. Par exemple, on distinguera des zones d'habitat, des zones de terres agricoles, les premières étant plus vulnérables que les secondes face à un aléa d'explosion en raison de la présence de constructions et de personnes. (Circulaire du 02/10/03 du MEDD sur les mesures d'application immédiate introduites par la loi n° 2003-699 en matière de prévention des risques technologiques dans les installations classées). (NB : zone d'habitat et zone de terres agricoles sont deux types d'enjeux. On peut différencier la vulnérabilité d'une maison en parpaings de celle d'un bâtiment largement vitré.).

1.1.3 Fonctions et barrières de sécurité

TERMES	DEFINITIONS
Efficacité (pour une barrière de sécurité) ou capacité de réalisation	Capacité à remplir la mission/fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. En général, cette efficacité s'exprime en pourcentage d'accomplissement de la fonction définie. Ce pourcentage peut varier pendant la durée de sollicitation de la barrière de sécurité. Cette efficacité est évaluée par rapport aux principes de dimensionnement adapté et de résistance aux contraintes spécifiques.
Fonction de sécurité	Fonction ayant pour but la réduction de la probabilité d'occurrence et/ou des effets et conséquences d'un événement non souhaité dans un système. Les principales actions assurées par les fonctions de sécurité en matière d'accidents majeurs dans les installations classées sont : empêcher, éviter, détecter, contrôler, limiter. Les fonctions de sécurité identifiées peuvent être assurées à partir de barrières techniques de sécurité, de barrières organisationnelles (activités humaines), ou plus généralement par la combinaison des deux.
Indépendance d'une mesure de maîtrise des risques	Faculté d'une mesure, de par sa conception, son exploitation et son environnement, à ne pas dépendre du fonctionnement d'autres éléments et notamment d'une part d'autres mesures de maîtrise des risques, et d'autre part, du système de conduite de l'installation, afin d'éviter les modes communs de défaillance ou de limiter leur fréquence d'occurrence.
Mesure de maîtrise des risques (ou barrière de sécurité)	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 : mesure visant à limiter les conséquences sur les cibles potentielles par diminution de la vulnérabilité.
Mesure « complémentaires » - « supplémentaires »	Dans les textes, on distingue les mesures de sécurité complémentaires, mises en place par l'exploitant à sa charge, dans le cadre de l'application normale de la réglementation, des mesures supplémentaires éventuellement mises en place dans le cadre des PPRT, faisant l'objet d'un financement tripartite tel que mentionné à l'article L.515-19 du code de l'environnement.
Niveau de confiance	Le niveau de confiance est l'architecture (redondance éventuelle) et la classe de probabilité, inspirés des normes NF EN 61-508 et CEI 61-511, pour qu'une mesure de maîtrise des risques, dans son environnement d'utilisation, assure la fonction de sécurité pour laquelle elle a été choisie. Cette classe de probabilité est déterminée pour une efficacité et un temps de réponse donnés. Ce niveau peut être déterminé suivant les normes NF EN 61-508 et CEI 61-511 pour les systèmes instrumentés de sécurité. Cf rapport INERIS Ω-10.
Prévention	Mesures visant à prévenir un risque en réduisant la probabilité d'occurrence d'un phénomène dangereux.
Protection	Mesures visant à limiter l'étendue ou/et la gravité des conséquences d'un accident sur les éléments vulnérables, sans modifier la probabilité d'occurrence du phénomène dangereux correspondant. NB : des mesures de protection peuvent être mises en oeuvre « à titre préventif », avant l'accident, comme par exemple un confinement. La maîtrise de l'urbanisation, visant à limiter le nombre de personnes exposées aux effets d'un phénomène

TERMES	DEFINITIONS
	dangereux, et les plans d'urgence visant à mettre à l'abri les personnes sont des mesures de protection.
Redondance	Existence, dans une entité, de plus d'un moyen pour accomplir une fonction requise (CEI6271-1974)
Temps de réponse (pour une mesure de maîtrise des risques)	<p>Intervalle de temps requis entre la sollicitation et l'exécution de la mission/fonction de sécurité. Ce temps de réponse est inclus dans la cinétique de mise en oeuvre d'une fonction de sécurité, cette dernière devant être en adéquation [significativement plus courte] avec la cinétique du phénomène qu'elle doit maîtriser.</p> <p>Ex : Un rideau d'eau alimenté par un réseau, avec vanne pneumatique/motorisée asservie à une détection ammoniac, dont la fonction de sécurité est d'abattre 80% de la fuite d'ammoniac a un temps de réponse égal à la durée séparant l'envoi de la commande à la vanne du moment où le rideau fonctionne en régime permanent (en supposant qu'il est correctement dimensionné pour abattre 80% de la fuite réelle). Sur cet exemple, la cinétique de mise en oeuvre correspond à l'ensemble de la durée entre l'apparition de la fuite, sa détection, le traitement du signal de détection ajouté au temps de réponse.</p>

Source : 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.

1.2 LISTE DES SIGLES ET ABBREVIATIONS

Liste des abréviations :

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AM	Accident Majeur
APR	Analyse Préliminaire des Risques
APSAD	Assemblée Plénière de Sociétés d'Assurances Dommages
ARIA	Analyse, Recherche et Information sur les Accidents
ATEX	ATmosphère Explosive
BARPI	Bureau d'Analyse des Risques et Pollution Industriels
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CACES	Certificat d'Aptitude à la Conduite en Sécurité
CLP	Classification, Labelling, Packaging
CSE	Comité Social Economique
DDAE	Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale
DN	Diamètre Nominal
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DRPCE	Document Relatif à la Protection Contre les Explosions
EDD	Etude Des Dangers
EI	Evènement Initiateur
EIS	Equipment Important for Safety ou Elément Important de Sécurité
EPI	Equipement de Protection Individuelle
ERC	Evènement Redouté Central
ERP	Etablissement Recevant du Public
FDS	Fiche de Données de Sécurité
GES	Gaz à Effet de Serre
GNR	Gasoil Non Routier
HAZOP	HAZard and OPerability analysis
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IED	Industrial Emissions Directive
IHM	Interface Homme Machine
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
IRVE :	Infrastructure de Recharge pour Véhicule Électrique
IOP	Installation Ouverte au Public
ISO	Organisation internationale de normalisation
IT	Instruction Technique
LIE	Limite Inférieure d'Explosivité
MMR	Mesure de Maitrise du Risques
PDA	Paratonnerre à Dispositif d'Amorçage
PEM	Membrane Echangeuse de Proton
PLU	Plan Local d'Urbanisme
PPR	Plan de Prévention des Risques
REI	Résistance Etanchéité Isolation
RTE	Réseau de Transport d'Electricité
SDIS	Service Départemental d'Incendie et de Secours
SEI	Seuil des Effets Irréversibles
SEL	Seuil des Effets Létaux
SELS	Seuil des Effets Létaux Significatifs
SST	Sauveteur Secouriste du Travail
TAR	Tour Aéro-Réfrigérante
UVCE	Unconfined Vapour Cloud Explosion – Explosion d'un nuage de gaz non confiné
VCE	Vapor Cloud Explosion – Explosion d'un nuage de gaz
UPS	Uninterruptible Power Supply
CGEM	Container à Gaz à Eléments Multiples

1.3 LISTE DES DOCUMENTS DE REFERENCES

- Réf. 1 : Loi n° 2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages.
- Réf. 2 : Décret n° 2005-1170 du 13 septembre 2005 modifiant le décret n° 77-1133 du 21 septembre 1977 pris pour l'application de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement.
- Réf. 3 : Arrêté du 29 septembre 2005 modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 modifié relatif 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.
- Réf. 4 : 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 soumises à autorisation.
- Réf. 5 : 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.
- Réf. 6 : Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA-35) Ω-9 - L'étude de dangers d'une Installation Classée (INERIS - juillet 2015).
- Réf. 7 : Supports présentés lors de la journée nationale d'information aux bureaux d'études sur la méthodologie d'élaboration des études de dangers du 10 juin 2008 (MEEDDAT).
- Réf. 8 : Circulaire DPPR/SEI2/FA-07-0066 du 4 mai 2007 relatif au porter à la connaissance « risques technologiques » et maîtrise de l'urbanisation autour des installations classées.
- Réf. 10 : Lettre du MEEDDAT à la DIRE Nord - Pas de Calais du 6 février 2008 (déplacement des bouteilles contenant des gaz sous pression et prise en compte des phénomènes dangereux liés à la rupture du robinet de ces équipements, dans les études de dangers et dans les mesures de maîtrise de l'urbanisation).
- Réf. 11 : Guide d'information sur la sécurité des véhicules à hydrogène et des stations-service de distribution d'hydrogène (ADEME Juin2015).
- Réf. 12 : Rapport d'étude DRA-14-141532-06227C Benchmark Stations-service Hydrogène (INERIS Septembre 2014)
- Réf. 13 : Arrêté du 15/04/10 relatif aux prescriptions générales applicables aux stations-service soumises à déclaration sous la rubrique n° 1435 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement
- Réf. 14 : Arrêté du 22 octobre 2018 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 1416 (station de distribution d'hydrogène gazeux) de la nomenclature des installations classées.
- Réf. 15 : Arrêté du 12/02/98 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 4715.
- Réf. 16 : Arrêté du 22/12/08 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées soumises à déclaration sous l'une ou plusieurs des rubriques nos 1436, 4330, 4331, 4722, 4734, 4742, 4743,

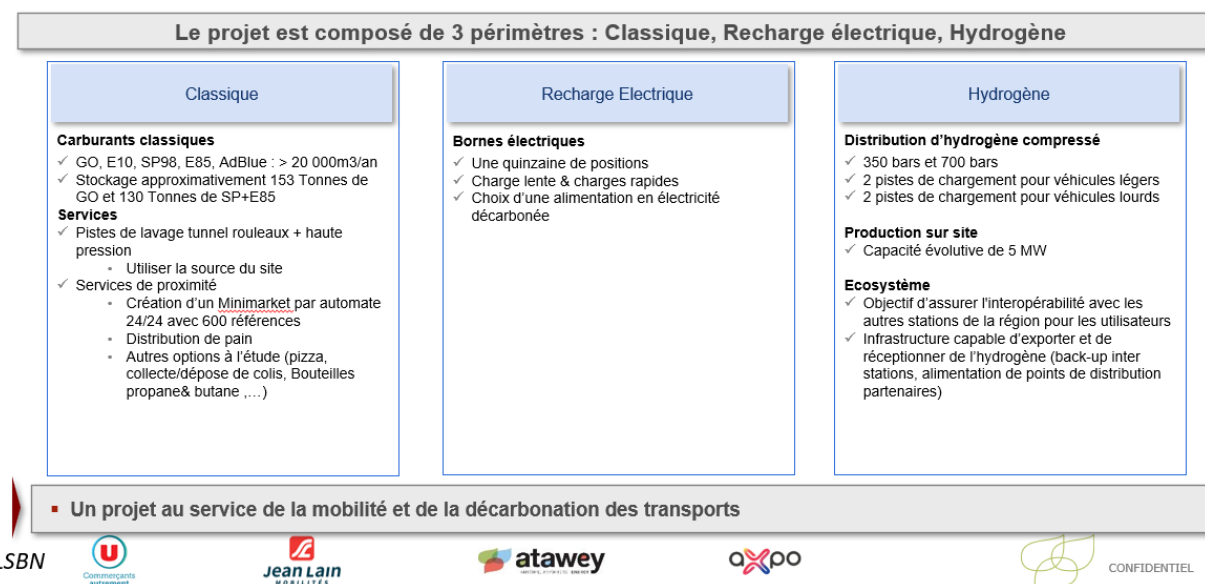
4744, 4746, 4747 ou 4748, ou pour le pétrole brut sous l'une ou plusieurs des rubriques nos 4510 ou 4511.

- Réf. 17 : Arrêté du 18/04/08 relatif aux réservoirs enterrés de liquides inflammables ou combustibles et à leurs équipements annexes exploités au sein d'une installation classée soumise à autorisation, à enregistrement ou à déclaration au titre de l'une ou plusieurs des rubriques n° 1436, 4330, 4331, 4722, 4734, 4742, 4743, 4744, 4746, 4747 ou 4748.
- Réf. 18 : Arrêté du 08/12/95 relatif à la lutte contre les émissions de composés organiques volatils résultant du stockage de l'essence et de sa distribution des terminaux aux stations-service.
- Réf. 19 : 21090R - Rapport IRVE : Le renforcement de la protection incendie dans les parkings couverts et le déploiement des bornes de recharge électrique.
- Réf. 20 : 2212018-VERSION PUBLIC Op D2 IDE-10- travaux sur l'extinction des feux de batteries Li-ion v1
- Réf. 21 : Omega 32 – UVCE – Les explosions non confinées de gaz et de vapeurs – réf N° DRA-16-133610-06190A – 23/06/16
- Réf. 22 : Etude de sécurité d'une station de distribution d'hydrogène gazeux -Risk assessment of a gaseous hydrogen refuelling station
- Réf.23 : Hydrogen Plus Other Alternative Fuels Risk Assessment Models (HyRAM+) Version 5.0 Technical Reference Manual
- Réf.24 : Programme EAT DRA 71 - Guide pratique pour la validation des probabilités des phénomènes dangereux des dépôts de gaz de pétrole liquéfié (GPL) 3ème version
- Réf.25 : Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA-35). La résistance des structures aux actions accidentelles.
- Réf.26 : Modélisation des conséquences de rejets d'hydrogène sur une station de distribution hydrogène

2. RENSEIGNEMENTS GENERAUX

2.1 CONTEXTE DE L'ETUDE

Il s'agit d'un projet de station multi énergie comprenant une partie classique ouverte au public (IOP) et une zone technique réservée aux techniciens autorisés.



L'étude de dangers porte sur l'ensemble du périmètre de la station multi énergie de Vougy dont notamment les voiries, aires et appareils de distribution et bornes de recharge, la zone de lavage auto et de service et les installations techniques de stockage, compression et distribution d'hydrogène.

Ce projet a été initié par la société MARIDIS qui, devant déplacer sa station-service actuelle, a décidé de d'intégrer dans sa future station une composante importante liée au développement durable via la mise en place de bornes de recharge électriques et la production et la distribution d'hydrogène gazeux. . Pour se faire, le Groupement d'intérêt Economique ARVE MULTI ENERGIE (R.C.S. de Annecy 990 808 990) a été constitué et sera indiqué dans ce document comme l'exploitant.

2.2 PRESENTATION GENERALE DU SITE

L'installation est divisée en deux parties :

- La zone de circulation en accès libre disposant de deux aires de distribution, l'une pour les Véhicules Légers (VL) et l'autre pour les Poids Lourds (PL). Cette zone est aussi équipée d'une zone de lavage (lavage Haute Pression et portiques), une zone de services avec des bouteilles de gaz, des appareils distributeurs alimentaires et autres services automatiques et une zone de recharge pour véhicules électriques.
- La zone technique, entourée d'un mur coupe-feu et dont l'accès est restreint par un portail et des portes maintenues fermées à clef. Cette zone accueille les installations de production, compression et stockage d'hydrogène en bouteille ou sur remorques ainsi que les utilités (armoie électrique & hydraulique, groupe froid, cadre d'azote pour maintenance et process...).

2.2.1 Localisation

Le projet de station multi énergie de Vougy est localisé au 1612 Route du Mont Blanc, à l'Est de la ville de Vougy, à la limite de la ville de Marnaz, au sud de la rivière Arve et de l'autoroute A40.

Le site occupe les parcelles cadastrales 000 B 1591, 1589, 1592, 1593, 1590, 1883, 1884 et 1885 pour une surface totale de 8015 m².

Le site était occupé précédemment par un garage automobile avec une station-service, surface qui a été complétée par l'acquisition des parcelles 1883, 1884 et 1885 qui étaient en friche lorsque ces terrains ont été rachetés.



Figure 1 – Localisation du projet (source géoportail)

2.2.1 Activité

Il s'agit donc d'une station-service de distribution de carburant multi énergie ouverte au public (régime IOP) avec une zone de service, une zone de distribution de carburant sous forme de gaz / liquide / électricité et une zone technique de production d'hydrogène.

2.2.1 Organisation

Le site est ouvert au public 24h/24, 7 jours sur 7. Il fonctionne en automatique sans présence opérationnelle sur place, hors intervention ponctuelle de technicien de maintenance.

Le public ne peut cependant pas accéder à la partie technique de la station.

2.3 SITUATION ADMINISTRATIVE DE L'ETABLISSEMENT AU REGARD DE LA REGLEMENTATION DES ICPE

2.3.1 Nature et volume des activités

Le projet est classé, au titre des installations classées pour la protection de l'environnement pour les rubriques :

- **1416** : Station-service où l'hydrogène gazeux est transféré dans les réservoirs de véhicules, la quantité journalière d'hydrogène distribuée étant supérieure ou égale à 2 kg/jour ;
- **4715** : Hydrogène (numéro CAS 133-74-0) ;
- **1435-2** : Stations-service : installations, ouvertes ou non au public, où les carburants sont transférés de réservoirs de stockage fixes dans les réservoirs à carburant de véhicules ;
- **4734-1-c** : Produits pétroliers spécifiques et carburants de substitution : essences et naphthas ; kérosènes (carburants d'aviation compris) ; gazoles (gazole diesel, gazole de chauffage domestique et mélanges de gazoles compris) ; fioul lourd ; carburants de substitution pour véhicules, utilisés aux mêmes fins et aux mêmes usages et présentant des propriétés similaires en matière d'inflammabilité et de danger pour l'environnement ;
- **1414-3** : Installation de remplissage ou de distribution de gaz inflammables liquéfiés ;

Pour information, l'exploitant a demandé et obtenue la non soumission à la rubrique IED 3420 (voir annexe 13)

Le positionnement vis-à-vis de la rubrique 4715 évolue en fonction de la phase du projet comme indiqué dans le tableau ci-après :

N° Rubrique	Description	Phase 1	Phase 2
4715	Hydrogène	Supérieure ou égale à 100 kg mais inférieure à 1 t Déclaration (D) Quantité déclarée de 0.99 t	Supérieure ou égale à 1 t et inférieure à 5 t Autorisation (A-2) Quantité déclarée de 4 t
1416	Station-service à hydrogène	la quantité journalière d'hydrogène distribuée étant supérieure ou égale à 2 kg/ jour. Déclaration avec Contrôle (DC) Quantité déclarée de 150 kg/j	Déclaration avec Contrôle (DC) Quantité déclarée de 300 kg/j
1435	Stations-services	Le volume annuel de carburant liquide distribué étant : Supérieur à 100 m ³ d'essence ou 500 m ³ au total, mais inférieur ou égal à 20 000 m ³ Déclaration avec Contrôle (DC) Quantité déclarée de 19 000 m ³	
4734	Produits pétroliers	La quantité totale susceptible d'être présente dans les installations y compris dans les cavités souterraines, étant : Supérieure ou égale à 50 t d'essence ou 250 t au total, mais inférieure à 1 000 t au total Déclaration avec Contrôle (DC) Quantité déclarée de 305 t	
1414	Substances inflammables	Installation de remplissage ou de distribution de gaz inflammables liquéfiés	

N° Rubrique	Description	Phase 1	Phase 2
		Installations de remplissage de réservoirs alimentant des moteurs ou autres appareils d'utilisation comportant des organes de sécurité (jauges et soupapes).	
		Déclaration avec Contrôle (DC) Quantité déclarée de 3,2 t	

Tableau 1 : Liste des rubriques concernées

L'installation ne sera pas classée SEVESO ni IED.

Les installations sont soumises aux prescriptions des arrêtés ministériels de prescriptions générales (AMPG) pour le seuil de déclaration des rubriques n°1416, n°4715, n°1435, n°4734 et n°1414 :

- Arrêté du 22 octobre 2018 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n°1416 (station de distribution d'hydrogène gazeux) ;
- Arrêté du 12 février 1998 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n°4715 (hydrogène) ;
- Arrêté du 15/04/10 relatif aux prescriptions générales applicables aux stations-service soumises à déclaration sous la rubrique n° 1435 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement ;
- Arrêté du 22/12/08 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées soumises à déclaration sous l'une ou plusieurs des rubriques nos 1436, 4330, 4331, 4722, 4734, 4742, 4743, 4744, 4746, 4747 ou 4748, ou pour le pétrole brut sous l'une ou plusieurs des rubriques nos 4510 ou 4511 ;
- Arrêté du 18/04/08 relatif aux réservoirs enterrés de liquides inflammables ou combustibles et à leurs équipements annexes exploités au sein d'une installation classée soumise à autorisation, à enregistrement ou à déclaration au titre de l'une ou plusieurs des rubriques n° 1436, 4330, 4331, 4722, 4734, 4742, 4743, 4744, 4746, 4747 ou 4748, ou pour le pétrole brut au titre de l'une ou plusieurs des rubriques n° 4510 ou 4511 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement ;
- Arrêté du 08/12/95 relatif à la lutte contre les émissions de composés organiques volatils résultant du stockage de l'essence et de sa distribution des terminaux aux stations-service ;
- Arrêté du 30/08/10 relatif aux prescriptions applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 1414-3 : Installations de remplissage ou de distribution de gaz inflammables liquéfiés : installations de remplissage de réservoirs alimentant des moteurs ou autres appareils d'utilisation comportant des organes de sécurité (jauges et soupapes).

2.3.2 Arrêtés préfectoraux en vigueur

Les installations ne font pas l'objet d'un arrêté préfectoral, celles-ci n'étant pas encore soumises à autorisation.

3. PRESENTATION DE L'ETUDE : OBJECTIFS, PERIMETRE, CONTENU ET METHODES

3.1 OBJECTIFS DE L'ETUDE DE DANGERS

L'étude de dangers expose les dangers que peuvent présenter les installations en décrivant les principaux accidents susceptibles d'arriver, leurs causes (d'origine interne ou externe), leur nature et leurs conséquences.

Elle précise et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents à un niveau acceptable.

Elle décrit l'organisation de la gestion de la sécurité mise en place sur le site et détaille la consistance et les moyens de secours internes ou externes mis en œuvre en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre.

Cette étude doit permettre une approche rationnelle et objective des risques encourus par les personnes ou l'environnement. Elle a pour objectifs principaux, selon le Ministère en charge de l'environnement :

- ✓ d'améliorer la réflexion sur la sécurité à l'intérieur de l'établissement afin de réduire les risques et optimiser la politique de prévention ;
- ✓ de favoriser le dialogue technique avec les autorités d'inspection pour la prise en compte des parades techniques et organisationnelles, dans l'arrêté d'autorisation ;
- ✓ d'informer le public dans la meilleure transparence possible en lui fournissant des éléments d'appréciation clairs sur les risques ;
- ✓ de servir de document de base pour l'élaboration des plans d'urgence et des zones de maîtrise de l'urbanisation.

3.2 PERIMETRE DE L'ETUDE

Le périmètre de l'étude comprend l'ensemble des installations situées sur la station multi énergie de Vougy située au 1612 route du Mont Blanc.

Cela comprend les installations suivantes :

- Réception, stockage et distribution de carburants liquides fossiles (GO, SP98, E85, Adblue) ;
- Réception, stockage et distribution de carburant GPLc ;
- Production, compression, stockage et distribution de carburant hydrogène ;
- Borne IRVE ;
- Station de lavage ;
- Zones multiservices avec des appareils distributeurs automatiques et un stockage de bouteille de 13kg (butane/propane).

3.3 CONTENU DE L'ETUDE

La présente étude comprend :

- ✓ la description des installations et de leur environnement ;
- ✓ l'analyse de l'accidentologie (historique des accidents déjà survenus sur des installations similaires) et des enseignements tirés ;
- ✓ l'identification et la caractérisation des potentiels de dangers ;
- ✓ un examen de la réduction des potentiels de dangers ;
- ✓ l'évaluation préliminaire des risques permettant d'identifier les phénomènes dangereux majeurs potentiels ;
- ✓ la modélisation des effets des phénomènes dangereux majeurs identifiés ;

- ✓ une analyse détaillée, c'est-à-dire quantifiée en termes de probabilité et de gravité, des phénomènes dangereux majeurs retenus ;
- ✓ la cartographie des zones d'effets ;
- ✓ un bilan de l'analyse des risques comprenant un récapitulatif des mesures d'amélioration ou de réduction des risques proposées.

3.4 LIMITES DE L'ETUDE

Cette étude est une étude détaillée des risques. L'étude est réalisée à partir des informations rendues disponibles et telles que prévues au moment de la réalisation de l'étude.

Elle n'a pas pour objet de valider la conception technique des installations ni leur fonctionnement ni d'évaluer la conformité systématique du projet aux textes réglementaires applicables.

La présente étude a été réalisée compte tenu des connaissances scientifiques, techniques et réglementaires connues à la date d'élaboration du présent document.

3.5 METHODOLOGIE

3.5.1 Présentation générale

Les points abordés dans cette étude de dangers répondront aux attentes de l'article D.181-15-2,III du Code de l'environnement définissant le contenu des études de dangers pour les sites soumis à Autorisation. La finalité de cette étude est de préciser les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts mentionnés à l'article L.511-1 du Code de l'Environnement, en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'établissement ou l'installation. Elle définira et justifiera les différentes mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents.

Le contenu de l'étude de dangers est en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation 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.

Enfin, cette étude est réalisée conformément aux recommandations de l'Oméga 9 de l'INERIS (Étude de dangers d'une installation classée – Version de 2015).

Le logigramme ci-après illustre le processus de réalisation d'une Etude de dangers pour les ICPE :

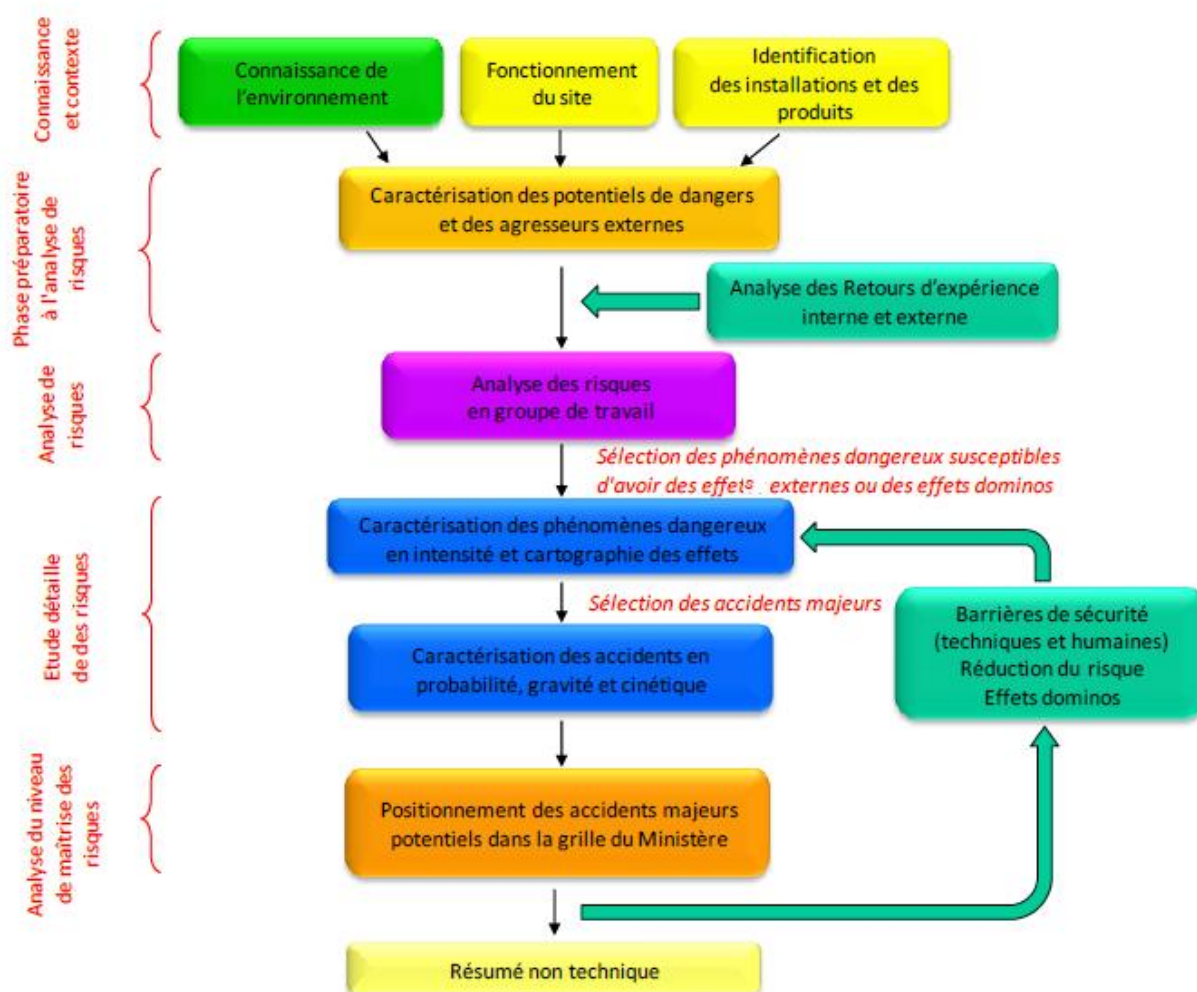


Schéma 1 : Logigramme représentant le processus de réalisation d'une Étude de dangers pour les installations classées (source Ω9)

Pour ce faire, cette étude sera composée des parties suivantes :

- Une partie descriptive de l'installation étudiée et de son environnement,
- Une partie présentant les potentiels de dangers (produits et installations),
- Une partie sur l'étude de l'accidentologie et sur l'analyse des risques,
- Une partie sur l'évaluation des risques par la caractérisation de l'intensité et de la cinétique des phénomènes dangereux et par l'estimation de la probabilité d'occurrence annuelle et de la gravité des conséquences des accidents majeurs,
- Une partie sur la justification des mesures organisationnelles et techniques.

3.5.2 1^{ère} étape : Accidentologie

L'analyse de l'accidentologie est la première étape de l'analyse des risques. Elle porte sur les accidents survenus sur des installations similaires. Elle permet de tirer des enseignements qui seront analysés ensuite (scénarios accidentels, adéquation des mesures de maîtrise des risques, ...).

3.5.3 2^{ème} étape : Identification et caractérisation des potentiels de dangers

Cette deuxième étape de l'analyse des risques a pour objectif d'identifier et caractériser les potentiels de dangers.

La méthode employée pour identifier les potentiels de dangers a consisté à :

- identifier les potentiels de dangers liés aux produits présents sur le site, en examinant les propriétés et les quantités des produits susceptibles d'être présents sur le site ;
- identifier les équipements qui ne mettent pas en œuvre de matière dangereuse mais qui représentent un danger du fait de leurs conditions opératoires.

Les données d'entrée sont :

- les résultats de l'analyse de l'accidentologie ;
- la liste des produits, classés par famille, et les Fiches de Données de Sécurité (FDS) de quelques produits représentatifs de chacune des familles ;
- la liste des équipements présents sur le site.

A la suite de cette identification, une réflexion est menée sur les possibilités éventuelles de réduire les potentiels de danger du site telles que la réduction, suppression ou substitution des produits et/ou des procédés dangereux par des produits et/ou des procédés moins dangereux.

3.5.4 3^{ème} étape : Analyse préliminaire des risques

Il s'agit, dans un premier temps, d'identifier les éléments dangereux du système. Puis, pour chaque élément dangereux, de déterminer les situations dangereuses possibles. On peut ensuite déterminer les accidents et leurs conséquences et lister les moyens de prévention existants et les évaluer.

A noter que cette analyse vient en complément d'une analyse HAZID réalisée sur le site lors de la phase 1 qui ne concernait que des installations soumises à déclaration ICPE.

Le tableau utilisé est présenté ci-après :

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention / protection	C	Commentaire
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

La **colonne n°1** désigne les numéros des scénarios étudiés.

La **colonne n°2** désigne l'équipement étudié en rapport avec la partie de l'installation désignée à la première ligne ainsi que la phase du procédé (compression ou autre...).

La **colonne n°3** désigne l'Evènement Redouté Central (situation de danger). Par exemple, la fuite de gaz ou l'inflammation de matières combustibles.

La **colonne n°4** désigne l'Evènement Initiateur (cause de la situation de danger). Un Evènement Redouté Central peut avoir plusieurs Evènements Initiateurs, aussi bien internes (défaillance mécanique, erreur humaine, points chauds, ...) qu'externes (effets dominos, ..).

La **colonne n°5** désigne les phénomènes dangereux susceptibles de découler de l'Evènement Redouté Central (ex : explosion, incendie, pollution des eaux superficielles, etc.).

La **colonne n°6** désigne le niveau de gravité retenu sur la base du tableau présenté au ci-dessous et incluant des cibles humaines, matérielles et environnementales.

La **colonne n°7** désigne la probabilité d'occurrence de l'évènement sur base du tableau présenté au ci-dessous

La **colonne n°8** désigne les barrières de sécurité existantes ayant une action de prévention et de protection sur l'Evènement Redouté Central.

La colonne n° 9 désigne le niveau de criticité de l'évènement résultant de la prise en compte de la gravité et de la probabilité d'occurrence de ce dernier (se reporter au tableau ci-dessous) ainsi que des barrières de sécurité existantes.

La colonne n° 10 intitulée « commentaires » permet de justifier pourquoi le scénario n'a pas été modélisé, en indiquant les critères simples qui ont permis d'estimer que les effets du phénomène dangereux ne pouvaient pas atteindre des enjeux à l'extérieur de la limite d'exploitation (nature du produit concerné, quantité du produit concerné, localisation de l'installation par rapport à la limite d'exploitation, ...). Cette colonne indique également les améliorations prévues ou nécessaires. Il s'agit de barrières de sécurité supplémentaires ou du lancement d'une étude par exemple.

Seuls les évènements plausibles, compte tenu des conditions de mises en œuvre des produits ou des installations, ont été retenus.

Les installations étudiées sont les installations listées dans le chapitre 4.1 dans le tableau 9.

Chaque évènement identifié fait l'objet d'une cotation en gravité et en probabilité, permettant ensuite d'en évaluer la criticité.

La cotation de la gravité se fera sur la base de l'échelle suivante (le niveau le plus pénalisant sera retenu entre les trois cibles) :

Echelle de gravité			
Niveau	Cible Humaine	Cible matériel	Cible environnementale
1	Aucun effet significatif sur le personnel: pas de blessé ou blessure légère sans arrêt de travail	Aucun effet significatif sur les équipements du site	Aucune atteinte significative de l'environnement proche du site
2	Blessures sérieuses pouvant engendrer un arrêt de travail, mais aucun effet léthal ou irréversible n'est observé	Atteintes d'équipements non essentiels à la sécurité du site	Atteintes limitées au site, pouvant nécessiter des travaux de remédiation minimes
3	Effet léthal ou irréversible limité à un poste de travail sur le site	Atteintes d'équipements importants pour la sécurité du site sans aggravation générale des conséquences	Atteintes sérieuses, nécessitant des travaux lourds de remédiation
4	Effet léthal ou irréversible sur au moins une personne à l'extérieur du site ou au niveau de zones occupées du site	Atteinte d'équipements importants pour la sécurité du site avec aggravation générale des conséquences	Atteintes critiques à des zones vulnérables, avec des répercussions à l'échelle locale

Tableau 2 : Echelle de gravité de l'APR

La cotation de la probabilité se fera sur la base de l'échelle suivante :

Echelle de probabilité	
Niveau	
1	Évènement improbable : ne s'est jamais produit sur le site ou ailleurs
2	Évènement peu probable : ne s'est jamais produit sur le site, mais s'est quelques fois produit sur d'autres sites industriels
3	Évènement probable : s'est déjà produit sur le site une fois ou s'est déjà produit sur d'autres sites plusieurs fois
4	Évènement très probable : s'est déjà produit sur le site à plusieurs Reprises

Tableau 3 : Echelle de probabilité de l'APR

À partir de ces échelles de gravité et de probabilité, la criticité de l'évènement sera déterminée selon le calcul suivant :

$$\text{Criticité} = \text{Gravité} \times \text{Probabilité}$$

Selon la valeur de la criticité (tableau ci-dessous), les   v  nements identifiés seront classés comme suit :

- en zone verte, qui correspond à un risque jugé acceptable par l'exploitant, sous réserve d'avoir du personnel comp  t  nt, formé et de mettre en place les procédures et mesures de prévention nécessaires,
- en zone rouge, qui correspond à un risque non acceptable. Les   v  nements situés dans cette zone feront l'objet d'une modélisation afin d'affiner leur niveau de gravité et de confirmer ou d'infirmer s'ils restent à un niveau de risque non acceptable.

Niveau de criticité des ��v��nements étudiés				
	Niveau de probabilité			
Niveau de gravité	1	2	3	4
1	1	2	3	4
2	2	4	6	8
3	3	6	9	12
4	4	8	12	16

Tableau 4 : Matrice de criticité de l'APR

3.5.5 Analyse détaillée des risques

Pour chacun des phénomènes dangereux majeurs potentiels retenus lors de l'APR et pour lesquels la modélisation des effets conclut qu'il s'agit d'un PhD majeur (effets à l'extérieur du site), une analyse détaillée et quantifiée des risques est réalisée. Elle comprend :

- L'évaluation de la probabilité d'occurrence du PhD, compte tenu des MMR de prévention ;
- L'évaluation de la gravité des PhD ;
- La caractérisation de la cinétique des PhD.

A/ Formalisme du nœud papillon

Le nœud papillon est une représentation graphique sous forme de double arborescence, combinant un arbre de défaillance et un arbre d'  v  nements. La partie gauche du nœud papillon correspond à un arbre de défaillances et permet d'identifier les causes et combinaisons de causes de l'  v  nement redouté (dit   v  nement redouté central ERC). La partie droite du nœud papillon est un arbre d'  v  nements et permet de déterminer les conséquences de l'ERC.

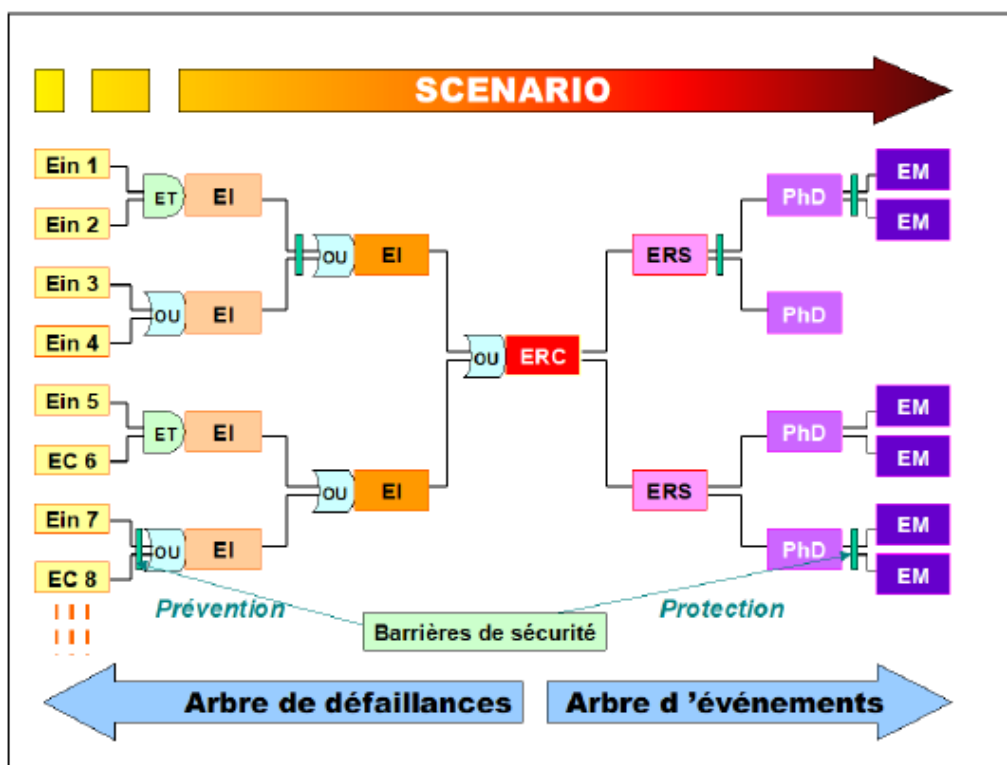


Schéma 2 : Formalisme d'une séquence accidentelle avec la méthodologie des nœuds papillons.

Définition des abréviations			
Désignation	Signification	Définition	Exemples
EIn	Evènement Indésirable	Dérive ou défaillance sortant du cadre des conditions d'exploitation usuelles définies	Le surremplissage ou un départ d'incendie à proximité d'un équipement dangereux peuvent être des évènements indésirables.
EC	Evènement Courant	Evènement admis survenant de façon récurrente dans la vie d'une installation	Les actions de test, de maintenance ou la fatigue d'équipements sont généralement des événements courants.
EI	Evènement 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 événements initiateurs.
ERC	Evènement 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
ERS	Evènement Redouté Secondaire	Conséquence directe de l'évènement redouté central, l'évènement redouté secondaire caractérise le terme source de l'accident	Formation d'une flaque ou d'un nuage lors d'un rejet d'une substance diphasique

Ph D	Phénomène Dangereux	Phénomène physique pouvant engendrer des dommages majeurs	Incendie, explosion, dispersion d'un nuage toxique.
EM	Effets Majeurs	Dommages occasionnés au niveau des cibles (personnes, environnement ou biens) par les effets d'un phénomène dangereux.	Effets létaux ou irréversibles sur la population synergies d'accident

Tableau 5 : Définition des abréviations du schéma nœud papillon

B/ Identification et caractérisation des MMR

Une Mesure de Maîtrise des Risques ou MMR est une chaîne de sécurité, constituée d'un ou plusieurs équipements, qui remplit une fonction de sécurité et satisfait un certain nombre de critères : indépendance, efficacité, temps de réponse et testabilité / maintenabilité (ou maintien dans le temps).

Sont distinguées :

- Les MMR humaines ou organisationnelles (BHS – Barrières Humaines de Sécurité) (exemple : contrôle d'une opération par une tierce personne) (cf. Rapport d'étude de l'INERIS Omega 20) ;
- Les MMR techniques (BTS) qui comprennent :
 - Les dispositifs de sécurité actifs (soupape de décharge, clapet limiteur de débit, ...) ou passifs (disque de rupture, arrête-flammes, cuvette de rétention, ...)
 - Les Systèmes Instrumentés de Sécurité (SIS) (ensembles constitués d'une détection, d'un traitement du signal et d'un actionneur).
- Les MMR qui associent un dispositif technique et une action humaine (BTHS) (par exemples : fermeture manuelle d'une vanne suite à la détection visuelle d'une augmentation anormale de la pression du réacteur, mise en sécurité d'une vanne par actionnement d'un bouton d'arrêt d'urgence par l'opérateur suite à une détection de fuite, ...).

L'étude de dangers évalue l'efficacité des MMR identifiées en attribuant à chaque MMR un niveau de confiance (NC). Ce NC est défini par analogie aux exigences qualitatives des normes NF EN 615081 et NF EN 615112 (cf. Rapport d'étude de l'INERIS Omega 10). Ce niveau de confiance est lié à la probabilité de défaillance de la barrière et associé à un facteur de réduction du risque (NC 1 : PFD (Probability of Failure on Demand) = 10^{-1} / sollicitation ; facteur de réduction du risque = 10, NC 2 : PFD = 10^{-2} / sollicitation ; facteur de réduction du risque = 100).

C/ Evaluation de la probabilité

L'échelle de probabilité de référence est celle de l'AM du 29/09/2005 :

NIVEAU DE FREQUENCE	E	D	C	B	A
QUALITATIVE	Possible mais extrêmement peu probable N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années d'installations	Très improbable S'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité	Improbable S'est déjà produit dans 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	Probable S'est déjà produit et/ou peut se reproduire pendant la durée de vie de l'installation	Courant S'est produit sur site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation malgré d'éventuelles mesures correctrices
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				
PROBABILITE ANNUELLE QUANTITATIVE	Inférieure à 10^{-5}	Supérieure ou égale à 10^{-5} et inférieure à 10^{-4}	Supérieure ou égale à 10^{-4} et inférieure à 10^{-3}	Supérieure ou égale à 10^{-3} et inférieure à 10^{-2}	Supérieure ou égale à 10^{-2}

Tableau 6 : Probabilités de défaillance des MMR et cotation de la probabilité pour l'ADR

Sur la base des nœuds papillon réalisés, l'évaluation de la probabilité est réalisée selon l'une ou l'autre des deux méthodes suivantes, selon les données disponibles :

- semi-quantitative : à partir des valeurs de fréquence d'occurrence des événements initiateurs et en tenant compte de la décote apportée par les éventuelles MMR de prévention compte tenu du niveau de confiance accordé.
- quantitative : quand le REX et les bases de données le permettent.

D/ Evaluation de la gravité

Grille de cotation en gravité (Basée sur les conséquences humaines à l'extérieur du site considéré et sur les conséquences pour les clients situés dans la partie IOP de la station)

Niveau de gravité des conséquences		Zone délimitée par le seuil des effets létaux significatifs	Zone délimitée par le seuil des effets létaux	Zone délimitée par le seuil des effets irréversibles sur la vie humaine
D	Désastreux	Plus de 10 personnes exposées (1)	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1 000 personnes exposées
C	Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1 000 personnes exposées
I	Important	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
S	Sérieux	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
M	Modéré	Pas de zone de létalité hors de l'établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à 1 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 le permettent.

Tableau 7 : Grille de cotation de la gravité de l'ADR

E/ Evaluation de la cinétique

La cinétique est à relier au temps d'atteinte des cibles par les effets.

L'échelle de cinétique retenue compte deux niveaux :

- Cinétique lente : le développement du phénomène accidentel, à partir de sa détection, est suffisamment lent pour permettre de protéger les populations exposées avant qu'elles ne soient atteintes.
- Cinétique rapide : le développement du phénomène accidentel, à partir de sa détection, ne permet pas de protéger les populations exposées avant qu'elles ne soient atteintes.

L'estimation de la cinétique d'un accident permet de valider l'adéquation des mesures de protection prises ou envisagées ainsi que l'adéquation des plans d'urgence mis en place pour protéger les personnes exposées à l'extérieur des installations avant qu'elles ne soient atteintes.


F/ Matrice de Criticité


A l'issue de l'analyse détaillée des risques, les phénomènes dangereux majeurs potentiels (sans tenir compte des MMR sauf passives) et résiduels (en tenant compte des MMR) sont hiérarchisés selon leur probabilité et gravité, dans la matrice « de criticité » gravité x probabilité.


La grille utilisée est inspirée de l'annexe 3 de l'arrêté ministériel du 26 mai 2014 modifié (non applicable au projet Station MultiEnergie de Vougy car il n'est pas soumis à la Directive SEVESO).


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

Tableau 8 : Grille de criticité de l'ADR

 Zone de risque non acceptable.

 Zone de risque intermédiaire nécessitant la mise en place de mesures de maîtrise des risques dans des conditions économiquement acceptables.

 Zone de risque acceptable si des axes d'amélioration et des mesures de maîtrise de risques sont mis en œuvre.

 Zone de risque acceptable.

4. DESCRIPTION DE L'ETABLISSEMENT ET DE SON ENVIRONNEMENT

4.1 DESCRIPTION DES INSTALLATIONS ET UTILITES

Installations étudiées		Produits mis en œuvre	Rubrique ICPE applicable
Installation de production d'hydrogène			
Production d'hydrogène	Electrolyse de l'eau	Hydrogène Oxygène Eau déminéralisée	4715 3420 (dérogation obtenue)
	Purification des gaz Recirculation H ₂ et O ₂	Hydrogène Oxygène	4715
	Purification d'hydrogène	Hydrogène	4715
	Réseau de transport d'hydrogène (de la production à la compression ou au stockage BP) à 30 bar Production d'environ 2 tonnes par jour.	Hydrogène	4715
Installations de stockage d'hydrogène			
Stockage d'hydrogène	Stockage BP (30 bar) Volume unitaire : 5 m ³ Poids maximal d'hydrogène dans un stockage : 12 kg	Hydrogène	4715
	Stockage MP 500 (bar) Volume unitaire :1,5 m ³ Poids maximal d'hydrogène dans un stockage : 67 kg	Hydrogène	4715
	Stockage HP 900 (bar) Volume unitaire 0,075 m ³ Poids maximal d'hydrogène dans un stockage : 6 kg	Hydrogène	4715
	Réseau de transport d'hydrogène de l'électrolyseur et des compresseurs vers les stockages (30 bar, 500 bar et 1000 bar)	Hydrogène	4715
Installations de Compression d'hydrogène			
Compresseur d'hydrogène COMP1	Compression d'hydrogène de 30 à 500 bar	Hydrogène	4715
Compresseur d'hydrogène COMP2	Compression d'hydrogène de 500 bar à 900 bar	Hydrogène	4715
Réseaux	Réseau de transport d'hydrogène entre l'électrolyseur et le compresseur 1 et entre le compresseur 1 et 2 et les stockages (30 bar, 500 bar et 1000 bar)	Hydrogène	4715

Installations étudiées		Produits mis en œuvre	Rubrique ICPE applicable
Installations de distributions / réception d'hydrogène			
Platine de réception / remplissage d'hydrogène	Platine de raccordement des semi-remorques de transport d'hydrogène pour : vider un camion de son hydrogène (approvisionnement) ou remplir un camion (export).	Hydrogène	4715
Semi-remorque	Véhicule de transport d'hydrogène gazeux	Hydrogène	4715
Réseaux	Réseaux de transport entre les stockages et la platine de réception d'hydrogène	Hydrogène	4715
Appareils distributeurs	2 appareils de distribution d'hydrogène gazeux à 350 bar ou 700 bar pour un débit compris entre 60 g/s et 120 g/s	Hydrogène	1416
Installation de dépotage / stockage / distribution de carburant fossiles			
Dépotage de carburant	Bouche de dépotage pour le raccordement des citernes de ravitaillement. 1 raccord par cuve et type de carburant (SP95 / SP98 / E85 et Gazole) avec détrompeur. Bouche de dépotage pour GPL	SP95 SP98 E85 Gazole GPL	4734-1-c 1435-2 1414-3
Stockage de carburant liquide	Cuves de stockage enterrées de carburant : GO 168 tonnes E85 23,55 tonnes SP95 90,6 tonnes SP98 22,65 tonnes GPL 3,2 tonnes	SP95 SP98 E85 Gazole GPL	4734-1-c 1435-2 1414-3
Appareils distributeurs de carburant fossile et éthanol	- 5 appareils distributeurs doubles pour les carburant de véhicules légers (SP95/SP98/Gazole/E85) ; - 1 appareil distributeur de GPL -4 appareils distributeurs de gazole pour poids lourds avec AD blue	SP95 SP98 E85 Gazole GPL	4734-1-c 1435-2 1414-3
Installation de recharge de véhicules électriques			
Bornes de recharge de véhicules électrique	5 bornes de recharge de véhicules électrique pour 8 place de véhicules légers et 1 place poids lourds	Energie électrique	
Utilités			
Inertage à l'azote	Stock d'azote (9 ou 18 bouteilles dans un cadre) à 200 bar	Azote	
Traitement d'eau potable	Unité de déminéralisation d'eau potable	Eau Produits de traitement	
Unités de refroidissement	Unité de refroidissement pour les compresseurs et les appareils distributeurs d'hydrogène Unité de refroidissement de l'électrolyseur.	Liquides frigorigènes	
Alimentation en énergie électrique	Transformateur TGBT Transformateur TGHT Container redresseur de courant pour électrolyse	Huile Energie électrique	

Installations étudiées		Produits mis en œuvre	Rubrique ICPE applicable
Air comprimé	Compresseur avec cuve d'air comprimé pour le process hydrogène (production, compression et transport) notamment pour l'instrumentation.	Air comprimé	

Tableau 9 : Description des installations et utilités

4.2 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT

4.2.1 Environnement naturel

A/ CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE :

Ces éléments sont décrits au chapitre 3.7.2 de la partie 3 – Etude d'incidence du présent dossier de demande d'autorisation environnementale.

B/ EAUX DE SURFACE

Ces éléments sont décrits au chapitre 3.7.3 de la partie 3 – Etude d'incidence du présent dossier de demande d'autorisation environnementale.

Le cours d'eau le plus proche de l'installation est le Ruisseau du Chêne qui longe la limite Ouest du site.

C/ MILIEUX NATURELS REMARQUABLES

Ces éléments sont décrits au chapitre 3.11 de la partie 3 – Etude d'incidence du présent dossier de demande d'autorisation environnementale.

L'installation n'est pas localisée dans un espace naturel remarquable. La zone NATURA2000 la plus proche du site est à 400 m des limites Nord.

D/ CLIMATOLOGIE

Ces éléments sont décrits au chapitre 3.7.1 de la partie 3 – Etude d'incidence du présent dossier de demande d'autorisation environnementale.

4.2.2 Environnement humain

A/ LOCALISATION DU SITE

Ces éléments sont décrits au chapitre 3.4 de la partie 3 – Etude d'incidence du présent dossier de demande d'autorisation environnementale.

L'installation est localisée sur la commune de Vougy, au 1612 route du Mont Blanc.

Ces coordonnées de Lambert sont : X : 971371 ; Y : 6557939

B/ HABITATIONS

Ces éléments sont décrits au chapitre 3.4 de la partie 3 – Etude d'incidence du présent dossier de demande d'autorisation environnementale.

La première habitation est située à 5 m environ au sud du site.

C/ ETABLISSEMENTS PUBLICS, ADMINISTRATIFS ET COMMERCIAUX

Ces éléments sont décrits au chapitre 3.4 de la partie 3 – Etude d'incidence du présent dossier de demande d'autorisation environnementale.

L'ERP recensé le plus proche est à 60 m des limites nord-est du site.

D/ ETABLISSEMENTS INDUSTRIELS

Ces éléments sont décrits au chapitre 3.4 de la partie 3 – Etude d'incidence du présent dossier de demande d'autorisation environnementale.

Les établissements industriels recensés au titres des ICPE sont également indiqués dans le chapitre 4.3.1 suivant.

E/ VOIES DE COMMUNICATION

Ces éléments sont décrits au chapitre 3.5.1 de la partie 3 – Etude d'incidence du présent dossier de demande d'autorisation environnementale.

5. IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES POTENTIELS DE DANGERS

5.1 DANGERS LIES AUX PRODUITS

➤ Hydrogène :

L'hydrogène peut, lorsqu'il est mélangé à l'air dans certaines proportions, induire un mélange potentiellement explosif, avec des conséquences non négligeables pour la sécurité des personnes et des équipements.

Pour éviter ce phénomène, plusieurs moyens sont mis en œuvre :

- ✓ Le système sera construit et testé pour éviter tout dégagement d'hydrogène dans l'air à l'intérieur des containers et, de manière minime et contrôlée, en extérieur.
- ✓ Des ventilation (naturelles et mécaniques) seront installées pour ramener le risque à un niveau le plus faible possible de manière raisonnable.
- ✓ Une détection de fuite de gaz, à l'intérieur des containers et en certains points critiques des installations extérieures, sera installée pour permettre, en cas de fuite d'hydrogène, l'évacuation des usagers, ainsi que l'arrêt et la mise en sécurité des installations.
- ✓ En cas d'explosion, les distances d'éloignements permettront de maintenir dans l'enceinte du site les conséquences les plus importantes.

Seul le stockage d'hydrogène, de par la quantité présente sur le site (4 tonnes), dépasse le seuil du régime d'autorisation (pour la rubrique 4715). Les autres produits présents et autres activités ne sont concernés que par un régime de déclaration.

➤ Les autres carburants (SP95 / SP98 / E85 / Gazole et GPL)

Ces carburants, en cas d'épandage accidentel ou de fuites peuvent générer des vapeurs ou des gaz pouvant s'accumuler et générer une atmosphère explosive ou un feu de nappe. Ils peuvent aussi générer de la pollution sur le site s'ils s'infiltrent dans le sol ou rejoignent un cours d'eau.

Il est à noter, comme précisé au-dessus, que les activités générées par ces carburants et les quantités stockés sur le site ne dépassent pas les différents seuils des régimes d'autorisation liés aux rubriques concernées. L'exploitant c'est donc appliqué à respecter toutes les exigences des arrêtés types des régimes et des rubriques concernées afin de démontrer la maîtrise du risque lié aux substances et aux activités concernées.

5.1.1 Produits stockés sur site

Les produits suivants seront présents sur site :

Equipements / Installations	Produits – Quantité maximale sur site	Utilisation
Production, compression et stockage d'hydrogène	Hydrogène (H ₂) – 4 tonnes	Produit par électrolyse ou livré sur site Carburant pour véhicules
	Oxygène (O ₂) – Pas de stockage	Produit par électrolyse Rejet à l'atmosphère
	Azote (N ₂) – 200 kg	Livré sur site Inertage des réseaux hydrogène et oxygène pour réaliser de la maintenance
Station-Service carburation classique	GPL (Gaz Propane Liquéfié – C ₃ H ₈) – 3,2 tonnes	Livré sur site et stocké dans une cuve enterrée. Carburant pour véhicules.
	Essence SP95– 90,6 tonnes	Livré sur site et stocké dans une cuve enterrée. Carburant pour véhicules.
	Essence SP98– 22,65 tonnes	Livré sur site et stocké dans une cuve enterrée. Carburant pour véhicules.
	Gazole – 168 tonnes	Livré sur site et stocké dans une cuve enterrée. Carburant pour véhicules.
	E85 – 23,55 tonnes	Livré sur site et stocké dans une cuve enterrée. Carburant pour véhicules.
Station de lavage	Produit de lavage environ 200 kg	Livré sur site et stocké dans des bidons ou une cuve.

Tableau 10 : Liste des produits présents sur le site

Les Fiches de Données de Sécurité sont reprises dans en annexe 10

Les produits présentant un potentiel de risque important (du fait de leur quantité ou leur caractéristique) sont détaillés ci-dessous.

A/ Hydrogène

Gaz hautement inflammable, ces caractéristiques physico-chimique sont les suivantes :

Propriété Physico-chimique	Valeurs
Formule chimique	H ₂
N°CAS	1333-74-0
Etat physique	Incolore, inodore, gaz comprimé jusqu'à 1000 bar



Propriété Physico-chimique	Valeurs
Feu	Extrêmement inflammable
Explosion	Mélange air-gaz explosif
Pictogramme	 
Mention de danger	H280 : Contient un gaz sous pression ; peut exploser sous l'effet de la chaleur H220 : Gaz extrêmement inflammable
Masse moléculaire	2,016 g/mol
Composition stœchiométrique dans l'air, en fraction volumique	29,53
Densité (air = 1)	0,07
Masse volumique du gaz	0,08342 kg/Nm ³ (20°C, 1 atm)
Solubilité dans l'eau	0,019 (vol/col à 15,6°C)
Energie minimale d'inflammation	17 µJ dans l'air 1,2 µJ dans l'oxygène
Plage d'inflammabilité	4 à 75% dans l'air à température et pression atmosphérique 4 à 94% dans l'oxygène à température et pression atmosphérique
Plage de détonation théorique	13 à 65% dans l'air à température et pression atmosphérique
Température d'auto-inflammabilité	585°C / 858°K
Vitesse fondamentale de combustion dans l'air	2,65 à 3,25 m/s à température et pression atmosphérique
Température de flamme dans l'air	2 045°C
Energie théorique d'explosion	2,02 kg TNT/m ³ gaz
Coefficient de diffusion dans l'air	0,61 cm ² /s
Produits incompatibles	Agent comburant, oxydants

Tableau 11 : Propriétés physico chimiques de l'hydrogène

✓ Capacité à fuir :

L'hydrogène est le plus petit des atomes et, sous forme diatomique, le plus léger des gaz. A l'état liquide ou gazeux, l'H₂ est particulièrement sujet aux fuites à cause de sa basse viscosité et de sa faible masse moléculaire.

Sous forme gazeuse, sa viscosité à température ambiante est également la plus faible de toutes celles des autres gaz ; il traverse ainsi aisément les parois poreuses et fuit très facilement par les moindres interstices. Il peut donc s'échapper d'un appareil ou d'un circuit qui serait étanche vis-à-vis de l'air ou d'un autre gaz. De ce fait, les points faibles des installations à surveiller sont naturellement les vannes d'isolement et les organes de raccordement avec une considération particulière à accorder au mode de serrage de ces équipements.

✓ Inflammabilité :

L'hydrogène est classé parmi les composés « extrêmement inflammables », comme le montrent ses propriétés comparées à celles du méthane et de l'essence dans le tableau ci-après :

Propriétés		Hydrogène	Méthane	Essence
Plage d'inflammabilité dans l'air	(vol. %)	4 - 75	5,3 - 15	1,0 - 7,6
Plage de détonabilité dans l'air	(Vol. %)	13 - 65	6,3 - 13,5	1,1 - 3,3
Energie minimale d'inflammation dans l'air	(mJ)	0,02	0,29	0,24
Chaleur de combustion	(kJ/g)	120	50	44,5
Température d'auto-inflammation	(°C)	585	540	228 - 501
Température de flamme	(°C)	2 045	1 875	2 200
Energie théorique d'explosion	(kg TNT/m ³ _{gaz})	2,02	7,03	44,22
Coefficient de diffusion dans l'air	cm ² /s	0,61	0,16	0,05

Source : Hydrogen, the energy carrier, TÜV Bayern Group

Tableau 12 : Inflammabilité de différentes vapeurs

Le risque principal lié à l'hydrogène est celui de l'incendie, l'explosion ou l'éclatement (84 % des accidents recensés), du fait de son domaine d'inflammabilité très large (de 4 à 75 % dans l'air, plus large encore dans des atmosphères enrichies en oxygène), ainsi que de sa très faible énergie d'activation dès que sa concentration se rapproche de sa stœchiométrie.

De plus, le produit de la flamme de combustion de l'hydrogène est l'eau (H₂O). Sans présence d'impureté, la flamme est presque invisible à l'œil nu.

Nota : l'hydrogène utilisé sur cette station est systématiquement sous pression. En cas de fuite, le rejet est audible. A titre d'exemple, à 1m, le niveau sonore d'un rejet sur une brèche de 4mm de diamètre à 200 bar est supérieur à 130 dB.

Dans certains cas, l'inflammation d'un nuage de gaz constitué d'hydrogène peut donner lieu à une explosion sous le mode de la déflagration ou de la détonation. La plage théorique de détonation de l'hydrogène dans l'air s'étend de 13 à 65 % en volume, mais de nombreux autres paramètres influent sur le régime d'explosion et notamment les turbulences liées à la présence d'obstacles dans l'environnement.

Une concentration en hydrogène localement élevée (au-dessus de 4 % dans l'air), par exemple dans une zone morte ou au niveau supérieur d'une capacité, suffit à engendrer un risque.

Par contre la densité très faible de l'hydrogène (0,069, la plus faible au monde) fait qu'en plein air ce gaz se dilue très vite et ne s'accumule pas autour de la fuite.

En outre, le taux de diffusion élevé de l'H₂ gazeux dans l'air (0,61 cm²/s), 3,8 fois plus élevé que celui de l'air dans l'air peut aussi constituer un avantage en matière de sécurité. En effet, sa rapide dilution lors d'un rejet à l'atmosphère, réduit ainsi le risque d'explosion intrinsèque ; une expérimentation a montré que lors de l'épandage de 1,89 m³ d'hydrogène liquide, la diffusion permet d'obtenir une atmosphère non explosive après 1 min (en intégrant le temps de vaporisation).

B/ Oxygène

Comburant, il favorise la combustion de gaz combustible ces caractéristiques physico-chimique sont les suivantes :


Propriété Physico-chimique	Valeurs
Formule chimique	O ₂
N°CAS	7782-44-7
Etat physique	Incolore, inodore
Pictogramme	
Mention de danger	H270 : Peut provoquer ou aggraver un incendie - Comburant
Masse moléculaire	32,0 g/mol
Densité (air = 1)	1,1
Solubilité dans l'eau	3,1 ml/100ml
Point d'ébullition	-183°C
Produits incompatibles	Matière combustibles / organiques et réducteurs

Tableau 13 : Propriétés physico chimiques de l'oxygène

Les risques liés à l'utilisation de l'oxygène sont dus à :

- la réactivité de l'oxygène avec les matériaux;
- l'influence de l'oxygène sur l'énergie minimale d'inflammation d'un combustible;
- l'influence de l'oxygène sur la vitesse laminaire de flamme;
- l'influence de l'oxygène sur la température adiabatique de flamme.

Les limites d'explosivité d'un gaz ou d'une vapeur combustible dans l'oxygène ainsi que les énergies minimales d'inflammation peuvent varier de façon significative par rapport aux valeurs dans l'air :

- ✓ la limite inférieure d'explosivité dans l'oxygène pur diffère très peu de celle dans l'air;
- ✓ la limite supérieure d'explosivité dans l'oxygène pur est bien plus élevée que celle dans l'air;
- ✓ l'énergie minimale d'inflammation dans l'oxygène pur est diminué dans des rapports compris entre 50 et 200 par rapport à sa valeur dans l'air;
- ✓ la vitesse laminaire de flamme et la température adiabatique de flamme sont plus élevées dans une atmosphère enrichie en oxygène.

Les étincelles qui en temps normal seraient sans danger peuvent être à l'origine d'incendies dans des atmosphères enrichies en oxygène, et les matériaux ou substances qui en temps normal ne brûleraient pas dans l'air y compris les matériaux ignifugés peuvent brûler vigoureusement voire spontanément.

C/ Azote

Gaz inerte, utilisé par la maintenance pour purger les installations ayant contenues un gaz inflammable ou de l'oxygène avant de réaliser des opérations de maintenance :


Propriété Physico-chimique	Valeurs
Formule chimique	N ₂
N°CAS	231-783-9
Etat physique	Incolore, inodore, gaz comprimé
Pictogramme	
Mention de danger	H280 : Contient un gaz sous pression ; peut exploser sous l'effet de la chaleur.
Masse moléculaire	28,0 g/mol
Densité (air = 1)	0,97
Risque principal	Anoxie en cas de fuite dans un espace clos
Produits incompatibles	/

Tableau 14 : Propriétés physico chimiques de l'azote

L'azote est un gaz très répandu sur terre. Il est présent dans l'air que l'on respire et n'est ni toxique ni inflammable.

Les principaux dangers associés à son utilisation sont les suivants :

- ✓ Niveau de pression important

L'azote est en général livré dans des cadres contenant des bouteilles d'azote comprimé à 200 bar. La fuite ou la rupture d'un raccord/d'une tuyauterie peut générer des coups de fouet ou la projection d'éclats/de poussières

- ✓ Manque d'oxygène



En espace confiné, l'enrichissement de la concentration en azote en cas de fuite provoque une diminution de la concentration en oxygène.

L'anoxie (dont la conséquence est l'asphyxie) est liée à la capacité de l'azote gazeux sous pression à provoquer une réduction du taux d'oxygène de l'air par déplacement et dilution de l'oxygène. Ce risque est d'autant plus pernicieux que l'azote est un gaz incolore et inodore.

Aggravé dans les espaces confinés, ce risque apparaît rarement à l'air libre.

D/ Propane (GPL)

Le propane, stocké et distribué sous sa forme liquéfiée est utilisé comme carburant pour véhicules roulant au GPL :


Propriété Physico-chimique	Valeurs
Formule chimique	C ₃ H ₈
N°CAS	74-98-6
Etat physique	Incolore, inodore à l'état naturel mais odorisé lorsqu'il est vendu sous forme de GPL. Pressurisé dans le stockage entre 5 et 7 bar, il est sous forme liquide à cette pression à température ambiante. Il redevient gazeux à température et pression atmosphérique.
Pictogramme	
Mention de danger	H220 – Gaz extrêmement inflammable H280 – Contient un gaz sous pression, peut exploser sous l'effet de la chaleur.
Masse moléculaire	44,095 g/mol
Densité (air = 1)	1,52
Risque principal	Incendie, Explosion, Brûlures par le froid
Température d'auto-inflammation	470°C
Domaine d'explosivité	1,7 – 10,8 % vol
Température de flamme	1200 °C
Température d'ébullition	-42,1°C
Produits incompatibles	/

Tableau 15 : Propriétés physico chimiques du Propane

Le propane est un gaz plus dense que l'air (1,5 fois) dans les conditions normales de température et de pression, il forme donc des poches au sol dans une pièce remplie d'air.

Lors de la combustion du propane, la présence de liaisons C-C crée des résidus organiques en plus de la vapeur d'eau et du dioxyde de carbone. Ces produits rendent la flamme visible (couleur bleue).

E/ Essence SP95- E10

L'essence SP95 (E10), stockée en cuve souterraine et distribuée sous sa forme liquide est utilisée comme carburant pour véhicules à énergie fossile :


Propriété Physico-chimique	Valeurs
Composition chimique	Mélange d'essence et d'additifs
N°CAS	86290-81-5
Etat physique	Liquide jaune claire à l'odeur aromatique.
Pictogramme	
Mention de danger	H224 - Liquide et vapeurs extrêmement inflammables. H304 - Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires. H315 - Provoque une irritation cutanée. H319 - Provoque une sévère irritation des yeux. H336 - Peut provoquer somnolence ou vertiges. H340 - Peut induire des anomalies génétiques. H350 - Peut provoquer le cancer. H361fd - Susceptible de nuire à la fertilité. Susceptible de nuire au fœtus. H411 - Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
Masse volumique	Entre 743 et 756 kg/m ³
Densité des vapeurs	3-4
Risque principal	Incendie, Explosion, Inhalation ou ingestion du produit
Température d'auto-inflammation	De 280 à 470°C
Domaine d'explosivité	1,4 – 7,6 % vol
Point éclair	<-40°C
Température d'ébullition	De 25 à 210°C
Produits incompatibles	Agents oxydants

Tableau 16 : Propriétés physico chimiques du carburant SP95-E10

La vapeurs d'essence sont plus lourdes que l'air et ont tendances à s'accumuler au niveau du sol ou des points bas de l'installation.

F/ Essence SP98

L'essence SP98, stockée en cuve souterraine et distribuée sous sa forme liquide est utilisée comme carburant pour véhicules à énergie fossile :


Propriété Physico-chimique	Valeurs
Composition chimique	Mélange d'essence et d'additifs
N°CAS	86290-81-5
Etat physique	Liquide jaune claire à l'odeur aromatique.
Pictogramme	
Mention de danger	H224 - Liquide et vapeurs extrêmement inflammables. H304 - Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires. H315 - Provoque une irritation cutanée. H336 - Peut provoquer somnolence ou vertiges. H340 - Peut induire des anomalies génétiques. H350 - Peut provoquer le cancer. H361fd - Susceptible de nuire à la fertilité. Susceptible de nuire au fœtus. H411 - Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.
Masse volumique	620 – 880 kg/m ³
Densité des vapeurs	>3
Risque principal	Incendie, Explosion, Inhalation ou ingestion du produit
Température d'auto-inflammation	280 – 470 °C
Domaine d'explosivité	1,4 – 7,6 % vol
Point éclair	<-40°C
Température d'ébullition	De 25 à 210°C
Produits incompatibles	Agents oxydants

Tableau 17 : Propriétés physico chimiques de l'essence SP98

La vapeurs d'essence sont plus lourdes que l'air et ont tendances à s'accumuler au niveau du sol ou des points bas de l'installation.

G/ Superéthanol E85

Le superéthanol E85, stocké en cuve souterraine et distribué sous sa forme liquide est utilisé comme carburant pour véhicules:

Propriété Physico-chimique	Valeurs
Composition chimique	Mélange d'essence et d'additifs
N°CAS	Ethanol, No.-CAS 64-17-5, Essence à moteur, No.-CAS 86290-81-5
Etat physique	Liquide claire à faible odeur alcoolique





Propriété Physico-chimique	Valeurs
Pictogramme	   
Mention de danger	H225: Liquide et vapeurs très inflammables. H304: Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires. H315: Provoque une irritation cutanée. H340: Peut induire des anomalies génétiques. H350: Peut provoquer le cancer. H361d: Susceptible de nuire au fœtus. H412: Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.
Masse volumique	785 kg/m ³
Densité des vapeurs	2-4
Risque principal	Incendie, Explosion, Inhalation ou ingestion du produit
Température d'auto-inflammation	380°C
Domaine d'explosivité	1,7 – 9,1 % vol
Point éclair	<0°C
Température d'ébullition	De 50 – 210 °C
Produits incompatibles	Caoutchouc Naturel. PVC. Matières plastiques. Zinc. Laiton. Sodium. Chlore. Peroxydes inorganiques. Polyamides. Plomb. Oxyde d'éthylène. Potassium. Magnésium. Aluminium. Cependant, l'aluminium peut être utilisé pour les citernes routières.

Tableau 18 : Propriétés physico chimiques du super éthanol

La vapeurs du superéthanol sont plus lourdes que l'air et ont tendances à s'accumuler au niveau du sol ou des points bas de l'installation.

H/ Gazole

Le Gazole, stocké en cuve souterraine et distribué sous sa forme liquide est utilisé comme carburant pour véhicules à énergie fossile:


Propriété Physico-chimique	Valeurs
Composition chimique	Mélange d'essence et d'additifs
N°CAS	64741-43-1
Etat physique	Liquide claire à faible odeur d'hydrocarbure
Pictogramme	
Mention de danger	H226 - Liquide et vapeurs inflammables. H304 - Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires. H332 - Nocif par inhalation. H373 - Risque présumé d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée. H411 - Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.
Masse volumique	800-900 kg/m ³
Densité des vapeurs	3-4
Risque principal	Incendie, Explosion, Inhalation ou ingestion du produit
Température d'auto-inflammation	≥ 250°C
Domaine d'explosivité	1 – 6 % vol
Point éclair	>56°C
Température d'ébullition	De 160-390°C.
Produits incompatibles	Non communiquée

Tableau 19 : Propriétés physico chimiques du carburant Gazole

La vapeurs de gazole sont plus lourdes que l'air et ont tendances à s'accumuler au niveau du sol ou des points bas de l'installation.

I/ Autres produits

Les produits suivants seront utilisés par l'électrolyseur mais ne seront pas stockés sur site. Les quantités présentes sont faibles (<200 kg)

- ✓ Eau Déionisée
- ✓ MPG 40%
- ✓ R410A
- ✓ Amberlite IRN 160
- ✓ Quartz Sand
- ✓ Activated Carbon
- ✓ Mixed Bed Resin NM60
- ✓ Resin HPR1100Na
- ✓ CO2 Trap Reactive Material
- ✓ Deoxo Catalyst
- ✓ Molecular Sieve

Les produits suivants sont utilisés par les stations de compression n°1 et 2:

- ✓ Fluide frigorigène R744 (CO₂) pour environ 100 kg
- ✓ Fluide frigorigène R454C pour environ 40 kg

Aucun des produits liquides ou gazeux n'est noté dangereux pour l'environnement. Les produits solides resteront confinés dans le container et pourront être récupérés pour éviter toute pollution en cas de déversement accidentel.

J/ Les fumées

En cas de départ de feu sur le site, les fumées générées par l'incendie pourraient représenter un risque pour le voisinage car ces fumées sont constituées de composant nocifs et toxiques.

Cependant il n'y a pas sur la station de produits susceptibles de produire des quantités de fumées importantes autres que les véhicules présents sur la station-service.

En effet les carburants liquides sont stockés en cuves enterrées et il n'est pas attendu de départ de feu ou d'émission de fumées de leur part.

L'hydrogène, lorsqu'il brûle, ne génère pas de flamme ni de fumée (uniquement de la vapeur d'eau).

Les installations qui produisent, compriment, stockent et transportent l'hydrogène sont essentiellement métalliques avec peu de plastique.

Il y aura au maximum 2 à 3 tonnes d'huile sur le site, réparti sur plusieurs installations (locaux électriques avec mur coupe-feu et station de compression dans des abris eux-mêmes isolés par des EI120).

Il n'est donc pas attendu de production importante de fumée sur le site susceptible d'impacter gravement le voisinage en cas de départ de feu.

5.1.2 Synthèse des dangers liés aux produits

Au vu des différents produits mis en œuvre et stockés dans le cadre du projet, les principaux dangers seront :

- Pour l'ensemble des produits liquides : déversement accidentel pouvant occasionner une pollution du milieu naturel ;

- Pour les gaz et vapeurs inflammables (H₂, Propane et vapeurs émises par les carburants) : fuite pouvant être suivie d'une inflammation immédiate (feu torche, feu de nappe) ou d'une inflammation différée (UVCE) et / ou d'une explosion ;
- Pour l'oxygène : fuite pouvant occasionner un incendie ou en aggraver un ;
- Pour l'azote : fuite pouvant occasionner une anoxie (probabilité plus importante en milieu confiné).

5.2 DANGERS LIES AUX INSTALLATIONS

Installations	Danger	Evènement initiateur	Phénomènes dangereux
Installations à hydrogène – Zone technique (et publique pour les appareils distributeurs)			
Electrolyseur	Installations électriques Production d'hydrogène sous pression (30 bar) Production d'oxygène	Fatigue et détérioration d'équipement Mauvaise maintenance Mélange hydrogène air ou O ₂ .	Incendie Fuite Feu torche VCE ou UVCE
Compresseurs	Installations électriques Hydrogène sous pression (de 30 bar à 500 bar puis 1000 bar)	Fatigue et détérioration d'équipement Vibrations Mauvaise maintenance Mélange hydrogène air ou O ₂ .	Incendie Fuite Feu torche VCE ou UVCE
Tuyauteries et platines	Transport d'hydrogène sous pression (30 bar, 500 bar ou 1000 bar)	Fatigue et détérioration d'équipement Vibrations Mauvais serrage Mélange hydrogène/air	Eclatement Fuite Feu torche VCE ou UVCE
Stockages d'hydrogène	Stockage d'hydrogène sous pression (30 bar, 500 bar ou 1000 bar)	Fatigue et détérioration d'équipement Mauvais serrage Mélange hydrogène/air	Eclatement Fuite Feu torche VCE ou UVCE
Platine de réception / remplissage d'hydrogène	Transport d'hydrogène sous pression (environ 380 bar)	Fatigue et détérioration d'équipement Vibrations Mauvais serrage Mélange hydrogène/air	Eclatement Fuite Feu torche VCE ou UVCE
Semi-remorque	Transport d'hydrogène sous pression (environ 380 bar)	Fatigue et détérioration d'équipement Vibrations Mauvais serrage Mélange hydrogène/air Echauffement des pneumatiques	Eclatement Fuite Feu torche VCE ou UVCE
Appareils distributeurs	Transport et distribution d'hydrogène sous pression (350 bar ou 700 bar)	Fatigue et détérioration d'équipement Vibrations Mauvais serrage Mélange hydrogène/air	Eclatement Fuite Feu torche VCE ou UVCE

Installations	Danger	Evènement initiateur	Phénomènes dangereux
Installation de dépotage / stockage / distribution de carburant fossiles			
Dépotage de carburant	Transport et distribution de liquides inflammables (essence, gazole et GPL)	Fatigue et détérioration d'équipement Vibrations Mauvais serrage	Fuite Feu torche Feu nappe VCE ou UVCE
Stockage de carburant liquide	Cuves de stockage enterrées de carburant liquides inflammables :	Fatigue et détérioration d'équipement Mauvais serrage	Fuite
Appareils distributeurs de carburant fossile et éthanol	Transport et distribution de liquides inflammables (essence, gazole et GPL)	Fatigue et détérioration d'équipement Vibrations Mauvais serrage	Fuite Feu torche Feu nappe VCE ou UVCE
Installation de recharge de véhicules électriques			
Bornes de recharge de véhicules électrique	Energie électrique	Fatigue et détérioration d'équipement	Incendie
Utilités			
Inertage à l'azote	Stockage d'azote sous pression.	Fatigue et détérioration d'équipement	Fuite avec risque d'anoxie Eclatement
Unités de refroidissement	Unité de refroidissement pour les compresseurs, les appareils distributeurs d'hydrogène et l'électrolyseur. Présence de liquide frigorigène.	Fatigue et détérioration d'équipement	Fuite d'un produit
Alimentation en énergie électrique	Energie électrique présent dans les locaux : Transformateur TGBT Transformateur TGHT Container redresseur de courant pour électrolyse	Fatigue et détérioration d'équipement	Incendie
Air comprimé	Compresseur avec cuve d'air comprimé pour le process hydrogène (production, compression et transport) notamment pour l'instrumentation.	Fatigue et détérioration d'équipement	Eclatement

Tableau 20 : Récapitulatif des dangers potentiels du site en fonction des installations présentes

5.3 IDENTIFICATION DES AGRESSIONS D'ORIGINE EXTERNES

5.3.1 Risques technologiques présents à proximités

A/ Installations à risques à proximité du site

Une recherche sur la commune de Vougy via la plateforme georisques.gouv.fr ne signale aucune installation à risque sur la commune autre qu'une canalisation enterrée (passant sous la route côté Est du site, en dehors du site).

La station multi énergie se trouvant à la limite de la commune de Marnaz, une recherche de la présence d'un risque industrielle sur cette commune a également été réalisée.

Les résultats indiqués sur la carte ci-dessous :

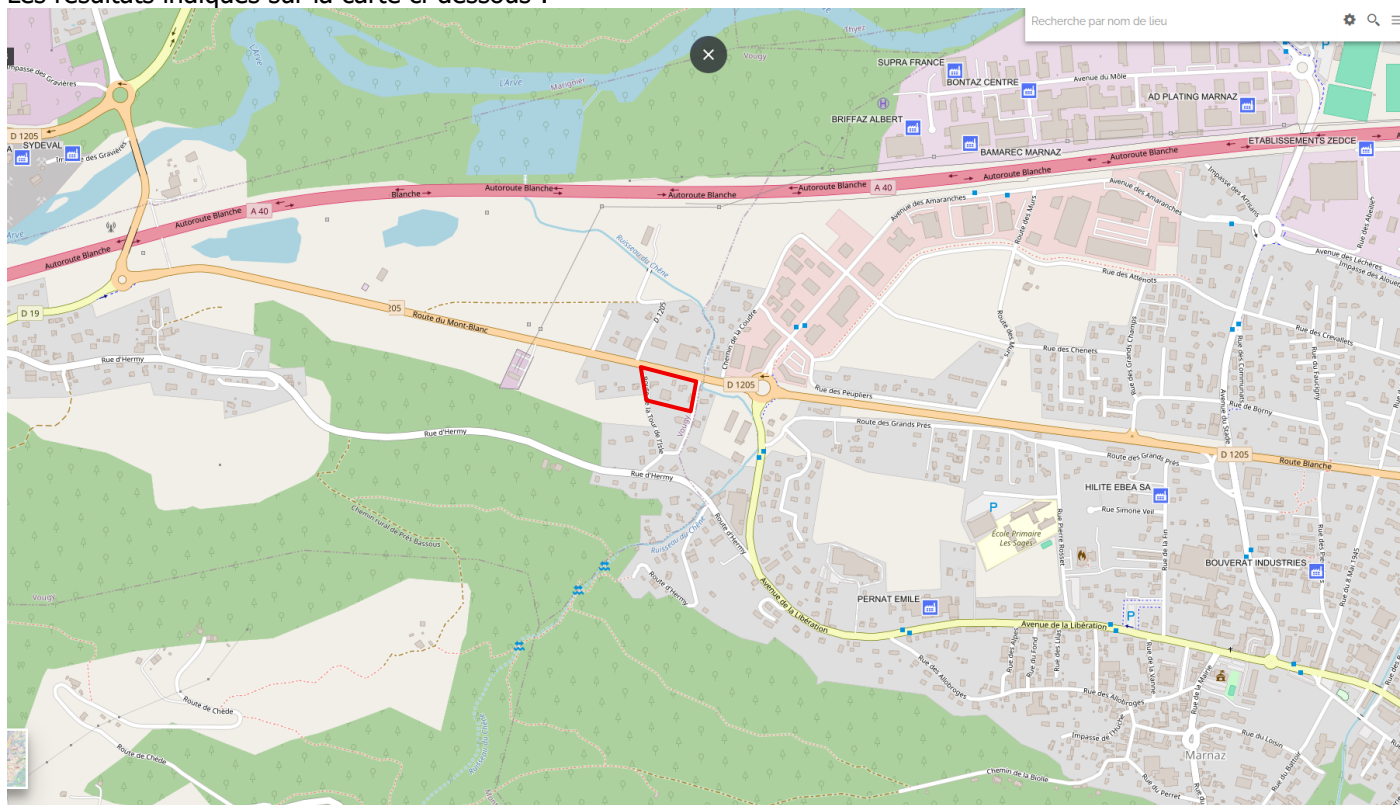


Figure 2 : Plan de positionnement des ICPE autour du site. Source Georisk

Installations	Activité	SEVESO	Distance par rapport au site	Impact attendu sur le site
Pernat Emile	Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements	Non	700 m	Non
HILITE Ebea SA	Fabrication de produits métalliques par décolletage. En fin d'exploitation	Non	1120 m	Non
Bouverat Industries	Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements En fin d'exploitation	Non	1320 m	Non
ZEDCE	Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements	Non	1330 m	Non
AD Plating Marnaz	Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements	Non	920 m	Non
Bontaz Centre	Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements	Non	950 m	Non
Bamarec Marnaz	Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements	Non	800 m	Non
Briffaz Albert	Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements	Non	670 m	Non
Sydeval	Administration publique et défense	Non	1440 m	Non
Socava	Autres industries extractives	Non	1500 m	Non

Tableau 21 : Liste des sites ICPE localisés à proximité du site.

A la vue des distances et des activités des sites industriels présents autour de la station Multi Energies de Vougy, aucun effet domino en provenance de sites extérieurs n'est attendu.

B/ Circulation

➤ Circulations routières

Le site est encadré par trois routes :

- ✓ La départementale D1205 ;
- ✓ Le chemin du clos Prieur ;
- ✓ La rue de la tour de l'île ;

Les autres routes remarquables autour du site sont les suivantes :

- ✓ La D26 à 130 m ;
- ✓ L'autoroute A40 à 375 m ;

L'impact d'un véhicule sur les installations de distribution de carburant est pris en compte (via des mesures de protections de type chasse roue, ralentisseurs, trottoirs surélevés, limitation de vitesse).

La zone technique est entièrement ceinte d'un mur EI120 et d'un portail. Un effet domino provenant de la circulation de véhicules ne sera donc pas pris en compte.

➤ Circulations aériennes

Les 2 aéroports les plus proches du site sont :

- ✓ Aéroport de Genève situé à 36 km ;
- ✓ Aéroport d'Annecy situé à 35 km.

Le danger lié à la circulation aérienne est donc négligeable

➤ Circulations ferroviaire

La voie ferrée la plus proche se trouve à 2,2 km du site. Le danger lié à la circulation ferroviaire est donc négligeable.

➤ Circulations fluviales

L'Arve se situe à 560 m. Le danger lié à une éventuelle circulation fluviale est négligeable.

C/ Malveillance

Le risque de malveillance se manifeste par le vol, la détérioration et l'incendie volontaire. Il est à noter que l'acte de malveillance peut être le fait d'une personne venant de l'extérieur ou d'un employé de l'entreprise. La prévention des actes de malveillance sera assurée sur le site de la station Multi Energie de Vougy par :

- ✓ Un mur coupe-feu 2h ceinturant le site sauf sur sa partie nord, ouverte à la circulation et au public pour la partie station-service ;
- ✓ Un mur coupe-feu de 4 à 8 m de haut pour la zone technique, ceinturant entièrement la partie production, compression et stockage d'hydrogène avec badge d'accès, caméra de vidéosurveillance et alarme volumétrique.

Malgré toutes ces précautions, le risque de malveillance ne peut pas être écarté. Cependant, en référence à l'annexe 2 de l'arrêté ministériel 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, les actes de malveillance ne seront pas pris en compte dans la présente étude des dangers.

D/ Transport de matières dangereuses

Une canalisation de gaz naturelle passe au nord de la station mais la zone de servitude s'arrête à 240 m de la station. Le danger lié à cette canalisation est donc négligeable.

Une canalisation d'hydrocarbure borde la partie Est du site, de l'autre côté de la rue du Clos Prieur. Cette canalisation est enterrée ce qui la protège des agressions physiques et thermiques. De plus un mur coupe-feu 2h se trouve entre cette canalisation et la partie technique de production, compression et stockage d'hydrogène.

Enfin, les travaux prévus à proximité de canalisations et réseaux enterrés doivent être déclarés à leurs exploitants, avant leur exécution, au moyen de la déclaration de projet de travaux (DT) par le maître d'ouvrage, et la déclaration d'intention de commencement de travaux (DICT) par l'exécutant des travaux. Ainsi, dans le cadre de la consultation préliminaire du guichet unique, qui recense la totalité des réseaux présents sur le territoire, l'absence de canalisation de transport de matières dangereuses implantée au droit du terrain d'emprise du projet a été démontrée.

CC Faucigny-Glières

EHE DES TILLES DE GRAVE

Vougy

RTE DU MONT BLANC

RTE BLANCHE

R DES PEUPLIERS

R D'HERBY

les Épaves

la Croisette

200 m

Légende :

- Produits chimiques
- Hydrocarbures
- Gaz naturel

E/ Lignes électriques

Ces lignes se trouvent à au moins 230 m du site. Aucune interaction n'est attendu avec les équipements du site (ni les zones ATEX des événements). Ce danger est donc considéré comme négligeable.

5.3.2 Dangers liés aux événements naturels

A/ Foudre

Si la foudre est un phénomène rare sous nos latitudes (à l'échelle d'une infrastructure), elle peut impacter sévèrement les installations industrielles. Selon l'INERIS (Institut national de l'environnement industriel et des risques), la France connaît chaque année environ 2 000 000 de coups de foudre, occasionnant 20 000 sinistres dont 15 000 incendies.

Le coup de foudre est une décharge électrique très intense (de l'ordre de 20 à 30 kA) et rapide engendrée par l'augmentation de la tension électrique existant entre le sol et la base des nuages.

La meilleure représentation actuelle de l'activité orageuse est la densité de points de contact qui est le nombre de points de contact par km² et par an (Ground Strike-point Density). Les statistiques de foudroiement pour la ville de Vougy sont de 1,18 impacts par km² et par an ce qui est faible.

Conformément à l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié relatif à la prévention des risques accidentels au sein des ICPE soumises à Autorisation, les installations projetées ont fait l'objet d'une étude de protection contre la foudre. Cette étude est disponible en annexe 9.

Les conclusions de l'analyse du risque foudre sont les suivantes :

- ✓ Pas de nécessité de mettre en place un système contre les effets directs (paratonnerre) ;
- ✓ Mise en place d'un dispositif de protection niveau IV contre les effets indirects (parafoudre). Ce dispositif sera bien installé sur la station multi énergie de Vougy, en accord avec les recommandations de l'étude foudre.

B/ Inondation

Un plan de prévention des risques naturels d'inondation sur la commune de Vougy a été approuvé en date du 19/11/2001.

Ce plan de prévention couvre les risques d'inondation :

- Par remontées de nappes naturelles ;
- Par une crue torrentielle ou à montée rapide de cours d'eau ;
- Par une crue à débordement lent de cours d'eau.

Le site situé au 1612 route du mont blanc est dans une zone d'aléa négligeable concernant le risque d'inondation (voir carte ci-dessous)

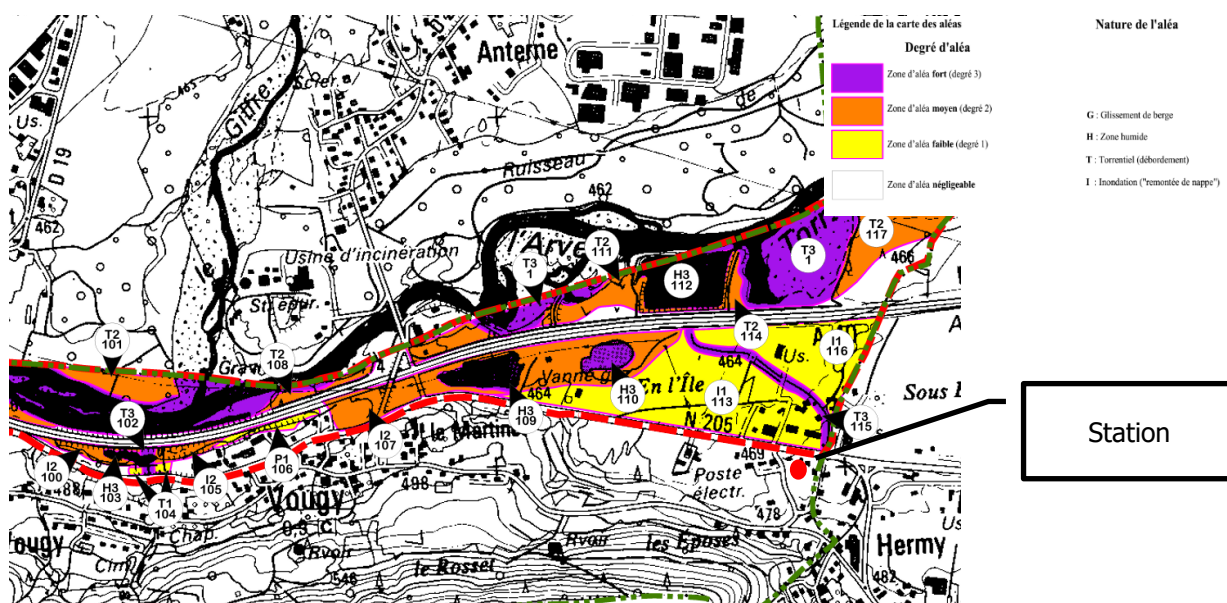


Figure 5 : Carte Aléa inondation.

Le site est aussi noté en risque faible à modéré et est concerné par le règlement de type 14E. Ces points ont été pris en compte et approuvé lors du dépôt du permis de construire en phase 1.

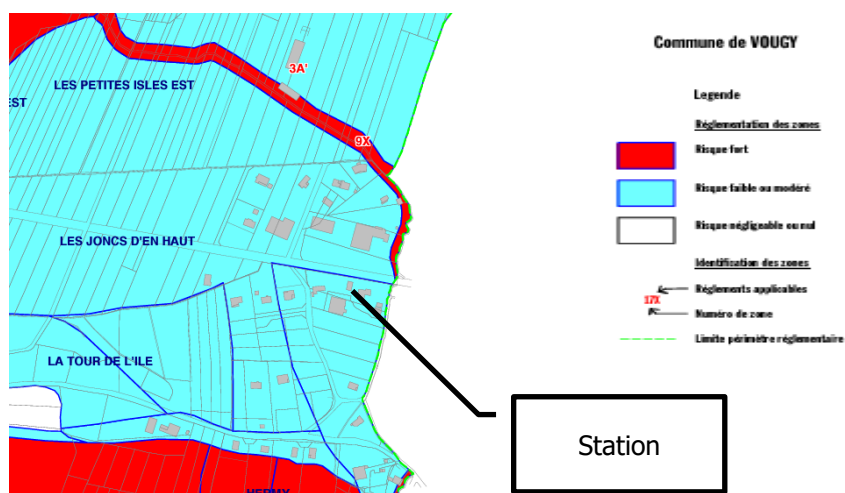


Figure 6 : Carte des règlements applicable liés au PPRN de Vougy

C/ Retrait-gonflement d'argile

Le site est classé en aléa faible pour le retrait-gonflement d'argile. Ce risque ne sera donc pas pris en compte dans le cadre de l'étude.

Carte de l'exposition au retrait-gonflement des argiles en France

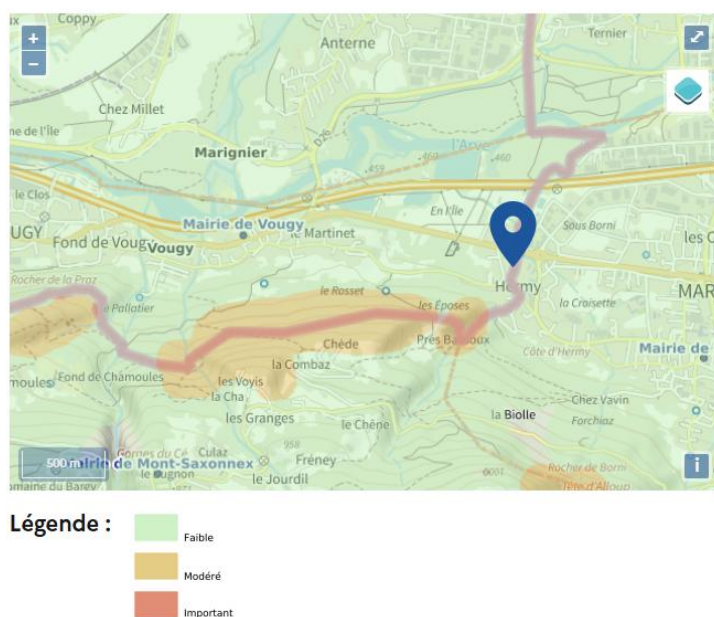


Figure 7 : Carte de l'aléa retrait-gonflement d'argile (source georisque)

D/ Mouvement de terrain

Une carte des aléas naturels notifié par le préfet en date du 7 novembre 2011 indique un aléa nul en ce qui concerne les mouvements de terrains (voir ci-dessous).

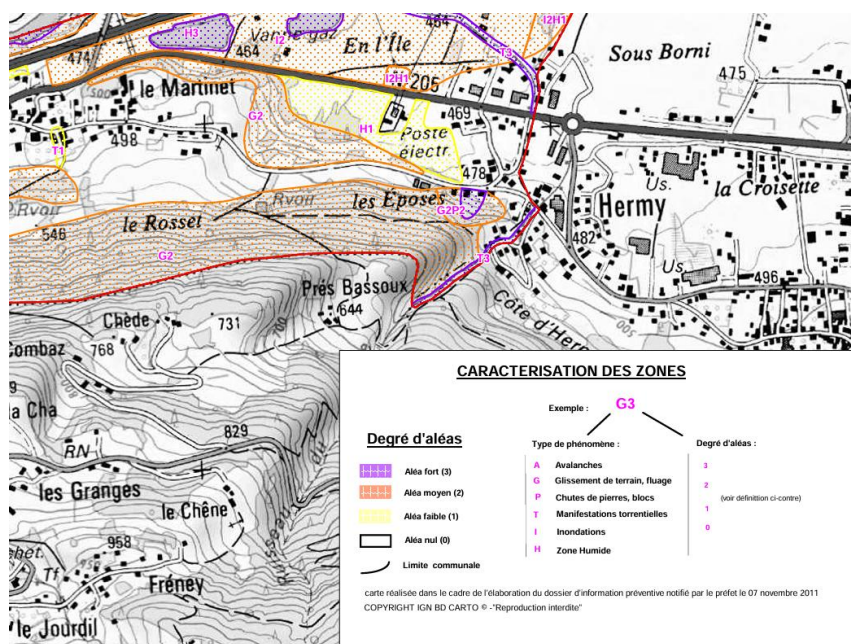


Figure 8 : Carte des aléas naturel (source préfecture de Haute-Savoie)

Ce risque ne sera donc pas pris en compte dans le cadre de l'étude.

E/ Risque sismique

Le risque sismique est classé en zone 4 – Aléa moyen. Cela signifie que des règles de constructions spécifiques s'appliquent pour certains bâtiments en accord avec l'article R563-3 du code de l'environnement :

		Zones de sismicité			
		I	2	3	4
Catégories d'importance	I	Bâtiment sans activité humaine			
	II	Maison individuelle ⁽¹⁾	Aucune obligation	Règles PS-MI 89/92 ou Eurocode 8 ⁽²⁾	
	III	Autres bâtiments ⁽²⁾			
	IV	Bâtiment à risque élevé			
		Bâtiment nécessaire à la gestion de crise			
			Eurocode 8 ⁽³⁾		

Figure 9 : Classement des catégories d'importance des bâtiments en fonction du risque sismique

Le site sera classé comme site "à risque normal" qui comprend les bâtiments, équipements et installations pour lesquels les conséquences d'un séisme demeurent circonscrites à leurs occupants et à leur voisinage immédiat.

En effet le site n'abrite pas de bâtiments avec activité humaine (l'ensemble des installations fonctionnent automatiquement, sans opérateur) et les effets d'un évènement redouté sont circonscrit aux installations et à leur voisinage immédiat (voir ce document).

Aucune règle parasismique particulière ne sera donc appliquée au site. Les installations seront cependant conformes à un aléa moyen lié à un risque sismique de zone 4.

5.4 ACCIDENTOLOGIE

• Accidentologie jusqu'en 2007

Plusieurs accidentologies ont déjà été réalisées sur le sujet notamment dans le rapport accidentologie de l'hydrogène, basé sur 215 compte rendu d'accident jusqu'en 2007¹, qui révèle les points suivants :

70% des accidents impliquants de l'hydrogène et dont les causes sont connues ont une origine organisationnelle ou humaine.

Origine des fuites :

Parmi les accidents dont les causes sont liées à la **maintenance** on trouve notamment :

- interventions par point chaud sans vérification préalable suffisante de l'absence d'atmosphère explosive (ARIA 4501, 22278 et 27273) ;
- défauts ou mauvaises consignations des ouvrages en maintenance (ARIA 891, 22319, et 29864) ;
- lavages d'équipements sans analyse des risques suffisante (ARIA 7956, et 19461) ;
- interventions mal menées (défaut de montage de joint ou de serrage de boulonnerie...) entraînant des fuites d'hydrogène (ARIA 14779, 19490 et 32817),
- défaillances électriques ou d'automatismes faisant suite à des opérations de maintenance (ARIA 9541 et 19325).

Les **défauts de maîtrise de procédé** concernent quant à eux plus particulièrement :

- les installations d'électrolyse (ARIA 6444, 10316, 17070, 20351, 25777, et 30637)
- les emballements de réactions (ARIA 161, 5136, 7956, 9841 et 15140)
- les mauvaises gestions des déchets qui réagissant, forment de l'hydrogène susceptible d'exploser (ARIA 6759, 13017, 15532, 24767, 30679, et 32897).

La mise en place d'un **dispositif de gestion de la sécurité** performant doit permettre de réduire les risques liés à l'hydrogène, notamment grâce :

- à des procédures d'exploitation, de maintenance et d'intervention adaptées (ARIA 14987 et 22319), comprises et appliquées par les opérateurs (ARIA 14700 et 32796),
- à une maintenance préventive des équipements (ARIA 22249 et 22251),
- à la détection rapide des anomalies (ARIA 9541, 20274 et 22211),
- à la bonne formation des opérateurs (ARIA 161),
- au développement d'une culture élevée du risque dans l'établissement, compte tenu du fait qu'en présence d'hydrogène, le risque d'ignition est permanent (ARIA 30679).

Les sources d'inflammation :

Les sources d'ignition sont souvent difficiles à identifier car l'hydrogène s'enflamme très facilement et l'énergie nécessaire peut être fournie par de nombreux éléments. Notons que l'accidentologie en révèle certaines :

- point chaud (ARIA 169, 15339, 27273 et 30365) ;
- foudre (ARIA 343) ;
- origine électrique (ARIA 542 et 25112),
- étincelle mécanique (ARIA 10095)
- électricité statique (ARIA 6716).

Cela peut aussi provenir du frottement de poussières entraînées par l'hydrogène.

Gravité des accidents :

Les accidents liés à l'hydrogène peuvent s'avérer particulièrement graves comme l'indique le tableau ci-dessous :

¹ Source : Accidentologie de l'hydrogène

Conséquences	Sur échantillon de 213 cas dont les conséquences sont connues	
	Nombre de cas	%
Morts	25	12
Blessés graves	28	13
Bléssés (y compris grave)	70	33
Dommages matériels internes	183	86
Dommages matériels externes	17	8
Pertes d'exploitation internes	89	42
Population évacuée	8	3,8

Tableau 22 : Conséquence des accidents liés à l'hydrogène

Ainsi, 25 accidents mortels impliquant de l'hydrogène, dont 5 survenus en France (ARIA 169, 170, 176, 3512, et 7956) sont répertoriés dans ARIA, soit 12% de l'échantillon étudié. Ces accidents sont à l'origine du décès de 80 personnes, dont 9 en France. Les accidents avec blessés graves ou non représentent respectivement 13 et 33 % de l'échantillon étudié. Notons cependant que les conséquences humaines des accidents impliquant de l'hydrogène concernent essentiellement les employés des sites accidentés, les personnels de secours et le public n'étant que plus rarement atteints. Ainsi, tous les accidents mortels pour lesquels la qualité des personnes décédées est connue concernent des employés. Ces faits sont liés à la typologie des accidents impliquant de l'hydrogène, ainsi qu'à la cinétique rapide des phénomènes en jeu : 84 % des événements étudiés sont des incendies et/ou explosions. Les 16 % restants concernent des fuites d'H₂ non enflammées, des emballements de réaction sans explosion ou des phénomènes de corrosion détectés avant accident.

Secteurs d'activités concernés :

Deux types d'activités sont à distinguer

- celles dans lesquelles l'hydrogène est produit ou utilisé: chimie, raffinage, transport, conditionnement, industrie nucléaire.
- celles où l'hydrogène est généré accidentellement: métallurgie et travail des métaux, assainissement, traitement des déchets, récupération.

• **Accidentologie de 2007 à 2024**

Une recherche sur la base ARIA a été réalisée avec comme substance l'hydrogène (seul critère autre que la date). 139 accidents ont été répertoriés² dont 55 affectants des installations pouvant se retrouver dans une station-service hydrogène.

Ces accidents ont généré, quasiment à part égale, des fuites, des feux torches et des explosions (voir graphique ci-dessous).

² Voir document hydrogene-2021-11-16_142430

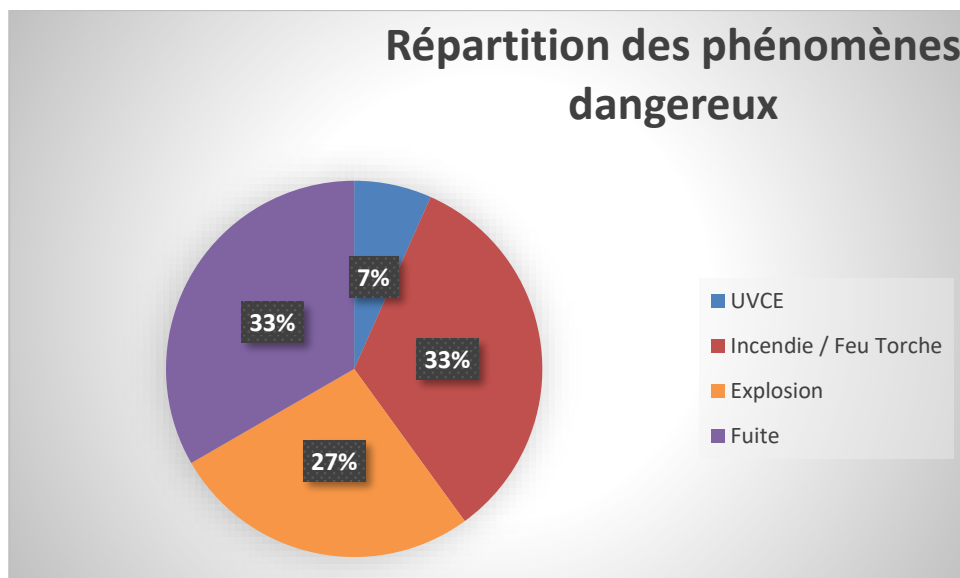


Figure 10: Répartition des phénomènes liés à l'hydrogène depuis 2007

Les installations à l'origine de ces phénomènes sont en grandes majorité les réseaux (tuyauteries, vannes, raccords, brides, ...) puis viennent ensuite les réservoirs (réservoir tampon ou cadres de récipients) suivi par les équipements de compression/détente :

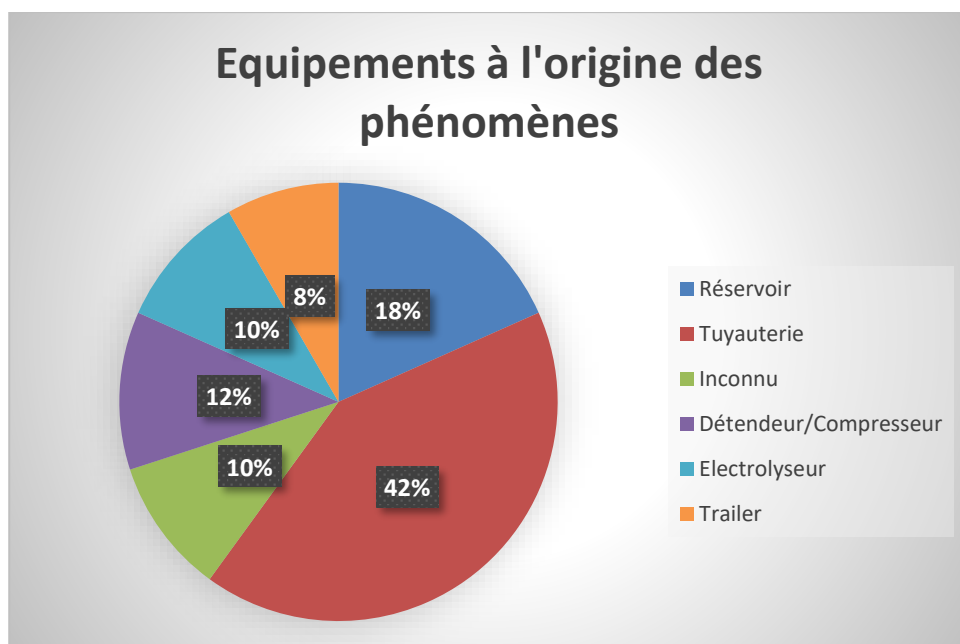


Figure 11 : Equipements à l'origine des phénomènes dangereux depuis 2007

A/ Focus sur l'accidentologie des électrolyseurs

Dans le « Guide d'information sur les risques et les mesures de sécurité liés à la production décentralisée d'hydrogène » de l'ADEME, un chapitre est consacré au retour d'expérience sur les électrolyseurs de type PEM. Il indique : «

Aucun accident lié à l'hydrogène sur un électrolyseur PEM n'a été enregistré à l'échelle industrielle. En revanche, une étude a été menée par l'Institut Kurchatov, CETH et le CNRS sur les risques liés à la production d'hydrogène par électrolyse PEM à haute pression. Au-delà des risques dus à l'opération d'un système à haute pression jusqu'à 130 bar, non applicables aux exemples d'installations considérés dans ce guide, un risque générique à l'électrolyse PEM a été identifié. Il s'agit de la perméation croisée d'oxygène et d'hydrogène à travers la membrane PEM, pouvant conduire à la présence d'oxygène dans le compartiment hydrogène de l'électrolyseur ou, à l'inverse, à la présence d'hydrogène dans le compartiment oxygène de l'électrolyseur. »

Dans un rapport sur la « Sécurité des électrolyseurs alcalins et à membrane échangeuse de protons » des archives HAL, un chapitre traite lui aussi du retour d'expérience sur l'accidentologie des électrolyseurs PEM et indique : «

Une recherche ciblée sur les incidents dans les électrolyseurs sur la base de données d'accidentologie h2tools a permis d'identifier 2 accidents recensés intéressants à prendre en compte pour les études de sécurité :

- Explosion d'un système d'électrolyse de l'eau (31/12/1969) : La réduction du débit d'électrolyte causée par le blocage du à des dépôts dans les passages d'électrolyte a entraîné une augmentation des températures des cellules et des concentrations d'électrolyte. L'augmentation de ces concentrations et des vitesses linéaires (en raison de l'obstruction des passages) a fini par entraîner de graves dommages dus à la corrosion/érosion des électrodes et séparateurs des cellules (la fragilisation par l'hydrogène peut également avoir été un facteur contributif). La rupture physique des séparateurs de cellules a permis à l'hydrogène et à l'oxygène de se mélanger et à l'hydrogène de pénétrer dans le tambour du séparateur d'oxygène.
Le mélange gazeux s'est enflammé, provoquant une violente explosion qui a rompu le tambour séparateur. Les principales causes sont une maintenance non adaptée et un manque de moyens de détection d'hydrogène. Le décès d'un opérateur et d'important dommages sont à regretter.
- Risque d'incendie du catalyseur (le 15/07/2009) : L'augmentation de la pression différentielle dans une pompe fournissant de l'eau de retour à une pile à combustible à électrolyseur PEM a persisté pendant 4 mois et approchait de la limite d'arrêt du système. Cette baisse de performance a été soupçonnée d'être causée par des particules fines de catalyseur en suspension dans l'eau contenant du noir de platine et des liants en Teflon®, éliminées par la pile à combustible et accumulées dans le filtre d'entrée de la pompe. La cause principale est un défaut de conception. Il n'y a pas eu de dommage.

Il ressort de ces documents et de l'analyse de l'accidentologie qu'une attention particulière doit se porter sur le risque de rupture/perforation d'une membrane pouvant générer l'apparition de H₂ dans O₂ ou de O₂ dans H₂. Ce risque a été pris en compte dans le projet de station multiénergie de l'ARVE via la mise en place d'analyseur en ligne de présence de dihydrogène ou de dioxygène ainsi que d'autres mesures, voir chapitre 3.2.1.

B/ Focus sur l'accidentologie des Compresseurs

Pour la compression, l'accidentologie porte en général sur des fuites de compresseurs (3 phénomènes identifiés) ou des infiltrations d'air dans les compresseurs (2 accidents).

Ces phénomènes sont connus et des mesures de type déclenchements d'un arrêt du process en cas de pression basse à l'aspiration ou mesure de la concentration d'hydrogène dans l'air ambiant afin de détecter une éventuelle fuite sont maintenant mises en œuvre sur ce type d'installation (y compris sur les installations de la station multiénergie d'ARVE).

C/ Focus sur l'accidentologie des réseaux de transport d'hydrogène

De nombreux accidents depuis 2007 (29) sont liées à des fuites sur des réseaux hydrogènes (du fait notamment de la taille de la particule). Ces fuites ont lieu sur des brides, des raccords, des vannes suite à un mauvais remontage des installations ou à un desserrage de ces raccords liés à leur utilisation (vibration du réseau, variation de température...).

C'est pourquoi une attention particulière sera portée sur la tenue des raccords dans le temps via des inspection mensuelles et des caméra thermique (UV/IR) seront orientées vers les équipements les plus susceptibles de fuir (platines notamment).

D/ Focus sur l'accidentologie des stations-services à carburants liquides

Sur les 173 événements enregistrés au titre de la période du 1er janvier 2000 au 1er janvier 2025, trois listes ont été établies :

A / une liste de 80 événements pour lesquels le statut de station surveillée est connu ou pour lesquels la présence de personnel est signalée ou présumée : station autoroutière, station en cours d'approvisionnement, opération de distribution de GPL de carburant.... Cette liste comporte également des accidents en circonstances de travaux sur les installations de stockage ou de distribution impliquant normalement la présence de personnes connaissant les risques.

B / une liste de 25 événements pour lesquels le statut de station non surveillée ou l'absence de personnel sur le site sont connus ou présumés. Cette catégorie regroupe ainsi les accidents survenus en période de fermeture au public.

C/ une liste complémentaire de 67 événements pour lesquels la situation n'a pu être caractérisée. Les stations ayant un statut de surveillance mixte en fonction des heures et jours d'exploitation ont été réparties, selon les informations disponibles, dans les listes précédentes.

Données sur les accidents des listes A et B

Données	%
% d'accident mortel	10%
% accidents avec blessés graves	10 %
% d'atteintes aux biens extérieurs	15 %
% d'atteintes à l'environnement	15 %
% postes de distribution impliquées	23%
% cuves impliquées	11%
% explosion de bouteilles de GPL	21%
% malveillance	20 %

Tableau 23 : Données de l'accidentologie des stations-services

Il semble donc que 10% des accidents soient mortel ce qui est significatif même si un bon nombre de ces accidents mortels sont liées à des suicides, des travaux ou des phénomènes ayant eu lieu en dehors de la France (80 des victimes sont dans une de ces trois catégories).

Par ailleurs ces données indiquent que la malveillance est une cause initiatrice important et que les postes de distribution et le GPL sont les sources de dangers majeurs de ces stations.

E/ Focus sur l'accidentologie des bornes de recharges IRVE

Dans l'étude de l'INERIS (Réf 20) il est indiqué :

« Il est constaté depuis quelques années, principalement depuis l'année 2017, une augmentation significative à la fois de la part de marché des véhicules électriques dans le marché mondial automobile, et dans le même temps un nombre croissant de feux de véhicules électriques constaté chaque d'année. Depuis 2010 jusqu'au 15 novembre 2023, 430 feux de batteries de traction de véhicules électriques (BEV et PHEV) ont été recensés.

31% des feux se sont produits lorsque le véhicule était stationné en extérieur ; 25 % lorsque le véhicule était stationné dans un espace fermé (parking souterrain, garage, etc.) et 29 % en cours de roulage. 18% des incendies se sont produits lorsque le véhicule était en charge, et 2 % dans l'heure qui a suivi la déconnection d'une borne de charge. 95 % de l'ensemble des incidents recensés ont donné lieu à un feu, 5 % à une explosion consécutive à l'accumulation de gaz (Vapour Cloud explosion). Parmi ces 5 % ayant donné lieu à une explosion de gaz, 70 % des cas se sont produits dans un espace fermé (parking souterrain, garage, etc.).

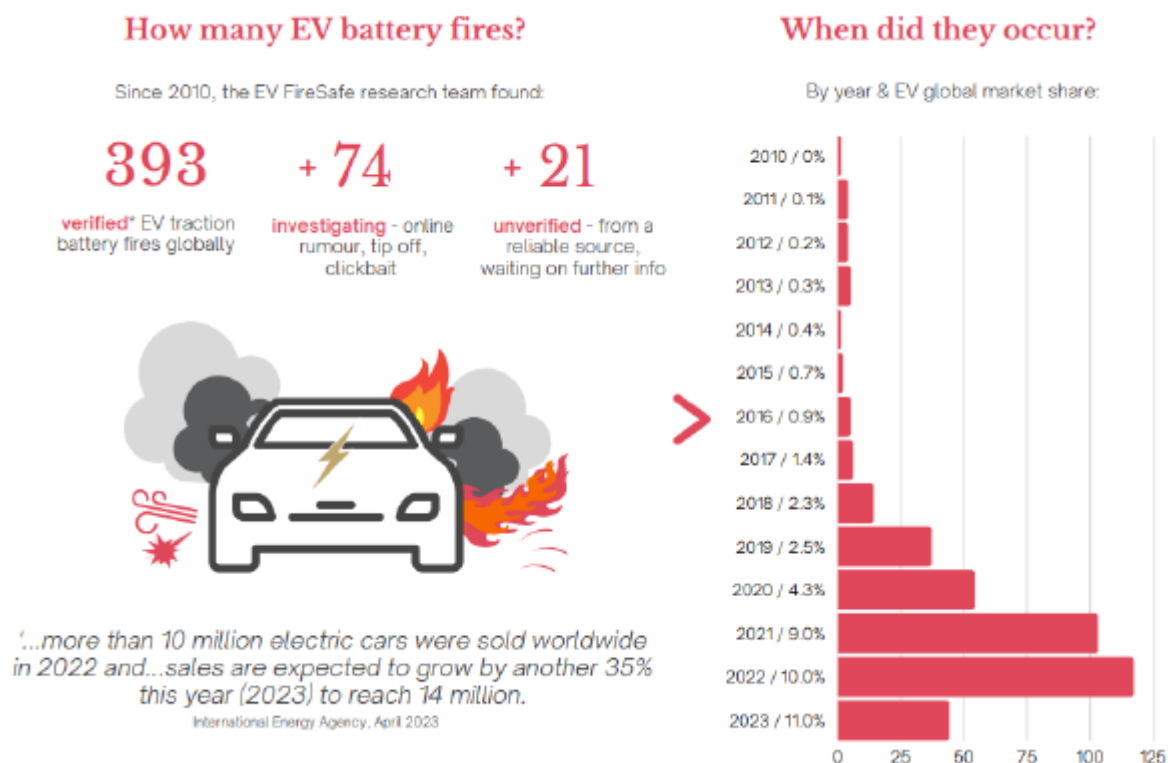


Schéma 3 : Données sur les feux de véhicules électriques

Les scénarios déclencheurs identifiés sont les suivants :

- ✓ La charge du pack batterie lorsque le véhicule électrique est en stationnement (surcharge, défaut de BMS, chargeur non adapté...) ;
- ✓ Des facteurs externes, qui peuvent entraîner l'emballement thermique de la batterie de manière plus ou moins immédiate (forte pluie/immersion, feu externe, malveillance, consécutive à un choc, collision...) ;
- ✓ Des facteurs internes à la batterie (mauvaise conception/fabrication) et/ou non identifiés.

Cependant les véhicules électriques brûlent beaucoup moins que leurs équivalents thermiques ou hydrides (voir document Réf 18):



Schéma 4 : Comparaison des feux de véhicules électriques vs feu de véhicules thermiques (source ref [18])

Et la puissance calorifique maximale dégagée reste aux alentours de 7 MW (Réf 18) soit en dessous des seuils des effets domino.

Ce risque (incendie d'in véhicule en cours de recharge) ne sera donc pas retenu dans la suite de l'étude car les effets ne se produiront pas en dehors du site et il n'est pas attendu d'effets domino sur des installations critiques (camion GPL-c en cours de dépotage ou véhicule à hydrogène).

5.4.1 Evènements redoutés identifiés dans l'accidentologie

Les évènements redoutés qui sortent de ces accidentologies sont principalement liées à :

- ✓ La perte de confinement de l'hydrogène ;
- ✓ La présence d'hydrogène dans l'oxygène ou d'oxygène dans l'hydrogène suite à l'électrolyse de l'eau ;
- ✓ Des mélanges hydrogène/air dans les équipements (compresseurs par exemple).

Les pertes de confinements sont liées à :

- ✓ Des fuites au niveau des raccords (brides, vannes, raccords de robinetterie/lyrage...) ;
- ✓ Des contraintes de pression ;
- ✓ Des erreurs de montage ;
- ✓ Des mauvaises manipulation (de vannes ou d'équipements) ;
- ✓ Des vibrations, fatigues ou équipements ;

Les mélanges hydrogène/air dans les équipements sont principalement liés :

- ✓ A des erreurs de manipulation ou de maintenance (ouverture de lignes et mauvaise rinçage du réseau) ;
- ✓ A la dépressurisation des réseaux suite l'aspiration de la compression et l'entrée d'air dans le système.

5.4.2 Phénomènes dangereux associés à ces évènements

Les phénomènes dangereux identifiés dans l'accidentologie sont indiqués dans la figure n°10. Ces phénomènes concernent donc :

- **Pour l'hydrogène :**
 - L'inflammation immédiate d'une fuite générant un feu torche ;
 - L'inflammation retardée d'un nuage de gaz consécutif d'une fuite : phénomène d'explosion de type un VCE ou un UVCE
- **Pour l'oxygène**
 - Augmentation des conditions favorables à l'apparition d'un incendie : feu
 - Apparition d'oxygène dans l'hydrogène (électrolyse) : explosion
- **Pour l'azote**
 - Fuite d'azote dans une enceinte fermée ou peu ventilée : anoxie

Pour la partie station avec carburant fossile, les phénomènes dangereux identifiés sont

➤ **Carburant de type SP95/SP98/E85 :**

- L'inflammation immédiate d'une fuite générant un feu torche ;
- L'inflammation retardée d'un nuage de vapeur consécutif d'une fuite : phénomène d'explosion de type VCE ou un UVCE
- Inflammation à la surface d'un épandage accidentel de liquide : feu de nappe ;
- BLEVE de la citerne.

➤ **Carburant de type GPL :**

- L'inflammation retardée d'un nuage de vapeur consécutif d'une fuite : phénomène d'explosion de type VCE ou un UVCE ;
- BLEVE de la citerne.

5.4.3 Enseignements tirés et positionnement vis-à-vis de ces enseignements

Installations	Evènement initiateur	Phénomènes dangereux	Conséquences
Electrolyseur	Fatigue et détérioration d'équipement Mauvaise maintenance Mélange hydrogène air ou O ₂	Fuite Feu torche Explosion	Perte d'exploitation
Compresseur	Fatigue et détérioration d'équipement Vibrations Mauvaise maintenance Mélange hydrogène air ou O ₂	Fuite Feu torche Explosion	Perte d'exploitation
Tuyauteries	Fatigue et détérioration d'équipement Vibrations Mauvais serrage Mélange hydrogène/air	Fuite Feu torche Explosion	Perte d'exploitation

Tableau 24 : Liste de phénomènes dangereux issues de l'accidentologie pour les installations hydrogène

D'après l'accidentologie et les évènements initiateurs présents sur de telles installations, des moyens de préventions spécifiques listés ci-dessous seront mis en place dans la future installation :

Installations	Evènement initiateur	Moyens de prévention et de protection prévus
Electrolyseur	Fatigue et détérioration d'équipement	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenance préventive et corrective basée sur les données fournisseurs issues du manuel de maintenance et sur les visites effectuées par les techniciens de maintenance. - Suivi des paramètres de production et déclenchement d'un arrêt process et d'une inspection de maintenance en cas de déviation de certains paramètres de pression, de température et de tension (voir matrice C&E)
	Mauvaise maintenance	<ul style="list-style-type: none"> - Formation à la maintenance par le fabricant - Formation aux directives ATEX - Formation au serrage de raccord par une entreprise spécialisée (type Swadgelok)
	Mélange Hydrogène / Air suite à une fuite	<ul style="list-style-type: none"> - Test de fuite mensuel sur les raccords et les platines - Détection hydrogène d'ambiance dans les containers d'électrolyse et de traitement d'hydrogène - Suivi des paramètres de pression. - Dimensionnement spécifique des organes de ventilation - Matériel ATEX dans la partie ATEX des containers - Voir les autres mesures indiquées dans le chapitre 3.2.1 et 3.4.1
	Mélange Hydrogène / Oxygène	<p>Les compartiments H₂ et O₂ sont cloisonnés et isolés. Les lignes d'inertage et d'alimentation sont indépendantes pour les deux compartiments. Les rejets en O₂ (événements) sont suffisamment éloignés des événements H₂</p> <p>Les barrières suivantes ont été mise en place en fonction des scénarios HAZOP étudiés:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Protocole de vérification de paramètre process (notamment pression et température) 2. Protocole de cadenassage des vannes

Installations	Evènement initiateur	Moyens de prévention et de protection prévus
		3. BPCS : arrêt de l'installation (dépressurisation et purge) sur certains paramètres (notamment pressions et température) 4. Arrêt sécurité niveau SIL 2 (dépressurisation et purge) sur des paramètre de concentration et de détection ; 5. Dans certain scenarii, protection des équipements par une soupape.
Compresseur	Fatigue et détérioration d'équipement	- Maintenance préventive et corrective basée sur les données fournisseurs issues du manuel de maintenance et sur les visites effectuées par les techniciens de maintenance. - Suivi des paramètres de production et déclenchement d'un arrêt process et d'une inspection de maintenance en cas de déviation de certains paramètres de pression et de température (voir matrice C&E)
	Mauvaise maintenance	- Formation à la maintenance par le fabricant - Formation aux directives ATEX - Formation au serrage de raccord par une entreprise spécialisée (type Swadgelok)
	Mélange Hydrogène / Air suite à une fuite (liées aux vibrations par exemple)	- Détection hydrogène d'ambiance dans les containers de compression ; - Suivi des paramètres de pression ; - Dimensionnement spécifique des organes de ventilation ; - Matériel ATEX dans la partie ATEX des containers ; - Test de fuite mensuel sur les raccords et les platines - Voir les autres mesures indiquées dans le chapitre 2.3.4.2 et 3.2.2
Tuyauteries d'hydrogène	Fatigue et détérioration d'équipement	- Tuyauteries en caniveaux dans la zone public et en caniveau dans les circulation ou en aérien (avec protection contre les collisions) contre un mur dans la zone technique ; - Tuyauterie en inox 316 L ; - Suivi des paramètres de pression; Voir les mesures indiquées dans le chapitre 3.2.4
	Vibrations	- Tests de fuite à la mise en service - Tests de fuite mensuel sur les raccords ; - Suivi des paramètres de pression ; Voir les mesures indiquées dans le chapitre 3.2.4
	Mauvais serrage	- Tests de fuite à la mise en service - Tests de fuite mensuel sur les raccords ; - Suivi des paramètres de pression ; - Formation des techniciens sur le serrage au couple ; Voir les mesures indiquées dans le chapitre 3.2.4
	Mélange Hydrogène / Air suite à une fuite	- Détection UV/IR en zone technique en cas de départ de feu ; - Suivi des paramètres de pression.

Installations	Evènement initiateur	Moyens de prévention et de protection prévus
Toutes	Défaillance organisationnelle	<ul style="list-style-type: none"> - Personnel formé, habilité et audité. - Procédures d'exploitation et fiche de poste. - Plan de prévention. - Gestion du contrôle d'accès. - Encadrement des entreprises extérieures et des sous-traitants.
	Défaillance du matériel	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenance préventive systématique : remplacement régulier des matériels en fonction de leur sollicitation. - Contrôle et entretien du matériel électrique. - Vérifications périodiques assurées par des prestataires agréés. - Cahier de bord des équipements. - Respect des normes et standards : équipements sous pression et ceux spécifiques à la mise en œuvre et à la génération d'H2. - Détection incendie. - Détection gaz. - Suivi de pression sur les différents équipements mettant en œuvre du gaz. - Détection de niveau sur les différents équipements mettant en œuvre des produits liquides.
	Déversement accidentel	<ul style="list-style-type: none"> - Aire de dépotage associée à un séparateur d'hydrocarbure ; - Zone de remplissage des véhicules des usagers associée à un séparateur d'hydrocarbure ; - Récupération des eaux pluviales associée à un séparateur d'hydrocarbure et à une rétention possible. - Récupération des eaux d'extinction incendie ; - Bac de rétention pour les liquides process pour la partie hydrogène ; - Cuve double enveloppe avec détection de fuite pour la partie carburant liquide fossile.
	Malveillance	<ul style="list-style-type: none"> - Zone technique surveillée par caméra et alarme volumétrique ; - Télésurveillance 24h/24, 7j/7 ; - Contrôle d'accès en zone technique.

Tableau 25 : Liste des moyens de prévention en fonction des évènements initiateurs identifiés.

6. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS

La réduction des potentiels de dangers à la source est axée sur quatre principes :

- ✓ Principe de substitution : substituer les produits dangereux en préférant des produits moins dangereux ayant les mêmes propriétés,
- ✓ Principe d'intensification : minimiser les quantités de produits dangereux stockés,
- ✓ Principe d'atténuation : définir les conditions opératoires les moins dangereuses possibles,
- ✓ Principe de limitation des effets : conception des installations afin de se prémunir à la source des conséquences des événements redoutés.

6.1 PRINCIPE DE SUBSTITUTION

L'hydrogène et les carburant fossiles étant au centre du projet, il ne peut être substitué.

Les fluides réfrigérants sont choisis pour leur performance thermique. Il s'agit de fluides peu inflammables et en quantité réduite.

La technologie d'électrolyse (par membrane) permet de limiter les risques de pollutions notamment en cas de fuite du produit d'électrolyse.

6.2 PRINCIPE D'INTENSIFICATION

Les quantités d'hydrogène stockées sont limitées au minimum afin d'assurer l'approvisionnement de la distribution et ainsi un niveau de disponibilité acceptable, notamment pour permettre un stockage de l'hydrogène produits sans avoir à interrompre la production (et générer des à-coup dommageable pour les installations) le week-end (il n'y pas de circulation possible de semi-remorque à hydrogène le week-end, il faut donc pouvoir stocker la quantité produite).

Il est à noter par ailleurs qu'il y a un projet de refonte de la rubrique 4715 en cours pour faire passer le seuil d'autorisation à 5 tonnes afin de permettre justement plus facilement aux installations à hydrogène de stocker le carburant nécessaire le week-end.

Les quantités de carburant fossiles ne dépassent pas le seuil de la déclaration ce qui permet, par le respect des arrêtés ministériels associés, de conserver les phénomènes dangereux liées à cette activités dans le périmètre du site.

6.3 PRINCIPE D'ATTENUATION

Les conditions opératoires (pression, température, débit) sont déterminées pour assurer la production et la distribution de carburant et d'électricité dans les conditions prévues par la réglementation et les normes applicables.

6.4 PRINCIPE DE LIMITATION DES EFFETS

Les stockages d'hydrogènes sont systématiquement équipés de soupapes et de fusibles thermiques pour limiter la montée en pression et les risques d'éclatement d'un récipient pris dans un incendie notamment.

Les containers de compression et les bâtiments abritant de l'hydrogène sont systématiquement équipés d'évents de décharge pour limiter la montée en pression de l'inflammation d'un éventuel nuage d'hydrogène présent dans ces équipements.

Des murs coupe-feu font le tour de la zone technique et d'une partie de la zone de distribution pour limiter l'impact d'un incendie, d'un feu torche ou d'un feu nappe sur les installations et personnes présentes en dehors du site.

Les événements sont dimensionnés pour limiter les effets d'un feu torche ou de l'inflammation d'un nuage d'hydrogène.

7. ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES

7.1 RAPPEL DE LA METHODE

Il s'agit, dans un premier temps, d'identifier les éléments dangereux du système. Puis, pour chaque élément dangereux, de déterminer les situations dangereuses possibles. On peut ensuite déterminer les accidents et leurs conséquences et lister les moyens de prévention existants et les évaluer.

Le tableau utilisé est présenté ci-après :

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention Barrières de protection	C	Commentaire
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

La méthode est par ailleurs décrite en détails dans le chapitre 3.4.4

7.2 ANALYSE DES RISQUES D'ORIGINE EXTERNE

7.2.1 Risques d'origine naturels

Les facteurs de risque d'origine naturelle envisageables sont :

- ✓ Les températures extrêmes ;
- ✓ La foudre ;
- ✓ Les inondations ;
- ✓ La neige, les vents violents ;
- ✓ Le séisme ;
- ✓ Les mouvements de sol, glissements de terrain, chutes de pierres (hors séisme) ;

Les aléas correspondants sont caractérisés au § 5.3.2.

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention / Protection	C	Commentaire
1	Installation utilisant de l'eau Instrumentati on et matériel	Gel Risque de défaillance de l'instrumentation , dégradation matérielle	Températures extrêmes : Froid intense et/ou prolongé	Bouchage des tuyauteries : - Réseau d'eau incendie - Réseau d'eau potable d'alimentation du deminéraliseur - Réseau d'eau deminéralisée alimentant l'électrolyseur - Réseau d'eau glycolée Rupture des tuyauteries d'eau Perte de la production d'hydrogène Défaillance d'équipements électriques ou électroniques conçus pour une température minimale de -20°C	1	2	La température minimale moyenne est de - 3°C (mois de janvier) Les installations sont certifiées pour la plage de température -20°C / +40°C Poteau incendie à l'entrée du site. → Hors gel Pas de réseau incendie en charge sur site. Réseau d'eau potable d'alimentation du deminéraliseur enterré. → Hors gel Réseau d'eau déminéralisée alimentant l'électrolyseur en aérien entre le conteneur d'électrolyse et le conteneur utilités : ligne calorifugée et traçage électrique. Conteneur d'électrolyse et utilités protégés du froid par chauffage électrique asservi à la mesure	2	Risque non retenu dans l'ADR

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention / Protection	C	Commentaire
2	Equipement sous auvent ou toit	Accumulation de neige sur les installations	Chute de neige La période neigeuse de l'année dure 4,0 mois, du 11 novembre au 1 0 mars, avec une chute de neige sur une période glissante de 31 jours d'au moins 25 millimètres	Effondrement d'un toit	2	1	Les containers et auvent sont conçus pour résister aux précipitations de neige attendus dans cette région.	2	Risque non retenu dans l'ADR
3	Manutention de produits inflammables	Foudre en zone ATEX ou sur des installations sensibles	Foudre	Incendie ou explosion			Voir 5.3.2		Risque non retenu dans l'ADR
4	Installations électriques et stockage de produits pouvant générer des pollutions du sol	Destruction des équipements, des installations électriques	Inondation	Pollution, destruction des équipements			Voir 5.3.2		Risque non retenu dans l'ADR
5	Tuyauterie rigide Container et locaux technique	Rupture des tuyauterie, effondrement d'une installation	Séisme	Fuite générant des incendies / explosion			Voir 5.3.2		Risque non retenu dans l'ADR
6	Tuyauterie rigide	Rupture des tuyauterie, effondrement	Mouvement de terrains	Fuite générant des incendies / explosion			Voir 5.3.2		Risque non retenu

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention / Protection	C	Commentaire
	Container et locaux technique	d'une installation							dans l'ADR

Tableau 26 : APR avec pour origine les risques naturels

7.2.2 Risques d'origine non naturelle

Les facteurs de risque externes d'origine non naturelle envisageables sont :

- ✓ Les activités voisines ;
- ✓ La chute d'avion ;
- ✓ Le transport de matières dangereuses en périphérie du site ;
- ✓ La malveillance.

Les aléas correspondants sont caractérisés au § 5.3.1

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention / Protection	C	Commentaire
7	Manutention de liquides et gaz inflammables	Effets domino sur les installations	Présence d'une ICPE à proximité des installations	Fuite, incendie, explosion			Voir chapitre 5.3.1		Risque non retenu dans l'ADR
8	Manutention de liquides et gaz inflammables	Impact sur des installations à risque	Chute d'avion	Fuite, incendie, explosion			Voir chapitre 5.3.1		Risque non retenu dans l'ADR
9	Manutention de liquides et gaz inflammables	Effets domino sur les installations	Transport de matières dangereuses	Fuite, incendie, explosion			Voir chapitre 5.3.1		Risque non retenu dans l'ADR
10	Manutention de liquides et gaz inflammables	Impact sur les installations à risque	Malveillance	Fuite, incendie, explosion			Voir chapitre 5.3.1		Risque non retenu dans l'ADR

Tableau 27 : APR avec pour origine les risques non naturels extérieurs aux sites

7.3 ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES LIES AUX EQUIPEMENTS

7.3.1 Electrolyse et purification d'hydrogène

A/ Mesures de réduction du risque à la source

Des mesures concernant l'implantation et l'aménagement ont été prise en compte dès la conception :

- ✓ Les installations contenant de l'hydrogène (séparateur et purificateur) sont soit en plein air, soit dans un compartiment entièrement ouvert sur 1 côté ;
- ✓ Les électrolyseurs et les équipements associés seront implantés dans des containers ventilés (ventilation naturelle et mécanique) ;
- ✓ Le positionnement des différents détecteurs H₂ dans le compartiment de traitement de l'hydrogène a été étudié afin de couvrir l'ensemble des zones où l'hydrogène peut s'accumuler tout en détectant le plus tôt possible les fuites les plus probables ;
- ✓ Ces installations sont protégées de la zone public par un mur EI120 de 8 m de haut faisant le tour de l'ensemble de la zone technique. Les portes permettant à la maintenance d'accéder à la zone seront aussi EI120 ;
- ✓ Le procédé de production d'hydrogène ne requiert pas de produits présentant des caractéristiques dangereuses ;
- ✓ Enfin, aucun ERP n'est recensé dans un rayon de 100 m autour de ces installations.

Des moyens de prévention et de protection des risques sont intégrés à la conception des équipements :

- ✓ La pression dans l'électrolyseur et les autres systèmes est limitée à 30 bar ;
- ✓ L'utilisation de matériaux adaptés aux caractéristiques de l'H₂ (à minima Norme NF M58-003 et tuyauteries de type 316 L).
- ✓ Privilégier les raccords soudés aux raccords vissés. En cas d'utilisation de raccords vissés, le montage respectera les recommandations du fournisseur (procédure d'assemblage) et les couples de serrage ;
- ✓ A chaque fois que nécessaire (risque de collision entre un véhicule et les tuyauteries), les tuyauteries seront en caniveaux sinon elles seront protégées par le mur d'enceinte et des systèmes anticollision. Aucune tuyauterie aérienne ne sera présente en zone publique ;
- ✓ Aucune circulation de véhicules n'est attendues en zone technique sauf pour des opérations de maintenance lourdes nécessitant de fait l'arrêt de la production ;
- ✓ Les tuyauteries d'H₂ et leurs raccords seront installées conformément aux normes NF EN 13480-5 et NF EN 13480-6 et utiliseront de l'acier 316 L ;
- ✓ Les tubes constituant les tuyauteries d'H₂, les vannes et soupapes répondent aux normes en vigueur ;
- ✓ Des tests d'étanchéité et de tenue en pression seront réalisés à la mise en service des réseaux ;
- ✓ L'ensemble des équipements présents en zones ATEX sera en adéquation avec le classement des zones (ces équipements ne seront par conséquent pas des sources d'inflammation potentielles puisque adaptés à leur environnement) ;
- ✓ Les équipements sous pression respecteront la réglementation et les exigences leur étant applicables ;
- ✓ Présence de soupapes connectées à un réseau d'évent H₂ ;
- ✓ Présence de soupapes reliées sur un réseau d'évent pour le réseau O₂ ;
- ✓ Le risque de fuite a aussi été analysé et pris en compte dans les divers HAZOP réalisées sur les équipements (électrolyseurs, compresseurs et réseaux de distribution du site) afin de s'assurer qu'il reste à un niveau acceptable.

Enfin, l'utilisation de la technologie PEM permet d'éviter un mélange entre O₂ et H₂ au niveau des cellules de production et la présence d'oxygène dans le réseau d'hydrogène (notamment de par la surpression présente côté hydrogène). D'autres dispositifs autre que la surpression viennent garantir l'absence d'oxygène dans l'hydrogène au niveau de l'électrolyseur et ils sont décrit ci-dessous :

- ✓ Les compartiments H2 et O2 sont cloisonnés et isolés ;
- ✓ Les lignes d'inertage et d'alimentation sont indépendantes pour les deux compartiments. Les rejets en O2 (événements) sont suffisamment éloignés des événements H2 ;
- ✓ Les barrières suivantes ont été mises en place en fonction des scénarios HAZOP étudiés :
 1. Protocole de vérification de paramètres process (notamment pression et température)
 2. Protocole de cadenassage des vannes
 3. BPCS : arrêt de l'installation (dépressurisation et purge) sur certains paramètres (notamment pressions et température)
 4. Arrêt sécurité niveau SIL 2 (dépressurisation et purge) sur des paramètres de concentration et de détection ;
 5. Dans certains scénarios, protection des équipements par une soupape.
- ✓ Une mesure de la tension de chaque cellule avec un seuil d'alarme permet de contrôler l'état des membranes.
- ✓ Le risque d'encrassement sera évité grâce au suivi de la qualité de l'eau alimentant les électrolyseurs. Enfin, la mesure en continu de la qualité des gaz sortant des séparateurs permettra de détecter la moindre dérive (apparition d'O₂ dans H₂ et inversement).
- ✓ De manière générale, il y a peu d'historique de défaut violent de membrane : les membranes s'abîment de manière progressive, ce qui laisse le temps à l'opérateur d'observer une déviation de la pureté d'hydrogène, de la pureté d'oxygène, et des niveaux de pression. Cela laisse aussi le temps aux techniciens de maintenance d'arrêter et d'isoler l'électrolyseur avant d'avoir un mélange problématique de O₂ dans H₂. Si l'opérateur ne le détecte pas, alors le système est conçu de telle sorte à ce que les instruments détectent une déviation anormale, et mettent en défaut l'équipement, pour l'arrêter et l'isoler automatiquement voire l'inertier complètement à l'azote.

A noter que la totalité de l'instrumentation de sécurité des électrolyseurs est de type SIL (Safety Integrate Level). Le choix des capteurs sera adapté à leur taux de sollicitation afin d'assurer des taux de défaillance les plus bas possibles. A titre d'exemple, l'instrumentation pour le suivi de niveau, pression et température est du type SIL 2 avec une estimation des taux de défaillance à 10⁻².

B/ Analyse préliminaires des risques liés à la production d'hydrogène

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention /	Barrières de protection	C	Commentaire
	2	3	4	5	6	7	8		9	10
11	Module de production H2 et séparation	Fuite massive sur un raccord (équivalent à une rupture)	- Mauvais remontage/ serrage - Choc lors d'une maintenance - Défaillance matériel	Création d'une ATEX	1	2	- Serrage au couple défini et obligatoire lors des maintenances ; - Limitation du nombre de raccords (soudure lorsque c'est possible) ; - Plan de prévention en cas de maintenance avec obligation	- Test d'absence de fuite à la mise en service et tous les 3 mois ; - Détection de fuite d'hydrogène mettant en sécurité l'installation (isolation et inertage).	2	Pas d'hydrogène gazeux dans les stacks, celui-ci est dissous dans l'eau. L'hydrogène gazeux apparaît dans le séparateur.

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention /	Barrières de protection	C	Commentaire
							de dépressuriser les réseaux en cas de risque de choc contre des tuyauteries.	- Aération naturelle et ventilation mécanique ; - Matériel ATEX en zone ATEX.		Risque non retenu pour l'ADR
12	Module de production H2 et séparation	Fuite sur un raccord (<10% du diamètre)	- Mauvais remontage/serrage - Choc lors d'une maintenance - Défaillance matériel	Création d'une ATEX	1	3	- Serrage au couple défini et obligatoire lors des maintenances ; - Limitation du nombre de raccords (soudure lorsque c'est possible) ; - Plan de prévention en cas de maintenance avec obligation de dépressuriser les réseaux en cas de risque de choc contre des tuyauteries.	- Test d'absence de fuite à la mise en service et tous les 3 mois ; - Détection de fuite d'hydrogène mettant en sécurité l'installation (isolation et inertage). - Aération naturelle et ventilation mécanique ; - Matériel ATEX en zone ATEX.	3	Phénomène dangereux contenu dans l'enceinte du container et des zones ATEX modélisées. Risque non retenu pour l'ADR
13	Module de production H2 et séparation	Inflammation d'une fuite	Fuite massive sur un raccord et présence d'une source d'inflammation	VCE ou feu torche	4	2	- Serrage au couple défini et obligatoire lors des maintenances ; - Limitation du nombre de raccord (soudure lorsque c'est possible) ; - Plan de prévention en cas de maintenance avec obligation de dépressuriser les réseaux en cas de risque de choc contre des tuyauteries.	- Test d'absence de fuite à la mise en service et tous les 3 mois ; - Détection de fuite d'hydrogène mettant en sécurité l'installation (isolation et inertage). - Aération naturelle et ventilation mécanique ; - Matériel ATEX en zone ATEX ; - Détection incendie et mise en sécurité du site (voir matrice C&E)	8	Risque retenu pour l'ADR PhD n°1 et PhD n°3

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention /	Barrières de protection	C	Commentaire
14	Module de production H2 et séparation	Inflammation d'une fuite	Fuite (<10%) sur un raccord et présence d'une source d'inflammation	VCE ou feu torche	4	2	<ul style="list-style-type: none"> - Serrage au couple défini et obligatoire lors des maintenances ; - Limitation du nombre de raccords (soudure lorsque c'est possible) ; - Plan de prévention en cas de maintenance avec obligation de dépressuriser les réseaux en cas de risque de choc contre des tuyauteries ; 	<ul style="list-style-type: none"> - Test d'absence de fuite à la mise en service et tous les 3 mois ; - Détection de fuite d'hydrogène mettant en sécurité l'installation (isolation et inertage). - Aération naturelle et ventilation mécanique ; - Matériel ATEX en zone ATEX ; - Détection incendie et mise en sécurité du site (voir matrice C&E) 	8	Risque retenu pour l'ADR PhD n°1 et 3
15	Module de production H2 et séparation	Mélange de H ₂ et de O ₂	Percement d'une membrane Erreur d'un opérateur	Explosion			<ul style="list-style-type: none"> - Les compartiments H2 et O2 sont cloisonnés et isolés. - Les lignes d'inertage et d'alimentation sont indépendantes pour les deux compartiments. Les rejets en O2 (événements) sont suffisamment éloignés des événements H2 ; - Différence de pression entre la sortie hydrogène et oxygène - Protocole de cadenassage des vannes. 	Les barrières suivantes ont été mise en place en fonction des scénarios HAZOP étudiés: 1. Protocole de vérification de paramètre process (notamment pression et température) 2. BPCS : arrêt de l'installation (dépressurisation et purge) sur certains paramètres (notamment pressions et température) 3. Arrêt sécurité niveau SIL 2 (dépressurisation et purge) sur des paramètres de		Risque exclus par la technologie PEM de production d'hydrogène et par les moyens mis en œuvre. Risque non retenu pour l'ADR

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention /	Barrières de protection	C	Commentaire
								concentration et de détection ; 4. Dans certain scenarii, protection des équipements par une soupape.		
16	Module de production H2 et séparation	Fuite d'azote dans le container	Fuite d'un raccord lors de l'inertage (manuel ou automatique)	Anoxie	3	1	- Personnel formé et qualifié	- Ventilation naturelle et mécanique ; - Port obligatoire via le plan de prévention d'un détecteur portatif d'O ₂ pour les opérateurs de maintenance ; - Travail portes ouvertes - Test de fuite sur les raccords tous les 3 mois ;	3	Le risque restera limité aux containers de production d'hydrogène et ne sortira pas des limites du site. Risque non retenu dans l'ADR
17	Module de production H2 et séparation	Fuite d'O ₂ dans le container	Fuite d'un raccord	Incendie	3	1	- Suivi des pressions dans la ligne O ₂ par l'automate ; - Personnel formé et qualifié	- Ventilation naturelle et mécanique ; - Port obligatoire via le plan de prévention d'un détecteur portatif d'O ₂ pour les opérateurs de maintenance ; - Travail portes ouvertes ; - Détection incendie et inertage à l'azote.	3	Le risque restera limité aux containers de production d'hydrogène et ne sortira pas des limites du site. Risque non retenu dans l'ADR

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention /	Barrières de protection	C	Commentaire
18	Module de production H2 et séparation	Incendie dans le container.	Surpression dans un équipement (séparateur)	Eclatement de l'équipement	4	1	Capteur de pression déclenchant un arrêt de la production en cas de surpression. Détection incendie dépressurant et inertant les installations	Equipement protégé par des soupapes	4	Risque retenu pour l'ADR PhD n°3
19	Module de production H2 et séparation	Inflammation d'hydrogène à l'événement	Relargage d'hydrogène en présence d'une source d'inflammation	Feu torche ou UVCE	4	2	- Event positionné au minimum 1 m au-dessus des installations techniques ; - Zone ATEX de l'événement identifié et absence de matériel/source d'inflammation dans cette zone	- Modélisation d'un feu torche et d'un UVCE à l'événement afin de s'assurer de l'absence d'effet domino (distance de sécurité); - Inertage des installations	8	Risque retenu pour l'ADR PhD n°13

Tableau 28 : APR de la production d'hydrogène

7.3.2 Compression hydrogène – Compresseurs 1 et 2

Il s'agit des compresseurs d'hydrogène comprimant l'hydrogène de 30 bar à 500 ou 1000 bar.

A/ Mesures de réduction du risque à la source

Des mesures concernant l'implantation et l'aménagement ont été prises en compte dès la conception et le choix d'implantation des équipements :

- ✓ Les équipements de compression d'H₂ ne seront pas situés à l'air libre afin de les préserver des intempéries et d'augmenter leur pérennité dans le temps ;
- ✓ Le positionnement des différents détecteurs H₂ dans les containers de compression a été étudié afin de couvrir l'ensemble des zones où l'hydrogène peut s'accumuler tout en détectant le plus tôt possible les fuites les plus probables ;
- ✓ Les zones des containers de compression contenant de l'hydrogène seront équipées de surfaces éventables permettant de limiter la montée en pression dans les containers en cas d'inflammation d'une fuite d'hydrogène ;
- ✓ Ces installations sont par ailleurs protégées de la zone publique par un mur EI120 de 8 m de haut faisant le tour de l'ensemble de la zone technique. Les portes permettant à la maintenance d'accéder à la zone seront aussi EI120 ;
- ✓ Enfin, aucun ERP n'est recensé dans un rayon de 100 m autour de ces installations.

Des moyens de préventions et de protection des risques sont intégrées à la conception des équipements :

- ✓ Les compresseurs et les équipements associés seront implantés dans des containers ventilés (ventilation naturelle et mécanique) ;
- ✓ La ventilation des containers est dimensionnée conformément aux normes et standards applicables (NF M58-003 et 60079-10-1). La ventilation mécanique se trouve en partie haute des installations. Toute défaillance de la ventilation entraînera une mise en sécurité des unités de compression avec un report à l'exploitant ;
- ✓ En fonctionnement normal, la ventilation est dimensionnée afin que la concentration en H₂ reste inférieure à la LIE ;
- ✓ Les installations amonts sont protégées contre le risque de dépressurisation des réseaux (et d'introduction d'air) via des capteurs de pression situés en entrée de compression arrêtant le procédé si la pression est trop faible (en général sous les 30 bar) ;
- ✓ L'hydrogène est refroidi durant la compression et des capteurs de température situés en sortie de compression permettent de s'assurer que de l'hydrogène surchauffée n'alimente pas les réseaux et les stockages (température de consigne définie déclenchant un arrêt process quand les seuils sont dépassés) ;
- ✓ Des capteurs de pression vérifient la pression d'hydrogène en sortie de compression pour s'assurer que cette pression reste bien dans les paramètres de design du process. Ces capteurs sont doublés de soupapes envoyant l'hydrogène à l'évent en cas de surpression ;
- ✓ En cas de survenance d'un événement redouté (fuite ou incendie notamment) des vannes à sécurité positive permettent d'isoler chaque container de compression (en entrée et en sortie d'hydrogène).
- ✓ L'ensemble des équipements présents en zones ATEX sera en adéquation avec le classement des zones (ces équipements ne seront par conséquent pas des sources d'inflammation potentielles puisque adaptés à leur environnement) ;
- ✓ Utilisation de matériaux adaptés aux caractéristiques de l'H₂ (à minima Norme NF M58-003 et tuyauteries de type 316 L).
- ✓ Privilégier les raccords soudés aux raccords vissés. En cas d'utilisation de raccords vissés, le montage respectera les recommandations du fournisseur (procédure d'assemblage) et les couples de serrage ;

- ✓ A chaque fois que nécessaire (risque de collision entre un véhicule et les tuyauteries), les tuyauteries seront en caniveaux sinon elles seront protégées par le mur d'enceinte et des systèmes anticollision ;
- ✓ Les tuyauteries d'H₂ et leurs raccords seront installées conformément aux normes NF EN 13480-5 et NF EN 13480-6 et utiliseront de l'acier 316 L ;
- ✓ Les tubes constituant les tuyauteries d'H₂, les vannes et soupapes répondent aux normes en vigueur ;
- ✓ Des tests d'étanchéité et de tenue en pression seront réalisés à la mise en service des réseaux puis périodiquement ;
- ✓ Présence de soupapes connectées à un réseau d'évent H₂

Le risque de fuite a aussi été analysé et pris en compte dans les divers HAZOP réalisées sur les équipements (électrolyseurs, compresseurs et réseaux de distribution du site) afin de s'assurer qu'il reste à un niveau acceptable.

B/ Analyse préliminaires des risques liés à la compression d'hydrogène

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention /	Barrières de protection	C	Commentaire
	2	3	4	5	6	7	8		9	10
20	Modules de compression H ₂	Fuite massive sur un raccord (équivalent à une rupture)	- Mauvais remontage/ serrage - Choc lors d'une maintenance - Défaillance matériel - Vibrations	Création d'une ATEX	1	2	- Serrage au couple défini et obligatoire lors des maintenances ; - Limitation du nombre de raccords (soudure lorsque c'est possible) ; - Plan de prévention en cas de maintenance avec obligation de dépressuriser les réseaux en cas de risque de choc contre des tuyauteries ;	- Test d'absence de fuite à la mise en service et tous les 3 mois ; - Détection de fuite d'hydrogène mettant en sécurité l'installation (isolation et inertage). - Aération naturelle et ventilation mécanique ; - Matériel ATEX en zone ATEX ; - Suivi des paramètres process par l'automate permettant un arrêt des installations en cas de chute de pression.	2	Phénomène dangereux contenu dans l'enceinte du container et des zones ATEX modélisée. Risque non retenu dans l'ADR
21	Modules de compression H ₂	Fuite sur un raccord (<10% du diamètre)	- Mauvais remontage/ serrage	Création d'une ATEX	1	3	- Serrage au couple défini et obligatoire lors des maintenances ;	- Test d'absence de fuite à la mise en service et tous les 3 mois ;	3	Phénomène dangereux contenu dans l'enceinte du

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention /	Barrières de protection	C	Commentaire
			- Choc lors d'une maintenance - Défaillance matériel				- Limitation du nombre de raccords (soudure lorsque c'est possible) ; - Plan de prévention en cas de maintenance avec obligation de dépressuriser les réseaux en cas de risque de choc contre des tuyauteries ;	- Détection de fuite d'hydrogène mettant en sécurité l'installation (isolation et inertage). - Aération naturelle et ventilation mécanique ; - Matériel ATEX en zone ATEX.		container et des zones ATEX modélisée. Risque non retenu pour l'ADR
22	Modules de compression H ₂	Inflammation d'une fuite	Fuite massive sur un raccord et présence d'une source d'inflammation	VCE ou feu torche	4	2	- Serrage au couple défini et obligatoire lors des maintenances ; - Limitation du nombre de raccords (soudure lorsque c'est possible) ; - Plan de prévention en cas de maintenance avec obligation de dépressuriser les réseaux en cas de risque de choc contre des tuyauteries.	- Test d'absence de fuite à la mise en service et tous les 3 mois ; - Détection de fuite d'hydrogène mettant en sécurité l'installation (isolation par vannes à sécurité positive) ; - Aération naturelle et ventilation mécanique ; - Matériel ATEX en zone ATEX ; - Détection incendie et mise en sécurité du site (voir matrice C&E) ; - Suivi des paramètres process par l'automate permettant un arrêt des installations en cas de chute de pression.	8	Risque retenu dans l'ADR PhD n°5 et PhD n°8
23	Modules de compression H ₂	Inflammation d'une fuite	Fuite (<10%) sur un raccord et présence	VCE ou feu torche	4	2	- Serrage au couple défini et obligatoire lors des maintenances ;	- Test d'absence de fuite à la mise en service et tous les 3 mois ;	8	Feu torche : limité à l'intérieur du module de compression,

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention /	Barrières de protection	C	Commentaire
			d'une source d'inflammation				<ul style="list-style-type: none"> - Limitation du nombre de raccords (soudure lorsque c'est possible) ; - Plan de prévention en cas de maintenance avec obligation de dépressuriser les réseaux en cas de risque de choc contre des tuyauteries. 	<ul style="list-style-type: none"> - Détection de fuite d'hydrogène mettant en sécurité l'installation (isolation) ; - Aération naturelle et ventilation mécanique ; - Matériel ATEX en zone ATEX ; - Détection incendie et mise en sécurité du site (voir matrice C&E). 		<p>Risque non retenu dans l'ADR</p> <p>VCE : Risque retenu dans l'ADR PhD n°5 et PhD n°8</p>
24	Modules de compression H ₂	Fuite d'azote dans le container	Fuite d'un raccord lors de l'inertage (manuel ou automatique)	Anoxie	3	1	- Personnel formé et qualifié	<ul style="list-style-type: none"> - Ventilation naturelle et mécanique ; - Port obligatoire via le plan de prévention d'un détecteur portatif d'O₂ pour les opérateurs de maintenance ; - Travail portes ouvertes. - Test de fuite sur les raccords tous les 3 mois. 	3	<p>Le risque ne sera présent qu'à l'intérieur des containers de compression et ne sortira pas des limites du site.</p> <p>Risque non retenu dans l'ADR</p>
25	Modules de compression H ₂	Inflammation d'hydrogène à l'événement	Relargage d'hydrogène en présence d'une source d'inflammation	Feu torche ou UVCE	1	4	<ul style="list-style-type: none"> - Event positionné au minimum 1 m au-dessus des installations techniques ; - Zone ATEX de l'événement identifié et absence de matériel/source d'inflammation dans cette zone. 	<ul style="list-style-type: none"> - Modélisation d'un feu torche à l'événement afin de s'assurer de l'absence d'effet domino (distances de sécurité). 	3	Risque retenu dans l'ADR PhD n°13

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention /	Barrières de protection	C	Commentaire
26	Modules de compression H ₂	Mélange H ₂ O ₂ ou air	- Ouverture des réseaux (maintenance) ; - Envoi d'un mélange H ₂ /O ₂ depuis l'électrolyseur.	Explosion			- Mélange H ₂ /O ₂ depuis l'électrolyseur : voir risque n°15 - Formation des opérateurs à la consignation de réseaux et à la remise en service (via des compressions / détentes). - Absence de sources d'inflammation.			Risque non atteignable physiquement (voir chapitre 7.3.1 et 8.1.6.) Risque non retenu dans l'ADR

Tableau 29 : APR des équipements de compression

7.3.3 *Stockages – Stockages BP, MP et HP*

Il s'agit du stockage basse pression BP (30 bar), des stockages moyennes pressions MP (500 bar) et des stockages hautes pressions HP (1000 bar).

A/ Mesures de réduction du risque à la source

Des mesures concernant l'implantation et l'aménagement ont été prise en compte dès la conception et le choix d'implantation des équipements :

- ✓ Les stockages seront positionnés dans la zone technique pour limiter les risques de collision ;
- ✓ Ces stockages sont aussi positionnés de façon à se trouver éloignés des groupes froids des stations de compression et de distribution afin d'éviter que la maintenance de ceux-ci ne puisse avoir un impact sur les stockages (risque de chocs et de travaux par points chauds mieux maîtrisés) ;
- ✓ Ces installations sont par ailleurs protégées de la zone public par un mur EI120 de 8 m de haut faisant le tour de l'ensemble de la zone technique. Les portes permettant à la maintenance d'accéder à la zone seront elles aussi EI120 ;

Des moyens de préventions et de protection des risques sont intégrées à la conception des équipements :

- ✓ Les récipients de stockage d'hydrogène seront conformes à la directive Equipements Sous Pression. Ils feront l'objet d'un contrôle à la mise en service par un organisme notifié ;
- ✓ Les stockages seront protégés par un fusible thermique permettant d'envoyer tout l'hydrogène contenu dans le stockage à l'évent si celui-ci est pris dans un incendie (cela permet de dépressuriser intégralement le stockage) ;
- ✓ Les stockages seront tous protégés par des soupapes dont la pression de tarage sera adaptée à la pression du stockage à protéger.
- ✓ Des vannes d'isolement à sécurité positive permettront d'isoler les stockages en cas de survenance d'un événement type fuite d'hydrogène ou incendie sur le site ;
- ✓ Les bouteilles des stockages MP et HP seront protégées contre une fuite enflammée de leur robinetterie ou des raccords (pouvant créer un effet chalumeau) à l'aide d'une plaque en inox d'au moins 2 mm d'épaisseur.

B/ Analyse préliminaires des risques liés au stockage d'hydrogène

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
27	Réservoirs de stockage HP	Rupture de l'enveloppe	Incendie à proximité	Eclatement	4	1	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de prévention et permis de feu en cas de travaux dans la zone ; - Flamme hydrogène peu radiative. 	<ul style="list-style-type: none"> - Détection incendie autour des stockages interrompant la circulation d'hydrogène et l'alimentation de la fuite ; - Dimensionnement des soupapes au 'cas feu' ; - Plaque de protection autour des stockages pour éviter l'effet chalumeau - TPRD avec le principe « blow before burst » 	4	Risque retenu dans l'ADR PhD n°10
28	Réservoirs de stockage HP	Rupture de l'enveloppe	Surpression de remplissage	Eclatement			<ul style="list-style-type: none"> - Pas d'équipement susceptible d'envoyer une pression supérieure à la pression de stockage HP ; - Conformité des réservoirs à la Directive Equipement Sous Pression ; - Contrôle à la mise en service en accord avec l'arrêté du 20 novembre 2017 ; - Inspection tous les 4 ans et réépreuve tous les 10 ans. 	Soupape de sécurité avec mise à l'évent		Risque non atteignable physiquement Risque non retenu dans l'ADR
29	Réservoirs de stockage HP	Mélange H ₂ O ₂ ou air	- Ouverture des réseaux	Explosion			- Mélange H ₂ /O ₂ depuis l'électrolyseur : voir risque n°15	Mélange H ₂ /O ₂ depuis l'électrolyseur : voir risque n°15.		Risque non atteignable physiquement

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
			(maintenance) ; - Envoi d'un mélange H ₂ /O ₂ depuis l'électrolyseur				- Formation des opérateurs à la consignation de réseaux et à la remise en service (via des compressions / détentes) - Absence de sources d'inflammation. - Capteur de pression indiquant quand le réseau et les stockages dépassent une pression minimale.			(voir chapitre 7.3.1 et 8.1.6.) Risque non retenu dans l'APR
30	Réservoirs de stockage MP	Rupture de l'enveloppe	Incendie à proximité	Eclatement	4	1	- Plan de prévention et permis de feu en cas de travaux dans la zone ; - Flamme hydrogène peu radiative	- Détection incendie autour des stockages interrompant la circulation d'hydrogène et l'alimentation de la fuite ; - Dimensionnement des soupapes au 'cas feu' ; - Plaques de protection autour des stockage pour éviter l'effet chalumeau - Fusible thermique permettant de dépressuriser entièrement les réservoirs s'ils sont pris dans un incendie avec le principe « blow before burst »	4	Risque retenu dans l'ADR PhD n°7
31	Réservoirs de stockage MP	Rupture de l'enveloppe	Surpression de remplissage	Eclatement	4	1	- Conformité des réservoirs à la Directive Equipement Sous Pression ;	Soupape de sécurité avec mise à l'évent.	4	Risque retenu dans l'ADR PhD n°7

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
							<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle à la mise en service en accord avec l'arrêté du 20 novembre 2017 ; - Inspection tous les 4 ans et réépreuve tous les 10 ans. 			
32	Réservoirs de stockage MP	Mélange H ₂ / O ₂ ou air	<ul style="list-style-type: none"> - Ouverture des réseaux (maintenance); - Envoi d'un mélange H₂ / O₂ depuis l'électrolyseur 	Explosion			<ul style="list-style-type: none"> - Mélange H₂ / O₂ depuis l'électrolyseur : voir risque n°15 - Formation des opérateurs à la consignation de réseaux et à la remise en service (via des compressions / détentes) - Absence de sources d'inflammation. - Capteur de pression indiquant quand le réseau et les stockages dépassent une pression minimale avec isolement des stockages. 	Mélange H ₂ / O ₂ depuis l'électrolyseur : voir risque n°15.		<p>Risque non atteignable physiquement (voir chapitre 7.3.1 et 8.1.6.)</p> <p>Risque non retenu dans l'ADR</p>
33	Réservoirs de stockage BP	Rupture de l'enveloppe	Incendie à proximité	Eclatement	4	1	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de prévention et permis de feu en cas de travaux dans la zone ; - Flamme hydrogène peu radiative. 	<ul style="list-style-type: none"> - Détection incendie autour des stockages interrompant la circulation d'hydrogène et l'alimentation de la fuite ; - Dimensionnement des soupapes au 'cas feu' ; - Fusible thermique permettant de dépressuriser entièrement les réservoirs s'ils sont pris dans un incendie. 	4	Risque retenu dans l'ADR PhD n°4

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
34	Réservoirs de stockage BP	Rupture de l'enveloppe	Surpression de remplissage	Eclatement	4	1	<ul style="list-style-type: none"> - Conformité des réservoirs à la Directive Equipement Sous Pression ; - Contrôle à la mise en service en accord avec l'arrêté du 20 novembre 2017 ; - Inspection tous les 4 ans et réépreuve tous les 10 ans. - Stockage connecté à l'électrolyseur dont la pression maximale ne peut pas dépasser 30 bar 	Soupapes de sécurité avec mise à l'évent.	4	Risque retenu dans l'ADR PhD n°4
35	Réservoirs de stockage BP	Mélange H ₂ O ₂ ou air	<ul style="list-style-type: none"> - Ouverture des réseaux (maintenance) ; - Envoi d'un mélange H₂/O₂ depuis l'électrolyseur 	Explosion			<ul style="list-style-type: none"> - Mélange H₂/O₂ depuis l'électrolyseur : voir risque n°15 ; - Formation des opérateurs à la consignation de réseaux et à la remise en service (via des compressions / détentes) ; - Absence de sources d'inflammation ; - Capteur de pression indiquant quand le réseau et les stockages dépassent une pression minimale. 	Mélange H ₂ /O ₂ depuis l'électrolyseur : voir risque n°15 ;		<p>Risque non atteignable physiquement (voir chapitre 7.3.1 et 8.1.6.)</p> <p>Risque non retenu dans l'ADR</p>

Tableau 30 : APR des stockages d'hydrogène.

7.3.4 Réseaux aériens, événements et platines

Les platines sont un ensemble de vannes et de capteurs montés sur une armature métallique et permettant d'orienter les flux d'hydrogène vers les différents process de la station.

A/ Mesures de réduction du risque à la source

Pour les réseaux aériens et les platines

- ✓ Tuyauteries en inox 316L assurant une très bonne protection contre la corrosion ;
- ✓ Respect des procédures de montage des fournisseurs (notamment pour le serrage au couple des raccords hautes et moyennes pressions) ;
- ✓ Les raccords moyenne et haute pressions sont du type Cone and Thread garantissant un très haut niveau d'étanchéité à l'hydrogène ;
- ✓ Utilisation de tubes sans soudure lorsque cela est possible pour éviter les risques de fuite (matériaux adaptés au risque de perméation) ;
- ✓ Les différentes sources de dangers possibles ont été prises en compte lors de la définition des tracés (circulation des engins de maintenance et protection contre les chocs) ;
- ✓ Mise en place d'un planning de suivi et d'inspection mensuel de l'état des tuyauteries et de l'absence de fuite (notamment au niveau des raccords) ;
- ✓ Le trajet des tuyauteries, quelle que soit la pression maximale de service et le diamètre, est repris sur un plan à jour disponible dans l'établissement afin de faciliter l'entretien, le contrôle et la réparation en toute sécurité. Ce plan fait mention des pressions de service, des diamètres et du fluide en transit ainsi que de tous les équipements de sécurité et accessoires ;
- ✓ Un contrôle à la mise en service sera effectué. Il a pour objet de vérifier que l'état des tuyauteries leur permet d'être mises en service avec un niveau de sécurité compatible avec les conditions d'exploitation prévisibles ;
- ✓ Les tuyauteries et leurs supports seront conçus pour résister à un séisme de référence tel que défini par la réglementation en vigueur.

La conception des tuyauteries contenant de l'hydrogène s'appuie sur les normes et règles suivantes : NF M58-003 Installation des systèmes mettant en œuvre l'hydrogène, qui fait elle-même référence à :

- o NF EN 13480-5/6 Tuyauterie Industrielles Métalliques ;
- o NF EN ISO 15614-1 Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques ;
- o NF EN 10216-1 Tubes sans soudures pour tubes sous pression ;
- o NF EN 12266-1 Robinetterie Industrielle ;
- o NF EN ISO 4126-1 Soupapes.

Pour les événements

Les réseaux d'événements ont pour objectif de protéger les installations notamment lors des opérations suivantes :

- Lors de l'exploitation des unités en fonctionnement normal, de permettre la décharge des soupapes via le réseau d'événements afin de protéger les installations d'une surpression ;
- Lors du démarrage de l'électrolyseur, les premières molécules d'hydrogène sont envoyées à l'événement jusqu'à ce que la qualité et un régime stable soient atteints ;
- Toujours en fonctionnement normal, le réseau d'événement est utilisé pour dépressuriser l'hydrogène contenu dans le flexible des appareils distributeurs pour permettre une manipulation sans pression par les usagers ;

- Mettre une partie ou l'intégralité de l'installation en sécurité afin de pouvoir réaliser des opérations de maintenance. Par exemple, pour mener une visite de capacité sous pression ou un serrage de raccords ;
- L'ouverture du réseau ne peut se faire qu'après avoir dépressurisé la ligne ou l'équipement en envoyant l'hydrogène dans le réseau d'évent. La ligne ou l'équipement est ensuite inerté à l'azote ;
- Le nettoyage des tuyauteries pour supprimer les impuretés et la présence d'air (lors du raccordement des semi-remorques par exemple) se fait aussi en utilisant le réseau d'évent et en effectuant une série de compression / détente ;
- En cas d'urgence, les événements permettent de dépressuriser certains réseaux et équipements (électrolyseur notamment) afin de limiter les risques d'éclatement et de feu torche.

Le réseau d'évent est dimensionné pour supporter la pression en cas d'ouverture des soupapes et pour s'assurer que celles-ci s'ouvrent bien malgré une contre pression possible (ouverture d'une autre soupape à une pression supérieure).

Les soupapes sont dimensionnées au cas feu pour le stockage ce qui signifie que la surpression générée par un incendie englobant les stockages doit pouvoir être évacuée par les soupapes.

Le réseau d'évent est aussi dimensionné afin qu'en cas d'inflammation à l'évent, le rayonnement de la flamme d'hydrogène ne puisse pas générer d'effet domino sur les installations situées en dessous.

Tous les événements d'hydrogène se trouvent en zone technique.

Un seul sera modélisé dans l'ADR. Il sera majorant par rapport à l'ensemble des autres événements en termes d'effets thermique et de surpression.

B/ Analyse préliminaires des risques liés au transport de l'hydrogène

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
36	Réseaux de transferts aériens et platines en zone technique (sauf platine BDE)	Fuite massive sur un raccord (équivalent à une rupture)	- Mauvais remontage/ serrage - Choc lors d'une maintenance - Défaillance matériel	Création d'une ATEX	1	1	- Serrage au couple défini et obligatoire lors des maintenances ; - Limitation du nombre de raccords (soudure lorsque c'est possible) ; - Plan de prévention en cas de maintenance avec obligation de dépressuriser les réseaux en cas de risque de choc contre des tuyauteries ;	- Test d'absence de fuite à la mise en service et tous les 3 mois ; - Détection de fuite d'hydrogène mettant en sécurité l'installation (isolation). - Matériel ATEX en zone ATEX ; - Suivi de la pression et isolation des réseaux en cas de détection de fuite.	1	Phénomène dangereux contenu dans l'enceinte de la zone technique et des zones ATEX modélisées. Risque non retenu dans l'ADR

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
							<ul style="list-style-type: none"> - Réseaux protégés contre les risques de choc (caniveaux ou avec renfort) ; - Pas de circulation d'engins ni de personnels dans la zone technique. 			
37	Platine BDE	Rupture franche du flexible	Collision avec un semi-remorque	UVCE Feu Torche	4	1	<ul style="list-style-type: none"> - Accès sécurisé réservé aux livraisons d'hydrogène par des conducteurs formés ADR ; - Accès au pas en marche arrière ; - Butée de roue et marquage au sol pour délimiter la place. 	<ul style="list-style-type: none"> - Détection de fuite d'hydrogène via les capteurs de pression ; - Vannes de la BDE concernée fermée donc fuite limitée (volume de la tuyauterie) en cas d'arrachage de la platine. 	4	Risque retenu dans l'ADR PhD n°11
38	Réseaux de transferts aériens et platines en zone technique ainsi que les platines BDE	Fuite sur un raccord (<10% du diamètre)	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvais remontage/ serrage - Choc lors d'une maintenance - Défaillance matériel 	Création d'une ATEX	1	3	<ul style="list-style-type: none"> - Serrage au couple défini et obligatoire lors des maintenances ; - Limitation du nombre de raccords (soudure lorsque c'est possible) ; - Plan de prévention en cas de maintenance avec obligation de dépressuriser les réseaux en cas de risque de choc contre des tuyauteries ; - Réseaux protégés contre les risques de choc (caniveaux ou avec renfort) ; 	<ul style="list-style-type: none"> - Test d'absence de fuite à la mise en service et tous les 3 mois ; - Détection de fuite d'hydrogène mettant en sécurité l'installation (isolation). - Matériel ATEX en zone ATEX ; - Suivi de la pression et isolation des réseaux en cas de détection de fuite. 	3	Phénomène dangereux contenu dans l'enceinte de la zone technique et des zones ATEX modélisées. Risque non retenu dans l'ADR

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
							- Pas de circulation d'engins ni de personnels dans la zone technique.			
39	Réseaux de transferts aériens et platines en zone technique	Fuite sur raccord et présence d'une source d'inflammation	- Mauvais remontage/serrage - Choc lors d'une maintenance - Défaillance matériel	UVCE Feu torche	4	2	- Serrage au couple défini et obligatoire lors des maintenances ; - Limitation du nombre de raccords (soudure lorsque c'est possible) ; - Plan de prévention en cas de maintenance avec obligation de dépressuriser les réseaux en cas de risque de choc contre des tuyauteries ; - Permis de feu obligatoire ; - Réseaux protégés contre les risques de choc (caniveaux ou avec renfort) ; - Pas de circulation d'engins ni de personnels dans la zone technique.	- Test d'absence de fuite à la mise en service et tous les 3 mois ; - Détection de fuite d'hydrogène mettant en sécurité l'installation (isolation). - Matériel ATEX en zone ATEX ; - Suivi de la pression et isolation des réseaux en cas de détection de fuite.	8	Risque retenu dans l'ADR PhD n°2 , PhD n°6 et PhD n°9
40	Réseaux de transferts aériens et platines en zone technique	Rupture guillotine d'une tuyauterie (hors raccord) et présence	Agression physique ou thermique	UVCE Feu torche	4	1	- Plan de prévention en cas de maintenance avec obligation de dépressuriser les réseaux en cas de risque de choc contre des tuyauteries ;	Détection incendie et détection de fuite permettant de limiter la durée d'un feu torche provenant d'une fuite	4	Risque retenu dans l'ADR PhD n°2 , PhD n°6 et PhD n°9

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
		d'une source d'inflammation					- Réseaux protégés contre les risques de choc (caniveaux ou avec renfort) ; - Pas de circulation d'engins ni de personnels dans la zone technique.			
41	Events d'hydrogène	Rejet d'hydrogène aux événements	- Ouverture ou fuite d'une soupape de sécurité - Purge d'équipements à l'événement - Défaillance procédé ou matériel - Ouverture d'un fusible thermique - Envoi à l'événement dans le cadre du fonctionnement normal (électrolyseur ou flexible de distribution)	UVCE Feu torche	4	1	- Positionnement de l'événement dans une zone sûre ; - Conception de l'événement (localisation, hauteur, débit de rejet) ; - Mesures de prévention contre les sources d'inflammation.		4	Risque retenu dans l'ADR PhD n°13

Tableau 31 : APR des réseaux hydrogène

7.3.5 Semi-remorque de livraison d'hydrogène

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
42	Flexible de raccordement du semi-remorque ou raccord sur la platine du semi-remorque	Fuite massive sur un raccord (équivalent à une rupture)	- Mauvais remontage/ serrage ; - Choc lors d'une maintenance ; - Défaillance matériel ; - Cisaillement du flexible (effet domino)	Création d'une ATEX	1	2	- Test d'absence de fuite obligatoire à chaque raccordement (via un protocole de sécurité et de l'affichage sur site) et vérification visuelle de l'état du flexible ; - Limitation du nombre de raccord (soudure lorsque c'est possible sur le semi-remorque) ; - Protocole de sécurité indiquant comment se raccorder à la platine ; - Réseaux protégés contre les risques de choc (butée de roue) ;	Système anti-arrachement de type break-away ;	2	Phénomène dangereux contenu dans l'enceinte de la zone technique et des zones ATEX modélisées. Risque non retenu pour l'ADR
43	Flexible de raccordement du semi-remorque ou raccord sur la platine du semi-remorque	Fuite sur un raccord (<10% du diamètre)	- Mauvais remontage/ serrage ; - Choc lors d'une maintenance ; - Défaillance matériel ; - Cisaillement du flexible (effet domino)	Création d'une ATEX	1	3	- Test d'absence de fuite obligatoire à chaque raccordement (via un protocole de sécurité et de l'affichage sur site) et vérification visuelle de l'état du flexible ; - Limitation du nombre de raccords (soudure lorsque c'est possible sur le semi-remorque) ; - Protocole de sécurité indiquant comment se raccorder à la platine ;	Système anti-arrachement de type break-away ;	3	Phénomène dangereux contenu dans l'enceinte de la zone technique et des zones ATEX modélisées. Risque non retenu pour l'ADR

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
							- Réseaux protégés contre les risques de choc (butée de roue).			
44	Flexible de raccordement du semi-remorque ou raccord sur la platine du semi-remorque	Fuite massive sur un raccord (équivalent à une rupture) et présence d'une source d'inflammation	- Mauvais remontage/ serrage ; - Choc lors d'une maintenance ; - Défaillance matériel ; - Cisaillement du flexible (effet domino)	Feu Torche UVCE	4	2	- Test d'absence de fuite obligatoire à chaque raccordement (via un protocole de sécurité et de l'affichage sur site) et vérification visuelle de l'état du flexible ; - Limitation du nombre de raccords (soudure lorsque c'est possible sur le semi-remorque) ; - Protocole de sécurité indiquant comment se raccorder à la platine ; - Réseaux protégés contre les risques de choc (butée de roue).	- Système anti-arrachement de type break-away ; - Détection incendie de type UV/IR générant une fermeture de la vanne d'alimentation sur le camion et sur la platine.	8	Risque retenu dans l'ADR PhD n°11
45	Flexible de raccordement du semi-remorque ou raccord sur la platine du semi-remorque	Fuite sur un raccord (<10% du diamètre)	- Mauvais remontage/ serrage ; - Choc lors d'une maintenance ; - Défaillance matériel ; - Cisaillement du flexible (effet domino)	Feu Torche UVCE	2	3	- Test d'absence de fuite obligatoire à chaque raccordement (via un protocole de sécurité et de l'affichage sur site) ; - Limitation du nombre de raccords (soudure lorsque c'est possible sur le semi-remorque) ; - Protocole de sécurité indiquant comment se raccorder à la platine ;	- Système anti-arrachement de type break-away ; - Détection incendie de type UV/IR générant une fermeture de la vanne d'alimentation sur le camion.	6	Scénario contenu dans le scénario enveloppe PhD n°11

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
							- Réseaux protégés contre les risques de choc (butée de roue).			
46	Réservoirs de stockage du semi-remorque	Rupture de l'enveloppe	Incendie à proximité (provenant des pneumatiques ou des freins par exemple)	Eclatement	4	1	- Plaque de protection sur le semi-remorque (type acier 2mm) et réservoir composite (type 3 ou 4) : Pas d'éclatement possible (voir document INERIS Evaluation des risques pour une station-service hydrogène (ID 2744297)) ;	- Détection incendie autour des stockages interrompant la circulation d'hydrogène; - TPRD présent sur certains semi-remorques.	4	Risque retenu dans l'ADR PhD n°12
47	Réservoirs de stockage du semi-remorque	Rupture de l'enveloppe	Surpression de remplissage	Eclatement			- Conformité des réservoirs à la Directive Equipement Sous Pression Transportable (marquage PI) ; - Mesure de la pression avec arrêt en cas de dépassement seuil haut - Contrôle et inspection des récipients.	- Soupapes de sécurité avec mise à l'évent		Pas de pression possible supérieure à 500 bar qui est inférieure à la pression d'épreuve des réservoirs des camions. Risque non retenu dans l'APR
48	Réservoirs de stockage du semi-remorque	Mélange H ₂ O ₂ ou air	- Ouverture des réseaux (maintenance); - Envoi d'un mélange H ₂ /O ₂ depuis l'électrolyseur	Explosion			- Mélange H ₂ /O ₂ depuis l'électrolyseur : voir risque n°15 - Formation des opérateurs à la consignation de réseaux et à la remise en service (via des compressions / détentes) - Absence de sources d'inflammation.	- Mélange H ₂ /O ₂ depuis l'électrolyseur : voir risque n°15 ;		Risque non atteignable physiquement (voir chapitre 7.3.1 et 8.1.6.) Risque non retenu dans l'APR

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
							- Capteur de pression indiquant quand le réseau et les stockage dépasse une pression minimale.			

Tableau 32 : APR du semi-remorque à hydrogène

7.3.6 Station Carburant – Côté public

A/ Mesures de réduction du risque à la source

- ✓ Les appareils distributeurs à hydrogène seront implantés à au moins 10 m des limites de site (ce qui permet de maintenir les distances aux seuils des effets létaux d'un feu torche/nuage de gaz enflammé à l'intérieur du site) ;
- ✓ L'ensemble des installations au carburant fossile et GPL respectent les règles d'implantation des différents arrêtés applicables ;
- ✓ Un mur coupe-feu 2h (EI120) de 2 mètre de haut sera tout de même présent entre les appareils distributeurs et la limite du site (sur la limite elle-même) ;
- ✓ Un protocole de remplissage doit être respecté par la station et les appareils distributeurs pour être homologué et utilisé par des véhicules à hydrogène. Ce protocole (SAEJ 2601) précise les paramètres de débit, de pression et de température ne devant pas être dépassés pour protéger le réservoir du véhicule. Ces paramètres sont vérifiés par des capteurs de pression, de température et de débits et l'automate ferme les vannes d'alimentation et stoppe le remplissage du véhicule s'ils ne sont pas respectés ;
- ✓ Le flexible d'hydrogène est dépressurisé entre chaque plein et l'état du flexible est contrôlé tous les 3 mois par un technicien de maintenance.

B/ Analyse préliminaires des risques liés à la partie publique de la station

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
49	Zone de dépotage	Fuite lors du dépotage	- Mauvais raccordement ; - Fuite sur flexible ou vanne ; - Défaillance matériel.	Epandage de carburant (Gazole, SP95 ou 98, E85)	2	1	- Formation ADR des chauffeurs venant effectuer une livraison ; - Présence en permanence du chauffeur ; - Protocole de sécurité.	- Zone de dépotage entourée de caniveau permettant de collecter une fuite et de l'envoyer vers un séparateur d'hydrocarbure conform e à l'arrêté du 15 avril 2010;	2	Ce scénario n'a pas été repris dans l'étude de danger type qui a servi à la rédaction de l'arrêté type pour la rubrique 1435. Phénomène dangereux contenu dans les limites du site.

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
								- Kit antipollution (sable)		Risque non retenu dans l'ADR.
50	Zone de dépotage	Fuite massive lors du dépotage et présence d'une source d'inflammation	- Mauvais raccordement ; - Fuite sur flexible ou vanne ; - Défaillance matériel.	UVCE Feu nappe			- Formation ADR des chauffeurs venant effectuer une livraison ; - Présence du chauffeur avec extincteur et formation ADR lors du dépotage ; - Utilisation des appareils de distribution des pistes poids lourds et des appareils à hydrogène interdits pendant les opérations de dépotage ; - Protocole de sécurité.	- Zone de dépotage entourée de caniveau permettant de collecter une fuite et de l'envoyer vers un séparateur d'hydrocarbure conforme à l'arrêté du 15 avril 2010; - Matériel ATEX en zone ATEX ; - Distance de sécurité imposée par l'arrêté du 15 avril 2010 respectée.		Ce scénario n'a pas été repris dans l'étude de danger type qui a servi à la rédaction de l'arrêté type pour la rubrique 1435. Risque non retenu dans l'ADR
51	Zone de dépotage	Feu nappe sous le camion et montée en pression de la citerne	Fuite de carburant fossile et contact avec une source d'inflammation	BLEVE			- Formation ADR des chauffeurs venant effectuer une livraison ; - Présence du chauffeur avec extincteur et formation ADR lors du dépotage ; - Utilisation des appareils de distribution des pistes poids lourds et des appareils à hydrogène interdits pendant les opérations de dépotage ; - Protocole de sécurité.	- Zone de dépotage entourée de caniveau permettant de collecter une fuite et de l'envoyer vers un séparateur d'hydrocarbure conforme à l'arrêté du 15 avril 2010; - Matériel ATEX en zone ATEX ; - Distance de sécurité imposée par l'arrêté du 15 avril 2010 respectée.		Le BLEVE ne peut se produire que par effet domino et un effet domino provenant d'un feu nappe peut-être exclu car : - La rétention du liquide est déportée (via le séparateur) ; - Présence en permanence du conducteur pouvant agir sur une fuite ; - Le conducteur est formé à l'extinction d'un feu nappe (formation

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
										<p>ADR) et un extincteur est présent ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - La citerne n'est présente que ponctuellement (le temps du dépotage) et toujours en présence du conducteur ; - Présence d'un évènement sur le camion-citerne permettant d'éviter une montée en pression du liquide/de la vapeur. - Camion-citerne respectant les prescriptions de l'ADR - Ce scénario n'a pas sélectionné parmi les scénarios qui ont servi à rédiger l'arrêté type qui concerne la rubrique ICPE 1435 des stations-service (voir document ETUDE DE SCENARIOS DANGEREUX EN STATIONS-SERVICE) - Le seul effet domino possible provient d'un feu torche d'une canalisation d'hydrogène et celui-ci ne peut pas physiquement pas se produire (voir 8.1.6) <p>Risque non retenu dans l'ADR</p>

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
52	Zone de dépotage GPL	Fuite massive lors du dépotage GPL	- Mauvais raccordement ; - Fuite sur flexible ou vanne ; - Défaillance matériel.	Epandage de GPL	1	1	- Formation ADR des chauffeurs venant effectuer une livraison ; - Protocole de sécurité ; - Zone de dépotage définie et à l'abri de la circulation	- Gaz liquéfié se vaporisant en cas d'épandage ;	3	Il n'est pas attendu de conséquence en dehors des limites du site. Risque non retenu dans l'ADR
53	Zone de dépotage GPL	Fuite massive lors du dépotage du GPL et présence d'une source d'inflammation	- Mauvais raccordement ; - Fuite sur flexible ou vanne ; - Défaillance matériel.	UVCE Feu torche	3	1	- Formation ADR des chauffeurs venant effectuer une livraison ; - Présence du chauffeur avec extincteur et formation ADR lors du dépotage (surveillance en continue) ; - Protocole de sécurité ;	- Système de récupération des vapeurs, - Arrêts d'urgence ; - Vannes de coupures ; - Explosimètre sur le chauffeur.	3	Il n'est pas attendu d'UVCE ou de feu torche considérant les installations et la présence du personnel pendant les opérations Risque non retenu dans l'ADR
54	Zone de dépotage GPL	Effets domino générant une montée en pression de la citerne	Fuite de carburant et contact avec une source d'inflammation	BLEVE	4	1	- Formation ADR des chauffeurs venant effectuer une livraison ; - Présence du chauffeur avec extincteur et formation ADR lors du dépotage ; - Utilisation des appareils de distribution des pistes poids lourds et des appareils à hydrogène interdits pendant les opérations de dépotage ; - Protocole de sécurité.	- Zone de dépotage entourée de caniveau permettant de collecter une fuite et de l'envoyer vers un séparateur d'hydrocarbure conform e à l'arrêté du 15 avril 2010; - Matériel ATEX en zone ATEX ; - Distance de sécurité imposée par l'arrêté du 15 avril 2010 respecté.	4	Voir chapitre 8.1.6 Risque non retenu dans l'ADR
55	Stockage de bouteilles	Bouteilles prises dans un incendie	Départ de feu à proximité du stockage	BLEVE			- Bouteilles protégées dans une zone isolée, notamment par un mur			Pas de scénario identifié autre que la

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
	de Butane/Pro pane						côté est et par un trottoir côté piste. - Circulation à faible vitesse dans la zone (virage et obstacle devant les casiers) ; - Respect des prescriptions de l'arrêté du 15 avril 2010 et des distances de sécurité ; - Absence de sources d'inflammation.			malveillance pouvant conduire à un BLEVE Risque non retenu dans l'ADR
56	Appareil distributeur de carburant (essence SP, gazole, E85 ou GPL)	Fuite d'une vanne, d'un flexible, d'un réservoir	- Mauvais remontage/ serrage ; - Défaillance matériel ; - Défaillance du procédé ; - Mauvaise utilisation.	Epandage de carburant	2	2	- Système de trop plein ; - Arrêt du remplissage lorsque la poignée est lâchée.	- Zone de distribution entourée de caniveaux permettant de collecter une fuite et de l'envoyer vers un séparateur d'hydrocarbure conform e à l'arrêté du 15 avril 2010; - Sable à disposition.	4	Il n'est pas attendu de conséquences en dehors des limites du site. Risque non retenu dans l'ADR
57	Appareil distributeur de carburant (essence SP, gazole, E85 ou GPL)	Fuite d'une vanne, d'un flexible, d'un réservoir en présence d'une source d'inflammation	- Mauvais remontage/ serrage ; - Défaillance matériel ; - Défaillance du procédé ; - Mauvaise utilisation.	UVCE Feu nappe	4	1	- Système de trop plein ; - Arrêt du remplissage lorsque la poignée est lâchée.	- Système d'extinction automatique sur les pistes ; - Zone de distribution entourée de caniveau permettant de collecter une fuite et de l'envoyer vers un séparateur d'hydrocarbure conform	4	Risque retenu dans l'ADR PhD n°14

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
								e à l'arrêté du 15 avril 2010; - Distances de sécurité de l'arrêté du 15 avril 2010 respectées - Sable à disposition, extincteurs présents; - Arrêt d'urgence arrêtant la distribution.		
58	Appareil distributeur de carburant (essence SP, gazole, E85 ou GPL)	Effet domino sur le véhicule	Feu nappe sous le véhicule	Feu sur véhicule			Voir n°57	Voir n°57		Pas d'effets domino pris en compte de par les mesures de prévention et de protection déjà mis en œuvre et par le respect des exigences de l'arrêté du 15 avril 2010.
59	Cuves et réseaux de distribution de carburant.	Fuite de carburant (SP, E85, Gazole, GPL)	- Mauvais remontage/ serrage ; - Défaillance matériel ; - Défaillance du procédé.	Pollution des sols (pour les carburants liquides)	2	2	- Cuves doubles enveloppes (cuves de carburant liquide) avec détection de fuite et report d'alarme ; - Respect des prescriptions de l'arrêté du 18 avril 2008 (point bas pour recueillir les fuites, double enveloppe) - Personnel de maintenance formé et qualifié via le plan de prévention.	Piézomètres suivis dans le temps.	4	Phénomène dangereux contenu dans les limites du site. Risque non retenu dans l'ADR
60	Appareil distributeur à hydrogène	Perte de confinement au niveau des bornes de	- Collision avec un véhicule - Corrosion externe	Explosion dans ou à proximité d'une borne	4	1	- Choix des matériaux (inox 316L) ; - Installation des flexibles de façon à ce qu'ils ne frottent pas par terre et ne	- Détection hydrogène dans l'appareil et détection de fuite via le suivi de la pression ;	4	Risque retenu dans l'ADR PhD n°15

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
		distribution ou du flexible	- Perméation (diffusion d'hydrogène à travers les matériaux) - Effets domino internes	(surpression , projections et thermique) Jet enflammé (thermique)			puissent pas être écrasés par un véhicule ; - Protocole de remplissage SAEJ 2601 ; - Débit limité à 120 g/s même en cas de rupture du flexible ; - Maintenance périodique des flexibles et contrôle d'étanchéité à chaque plein ; - Contrôle du serrage des raccords ; - Mesures de prévention contre les sources d'inflammation (matériel ATEX) ; - Ilot protégé par des protections anti-bélier ; - Consignes de circulation (vitesse limitée).	- Coupure de l'arrivée d'hydrogène en cas d'arrachement en moins de 2 s (breakaway)		
61	Véhicules à hydrogène	- Défaillance du système de distribution (communicatio n défailante véhicule-borne définissant les conditions de remplissage suivant le volume, le type, la pression et la température	Eclatement d'un réservoir de véhicule	Surpression, projections			- Protocole de remplissage SAEJ 2601 ; - Détection d'une baisse ou de montée de pression anormale et arrêt de la distribution en moins de 5 secondes ; - Débit de rejet limité à 120 g/s (borne 350 barg) - Embout de remplissage spécifique (erreur impossible physiquement).	- TPRD sur le réservoir (ouverture en cas d'augmentation de température dans l'environnement du TPRD) ; - Soupape de sécurité au niveau de la borne de distribution (480 barg et 950 barg) et soupape antiretour sur les véhicules.		Les réservoir installés dans les véhicules doivent respecter les critères d'homologation du règlement 134-CEE- ONU qui imposent une résistance à l'ensemble des défaillances identifiées dans cette analyse. Ce risque ne sera donc pas retenu dans l'ADR

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
		du réservoir, défaillance du groupe froid, etc.) - Véhicule et réservoir non adapté à la borne de remplissage (cause non retenue par conformité à la réglementation applicable aux véhicules hydrogène) - Effets domino internes et externes (TMD, véhicule)								

Tableau 33 : APR de la station carburant fossile et éthanol

7.3.7 Utilités

A/ Mesures de réduction du risque à la source

Installations électriques

- ✓ Le transformateur TGHT de la zone Hydrogène se trouve dans un local isolé à plus de 10 m des installations les plus proches ;
- ✓ Il est accessible par les pompiers depuis l'extérieur du site et un bouton d'arrêt d'urgence sous verre permettra de couper l'ensemble des installations hydrogène électrique du site en cas d'urgence (un autre arrêt d'urgence situé près du poste TGHT d'ENEDIS permettra de couper l'ensemble des installations électriques du site) ;
- ✓ Le bâtiment sera équipé d'un détecteur incendie et d'une ventilation haute et basse. La détection incendie déclenchera la coupure des installations électrique du site et un signalement immédiat à la société de télésurveillance.
- ✓ Le transformateur TGBT et le contrôle commande de la zone hydrogène se trouvent dans 2 locaux contigus isolés au sud des installations.
- ✓ Les locaux seront CF 2 h
- ✓ Les transformateurs TGHT des bornes IRVE se trouvent dans des locaux isolés, de l'autre côté d'un mur coupe-feu 2h par rapport aux installations de distribution de carburant. Il existe cependant des coffrets électriques près des bornes IRVE ;
- ✓ Les locaux abritant les transformateurs TGHT des bornes IRVE seront équipés d'un détecteur incendie et d'une ventilation haute et basse. La détection incendie déclenchera la coupure des installations électrique du site et un signalement immédiat à la société de télémaintenance.
- ✓ Un local électrique et PC de répartition du courant se trouve entre les pistes de distribution poids lourd et véhicules légers ;
- ✓ Un local TGBT / local technique se trouve en bout de l'air de service, côté Est des installations ;

Autres utilités

- ✓ La perte des utilités fait partie des points étudiés lors des analyses HAZOP des différents équipements afin de s'assurer que cette perte n'engendre pas des risques supplémentaires pour le site ;
- ✓ L'ensemble des vannes pilotées permettant l'isolation des stockages et des équipements sont des vannes qui sont normalement fermées soit qui se ferment en cas de coupure électrique (la coupure engendre un arrêt de l'air comprimé et donc une fermeture des vannes) ;
- ✓ Les vannes qui permettent la dépressurisation des réseaux et des équipements sont des vannes « normalement ouvertes » donc qui s'ouvrent en cas de coupure d'électricité ou de dysfonctionnement de l'air comprimé ;
- ✓ Les systèmes de contrôle-commande des équipements d'électrolyse et de compression sont secourus par des batteries permettant de maintenir les remontées d'informations (pression, température, concentration d'hydrogène dans les containers...) pendant une durée d'au moins 1 heure.
- ✓ L'ensemble des équipements de process d'hydrogène sont conçus pour s'arrêter en sécurité en cas de perte du réseau RTE / ENEDIS (black-out).

B/ Analyse préliminaires des risques liés aux utilités

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
62	Réseau azote	Fuite massive sur un raccord ou un flexible	- Mauvais remontage/ serrage ; - Choc lors d'une maintenance ; - Défaillance matériel ; - Cisaillement du flexible (effet domino)	Anoxie	3	1	- Réseaux et bouteilles en extérieur avec de la ventilation naturelle ; - Pas de circulation d'engin dans la zone de stockage des bouteilles ; - Protocole de sécurité indiquant comment livrer les cadres azotes ; - Réseaux protégés contre les risques de choc ; - Absence de personnel sur l'installation.	- Présence d'un détecteurs de O ₂ en cas de fuite dans un container (électrolyse). - Port d'un détecteur de O ₂ pour les intervenants de maintenance devant inerte les réseaux (Plan de Prévention)	3	L'éclatement des récipients n'est pas pris en compte : - Récipients conformes à la DESP ; - Pas de circulation d'engin dans la zone de stockage et cadre se trouvant derrière un container d'utilité (sans hydrogène); Phénomène dangereux contenu dans les limites du site. Risque non retenu dans l'ADR
63	Unité de traitement des eaux	Fuite d'une vanne, d'un récipient, d'un raccord	- Mauvais remontage/ serrage ; - Choc lors d'une maintenance ; - Défaillance matériel ; - Défaillance du procédé.	Epandage d'eau, d'eau déminéralisée ou d'eau surminéralisée	1	2	- Inspection mensuel des installations ; - Personnel formé.		2	Phénomène dangereux contenu dans les limites du site. Risque non retenu dans l'ADR
64	Fluides frigorigènes contenu dans les installations de refroidissement (compression et électrolyse).	Fuite d'une vanne, d'un récipient, d'un raccord	- Mauvais remontage/ serrage / surremplissage ; - Choc lors d'une maintenance ;	Epandage de fluides potentiellement dangereux pour l'environnement	1	2	- Inspection annuelle de l'état des installations frigorigènes (vérification d'absence de fuite) ; - Huile sur rétention ; - Vérification d'absence de fuite à la mise en service.	- Pas de stockage de ces fluides ; - Kit antipollution ; - Mise à l'arrêt de l'installation via le dysfonctionnement du procédé.	2	Phénomène dangereux contenu dans les limites du site. Risque non retenu dans l'ADR

N°	Equipement Phase	Evènement redouté central	Evènement initiateur	Phénomène dangereux	G	P	Barrières de prévention	Barrières de protection	C	Commentaire
	Quantité maximale autour de 200 Litres.		- Défaillance matériel ; - Défaillance du procédé.							
65	Transformateurs électriques	Fuite d'huile	Défaillance du matériel	Epandage d'huile Incendie	1	2	Maintenance par du personnel formé	Transformateur sur rétention.	2	Phénomène dangereux contenu dans les limites du site. Risque non retenu dans l'ADR
66	Transformateurs électriques	Echauffement du transformateur	- Court-circuit ; - Dysfonctionnement ; - Desserrage d'une connexion	Incendie	1	2	- Maintenance par du personnel formé - Contrôle annuel des installations et thermographie infrarouge - Respect des normes applicables à ces installations.	- Détection incendie dans le local ; - Paroi du local CF 2h ; - Bac étouffe flamme.	2	Phénomène dangereux contenu dans les limites du site local coupe-feu 2h. Risque non retenu dans l'ADR

Tableau 34 : APR des utilités

7.4 RECAPITULATIF DES RISQUES IDENTIFIES DANS L'APR

Les risques identifiés dans les chapitres précédents sont positionnés dans la grille de criticité suivantes :

Niveau de criticité des événements étudiés				
Niveau de gravité	Niveau de probabilité			
	1	2	3	4
1	36	1 / 11 / 20 / 42 / 63 / 64 / 65 / 66	12 / 21 / 38 / 43	
2	2 / 49 / 52	18 / 41 / 56 / 59	45	
3	16 / 17 / 24 / 29 / 30 / 31 / 53 / 62			
4	18 / 25 / 27 / 30 / 33 / 34 / 37 / 40 / 46 / 57 / 60	13 / 14 / 19 / 22 / 23 / 39 / 44		

Tableau 35 : Matrice de criticité de l'APR

8. MODELISATION DES EFFETS DES PHENOMENES DANGEREUX

8.1 SELECTION DES PHENOMENES DANGEREUX ASSOCIES AUX INSTALLATIONS

8.1.1 Phénomènes dangereux retenus dans le cadre de cette étude

En lien avec l'analyse préliminaire des risques du chapitre précédent, les scénarios suivant feront l'objet d'une modélisation :

PhD	Intitulé	Type d'effet	Méthode de modélisation
1	VCE suite à une fuite d'hydrogène dans la partie ATEX' du module de purification d'hydrogène	Surpression Pas d'effets thermiques en dehors du module	Energie de Brode
2	VCE ou Feu torche sur le réseau Basse Pression (30 barg) aérien ou en caniveau suite à une fuite (rupture franche)	Surpression Thermique	Energie de Brode Phast
3	Eclatement du séparateur d'hydrogène	Surpression	Energie de Brode
4	Eclatement du stockage Basse Pression (BP)	Surpression	Energie de Brode
5	VCE suite à une fuite d'hydrogène dans la partie ATEX' du module de compression d'hydrogène n°1	Surpression Pas d'effets thermiques en dehors du module	Energie de Brode
6	VCE ou Feu torche sur le réseau Moyenne Pression (500 barg) aérien ou en caniveau suite à une fuite (rupture franche)	Surpression Thermique	Energie de Brode Phast
7	Eclatement du stockage Moyenne Pression (MP) à 500 barg	Surpression	Energie de Brode
8	VCE suite à une fuite d'hydrogène dans la partie ATEX' du module de compression d'hydrogène n°2	Surpression Pas d'effets thermiques en dehors du module	Energie de Brode
9	VCE ou Feu torche sur le réseau Haute Pression (500 barg) aérien ou en caniveau suite à une fuite (rupture franche)	Surpression Thermique	Energie de Brode Phast
10	Eclatement du stockage Haute Pression (HP) à 1000 barg	Surpression	Energie de Brode

PhD	Intitulé	Type d'effet	Méthode de modélisation
11	Rupture franche d'un flexible de la platine de raccordement des semi-remorques en zone d'approvisionnement	Surpression Thermique	Phast Phast
12	Eclatement du stockage du semi-remorque à 380 barg dans la zone d'approvisionnement	Surpression	Energie de Brode
13	Feu torche et VCE en sortie d'évent connecté aux installations d'hydrogène	Surpression Thermique	Phast Phast
14	Feu nappe sur une piste de la station carburant fossile.	Thermique	Phast
15	Rupture franche d'un flexible d'un appareil distributeur à hydrogène en zone publique	Surpression Thermique	Phast Phast

Tableau 36 : Liste des PhP pris en compte dans l'ADR

8.1.2 Eclatement d'un stockage

Pour les bouteilles métalliques (stockage BP):

- ✓ Les buffers et stockages tampons sont situés dans des zones spécifiques, prévues à cet effet, dont l'accès est restreint par des murs et des portes EI120 fermées à clef, à l'écart de toute circulation.
- ✓ Exclusion de toutes matières combustibles à proximité des buffers et stockages tampons.
- ✓ Présence de soupape de sécurité limitant la pression interne en cas d'échauffement dû à un feu externe ou en cas de sur-pressurisation par le compresseur.
- ✓ Bouteilles de forte épaisseur résistante à la corrosion (inspection, peinture) et aux impacts. Les bouteilles sont positionnées dans des racks afin de prévenir toute chute.
- ✓ Bouteilles conformes à la DESP (avec déclaration UE des fournisseurs).
- ✓ Bouteilles soumises à inspection tous les 4 ans et à réépreuve tous les 10 ans.
- ✓ Présence d'un fusible thermique s'activant à une température de 110°C entraînant une vidange de la capacité d'hydrogène selon le principe « Blow before burst » évitant ainsi un éclatement potentiel.

Pour les bouteilles composites (stockages MP et HP):

- ✓ Les buffers et stockages tampons sont situés dans des zones spécifiques, prévues à cet effet, dont l'accès est restreint par des murs et des portes EI120 (ou un portail non EI pour la zone d'approvisionnement) fermés à clef, à l'écart de toute circulation.
- ✓ Exclusion de toutes matières combustibles à proximité des remorques et des stockages à l'exception des pneumatiques de remorques.
- ✓ Pour les stockages, présence au minimum d'un fusible thermique s'activant à une température de 110°C entraînant une vidange de la capacité d'hydrogène selon le principe « Blow before burst » évitant ainsi un éclatement potentiel.
- ✓ Les bouteilles sont notamment conformes à la directive ESP (avec déclaration UE des fournisseurs) ou DESPT pour les semi-remorques. Les fusibles thermiques seront conformes aux spécifications de la norme ANSI HPRD1 ;
- ✓ Bouteilles de forte épaisseur résistante aux impacts et aux chocs
- ✓ Bouteilles en matière polymérique non sensibles à la corrosion interne et externe
- ✓ Bouteilles soumises à inspection tous les 4 ans et à réépreuve tous les 10 ans.
- ✓ Semi-remorques certifiées ADR.

Par ailleurs, la même technologie de fusibles thermiques est utilisée sur les réservoirs des véhicules légers à hydrogène. A ce jour, aucun cas de défaillance de ces dispositifs n'a été identifié, que ce soit un déclenchement intempestif de la vidange de la capacité ou l'absence d'ouverture lors d'agressions thermiques.

Enfin, selon les laboratoires SANDIA³, la fréquence d'occurrence d'un éclatement (process vessel) est de $6,8 \cdot 10^{-7}$ /stockage/an donc de classe de probabilité E.

8.1.3 Rupture d'une tuyauterie en caniveau, aérienne ou en container

Aucune circulation d'engins n'est prévue dans la zone technique hydrogène sauf en cas de maintenance nécessitant l'utilisation d'un engin de levage de type charriot élévateur ou grue. Dans ce cadre, si un risque collision est présent avec une tuyauterie hydrogène (chute d'objet ou choc entre le chariot et une tuyauterie) alors celle-ci sera systématiquement dépressurisée (imposition via les permis de levage ou les plans de prévention).

Par ailleurs il n'y a pas de circulation dans la zone technique car la station fonctionne en automatique. Les interventions d'un technicien sont cadrées par leur formation initiale, une formation d'accueil sur le site et un plan de prévention.

D'autre part les tuyauteries seront conçues et installées en accord avec la norme NF EN 58003, avec une qualité de type 316L particulièrement résistant à la corrosion et aux fractures liées à la diffusion de l'hydrogène dans le métal⁴. Il est donc particulièrement adapté au transport d'hydrogène. Il est à noter que selon les laboratoires SANDIA, la probabilité de rupture guillotine d'une tuyauterie à hydrogène est de $4,6 \times 10^{-7}$ pour une tuyauterie d'un DN de 25 mm.

A noter que les tuyauteries ont les pressions de service suivantes :

- Réseau Haute Pression (HP) 1000 bar : La pression de service (PS) est de 1380 barg. La pression ne dépasse donc jamais 73% de la capacité nominale du réseau.
- Réseau Moyenne Pression (MP) 500 bar : La pression de service (PS) est de 690 barg. La pression ne dépasse donc jamais 73% de la capacité nominale du réseau.
- Réseau Basse Pression (BP) 30 bar : La pression de service (PS) est de 40 barg. La pression ne dépasse donc jamais 75% de la capacité nominale du réseau.

Les phénomènes dangereux générant une pression maximale de surpression ne dépassant pas la pression de service des réseaux potentiellement impactés ne seront pas pris en compte parmi les effets domino pouvant générer une rupture franche de ces réseaux.

Par ailleurs, en cas de rupture d'un réseau générant un nuage d'hydrogène avec un mélange idéal et à la proportion stœchiométrique (hypothèse maximaliste), soit 30% d'hydrogène dans l'air, la pression maximale de détonation est de 18 à 20 bar⁵. De fait, les effets domino liés à des UVCE provenant d'une rupture franche d'une tuyauterie ne seront pas pris en compte sur les autres réseaux ni sur les stockages.

8.1.4 Feu nappe devant une borne de distribution de carburant fossile (SP95/SP98/Gazole/E85 et GPL)

Les pistes où sont distribués du carburant fossile ou du E85 sont équipés d'un système d'extinction automatique par fusible thermique.

En cas de température trop élevée, un agent extincteur est diffusé pour permettre d'éteindre un feu nappe ou un départ de feu sur un véhicule présent. Le système d'extinction automatique est connecté au système de contrôle commande de l'ensemble du site ce qui permet de désénergiser l'ensemble du site, d'allumer le panneau d'interdiction d'accès et de lancer le message d'évacuation des installations (côté technique comme côté publique). L'exploitant est par ailleurs informé de cette situation via la télésurveillance.

³ Hydrogen Plus Other Alternative Fuels RiskAssessment Models (HyRAM+) Version 5.0 Technical Reference Manual

⁴ SANDIA REPORT Technical Reference for Hydrogen Compatibility of Materials Technical Reference for Hydrogen Compatibility of Materials

⁵ Utilisation du modèle de Chapman Rouquet

Il est à noter également que les pistes de distribution sont entourées de caniveaux pour permettre une collecte et un déport du carburant en cas d'épandage accidentel, ce qui limite également la quantité de produits combustibles et inflammables susceptibles d'alimenter un incendie.

Le site respectera les prescriptions des arrêtés du 15 avril 2010 et du 30 août 2010 qui intègrent le phénomène dangereux de feu nappe et d'incendie de véhicules et indiquent les mesures de prévention et de protection à mettre en œuvre pour limiter les conséquences de ces phénomènes.

Un éventuel effet domino en provenance de la zone technique sur ce phénomène dangereux sera évalué dans les chapitres suivants.

8.1.5 Exclusion de certains phénomènes dangereux

8.1.6 Présence d'oxygène dans le réseau hydrogène

L'oxygène pourrait entrer dans le réseau d'hydrogène de 3 manières distinctes :

✓ **Via l'électrolyseur**

Cependant la technologie utilisée sur la station MultiEnergie de Vougy est une technologie de type PEM, qui permet d'exclure l'arrivée d'oxygène dans le réseau hydrogène (via une différence de pression notamment au niveau des stacks, voir chapitre 7.3.1.).

✓ **Via l'ouverture des réseaux lors de la maintenance**

Or, les différences de pression entre de l'air qui serait rentrée dans le réseau (autour de 1 bar) et l'arrivée de l'hydrogène (à minima 30 bar) plus la nécessité d'avoir au moins 25% d'air dans le réseau pour avoir une inflammation de l'hydrogène rendent cette hypothèse impossible.

Par ailleurs, lors d'une maintenance, les techniciens ont l'obligation de faire des séries de compression détente à l'azote (en générale 5 compressions détentes) afin d'éliminer l'humidité, les impuretés et l'air des réseaux.

✓ **Via l'approvisionnement en semi-remorque du site**

Or l'hydrogène livré à une qualité certifiée de 99,995%, ce qui exclut tout mélange pouvant générer une inflammation.

8.1.7 Explosion de capacité de stockage

La probabilité d'avoir une présence d'oxygène permettant à l'hydrogène de descendre sous sa limite supérieure d'explosivité suite à une défaillance de l'électrolyseur ou une erreur lors d'une opération de maintenance est suffisamment faible pour ne pas être prise en compte, notamment de par la présence des barrières suivantes :

- Pureté de l'hydrogène garantie à la fourniture ;
- Pureté de l'hydrogène en sortie d'électrolyse vérifiée par 2 analyseurs en ligne (analyseur de présence de O₂ dans H₂) ;
- Mise en place d'une mesure différentielle de la pression entre les deux compartiments (H₂ et O₂) ;
- Protocole de vérification de paramètre process (notamment pression et température) ;
- Automate générant un arrêt de l'installation (dépressurisation et purge) sur certains paramètres (notamment pressions et température) ;
- Arrêt sécurité niveau SIL 2 (dépressurisation et purge).

Pour l'entrée d'air dans les réseaux en cas de maintenance :

- Les réseaux ne sont jamais dépressurisés sous les 2 bar lors de maintenances ne nécessitant pas l'ouverture des réseaux. Il n'est donc pas possible que 25% d'air arrive dans les réseaux ;
- En cas d'ouverture des réseaux, de la compression détente est toujours réalisée avec de l'azote avant d'être effectué à l'hydrogène pour nettoyer complètement les réseaux. Par ailleurs la différence de pression en de l'air entrant dans le stockage à 1 bar (pression atmosphérique) et 30 bar d'hydrogène envoyé par le process empêche l'air d'atteindre une concentration de 25% dans le volume du stockage nécessaire au déclenchement d'une explosion.

8.1.8 BLEVE d'un camion-citerne de GPL, d'essence / de gazole ou de carburant E85

Le BLEVE d'un camion-citerne sur une station-service est lié à un effet domino suite à l'apparition d'un autre phénomène dangereux (feu nappe, feu torche ou projectile).

Aucun remplissage de camion-citerne (hors hydrogène) n'est réalisé sur la station-service côté publique, il s'agit uniquement de dépotage. Les phénomènes de surremplissage ou de surpression ne sont donc pas pris en compte.

L'analyse préliminaire des risques n'a pas identifié de scénario pouvant conduire à un phénomène dangereux de type feu nappe ou projectile susceptible de venir créer un effet domino de type BLEVE sur un camion-citerne.

En effet, en accord avec l'article 5.10 de l'arrêté du 15 avril 2010, l'aire de dépotage est étanche aux produits susceptibles d'y être répandus et conçues de manière à permettre le drainage de ceux-ci. Le drainage se fait via le déport d'une fuite de liquide inflammable vers le séparateur hydrocarbure (grâce aux caniveaux de récupération de carburant liquide situés tout autour de la zone de dépotage et à la pente présente permettant au liquide de s'écouler vers les regards). L'hypothèse d'un feu nappe persistant suffisamment pour déclencher le BLEVE de la citerne présente en zone de dépotage est donc rejeté (écoulement immédiat vers les caniveaux et le séparateur).

L'autre effet domino pouvant éventuellement générer un BLEVE proviendrait d'un feu torche initié par la rupture guillotine d'une canalisation d'hydrogène provenant du stock d'hydrogène en zone technique pour approvisionner les appareils distributeurs en zone publique. Plusieurs facteurs techniques rendent cette possibilité pratiquement impossible :

- ✓ Lors d'un dépotage de GPL ou de carburant liquide, les pistes hydrogène sont condamnées et les vannes d'hydrogène se trouvent en position normalement fermées. Seul l'hydrogène contenu dans les canalisations est donc susceptible de fuir ce qui représente 0,29 kg d'hydrogène au total. En cas de rupture de la tuyauterie, l'utilisation du logiciel PHAT indique un débit de 2,7 kg/s ce qui nous donne un feu torche susceptible d'atteindre une citerne de carburant d'une durée de 0,1 s. Cette durée est beaucoup trop faible pour permettre la montée en pression et en température de la citerne et la création d'un BLEVE
- ✓ Ensuite la position des tuyauteries dans les caniveaux rend très difficile l'orientation directe d'un feu torche vers les citernes en cours de dépotage :



Figure 12 : Position des tuyauteries hydrogène dans les caniveaux et sur site

Les tuyauterie d'hydrogène sont les ronds bleus. Les autres tuyauteries sont de l'air comprimé, du liquide frigorigène ou le retour de la ligne d'évent. Pour qu'un feu torche, orienté vers ma citerne ai lieu, il faudrait que la tuyauterie se plie suivant un angle très précis sur la petite portion cde caniveau orienté vers la zone de dépotage. A noter qu'en considérant le faible effet radiatif des flammes d'hydrogène, il est peu envisageable que celle-ci ai un vrai impact thermique sur la citerne

- ✓ Enfin, même sans prendre en compte les données précédente, la probabilité d'un BLEVE sur le site est très faible puisqu'elle est de $2.10^{-10} < P_{BLEVE} < 2.10^{-9}$

Les installations respecteront les prescriptions des arrêtés du 15 avril 2010 pour les installations de distribution (et leur aire de dépotage) de carburant liquide et l'arrêté du 30 août 2010 pour les installations de distribution (et leur aire de dépotage) de carburant gazeux liquéfié.

Ces arrêtés prennent en compte les phénomènes dangereux susceptibles d'apparaître sur ce type d'installations et imposent les moyens de maitrises permettant d'éviter que des phénomènes dangereux puissent impacter le public situé en limite de site (les distances de sécurité imposés par ces arrêtés seront évidemment intégralement respectées).

8.2 METHODOLOGIE RETENUE POUR EVALUER L'INTENSITE DES PHENOMENES DANGEREUX

Une fois les potentiels de dangers identifiés, la nature des phénomènes dangereux susceptibles d'être observés lors de leur libération, c'est à dire lorsque les événements redoutés (ou scénarios d'accident) se produisent doit être déterminée. L'intensité de leurs effets peut alors être caractérisée.

8.2.1 Seuils de références

8.2.1.1 Effets thermiques

Concernant les effets thermiques, les valeurs de référence considérées sont les suivantes (Arrêté du 29/09/2005 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 ICPE soumises à autorisation) :

Flux thermique	Effets sur l'homme	Effets sur les structures
3 kW/m²	Seuil des effets irréversibles délimitant la zone des dangers significatifs pour la vie humaine	/
5 kW/m²	Seuil des effets létaux délimitant la zone de dangers graves pour la vie humaine	Seuil de destructions de vitres significatives
8 kW/m²	Seuil des effets létaux significatifs délimitant la zone de dangers très graves pour la vie humaine	Seuil des effets dominos et correspondant au seuil des dégâts graves sur les structures
16 kW/m²	/	Seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton
20 kW/m²	/	Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton
200 kW/m²	/	Seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes

Tableau 37 : Seuils des flux thermiques et leurs effets

8.2.1.2 Effets de surpression

L'évaluation des conséquences d'une explosion considère les zones suivantes :

Surpression	Effets sur l'homme	Effets sur les structures
20 mbar	Seuils des effets correspondant à la zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme.	Seuils des destructions significatives de vitres
50 mbar	Seuils des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine.	Seuils des dégâts légers sur les structures
140 mbar	Seuils des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie.	Seuils des dégâts graves sur les structures
200 mbar	Seuils des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine	Seuils des effets domino
300 mbar	/	Seuils des dégâts très graves sur les structures

Tableau 38 : Seuils des phénomènes de surpression et leurs effets

8.2.2 Modélisation des effets associés aux éclatements des récipients

Conformément au rapport Oméga 15 de l'INERIS relatif aux éclatements de capacités, la pression de rupture statique du réservoir, notée P_{RS} , peut être estimée en multipliant par 3 la pression de calcul, notée P_c .

Cette pression de calcul est prise égale à $1,1 \times$ la pression maximale de service, notée P_{MS} .

Hypothèses de pression de rupture retenues pour les différents scénarios :

- ✓ Surremplissage : $Prup = P_{RS}$, pour un réservoir métallique ou composite,
- ✓ Agression mécanique : $Prup = P_{MS}$, pour un réservoir métallique ou composite,
- ✓ Agression thermique :
 - $Prup = P_{RS} \times 0,5$ pour un réservoir métallique,
 - $Prup = P_{MS}$ pour un réservoir composite

Les formules de calcul utilisables quand le réservoir éclate à la pression maximale de service (P_{MS}) sont :

- ✓ Seuil à 200 mbar = $5,49 \times m^{(1/3)}$
- ✓ Seuil à 140 mbar = $7,045 \times m^{(1/3)}$
- ✓ Seuil à 50 mbar = $16,08 \times m^{(1/3)}$
- ✓ Seuil à 20 mbar = $32,16 \times m^{(1/3)}$

Où m = masse d' H_2 dans le réservoir calculée à partir du couple volume/pression avec la loi des gaz parfaits pour une température de $20^\circ C$.

Ces formules sont donc valables pour les éclatements consécutifs à une agression mécanique pour les réservoirs métalliques et composites ainsi que pour les éclatements consécutifs à une agression thermique pour les réservoirs composites et pour les réservoirs métalliques protégés par une soupape (en supposant que la soupape fonctionne et limite la pression à la pression de service).

Pour l'éclatement consécutif à un surremplissage, les distances d'effet obtenues avec les formules de calcul ci-dessus doivent être multipliées par un facteur 1,5.

L'ensemble des réservoirs sous pression du site seront protégés par des soupapes tarées à la pression de service des réservoirs (modulo les 10% d'incertitudes de tarage des soupapes).

8.2.3 Modélisation des effets associés aux explosions dans les containers

L'énergie d'éclatement peut être estimée à l'aide de l'équation de Brode simplifiée (en Joules) :

$$E = 3 \times V \times (P_{ex} - P_{atm})$$

Avec :

V : Volume libre considérée en m^3

Prupture : La pression de rupture d'un container est estimée à 500 mbar⁶ (les portes cèdent en général à 200 mbar cependant la pression continue de monter dans le container jusqu'à une pression de rupture de 500 mbar).

$$P_{ex} - P_{atm} = 2 \times P_{rupture} \text{ en Pa} = 1000 \text{ mbar} = 100\,000 \text{ Pa}$$

La détermination des distances des effets de surpression s'effectue en appliquant la méthode multi énergie indice 10, qui peut être majorante dans certains cas. Cette formule, respectant la physique du phénomène, donne les surpressions d'une onde de choc résultant d'une explosion, en fonction de l'énergie d'explosion définie.

Le tableau suivant donne les formules associées à la courbe multi énergie d'indice 10 en fonction des pressions liés aux seuils des effets de surpression :

⁶ INERIS - Note technique accompagnant la révision de l'Arrêté Ministériel de Prescriptions Générales relatif à la rubrique 1416

Surpression	Effets sur l'homme
20 mbar	$2 \times 0,11 E^{1/3}$
50 mbar	$0,11 E^{1/3}$
140 mbar	$0,05 E^{1/3}$
200 mbar	$0,032 E^{1/3}$
300 mbar	$0,028 E^{1/3}$

Tableau 39 : Formules de calcul des distances au seuils des effets de surpression pour l'éclatement d'un container

8.2.4 Modélisation des effets associés aux fuites d'hydrogène

Les effets associés aux fuites d'hydrogène ont été calculés avec la version 9.11 du logiciel Phast paramétrée conformément aux préconisations du guide DT102 de l'UIC9, pour les deux conditions climatiques suivantes:

- ✓ vent faible (3 m/s) et atmosphère très stable (classe F de PASQUILL, notée F3). Cette situation, peu fréquente, n'est rencontrée que de nuit ou au petit matin. Elle est très pénalisante du point de vue de la dispersion atmosphérique de gaz. Les températures de l'air et du sol sont prises égales à 15°C,
- ✓ vent moyen (5 m/s) et atmosphère thermiquement neutre (classe D, notée D5). Cette situation est la plus fréquente de jour comme de nuit. Elle représente des conditions moyennes du point de vue de la dispersion atmosphérique de gaz. Les températures de l'air et du sol sont prises égales à 20°C.

Concernant la rugosité de surface, le paramètre "1 m – Regular large obstacle coverage (suburb, forest)" a été retenu. Les valeurs retenues pour la radiation solaire sont de 0 kW/m² et 0,5 kW/m² respectivement pour les conditions météo F3 et D5. Concernant l'humidité relative, elle est de 0,7 pour les deux conditions météo précitées.

Le modèle "Leak" est utilisé pour modéliser les effets des scénarios retenus dans la présente étude. Il considère une brèche ayant lieu directement sur la paroi d'un réservoir ou d'une ligne (pas de perte de charge prise en compte).

Distances aux seuils des feux torches

En cas d'inflammation immédiate de la fuite, un feu torche s'établit.

Les flux thermiques liés à un feu torche sont estimés par le logiciel PHAST de DNV. Le modèle assimile le feu alimenté à un tronc de cône et évalue les éléments géométriques principaux du jet enflammé. Il permet de modéliser un jet enflammé avec un angle variable et prend en compte la variation angulaire supplémentaire en fonction de la vitesse du vent qui peut avoir tendance à « coucher » la flamme.

Distances au seuils des effets thermique

Concernant l'inflammation du nuage (flash fire), les distances des effets thermiques sont calculées à 1 m de haut, lorsque le nuage a atteint son expansion maximale. Les seuils considérés sont :

- ✓ distance au seuil des effets létaux significatifs = distance au seuil des effets létaux = distance à la LII,
- ✓ distance au seuil des effets irréversibles = 1,1 x distance à la LII.

Distances au seuils des effets de surpression

Pour les surpressions en champ libre, les effets sont calculés conformément aux dispositions de la circulaire du 10 mai 2010 en considérant la totalité de la masse explosible centrée à la moitié de la distance à la LIE.

L'indice de sévérité d'explosion est compris entre 1 et 10. Les indices 2 à 7 sont représentatifs de déflagrations et les indices 8, 9 et 10 caractérisent les détonations en champ libre.

Concernant le choix de l'indice de sévérité, plusieurs méthodes peuvent être utilisées :

Le tableau de Kinsella présenté ci-après permet d'orienter le choix de l'indice de sévérité de l'explosion étudiée :

Energie d'ignition		Obstacles			Confinement		Indices multi-énergie
Fort	Faible	Fort	Faible	Aucun	Oui	Non	
X		X			X		7-10
X		X				X	7-10
	X	X			X		5-7
X			X		X		5-7
X			X			X	4-6
X				X	X		4-6
	X	X				X	4-5
X				X		X	4-5
	X		X		X		3-5
	X		X			X	2-3
	X			X	X		1-2
	X			X		X	1

Tableau 40 : Méthode Kinsella de sélection des indices multiénergie

Considérant l'encombrement du site dans la zone technique de production et de compression d'hydrogène, un indice de 7 sera pris en compte. En effet l'encombrement est tellement important que la zone peut être considérée comme confinée.

Par contre en zone d'approvisionnement en hydrogène et en zone publique, les installations seront considérées comme non confinées donc avec un indice de 4.

8.2.5 Modélisation des effets associés aux feux nappes

Les effets associés aux feux nappes ont été calculés avec la version 9.11 du logiciel Phast paramétrée conformément aux préconisations du guide DT102 de l'UIC9, pour les deux conditions climatiques suivantes:

- ✓ vent faible (3 m/s) et atmosphère très stable (classe F de PASQUILL, notée F3). Cette situation, peu fréquente, n'est rencontrée que de nuit ou au petit matin. Elle est très pénalisante du point de vue de la dispersion atmosphérique de gaz. Les températures de l'air et du sol sont prises égales à 15°C,
- ✓ vent moyen (5 m/s) et atmosphère thermiquement neutre (classe D, notée D5). Cette situation est la plus fréquente de jour comme de nuit. Elle représente des conditions moyennes du point de vue de la dispersion atmosphérique de gaz. Les températures de l'air et du sol sont prises égales à 20°C.

Concernant la rugosité de surface, le paramètre "1 m – Regular large obstacle coverage (suburb, forest)" a été retenu. Les valeurs retenues pour la radiation solaire sont de 0 kW/m² et 0,5 kW/m² respectivement pour les conditions météo F3 et D5. Concernant l'humidité relative, elle est de 0,7 pour les deux conditions météo précitées.

8.3 PHD N°1 : FUITE D'HYDROGENE DANS LE MODULE DE PURIFICATION D'HYDROGENE – EXPLOSION

On considère une fuite d'hydrogène dans le module (container) de purification d'hydrogène puis son explosion en milieu confiné.

Le calcul du phénomène de surpression sera réalisé en appliquant la méthode définie en 8.2.3 avec les données suivantes :

- Volume intérieur de la zone ATEX : 20,3 m³
 - Encombrement : 50%
 - Volume libre : 10,15 m³
- P_{rupture} : 500 mbar qui est la résistance avant la rupture des portes et parois du container

Distance au seuil des effets de pression – PhD n°1			
20 mbar Bris de vitres	50 mbar Effets Irréversibles	140 mbar Premiers effets létaux	200 mbar Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]	[m]
32	16	7,5	5

Tableau 41 : Distance aux seuils des effets de pression de PhD n°1

Interprétations et effets domino :

Les effets dominos touchent

- le compresseur n°2 (PhD8)

La pression maximale d'explosion (1000 mbar) n'est pas suffisante pour affecter les réseaux BP, MP et HP qui ont des pressions de service de 40 barg, 690 barg et 1380 barg.

Les effets létaux significatifs et les effets létaux ne sortent pas des limites du site

Représentation des distances des effets SELS, SEL et SEI:

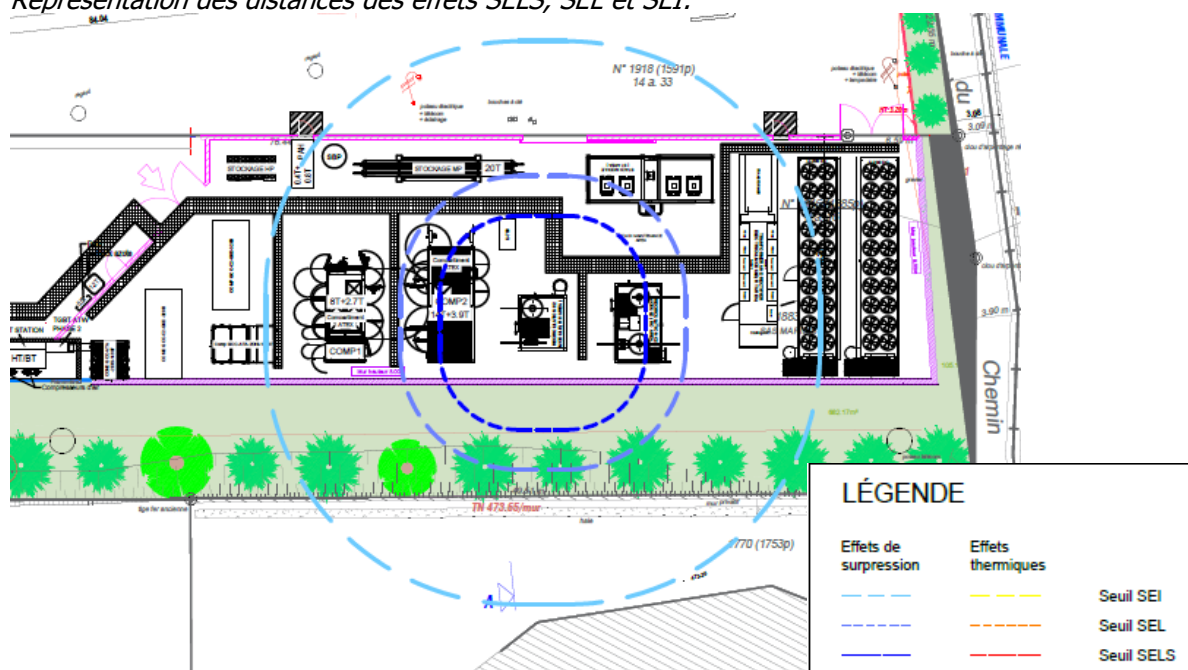


Figure 13 : Seuils des effets du PhD n°1

8.4 PHD N°2: FUITE D'HYDROGENE DANS LE RESEAU BASSE PRESSION (BP)

8.4.1 Phénomènes dangereux modélisés : PhD n°2 Feu Torche

On considère une rupture franche du réseau d'hydrogène en basse pression (30 barg)

Les tuyauteries de transport d'hydrogène au niveau de l'électrolyseur jusqu'au stockage basse pression (BP) et jusqu'au compresseur n°1 ont un diamètre interne maximal de 40 mm.

La modélisation du phénomène dangereux se fera en utilisant la méthodologie indiquée dans le chapitre 8.2.4. avec les hypothèses suivantes :

- Inventaire : Illimité ;
- Température : 15°C ;
- Pression de service : 30 barg
- Diamètre de brèche : PhD n°2 – 40 mm
- Direction du rejet : Horizontale
- Hauteur du rejet : 1 m
- Hauteur de la cible : Effets sur l'homme : 1,5 m de hauteur par rapport au sol
- Logiciel utilisé : Phast version 9.11

La longueur du feu torche est de 28 m pour le PhD n°2

Distance au seuil des effets thermiques – PhD n°2		
3 kW/m ² Effets irréversibles	5 kW/m ² Premiers effets létaux	8 kW/m ² Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]
49,8	43	38,5

Tableau 42 : Distance aux seuils des effets de feu torche de PhD n°2

Interprétations et effets domino :

Le réseau BP ne se trouvant qu'en zone technique qui est ceinte de murs coupe-feu, il n'est pas attendu d'effets en dehors de cette zone. Par ailleurs la distance aux effets SELS, SEL et SEI seront inclus dans le scénario PhD2 UVCE qui sera le scénario enveloppe repris dans le reste de l'étude.

8.4.2 Phénomène dangereux modélisé : PhD 2 UVCE

La modélisation du phénomène dangereux se fera en utilisant la méthodologie indiquée dans le chapitre 8.2.5. avec les hypothèses suivantes :

- Inventaire : Illimité ;
- Température : 15°C ;
- Pression de service : 30 barg
- Diamètre de brèche : PhD n°2 – 40 mm
- Direction du rejet : Horizontale
- Hauteur du rejet : 1 m
- Indice Multi Energie : 7 (zone technique considérée comme confinée)
- Hauteur de la cible : Effets sur l'homme : 1,5 m de hauteur par rapport au sol
- Logiciel utilisé : Phast version 9.11

✓ **Phénomène dangereux n°2 (rupture franche)**

Distance au seuil des effets thermiques – PhD n°2		
3 kW/m ² Effets irréversibles	5 kW/m ² Premiers effets létaux	8 kW/m ² Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]
35	32	32

Tableau 43 : Distance aux seuils des effets thermiques UVCE de PhD n°2

Distance au seuil des effets de pression – PhD n°2			
20 mbar Bris de vitres	50 mbar Effets Irréversibles	140 mbar Premiers effets létaux	200 mbar Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]	[m]
220	110	58,5	49,5

Tableau 44 : Distance aux seuils des effets de pression UVCE de PhD n°2

Interprétations et effets domino :

Les effets dominos touchent

- le module de purification H₂ (PhD1) ;
- le module de séparation H₂ (PhD3)
- le stockage BP (PhD4);
- le compresseur n°1 (PhD5)
- une partie du réseau MP (PhD6);
- le stockage MP (PhD7) ;
- le compresseur n°2 (PhD8)
- le stockage HP (PhD10)

Les effets létaux significatifs et létaux sortent des limites sud et est du site pour englober la maison la plus proche au sud du site et potentiellement (en fonction de la portion de tuyauterie fuyarde) les 2 maisons les plus proches du site à l'est.

Les effets thermiques restent confinés en zone technique car les mur coupe-feu permettent d'arrêter les feu troches et les effets thermiques des UVCE.

Il n'est pas attendu d'effets domino sur la zone de ravitaillement (soit sur le PhD n°11 et n°12) car ceux-ci ont des pressions de service nettement supérieures à la pression de l'UVCE en cas de rupture du réseau BP et ils sont de plus protégés par un mur coupe-feu (protégeant contre les projections de débris).

Il n'est pas non plus attendu d'effet domino sur le réseau HP car les pressions de service sont également nettement supérieures à la pression de l'UVCE en cas de rupture du réseau BP et il n'est pas attendu de contact direct entre la flamme d'un feu torche provenant d'un réseau BP et celle du réseau HP (les deux sont en caniveaux mais pas ensemble dans les mêmes zones).

Représentation des distances des effets SELS, SEL et SEI :

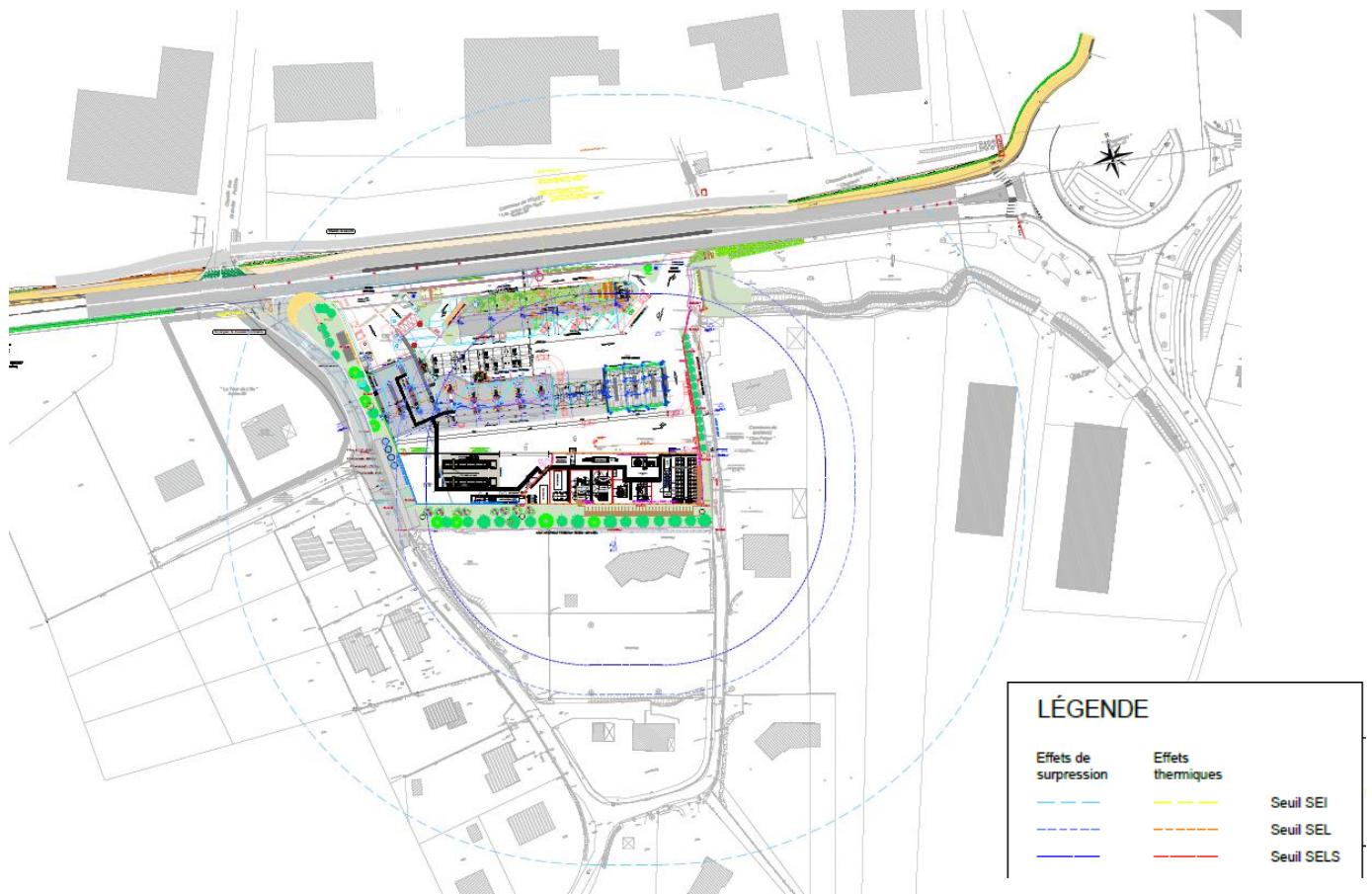


Figure 14 : Seuils des effets du PhD n°2

8.5 PHD N°3 : ECLATEMENT DU SEPARATEUR D'HYDROGENE

On considère l'éclatement du séparateur O₂ suite à la montée en pression liée à un incendie ou une agression mécanique. Il n'est pas attendu de surremplissage (pas de pression supérieure à 11 bar dans le process d'électrolyse côté oxygène) et pas de présence d'hydrogène dans l'oxygène.

La méthode utilisée pour calculer les distances aux seuils des effets de pression est décrite en 8.2.2

Les hypothèses suivantes serviront au calcul des distances :

- Température : 20°C ;
- Pression de service : 11 barg ;
- Volume du ciel gazeux : 1,2 m³

Distance au seuil des effets de pression – PhD n°3			
20 mbar Bris de vitres	50 mbar Effets Irréversibles	140 mbar Premiers effets létaux	200 mbar Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]	[m]
86	43	19	15

Tableau 45 : Distance aux seuils des effets de surpressions de PhD n°3

Interprétations et effets domino :

Les effets dominos ne touchent pas d'autres installations (la pression de rupture à 33 barg est sous la pression de service du réseau BP qui est également protégé en caniveau).

Les effets létaux significatifs et létaux sortent des limites sud et est du site mais seuls les effets létaux effleurent la maison au sud.

Représentation des distances :

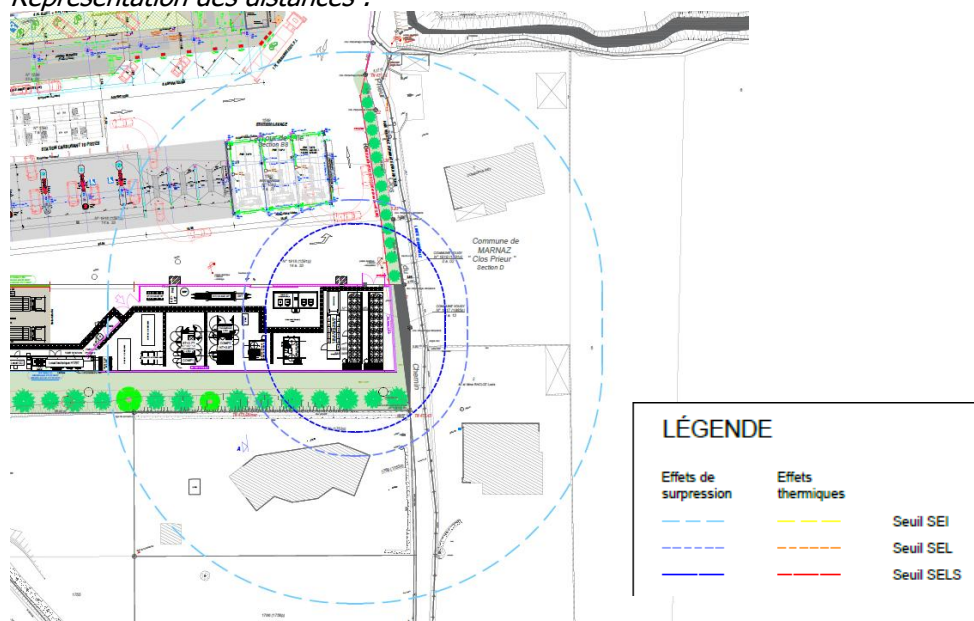


Figure 15 : Seuils des effets du PhD n°3

8.6 PHD N°4 : ECLATEMENT DU STOCKAGE BASSE PRESSION

On considère l'éclatement du Basse Pression d'hydrogène (BP) suite à une montée en pression liée à un incendie, une agression mécanique ou un surremplissage. Seules les distances les plus importantes (surremplissage) sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

La méthode utilisée pour calculer les distances aux seuils des effets de pression est décrite en 8.2.2

Les hypothèses suivantes serviront au calcul des distances :

- Température : 20°C ;
- Pression de service : 30 barg ;
- Volume réservoir : 5 m³

Distance au seuil des effets de pression – PhD n°4			
20 mbar Bris de vitres	50 mbar Effets Irréversibles	140 mbar Premiers effets létaux	200 mbar Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]	[m]
113	56,5	25	19,5

Tableau 46 : Distance aux seuils des effets de surpressions de PhD n°4

Interprétations et effets domino :

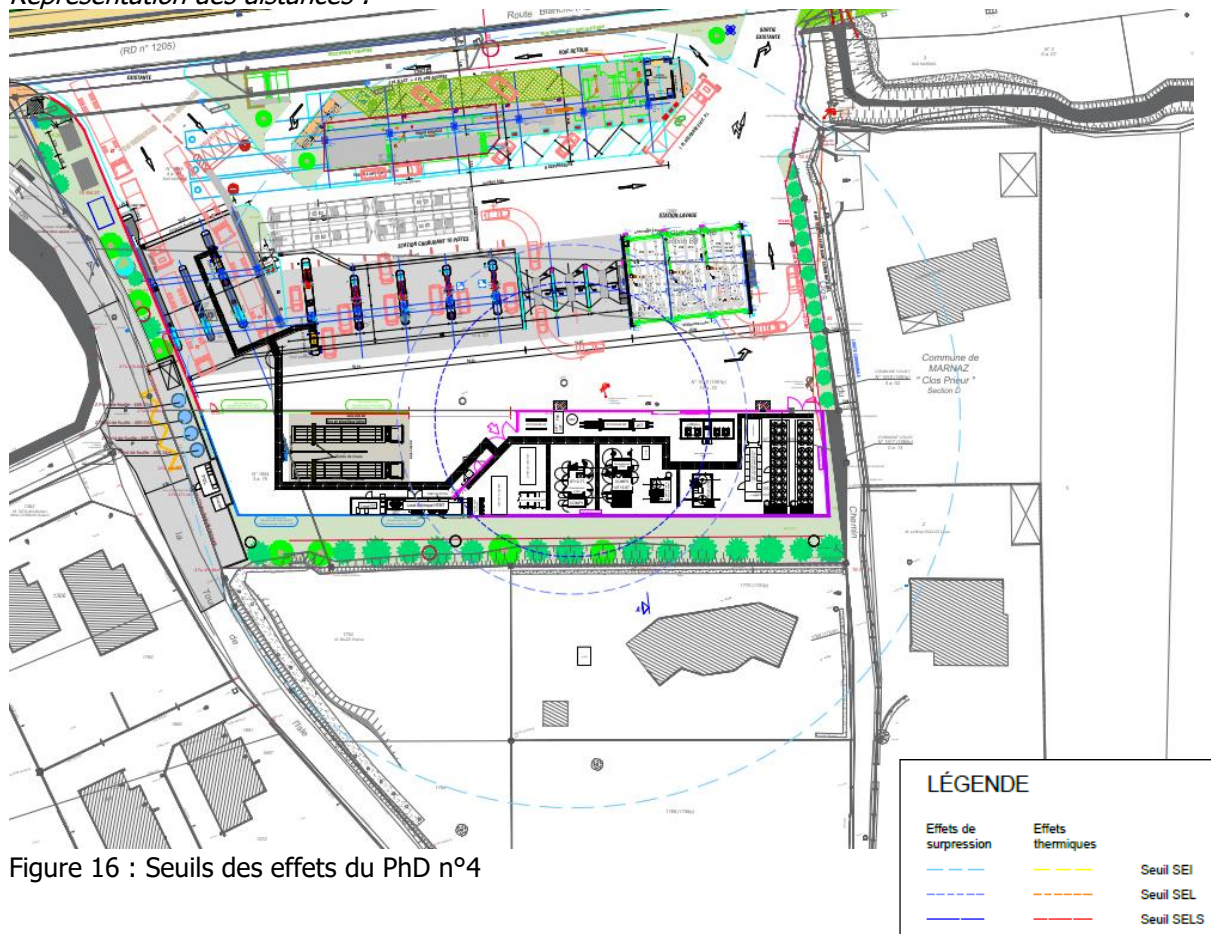
Les effets dominos touchent

- le module de purification H₂ (PhD1);
- une partie du réseau BP (PhD2) ;
- le compresseur n°1 (PhD5)
- le stockage MP (PhD7) ;
- le compresseur n°2 (PhD8)
- le stockage HP (PhD10)

Les effets dominos ne touchent pas les réseaux MP et HP car la pression de rupture à 90 barg est nettement sous les pressions de service des réseaux MP et HP qui sont également protégés en caniveau (voir 8.1.3).

Les effets létaux sortent légèrement des limites sud du site sur une petite partie du terrain de la maison au sud du site.

Représentation des distances :



8.7 PHD N°5 : EXPLOSION DU CONTAINER DE COMPRESSION N°1

Suite à une fuite sur un raccord de tuyauterie ou un raccord lié à la présence d'un équipement (vanne, clapet, sonde, soupape,...), il est possible que le container de compression n°1 se remplisse d'hydrogène et n'arrive pas à évacuer celui-ci (dysfonctionnement de l'extracteur par exemple).

Dans ce cas, un nuage de gaz inflammable peut remplir la partie ATEX (voir figure ci-dessous) du container de compression, entrer en contact avec une source d'inflammation et exploser (formation d'un VCE).

Le calcul du phénomène de surpression sera réalisé en appliquant la méthode définie en 8.2.3 avec les données suivantes :

- Volume intérieur de la zone ATEX : 35,5 m³
- Encombrement : 30%
- Volume libre : 24,85 m³
- Rupture : 0.05 bar qui est la résistance avant la rupture des événements de décharge qui sont installés sur les containers de compression

Distance au seuil des effets de pression			
20 mbar Bris de vitres	50 mbar Effets Irréversibles	140 mbar Premiers effets létaux	200 mbar Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]	[m]
20	10	4,5	3

Tableau 47 : Distance aux seuils des effets de surpressions de Phd n°4

Interprétations et effets domino

L'explosion d'un container de compression génère des effets domino et létaux qui sont contenus sur le site. Les effets domino (seuil à 200 mbar) ne sont pas susceptibles d'atteindre ou d'impacter d'autres équipements à risque sur la station.

Ce phénomène ne sera pas retenu pour la suite de l'étude (probabilité, gravité et criticité non étudiés).

Représentation des distances :

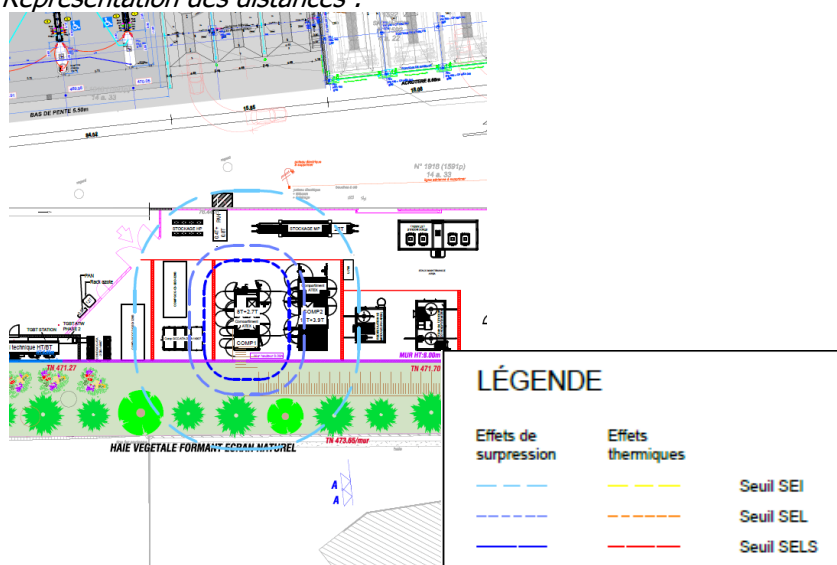


Figure 17 : Seuils des effets du Phd n°5

8.8 PHD N°6 : FUITE D'HYDROGENE DANS UN RESEAU OU UNE PLATINE MOYENNE PRESSION (MP)

8.8.1 Phénomènes dangereux modélisés : PhD n°6 Feu Torche

On considère une rupture franche du réseau d'hydrogène en moyenne pression (500 barg).

Cela concerne les tuyauteries de transport d'hydrogène en sortie du compresseur n°1 et qui alimentent le stockage moyenne pression. Ce stockage peut ensuite alimenter le compresseur n°2, les appareils distributeurs en zone publique ou un semi-remorque en zone d'approvisionnement. Ces tuyauteries ont un diamètre interne maximal de 12 mm.

La modélisation du phénomène dangereux se fera en utilisant la méthodologie indiquée dans le chapitre 8.2.4. avec les hypothèses suivantes :

- Inventaire : Illimité ;
- Température : 15 C ;
- Pression de service : 500 barg
- Diamètre de brèche : PhD n°6 – 12 mm
- Direction du rejet : Horizontale
- Hauteur du rejet : 1 m
- Hauteur de la cible : Effets sur l'homme : 1,5 m de hauteur par rapport au sol
- Logiciel utilisé : Phast version 9.11

La longueur du feu torche est de 28 m pour le PhD n°6

Distance au seuil des effets thermiques – PhD n°6		
3 kW/m ² Effets irréversibles	5 kW/m ² Premiers effets létaux	8 kW/m ² Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]
46,5	40,5	36

Tableau 48 : Distance aux seuils des effets de feu torche de PhD n°6

Interprétations et effets domino :

Ce phénomène sera bloqué par les murs coupe-feu qui font le tour de la station sauf pour la partie nord du site.

La distance aux effets SELS, SEL et SEI seront inclus dans le scénario PhD6 UVCE qui sera le scénario enveloppe repris dans le reste de l'étude.

8.8.2 Phénomène dangereux modélisé : PhD n°6 UVCE

La modélisation du phénomène dangereux se fera en utilisant la méthodologie indiquée dans le chapitre 8.2.4. avec les hypothèses suivantes :

- Inventaire : Illimité ;
- Température : 15°C ;
- Pression de service : 500 barg
- Diamètre de brèche : PhD n°6 – 12 mm²
- Direction du rejet : Horizontale
- Hauteur du rejet : 1 m
- Indice Multi Energie : 7 en zone technique avec un encombrement qui génère des phénomènes de confinement, 5 en zone d'approvisionnement de par la présence des murs tout autour de cette zone et 4 en zone publique avec la présence d'un unique mur EI120
- Hauteur de la cible : Effets sur l'homme : 1,5 m de hauteur par rapport au sol
- Logiciel utilisé : Phast version 8.4

✓ **Phénomène dangereux 6 (rupture franche)**

Distance au seuil des effets thermiques – PhD n°6 Indice multi-énergie de 7		
3 kW/m ² Effets irréversibles	5 kW/m ² Premiers effets létaux	8 kW/m ² Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]
35	32	32

Tableau 49 : Distance aux seuils des effets thermique UVCE indice 7 de PhD n°6

Distance au seuil des effets de pression – PhD n°6 Indice multi-énergie de 7			
20 mbar Bris de vitres	50 mbar Effets Irréversibles	140 mbar Premiers effets létaux	200 mbar Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]	[m]
221	110,5	58,5	49,5

Tableau 50 : Distance aux seuils des effets de pression indice 7 de PhD6

Distance au seuil des effets thermiques – PhD n°6 Indice multi-énergie de 5		
3 kW/m ² Effets irréversibles	5 kW/m ² Premiers effets létaux	8 kW/m ² Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]
35	32	32

Tableau 51 : Distance aux seuils des effets thermique UVCE indice 5 de PhD n°6

Distance au seuil des effets de pression – PhD n°6 Indice multi-énergie de 5			
20 mbar Bris de vitres	50 mbar Effets Irréversibles	140 mbar Premiers effets létaux	200 mbar Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]	[m]
123	61,5	34,5	29,5

Tableau 52 : Distance aux seuils des effets de pression indice 5 de PhD6

Distance au seuil des effets thermiques – PhD n°6 Indice multi-énergie de 4		
3 kW/m ² Effets irréversibles	5 kW/m ²	8 kW/m ² Effets létaux

	Premiers effets létaux	Effets domino
[m]	[m]	[m]
35	32	32

Tableau 53 : Distance aux seuils des effets thermique UVCE indice 4 de PhD n°6

Distance au seuil des effets de pression – PhD n°6 Indice multi-énergie de 4			
20 mbar Bris de vitres	50 mbar Effets Irréversibles	140 mbar Premiers effets létaux	200 mbar Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]	[m]
87	43,5	NA	NA

Tableau 54 : Distance aux seuils des effets de pression indice 4 de PhD6

Interprétations et effets domino

Les effets dominos touchent, en fonction de la section concernée

- le module de purification H₂ (PhD1);
- une partie du réseau BP (PhD2);
- le module de séparation H₂ (PhD3) ;
- le stockage BP (PhD4) ;
- le compresseur n°1 (PhD5) ;
- le stockage MP (PhD7)
- le compresseur n°2 (PhD8) ;
- une partie du réseau HP (PhD9) ;
- le stockage HP (PhD10);
- le stockage sur semi-remorque (PhD12);
- les flexibles d'alimentation en hydrogène des semi-remorques et des véhicules venant faire leur plein (PhD11 et PhD15).

Les effets létaux significatifs et létaux sortent des limites sud et est du site pour englober

- la maison la plus proche au sud du site ;
- potentiellement (en fonction de la portion de tuyauterie fuyarde), une partie de la maison la plus proche du site à l'ouest ;
- potentiellement (en fonction de la portion de tuyauterie fuyarde), une partie des 2 maisons les plus proches du site à l'est ;
- Une partie de la zone publique de la station (pistes véhicules légers et station de lavage)

Représentation des distances :



Figure 18 : Seuils des effets du PhD n°6

8.9 PHD N°7 : ECLATEMENT DU STOCKAGE MOYENNE PRESSION

On considère l'éclatement du stockage Moyenne Pression d'hydrogène (MP) suite à la montée en pression liée à un incendie, une agression mécanique ou un surremplissage. Seules les distances les plus importantes (surremplissage) sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

La méthode utilisée pour calculer les distances aux seuils des effets de pression est décrite en 8.2.2

Les hypothèses suivantes serviront au calcul des distances :

- Température : 20°C ;
- Pression de service : 500 barg ;
- Volume du réservoir : 1,63 m³

Distance au seuil des effets de pression – PhD n°7			
20 mbar Bris de vitres	50 mbar Effets Irréversibles	140 mbar Premiers effets létaux	200 mbar Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]	[m]
196	98	43	33,5

Tableau 55 : Distance aux seuils des effets de surpression de PhD n°7

Interprétations et effets domino :

Les effets dominos touchent

- le module de purification H₂ (PhD1);
- une partie du réseau BP (PhD2);
- le module du séparateur H₂ (PhD3);
- le stockage BP (PhD4)
- le compresseur n°1 (PhD5);
- une partie du réseau MP (PhD6) ;
- le compresseur n°2 (PhD8);
- une partie du réseau HP (PhD9);
- le stockage HP (PhD10);
- le stockage sur semi-remorque (PhD12).

Les effets létaux significatifs et létaux sortent légèrement des limites sud et est du site et incluent une partie de la maison au sud du site. Ils incluent également la station de lavage et une partie des pistes de distribution des véhicules légers.

Représentation des distances :

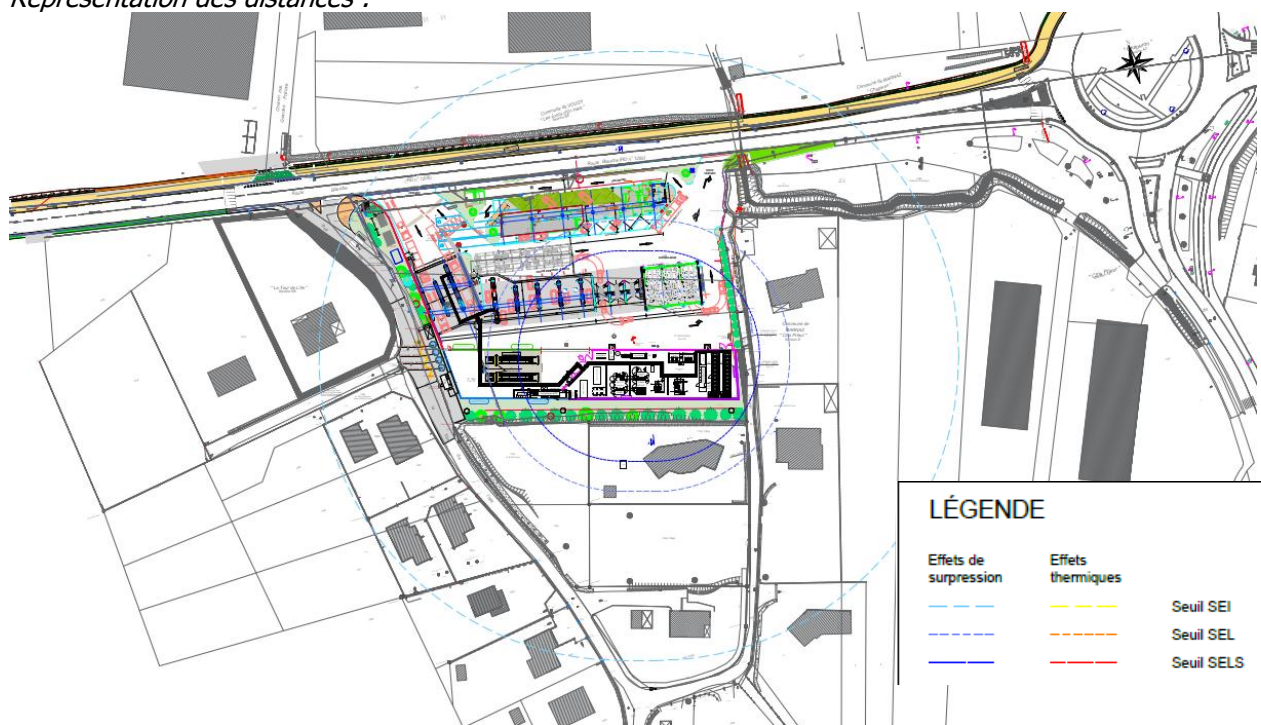


Figure 19 : Seuils des effets du PhD n°7

8.10 PHD N°8 : EXPLOSION DU CONTAINER DE COMPRESSION N°2

Suite à une fuite sur un raccord de tuyauterie ou un raccord lié à la présence d'un équipement (vanne, clapet, sonde, soupape,...), il est possible que le container de compression n°2 se remplisse d'hydrogène et n'arrive pas à évacuer celui-ci (dysfonctionnement de l'extracteur par exemple).

Dans ce cas, un nuage de gaz inflammable peut remplir la partie ATEX du container de compression, entrer en contact avec une source d'inflammation et exploser (formation d'un VCE).

Le calcul du phénomène de surpression sera réalisé en appliquant la méthode définie en 8.2.3 avec les données suivantes :

- Volume intérieur de la zone ATEX : 23 m³
- Encombrement : 40%
- Volume libre : 13,8 m³
- Rupture : 0.05 bar qui est la résistance avant la rupture des événements de décharge qui sont installés sur les containers de compression

Distance au seuil des effets de pression – PhD n°8			
20 mbar Bris de vitres	50 mbar Effets Irréversibles	140 mbar Premiers effets létaux	200 mbar Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]	[m]
17	8,5	4	2,5

Tableau 56 : Distance aux seuils des effets de surpression de PhD n°8

Interprétations et effets domino :

L'explosion d'un container de compression génère des effets domino et létaux qui sont contenus sur le site. Les effets domino (seuil à 200 mbar) ne sont pas susceptibles d'atteindre ou d'impacter d'autres équipements à risque sur la station.

Ce phénomène ne sera pas retenu pour la suite de l'étude (probabilité, gravité et criticité non étudiés).

Représentation des distances :

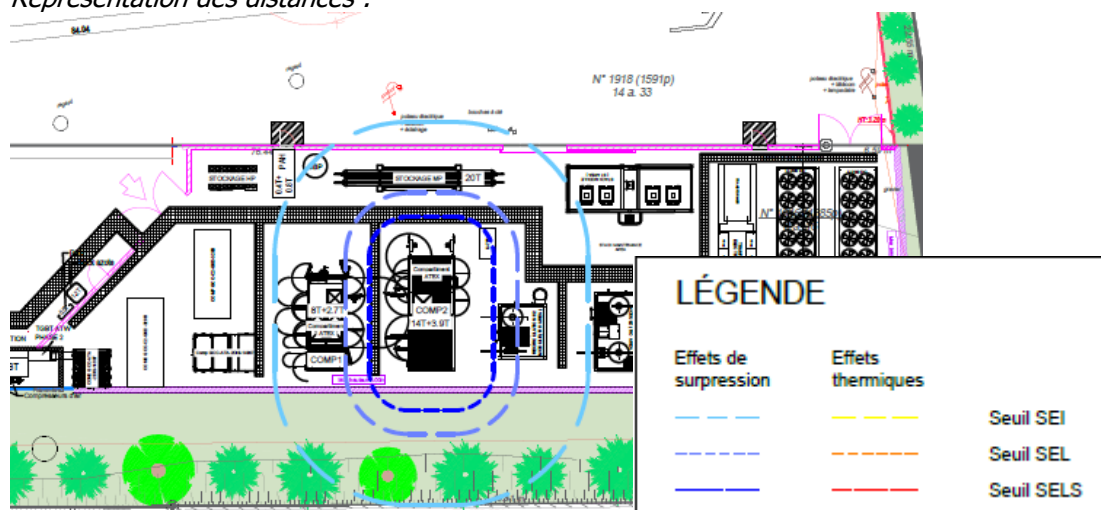


Figure 20 : Seuils des effets du PhD n°8

8.11 PHD N°9: FUITE D'HYDROGENE DANS UN RESEAU OU UNE PLATINE HAUTE PRESSION (HP)

8.11.1 Phénomènes dangereux modélisés : PhD n°9 Feu Torche

On considère une rupture franche du réseau d'hydrogène en basse pression (1000 barg)

Cela concerne les tuyauteries de transport d'hydrogène en sortie du compresseur n°2 qui alimentent le stockage haute pression. Ce stockage peut ensuite alimenter les appareils distributeurs en zone publique. Ces tuyauteries ont un diamètre interne maximal de 10,3 mm.

La modélisation du phénomène dangereux se fera en utilisant la méthodologie indiquée dans le chapitre 8.2.4. avec les hypothèses suivantes :

- Inventaire : Illimité ;
- Température : 15 C ;
- Pression de service : 1000 barg
- Diamètre de brèche : PhD n°9 – 10,3 mm
- Direction du rejet : Horizontale
- Hauteur du rejet : 1 m
- Hauteur de la cible : Effets sur l'homme : 1,5 m de hauteur par rapport au sol
- Logiciel utilisé : Phast version 9.11

La longueur du feu torche est de 31 m pour le PhD n°9

Distance au seuil des effets thermiques – PhD n°9		
3 kW/m ² Effets irréversibles	5 kW/m ² Premiers effets létaux	8 kW/m ² Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]
50,5	44	39

Tableau 57 : Distance aux seuils des effets thermique du feu torche du PhD n°9

8.11.2 Phénomène dangereux modélisé : PhD n°9 UVCE

La modélisation du phénomène dangereux se fera en utilisant la méthodologie indiquée dans le chapitre 8.2.4. avec les hypothèses suivantes :

- Inventaire : Illimité ;
- Température : 15°C ;
- Pression de service : 1000 barg
- Diamètre de brèche : PhD n°9 – 10,3 mm
PhD n°9a – 0,79 mm
- Direction du rejet : Horizontale
- Hauteur du rejet : 1 m
- Indice Multi Energie : 7 en zone technique avec un encombrement qui génère des phénomènes de confinement, 5 en zone d'approvisionnement de par la présence des murs tout autour de cette zone et 4 en zone publique avec la présence d'un unique mur EI120
- Hauteur de la cible : Effets sur l'homme : 1,5 m de hauteur par rapport au sol
- Logiciel utilisé : Phast version 9.11

✓ **Phénomène dangereux n°9 (rupture franche)**

Distance au seuil des effets thermiques – PhD n°9 Indice multi-energie de 7		
3 kW/m ² Effets irréversibles	5 kW/m ² Premiers effets létaux	8 kW/m ² Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]
36,5	33,5	33,5

Tableau 58 : Distance aux seuils des effets thermique de l'UVCE indice 7 du PhD n°9

Distance au seuil des effets de pression – PhD n°9 Indice multi-energie de 7			
20 mbar Bris de vitres	50 mbar Effets Irréversibles	140 mbar Premiers effets létaux	200 mbar Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]	[m]
231	115,5	63	53,5

Tableau 59 : Distance aux seuils des effets de pression de l'UVCE indice 7 du PhD n°9

Distance au seuil des effets thermiques – PhD n°9 Indice multi-énergie de 5		
3 kW/m ² Effets irréversibles	5 kW/m ² Premiers effets létaux	8 kW/m ² Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]
36,5	33,5	33,5

Tableau 60 : Distance aux seuils des effets thermique de l'UVCE indice 5 du PhD n°9

Distance au seuil des effets de pression – PhD n°9 Indice multi-énergie de 5			
20 mbar Bris de vitres	50 mbar Effets Irréversibles	140 mbar Premiers effets létaux	200 mbar Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]	[m]
134	67	37	31,5

Tableau 61 : Distance aux seuils des effets de pression de l'UVCE indice 5 du PhD n°9

Distance au seuil des effets thermiques – PhD n°9 Indice multi-énergie de 4		
3 kW/m ² Effets irréversibles	5 kW/m ² Premiers effets létaux	8 kW/m ² Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]
36,5	33,5	33,5

Tableau 62 : Distance aux seuils des effets thermique de l'UVCE indice 4 du PhD n°9

Distance au seuil des effets de pression – PhD n°9 Indice multi-énergie de 4			
20 mbar Bris de vitres	50 mbar Effets Irréversibles	140 mbar Premiers effets létaux	200 mbar Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]	[m]
94	47	NA	NA

NA = Non Atteint

Tableau 63 : Distance aux seuils des effets de pression de l'UVCE indice 4 du PhD n°9

Interprétations et effets domino

Les effets dominos touchent, en fonction de la section concernée

- le module de purification H₂ (PhD1);
- une partie du réseau BP (PhD2);
- le module de séparation H₂ (PhD3) ;
- le stockage BP (PhD4)
- le compresseur n°1 (PhD5) ;
- une partie du réseau MP (PhD6) ;
- le stockage MP (PhD7) ;
- le compresseur n°2 (PhD8) ;
- le stockage HP (PhD10);
- le stockage sur semi-remorque (PhD12);
- les flexibles d'alimentation en hydrogène des semi-remorques et des véhicules venant faire leur plein (PhD11 et PhD15).

Les effets létaux significatifs et létaux sortent des limites sud et est du site pour englober

- la maison la plus proche au sud du site
- potentiellement (en fonction de la portion de tuyauterie fuyarde), une partie de la maison la plus proche du site à l'ouest.
- potentiellement (en fonction de la portion de tuyauterie fuyarde), une partie d'une maisons la plus proche du site à l'est.
- Une partie de la zone publique de la station (pistes véhicules légers et station de lavage)

LÉGENDE

- Effet de saturation
- Effet de planification
- Déclassement
- Secteur GEL
- Secteur GEL2
- Secteur GEL3

ARVE

Mise en œuvre d'une station de distribution de carburants dont l'hydrogène, une station de lavage, des bornes STIVE et des services aux usagers.

PLAN DES RAYONS D'EFFECT

ISSUS DE L'ETUDE DE CARRIERE

AVP

Réseau HP

N°	Description	Unité	Valeur
1	Surface totale du terrain	m²	10 000
2	Surface bâtie	m²	2 000
3	Surface goudonnée	m²	5 000
4	Volume total	m³	10 000
5	Volume bâti	m³	2 000
6	Volume goudonné	m³	5 000
7	Volume total	m³	10 000
8	Volume bâti	m³	2 000
9	Volume goudonné	m³	5 000
10	Volume total	m³	10 000
11	Volume bâti	m³	2 000
12	Volume goudonné	m³	5 000
13	Volume total	m³	10 000
14	Volume bâti	m³	2 000
15	Volume goudonné	m³	5 000
16	Volume total	m³	10 000
17	Volume bâti	m³	2 000
18	Volume goudonné	m³	5 000
19	Volume total	m³	10 000
20	Volume bâti	m³	2 000
21	Volume goudonné	m³	5 000
22	Volume total	m³	10 000
23	Volume bâti	m³	2 000
24	Volume goudonné	m³	5 000
25	Volume total	m³	10 000
26	Volume bâti	m³	2 000
27	Volume goudonné	m³	5 000
28	Volume total	m³	10 000
29	Volume bâti	m³	2 000
30	Volume goudonné	m³	5 000
31	Volume total	m³	10 000
32	Volume bâti	m³	2 000
33	Volume goudonné	m³	5 000
34	Volume total	m³	10 000
35	Volume bâti	m³	2 000
36	Volume goudonné	m³	5 000
37	Volume total	m³	10 000
38	Volume bâti	m³	2 000
39	Volume goudonné	m³	5 000
40	Volume total	m³	10 000
41	Volume bâti	m³	2 000
42	Volume goudonné	m³	5 000
43	Volume total	m³	10 000
44	Volume bâti	m³	2 000
45	Volume goudonné	m³	5 000
46	Volume total	m³	10 000
47	Volume bâti	m³	2 000
48	Volume goudonné	m³	5 000
49	Volume total	m³	10 000
50	Volume bâti	m³	2 000
51	Volume goudonné	m³	5 000
52	Volume total	m³	10 000
53	Volume bâti	m³	2 000
54	Volume goudonné	m³	5 000
55	Volume total	m³	10 000
56	Volume bâti	m³	2 000
57	Volume goudonné	m³	5 000
58	Volume total	m³	10 000
59	Volume bâti	m³	2 000
60	Volume goudonné	m³	5 000
61	Volume total	m³	10 000
62	Volume bâti	m³	2 000
63	Volume goudonné	m³	5 000
64	Volume total	m³	10 000
65	Volume bâti	m³	2 000
66	Volume goudonné	m³	5 000
67	Volume total	m³	10 000
68	Volume bâti	m³	2 000
69	Volume goudonné	m³	5 000
70	Volume total	m³	10 000
71	Volume bâti	m³	2 000
72	Volume goudonné	m³	5 000
73	Volume total	m³	10 000
74	Volume bâti	m³	2 000
75	Volume goudonné	m³	5 000
76	Volume total	m³	10 000
77	Volume bâti	m³	2 000
78	Volume goudonné	m³	5 000
79	Volume total	m³	10 000
80	Volume bâti	m³	2 000
81	Volume goudonné	m³	5 000
82	Volume total	m³	10 000
83	Volume bâti	m³	2 000
84	Volume goudonné	m³	5 000
85	Volume total	m³	10 000
86	Volume bâti	m³	2 000
87	Volume goudonné	m³	5 000
88	Volume total	m³	10 000
89	Volume bâti	m³	2 000
90	Volume goudonné	m³	5 000
91	Volume total	m³	1

Ref : 019 CR 26 DDAE Arve EtudeDeDanger-Version1-rev1

8.12 PHD N°10 : ECLATEMENT DU STOCKAGE HAUTE PRESSION PRIS DANS UN INCENDIE

On considère l'éclatement d'un stockage Haute Pression d'hydrogène (HP) suite à la montée en pression liée à un incendie. Il n'est pas attendu de surremplissage (pas de pression supérieure à 1000 bar en sortie de compresseur HP et sur tout le site).

La méthode utilisée pour calculer les distances aux seuils des effets de pression est décrite en 8.2.2

Les hypothèses suivantes serviront au calcul des distances :

- Température : 20°C ;
- Pression de service : 1000 barg ;
- Volume réservoir : 0,075 m³

Distance au seuil des effets de pression – PhD n°10			
20 mbar Bris de vitres	50 mbar Effets Irréversibles	140 mbar Premiers effets létaux	200 mbar Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]	[m]
59	29,5	13	10

Tableau 64 : Distance aux seuils des effets de pression du PhD n°10

Interprétations et effets domino

Les effets dominos touchent, en fonction de la section concernée

- une partie du réseau BP (PhD2)
- le stockage BP (PhD4) ;
- le compresseur n°1 (PhD5) ;
- une partie du réseau MP (PhD6);
- une partie du stockage MP (PhD7);
- une partie du réseau HP (PhD9);

Représentation des distances :

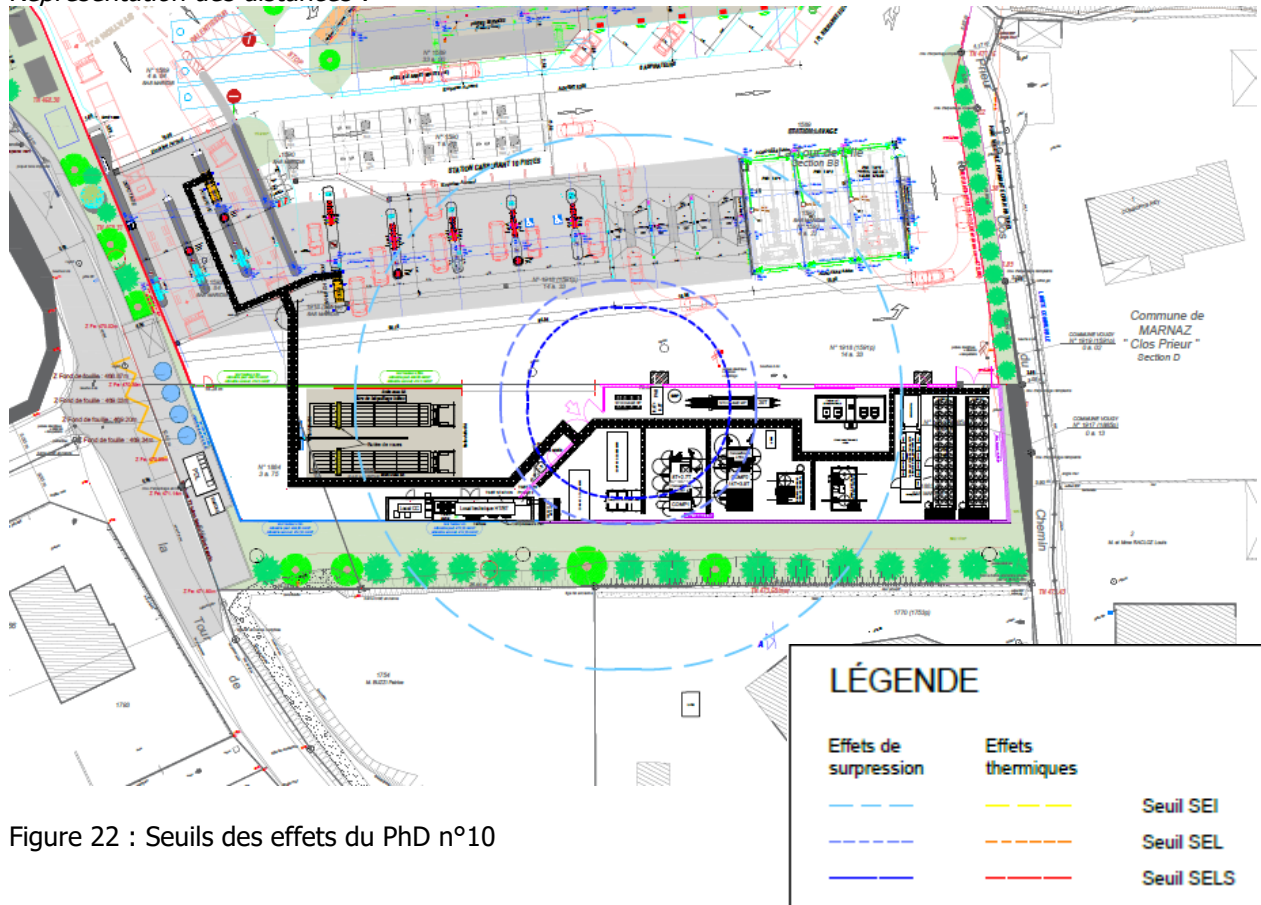


Figure 22 : Seuils des effets du PhD n°10

8.13 PHD N°11 : RUPTURE GUILLOTINE DU FLEXIBLE DE DISTRIBUTION D'UN SEMI-REMORQUE D'APPROVISIONNEMENT

8.13.1 Phénomènes dangereux modélisés : PhD n°11 Feu Torche

Les flexibles sont connectés entre la platine de réception des semi-remorques (aussi appelée BDE) et la platine du semi-remorque.

Ces flexibles sont équipés d'un dispositif anti arrachement mais peuvent être sectionnés suite à une collision par exemple avec un autre semi-remorque d'approvisionnement.

Le dimensionnement du phénomène thermique lié à ce feu torche est réalisé en appliquant la méthode du chapitre 8.2.4 via l'utilisation du logiciel Phast.

Les données suivantes sont utilisées :

- Inventaire : Illimité ;
- Température : 15 C ;
- Pression de service : 380 barg
- Diamètre de brèche : 10 mm
- Direction du rejet : Horizontale
- Hauteur du rejet : 1 m
- Indice Multi Energie : 5
- Hauteur de la cible : Effets sur l'homme : 1,5 m de hauteur par rapport au sol
- Logiciel utilisé : Phast version 9.11

La longueur du feu torche est de 20,7 m

Distance au seuil des effets thermiques du PhD n°11		
3 kW/m ² Effets irréversibles	5 kW/m ² Premiers effets létaux	8 kW/m ² Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]
34	30	26,5

Tableau 65 : Distance aux seuils des effets thermique du feu torche du PhD n°11

Interprétations et effets domino

Le feu torche lié à une rupture franche du flexible sera contenu en zone de raccordement des semi-remorques. Cette zone est entourée de mur coupe-feu 2h d'une hauteur de 4 m.

Le flux thermique de 8 kW/m² atteint quant à lui les équipements et installations suivantes :

- Les remorques de stockage en bouteilles composites. Le flexible générant le PhD est localisé à l'arrière des remorques de stockage et ces dernières sont équipées de plaques métalliques destinées à protéger les bouteilles de stockage des flammes et du rayonnement thermique ainsi que des TPRD permettant de protéger les bouteilles d'un risque d'éclatement lorsqu'elles sont prises dans un incendie ;
- Les autres installations techniques à hydrogène sont protégées par un mur coupe-feu 2h

8.13.2 Phénomènes dangereux modélisés : PhD n°11 UVCE

Le dimensionnement du phénomène thermique lié à l'UVCE est réalisé en appliquant la méthode du chapitre 8.2.4 via l'utilisation du logiciel Phast.

Distance au seuil des effets thermiques – PhD n°11		
3 kW/m ² Effets irréversibles	5 kW/m ² Premiers effets létaux	8 kW/m ² Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]
28,5	26	26

Tableau 66 : Distance aux seuils des effets thermique de l'UVCE du PhD n°11

Distance au seuil des effets de pression – PhD n°11			
20 mbar Bris de vitres	50 mbar Effets Irréversibles	140 mbar Premiers effets létaux	200 mbar Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]	[m]
93	46,5	26,5	23

Tableau 67 : Distance aux seuils des effets de pression de l'UVCE du PhD n°11

Interprétations et effets domino

Les effets dominos touchent, en fonction de la section concernée

- le stockage sur semi-remorque (PhD12) ;
- un appareil de distribution en zone publique (PhD15).

Les installations en zone techniques sont en limite des seuils des effets domino et protégées par un mur EI120. Les effets domino sur ces installations ne seront donc pas pris en compte.

Les réseaux MP et HP ont des pressions de services nettement supérieures à la pression maximale générer par l'UVCE lié à la rupture du flexible et donc ne seront pas concernés par l'effet domino de ce phénomène dangereux.

Ces réseaux sont par ailleurs en caniveaux et protégés par des plaques avec un degré de protection équivalentes à du coupe-feu 2h et ne seront pas non plus concernés par les effets domino d'un feu torche.

Les effets létaux significatifs et létaux sortent des limites sud et est du site pour englober

- une partie de la maison à l'ouest du site ;
- la partie distribution VL et PL de la station-service.

Représentation des distances :



Figure 23 : Seuils des effets du PhD n°11

8.14 PHD N°12: ECLATEMENT DU STOCKAGE D'HYDROGENE D'UN SEMI-REMORQUE PRIS DANS UN INCENDIE

On considère l'éclatement d'un stockage de semi-remorque suite à la montée en pression liée à un incendie ou une agression mécanique. Il n'est pas attendu de surremplissage (pas de pression supérieure à 500 bar en provenance des stockage MP).

La méthode utilisée pour calculer les distances aux seuils des effets de pression est décrite en 8.2.2

Les hypothèses suivantes serviront au calcul des distances :

- Température : 20°C ;
- Pression de service : 380 barg ;
- Volume réservoir : 1,5 m³ qui est le volume le plus important possible pour ce type de semi-remorque

Distance au seuil des effets de pression – PhD n°12			
20 mbar Bris de vitres	50 mbar Effets Irréversibles	140 mbar Premiers effets létaux	200 mbar Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]	[m]
113	56,5	25	19,5

Tableau 68 : Distance aux seuils des effets de pression de l'UVCE du PhD n°12

Interprétations et effets domino

Les effets dominos touchent, en fonction de la section concernée

- une partie du réseau MP (PhD6);
- une partie du réseau HP (PhD9);
- le flexible de raccordement BDE (PhD11);
- un appareil distributeur d'hydrogène (PhD15).

Les installations en zone techniques sont en limite des seuils des effets domino et protégées par un mur EI120. Les effets domino sur ces installations ne seront donc pas pris en compte.

Les effets létaux significatifs et létaux sortent des limites sud et est du site pour englober :

- une partie du terrain de la maisons au sud ;
- la moitié des pistes VL et PL

Représentation des distances :

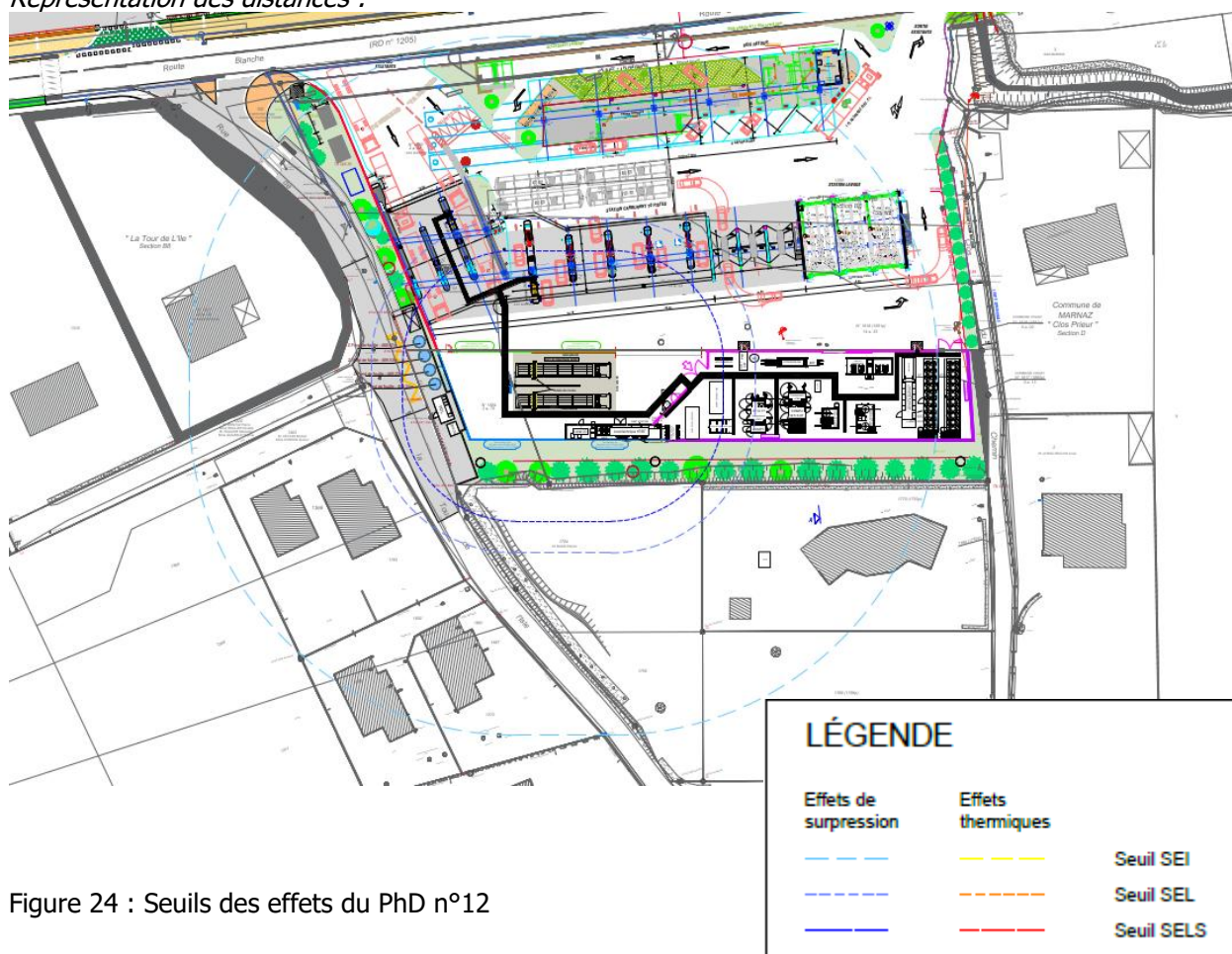


Figure 24 : Seuils des effets du PhD n°12

8.15 PHD N°13: RELARGAGE D'HYDROGENE A UN EVENT DANS LA ZONE TECHNIQUE

On considère l'inflammation retardée (VCE) de l'hydrogène rejeté à un événement (phénomène enveloppe du feu torche).

La méthode utilisée pour calculer les distances aux seuils des effets thermique ou de pression est décrite en 8.2.4

Un seul événement est modélisé, il s'agit de l'événement enveloppe qui concerne les débits et les pressions les plus importantes. Les distances des effets thermiques sont nettement plus faibles que celles des effets de pression et ne seront pas prises en compte.

Les données suivantes sont utilisées :

- Inventaire : Illimité ;
- Débit : 0,6 kg/s
- Température : 15 C ;
- Direction du rejet : Horizontale
- Hauteur du rejet : 9 m
- Indice Multi Energie : 4
- Hauteur de la cible : Effets sur l'homme : 1,5 m de hauteur par rapport au sol
- Logiciel utilisé : Phast version 9.11

Distance au seuil des effets de pression (phénomène enveloppe de l'UVCE) – PhD n°13			
20 mbar Bris de vitres	50 mbar Effets Irréversibles	140 mbar Premiers effets létaux	200 mbar Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]	[m]
43	21,5	11,5	10

Tableau 69 : Distance aux seuils des effets de pression de l'UVCE du PhD n°13

Interprétations et effets domino

L'explosion d'un nuage à l'événement génère des effets domino et létaux qui sont contenus sur le site.

Les effets domino (seuil à 200 mbar) ne sont pas susceptibles d'atteindre d'autres équipements à risque sur la station (notamment de par la hauteur de l'événement).

Ce scénario ne sera pas détaillé par la suite

8.16 PHD N°14: FEU NAPPE SUR UNE PISTE DE DISTRIBUTION

Il s'agit d'un épandage accidentel de carburant (type SP95 ou 98) au sol sur une piste de distribution. Les pistes sont encadrées par des îlots qui abrite les appareils distributeurs et par des caniveaux qui permettent de récupérer une fuite de carburant et de l'envoyer vers un séparateur d'hydrocarbure.

Le dimensionnement se fait en utilisant la méthode indiquée dans le chapitre 8.2.5 et avec l'aide du logiciel PHAST version 9.11

Les données suivantes sont utilisées :

Les données suivantes sont utilisées :

- Catégorie : 5 D (maximisant) ;
- Largeur*Longueur : 5,75×10,70 m

Distance au seuil des effets thermiques		
3 kW/m ² Effets irréversibles	5 kW/m ² Premiers effets létaux	8 kW/m ² Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]
25	22,5	18,5

Tableau 70 : Distance aux seuils des effets thermique du feu nappe du PhD n°14

Interprétations et effets domino

La présence de mur EI120 tout autour du site permet de contenir les effets à l'intérieur du site, en dehors de la zone technique. Ce scénario ne sera pas détaillé par la suite et il n'est pas susceptible de générer des effets domino sur les autres équipements (tuyauteries hydrogènes protégées par des caniveaux et des systèmes d'extinctions automatiques sur les pistes).

8.17 PHD N°15: FUITE D'UN FLEXIBLE DE DISTRIBUTION D'HYDROGENE

Les flexibles sont connectés à un véhicule qui vient remplir ses réservoirs.

La pression de distribution peut être de 350 bar pour un débit de 120 g/s ou de 700 bar pour un débit de 60 g/s selon le type de véhicule. Seul la distribution d'hydrogène à 350 bar sera analysée car il s'agit du scénario enveloppe.

Le dimensionnement des phénomènes thermiques et de surpression seront repris de l'étude de dangers de l'INERIS ayant servi à réaliser l'arrêté ministériel du 22 novembre 2018 pour la rubrique ICPE 1416 (voir document Réf 22)

Distance au seuil des effets thermiques – PhD 15		
3 kW/m ² Effets irréversibles	5 kW/m ² Premiers effets létaux	8 kW/m ² Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]
16	14	14

Tableau 71 : Distance aux seuils des effets thermique du PhD n°15

Distance au seuil des effets de pression – PhD15			
20 mbar Bris de vitres	50 mbar Effets Irréversibles	140 mbar Premiers effets létaux	200 mbar Effets létaux Effets domino
[m]	[m]	[m]	[m]
24	12	NA	NA

NA = Non Atteint

Tableau 72 : Distance aux seuils des effets de pression du PhD n°15

Interprétations et effets domino

Les effets domino et l'étaux sont contenus à l'intérieur du site, en dehors de la zone technique. Ce scénario ne sera pas détaillé par la suite et il n'est pas susceptible de générer des effets domino sur les autres équipements (tuyauteries hydrogènes protégées par des caniveaux et arrêt du phénomène en moins de 2 secondes imposés par la réglementation et notamment l'arrêté du 22 octobre 2018).

8.18 TABLEAU RECAPITULATIF DES DIFFERENTS PHENOMENES DANGEREUX

Phénomènes dangereux	Distance au seuil des effets thermiques (m)			Distance au seuil des effets de surpression (m)			
	3 kW/m ² SEI	5 kW/m ² SEL	8 kW/m ² SELS	20 mbar	50 mbar SEI	140 mbar SEL	200 mbar SELS
PhD n°1 – Fuite d'hydrogène dans le module de purification - VCE				32	16	7,5	5
PhD n°2 – Fuite d'hydrogène sur le réseau Basse Pression (BP)	50	43	38,5	101	110	58,5	49,5
PhD n°3 – Eclatement du séparateur d'hydrogène				86	43	19	15
PhD n°4 – Eclatement du stockage Basse Pression (BP)				113	56,5	25	19,5
PhD n°5 – Explosion du container de compression n°1				20	10	4,5	3
PhD n°6 – Fuite d'hydrogène sur le réseau Moyenne Pression (MP) – Zone de production	46,5	40,5	36	221	110,5	58,5	49,5
PhD n°6 – Fuite d'hydrogène sur le réseau Moyenne Pression (MP) – Zone d'approvisionnement	46,5	40,5	36	123	61,5	34,5	29,5
PhD n°6 – Fuite d'hydrogène sur le réseau Moyenne Pression (MP) – Zone publique	46,5	40,5	36	87	43,5	NA	NA
PhD n°7 – Eclatement du stockage Moyenne Pression (MP)				196	98	43	33,5
PhD n°8 – Explosion du container de compression n°2				17	8,5	4	2,5
PhD n°9 – Fuite d'hydrogène sur le réseau Haute Pression (HP) – Zone de production	50,5	44	39	231	115,5	63	53,5
PhD n°9 – Fuite d'hydrogène sur le réseau Haute Pression (HP) – Zone d'approvisionnement	50,5	44	39	134	67	37	31,5
PhD n°9 – Fuite d'hydrogène sur le réseau Haute Pression (HP) – Zone publique	50,5	44	39	94	47	NA	NA
PhD n°10 – Eclatement du stockage Haute Pression (HP)				59	29,5	13	10
PhD n°11 – Rupture guillotine du flexible de distribution d'un semi-remorque	28,5	26	26	93	46,5	26,5	23
PhD n°12 – Eclatement du stockage d'hydrogène du semi-remorque				113	56,5	25	19,5

Phénomènes dangereux	Distance au seuil des effets thermiques (m)			Distance au seuil des effets de surpression (m)			
	3 kW/m ² SEI	5 kW/m ² SEL	8 kW/m ² SELS	20 mbar SEI	50 mbar SEI	140 mbar SEL	200 mbar SELS
PhD n°13 – Relargage d'hydrogène à l'évent				43	21,5	11,5	10
PhD n°14 – Feu nappe sur une piste de distribution de carburant	25	22,5	18,5				
PhD n°15 – Fuite d'un flexible de distribution d'hydrogène	16	14	14	24	12	NA	NA

NA = Non Atteint

Tableau 73 : Récapitulatif des distances aux seuils des différents PhD

9. ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES

La méthodologie de l'analyse détaillée des risques est résumée dans le chapitre 3.4.5 :

- L'identification et la caractérisation des Mesures de Maîtrise des Risques (MMR). Les MMR qui satisfont les critères d'indépendance, efficacité, temps de réponse et maintenabilité sont retenues. Leur niveau de confiance (NC) (probabilité de défaillance), qui caractérise la décote du risque apportée par la MMR, est évalué.
- L'évaluation de la probabilité d'occurrence du PhD, compte tenu des MMR de prévention ;
- L'évaluation de la gravité des PhD ;
- La caractérisation de la cinétique des PhD.

9.1 PRINCIPES RETENUES POUR L'EVALUATION DE LA GRAVITE

Pour le comptage du nombre de personnes à prendre en compte, nous avons retenu dans la suite de l'étude, les propositions formulées dans la Fiche 1 de la circulaire du 10 mai 2010.

La détermination des équivalents personnes a pris en compte les éléments suivants :

- ✓ **Terrains non aménagés et très peu fréquentés** (champs et friches/ zone boisée)

Conformément à la fiche 1 de la circulaire du 10 mai 2010, on estime qu'il y a 1 personne par tranche de 100 ha.

- ✓ **Terrains aménagés mais peu fréquentés** (jardins, espace vert des entreprises notamment)

Conformément à la fiche 1 de la circulaire du 10 mai 2010, on estime qu'il y a 1 personne par tranche de 10 ha.

- ✓ **Voies routières**

D1205 : Trafic moyen journalier annuel mesuré à 14891 véhicules/jours.

Considérant les règles de comptage de la fiche 1 de la circulaire du 10 mai 2010 soit 0,4 personne permanente par km exposé par tranche de 100 véhicules/jour.

Cela nous fait pour la D1205 par km : $0,4 \times 14\,900/100 = 60$ personnes par km

La rue de la Tour de l'Isle : cette rue ne sert qu'à desservir les maisons qui y sont raccordées. On pourra donc compter environ 10 trajets en moyenne par maison (2 adultes allant travailler et 4 trajets aller/retour pour amener les enfants à l'école) soit pour 12 maisons desservies cela nous fait 120 trajets/jour que l'on arrondi à 200

Nombre de personnes exposées pour cette rue : $0,4 \times 200/100 = 1$ personne par km

Chemin du Clos Prieur : cette rue également ne sert qu'à desservir les maisons qui y sont raccordées. On pourra donc compter environ 10 trajets en moyenne par maison (2 adultes allant travailler et 4 trajets aller/retour pour amener les enfants à l'école) soit pour 4 maisons desservies cela nous fait 40 trajets/jour que l'on arrondi à 100

Nombre de personnes exposées pour cette rue : $0,4 \times 100/100 < 1$ personne par km

- ✓ **Habitations**

Conformément à la fiche 1 de la circulaire du 10 mai 2010, on estime qu'il y a 2,5 personnes par habitation ;

- ✓ **Partie IOP (installation ouverte au public) de la station-service**

Les clients accédant à la partie publique de la station service ne pouvant pas être formés comme des salariés de l'exploitant ou d'une entreprise extérieure, il a été décidé de les intégrer dans le calcul des personnes exposées.

En considérant une estimation du trafic de 1200 véhicules par jours sur 18h (de 6h à minuit) pour une durée estimée sur la station de 5 minutes environ, cela génère la présence d'environ 6 véhicules simultanément sur site répartie comme suivant :

- ✓ 2 véhicules sur les pistes de distribution de carburant fossile, éthanol ou GPLc avec en moyenne 2,5 passagers ;
- ✓ 1 véhicule sur les pistes poids-lourd avec en moyenne 1 passager ;
- ✓ 1 véhicule dans la zone de service / bornes de recharges IRVE avec en moyenne 2,5 passagers ;
- ✓ 1 véhicule dans la zone de lavage avec en moyenne 1 passager.

✓ Environnements industriels

Le voisinage industriel est identifié sur la carte ci-dessous :

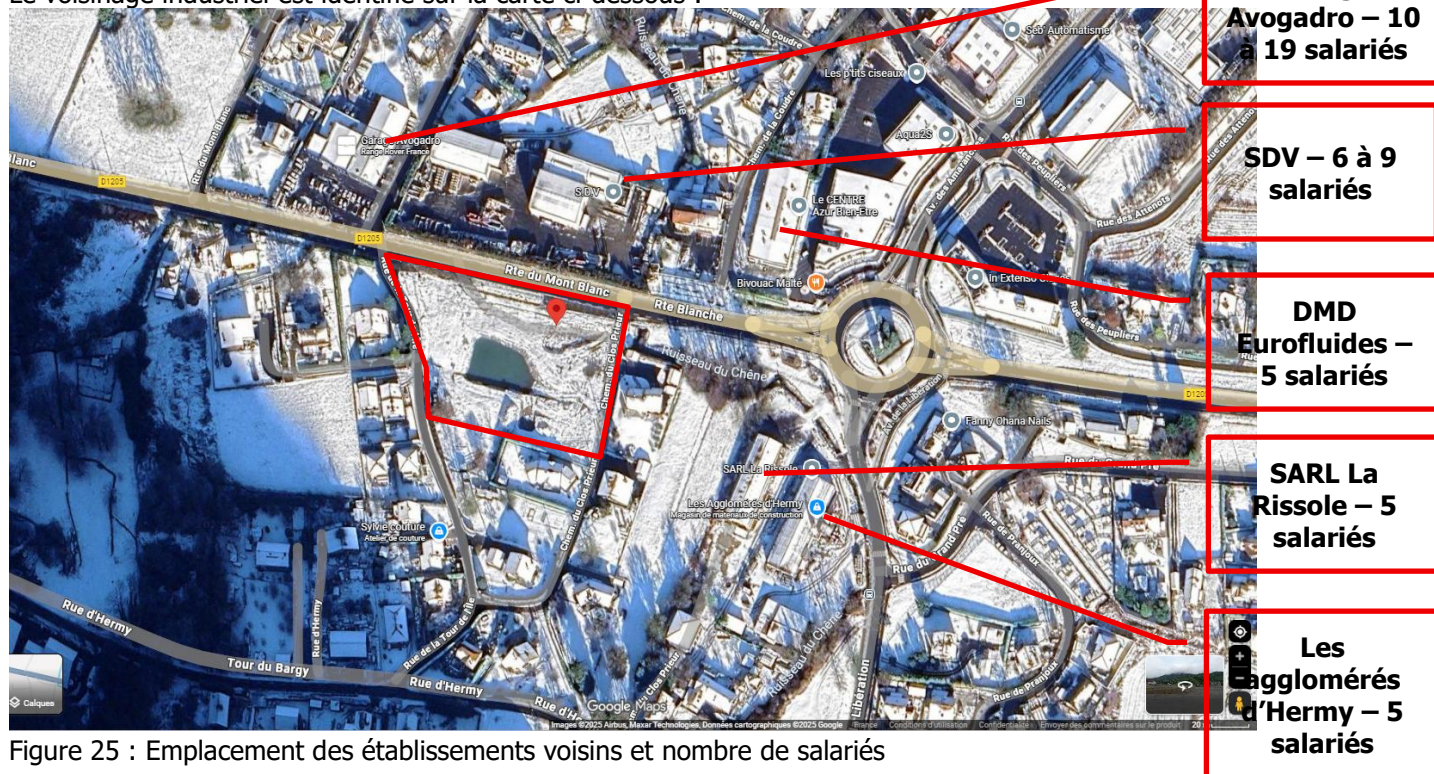


Figure 25 : Emplacement des établissements voisins et nombre de salariés

L'environnement industriel immédiat est tel que suivant :

Raison sociale	Activité	Localisation par rapport au site (bâtiment)	Effectif max.
Garage Avogadro	Concessionnaire automobile	38,55 m (N)	10 à 19 salariés
SDV	Service de gestion des déchets	37,5 m (N)	6 à 9 salariés
DMD Eurofluides	Vente de raccords aux industriels	78,5 m (NE)	5 salariés
SARL La Rissole	Fabrication artisanale boulangerie	76,5 m (E)	5 salariés
Les agglomérés d'Hermy	Vente de matériaux de construction	105,5 m (E)	5 salariés

Tableau 74 : Listes des établissements industriels et leurs nombre de salariés

En dehors de ces zones, en particulier dans les bâtiments pour lesquels il n'est possible de connaître a priori l'activité, on comptera un nombre de personnes égal à l'effectif maximal divisé par la surface du/des bâtiments rapporté à la surface touchée par le phénomène dangereux.

9.2 PRINCIPES RETENUS POUR L'EVALUATION DE LA CINETIQUE

La cinétique est à relier au temps d'atteinte des cibles par les effets.

L'échelle de cinétique retenue compte deux niveaux :

- ✓ **cinétique lente** : le développement du phénomène accidentel, à partir de sa détection, est suffisamment lent pour permettre de protéger les populations exposées avant qu'elles ne soient atteintes.
- ✓ **cinétique rapide** : le développement du phénomène accidentel, à partir de sa détection, ne permet pas de protéger les populations exposées avant qu'elles ne soient atteintes.

L'estimation de la cinétique d'un accident permet de valider l'adéquation des mesures de protection prises ou envisagées ainsi que l'adéquation des plans d'urgence mis en place pour protéger les personnes exposées à l'extérieur des installations avant qu'elles ne soient atteintes.

Phénomène dangereux	Cinétique
Explosion de gaz à l'air libre (UVCE / Flash-Fire)	Rapide
Jet enflammé / Feu torche	Rapide
Feu nappe	Rapide
Eclatement d'un réservoir sous pression	Rapide
Explosion d'un conteneur	Rapide
BLEVE	Rapide

Tableau 75 : Liste de la cinétique des différents phénomènes dangereux

L'ensemble des phénomènes sera donc considéré comme étant à cinétique rapide.

9.3 TABLEAU RECAPITULATIF DE LA GRAVITE ET DE LA CINETIQUE DES PHENOMENES DANGEREUX MAJEURS DE L'ANALYSE DETAILLEE DES RISQUES

Le tableau suivant présente le niveau de gravité et la cinétique pour chaque phénomène dangereux. Par ailleurs, pour chaque phénomène dangereux majeur, les phénomènes dangereux de gravité moindre pouvant être à l'origine du phénomène sont recensés. Ces phénomènes dangereux correspondent aux possibles effets dominos tels que définis dans la circulaire du 10 mai 2010 :

« Action d'un phénomène dangereux affectant une ou plusieurs installations d'un établissement qui pourrait déclencher un autre phénomène sur une installation ou un établissement voisin, conduisant à une aggravation générale des effets du premier phénomène. »

Phénomènes dangereux	Comptage de la gravité pour chaque seuil			Gravité	Cinétique	Possibilité d'effets domino sur d'autres Phd
	SEI	SEL	SELS			
PhD n°1 – Fuite d'hydrogène dans le module de purification - VCE	130 m² de jardin < 1 personne Total < 1 personne	Non Atteint	Non Atteint	Modéré	Rapide	PhD8
PhD n°2 – Fuite d'hydrogène sur le réseau Basse Pression (BP)	10 maisons : 25 personnes SARL La Rissolé : 5 personnes D1205 : 320 m – 19 personnes Rue et Chemin : 520 m < 1 personne L'ensemble de la station partie IOP : 12 personnes Total : 72 personnes	3 maisons : 7,5 personnes La station de lavage : 1 personne Une partie des pistes de distribution : 2,5 personnes Total : 11 personnes	3 maisons : 7,5 personnes 150 de route (Chemin et Rue) < 1 personne La station de lavage : 1 personne Total 8,5 personnes	Catastrophique	Rapide	PhD1 PhD3 PhD4 PhD5 PhD6 PhD7 PhD8 PhD10
PhD n°3 – Eclatement du séparateur d'hydrogène	3 maisons : 7,5 personnes 350 m² de jardin hors maison concernée < 1 personne Chemin Clos du Prieur : 50 m < 1 personne Les pistes de lavage : 1 personne Total <10,5 personnes	250 m² de jardin < 1 personne Total : <1 personnes	130 m² de jardin < 1 personne Total < 1 personne	Important	Rapide	

Phénomènes dangereux	Comptage de la gravité pour chaque seuil			Gravité	Cinétique	Possibilité d'effets domino sur d'autres PhD
	SEI	SEL	SELS			
PhD n°4 – Eclatement du stockage Basse Pression (BP)	1 maison : 2,5 personnes Ensemble de la partie IOP de la station : 12 personnes Total : 14,5	Une partie du jardin de la maison au sud (100 m²) < 1 personne Une partie des pistes de lavage : 1 personne Une partie des pistes de distribution < 1 personne Total < 3 personnes	Une partie des pistes de lavage < 1 personne Total < 1 personne	Important	Rapide	PhD1 PhD2 PhD5 PhD7 PhD8 PhD10
PhD n°5 – Explosion du container de compression n°1	Non Atteint (zone technique uniquement)	Non Atteint (zone technique uniquement)	Non Atteint (zone technique uniquement)			
PhD n°6 – Fuite d'hydrogène sur le réseau Moyenne Pression (MP)	13 maisons : 33 personnes D1205 : 320 m – 19 personnes Rue et Chemin : 520 m < 1 personne Ensemble de la partie IOP de la station-service : 12 personnes Total < 65 personnes	3 maisons : 7,5 personnes Ensemble de la station partie IOP : 12 personnes Total : 19,5 personnes	1 maison : 2,5 personnes Les pistes de distribution VL : 5 personnes La station de lavage : 1 personne Total : 8,5 personnes	Catastrophique	Rapide	PhD1 PhD2 PhD3 PhD4 PhD5 PhD7 PhD8 PhD9 PhD10 PhD11 PhD12 PhD15
PhD n°7 – Eclatement du stockage Moyenne Pression (MP)	11 maisons : 27,5 personnes Chemin et Rue : 600 m < 1 personne D1205 140 m	1 maison : 2,5 personnes	1 maison : 2,5 personnes	Catastrophique	Rapide	PhD1 PhD2 PhD3 PhD4

Phénomènes dangereux	Comptage de la gravité pour chaque seuil			Gravité	Cinétique	Possibilité d'effets domino sur d'autres PhD
	SEI	SEL	SELS			
	< 8,5 personne Ensemble de la partie IOP de la station : 12 personne Total < 49 personnes	Chemin clos du Prieur : 50 m < 1 personne Ensemble de la station de lavage et des pistes VL : 6 personnes Total < 9,5 personnes	Chemin clos du Prieur : 41 m < 1 personne Ensemble de la station de lavage et une partie des pistes de distribution VL : 5 personnes Total < 8,5 personnes			PhD5 PhD6 PhD8 PhD9 PhD10 PhD12
PhD n°8 – Explosion du container de compression n°2	Non Atteint (zone technique uniquement)	Non Atteint (zone technique uniquement)	Non Atteint (zone technique uniquement)			
PhD n°9 – Fuite d'hydrogène sur le réseau Haute Pression (HP)	14 maisons : 35 personnes Chemin et Rue : 600 m < 1 personne D1205 320 m - 19 personne Ensemble de la partie IOP de la station-service : 12 personnes Total < 67 personnes	2 maisons : 5 personnes 2500 m² de jardin < 1 personne Ensemble de la partie IOP de la station-service : 12 personnes Total < 18 personnes	1 maison : 2,5 personnes Les pistes de distribution VL : 5 personnes La station de lavage : 1 personne Total : 8,5 personnes	Catastrophique	Rapide	PhD1 PhD2 PhD3 PhD4 PhD5 PhD6 PhD7 PhD8 PhD10 PhD11 PhD12 PhD15
PhD n°10 – Eclatement du stockage Haute Pression (HP)	100 m² de jardin < 1 personne La station de lavage et une partie des pistes de distribution : 5 personnes Total < 6 personnes	Non Atteint (zone technique principalement)	Non Atteint (zone technique principalement)	Sérieux	Rapide	PhD2 PhD4 PhD5 PhD6 PhD7 PhD9

Phénomènes dangereux	Comptage de la gravité pour chaque seuil			Gravité	Cinétique	Possibilité d'effets domino sur d'autres PhD
	SEI	SEL	SELS			
PhD n°11 – Rupture guillotine du flexible de distribution d'un semi-remorque	8 maisons : 20 personnes Chemin et Rue : 600 m < 1 personne D1205 200 m < 12 personnes Ensemble de la partie IOP de la station : 12 personnes Total : 44 personnes	1 maison à l'ouest : 2,5 personnes La partie distribution de carburant de la station : 6 personnes Total : 8,5 personnes	Une partie de la piste PL < 1 personne Une partie des pistes VL : 2 personnes Total < 3 personnes	Catastrophique	Rapide	PhD6 PhD9 PhD12 PhD15
PhD n°12 – Eclatement du stockage d'hydrogène du semi-remorque	6 maisons : 15 personnes Ensemble de la partie IOP de la station : 12 personnes Total : 27 personnes	Les pistes VL et PL : 6 personnes Total : 6 personnes	La moitié des pistes VL et PL : 3 personnes Total : 3 personnes	Catastrophique	Rapide	PhD6 PhD9 PhD11 PhD15
PhD n°13 – Relargage d'hydrogène à l'événement	Non Atteint (zone technique uniquement)	Non Atteint (zone technique uniquement)	Non Atteint (zone technique uniquement)			
PhD n°14 – Feu nappe sur une piste de distribution de carburant	Non Atteint (scénario ne produisant d'effets en dehors des limites du site).	Non Atteint (scénario ne produisant d'effets en dehors des limites du site).	Non Atteint (scénario ne produisant d'effets en dehors des limites du site).			
PhD n°15 – Fuite d'un flexible de distribution d'hydrogène	Non Atteint (scénario ne produisant d'effets en dehors des limites du site).	Non Atteint (scénario ne produisant d'effets en dehors des limites du site).	Non Atteint (scénario ne produisant d'effets en dehors des limites du site).			

Tableau 76 : Récapitulatif de la gravité et de la cinétique des PhD

9.4 EVALUATION DE LA PROBABILITE DES PHENOMENES DANGEREUX

9.4.1 Choix d'une méthode d'estimation de la probabilité

La probabilité d'occurrence d'un accident ou d'un phénomène dangereux peut être estimée par plusieurs méthodes. Par exemple :

- ✓ **Une première méthode** consiste à évaluer la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux à partir des événements initiateurs (EI).
- ✓ **Une seconde méthode** consiste à évaluer la probabilité d'occurrence à partir des événements redoutés centraux (ERC).
- ✓ **Une troisième méthode** consiste à évaluer la probabilité d'occurrence directement à partir des phénomènes dangereux (PhD).

Dans le cadre de cette étude, du fait du manque de données de fréquence d'occurrence sur les événements initiateurs et les phénomènes dangereux, l'exploitant a opté pour la seconde méthode pour l'ensemble des phénomènes dangereux à l'exception de l'explosion du module de purification et des containers de compression qui seront traités selon la première méthode en additionnant des probabilités d'occurrence sur des équipements similaires indiquées dans la base SANDIA.

L'exploitant a évalué les probabilités des phénomènes dangereux à partir des probabilités d'ERC et des probabilités d'inflammation issues de la base SANDIA.

9.4.2 Collecte des données d'entrée nécessaires à l'estimation

➤ Méthodologie

Les données d'entrée nécessaires à l'estimation de la probabilité d'occurrence d'un phénomène dangereux à partir de la quantification à l'ERC sont :

- ✓ Les fréquences ou classes de fréquence d'occurrence annuelle des ERC (par exemple : fréquence d'occurrence annuelle de fuite 10%DN sur une tuyauterie...). Cette caractérisation s'est appuyée sur la base de données du laboratoire SANDIA. Ces données sont spécifiques à l'hydrogène utilisé comme vecteur d'énergie. Cette base de données est régulièrement mise à jour.
- ✓ Les niveaux de confiance des barrières de sécurité estimés, qui reflètent un facteur de réduction des risques, soit directement exprimé en une valeur allant de NC 1 à NC 4, soit reflété par une probabilité de défaillance à la sollicitation.
- ✓ Les probabilités d'inflammation.

➤ Fréquence des ERC

Equipement	ERC	Fréquence SANDIA ou autre
Compresseurs	Rupture compresseur à piston ou centrifuge avec joint d'étanchéité	SANDIA : $1,65.10^{-4}$ /compresseur/an, fuite]10% ;100%] de la section de fuite maximale
	Fuite 10 % diamètre sur compresseur à piston	SANDIA : $1,22.10^{-1}$ /compresseur/an, fuite]0% ;10%] de la section de fuite maximale
Tuyauteries	Rupture franche	SANDIA : $6,10.10^{-7}$ /m/an, Fuites]10% ;100%]

	Fuite 10% DN	SANDIA : $1,27.10^{-5}/m/an$, Fuites]0% ;10%]
Stockages	Petite fuite : D = 10 mm	SANDIA : $3,39.10^{-6}/stockage/an$ Fuites]0% ;10%]
	Rupture	SANDIA : $6,8.10^{-7}/stockage/an$ Fuites]10% ;100%]
Flexibles	Rupture franche	SANDIA : $2,12.10^{-4}/flexible/an$, Fuites]10% ;100%]
	Fuite 10% DN	SANDIA : $9,40.10^{-4}/flexible/an$, Fuites]0% ;10%] Le stockage HP est protégé contre les agressions thermiques (seul évènement susceptible de générer une rupture, voir paragraphe 8.12) avec un niveau NC de 3 (voir paragraphe 9.5.1).
Citerne Mobile de GPL	BLEVE	Programme EAT DRA 71 – Réf. 24 : $10^{-7}/an < F6 < 10^{-6}/an$

Tableau 77 : Fréquence des ERC par type d'équipements

➤ Niveau de confiance des mesures de maîtrise des risques

Les mesures de maîtrise des risques apportent un facteur de réduction du risque désigné par le niveau de confiance.

Pour l'estimation de la fréquence d'un phénomène dangereux, seules les barrières de sécurité présentant des performances suffisantes vis-à-vis des scénarios identifiés sont prises en compte. Il est nécessaire de tenir compte de leurs performances, selon qu'elles agissent en prévention ou protection, et de leur nature humaine ou technique. Au final, il faut s'assurer de l'adéquation des barrières de sécurité mises en place vis-à-vis des risques générés.

Pour rappel, une barrière de sécurité se doit d'être indépendante des évènements initiateurs pouvant conduire à sa sollicitation et des autres barrières valorisées pour le même scénario, être efficace pour remplir la fonction de sécurité pour laquelle elle a été choisie et avoir un temps de réponse en adéquation avec la cinétique du scénario qu'elle doit maîtriser. Le cas échéant, il est alors possible de lui attribuer un niveau de confiance (NC) pour quantifier le facteur de réduction du risque.

Il faut rappeler que la performance d'une barrière peut se dégrader au cours du temps. Le maintien de la performance doit donc être assuré par la mise en œuvre de procédures d'exploitation et de maintenance adaptées, et par la réalisation de vérifications et de tests périodiques de fonctionnement.

➤ **Les probabilités d'inflammation**

Les probabilités d'inflammation de l'hydrogène proposées par SANDIA sont :

Table 2-1 Default ignition probabilities for different fuels.

(a) Hydrogen			(b) Methane and Propane		
Release Rate (kg/s)	Ignition Probability		Release Rate (kg/s)	Ignition Probability	
	Immediate	Delayed		Immediate	Delayed
<0.125	0.008	0.004	<1	0.007	0.003
0.125–6.25	0.053	0.027	1–50	0.047	0.023
>6.25	0.230	0.120	>50	0.200	0.100

9.4.3 Fréquences des PhD

Seuls les phénomènes de surpression seront repris dans la colonne probabilité de ce tableau car ils sont systématiquement enveloppe des phénomènes de feu torche, et ce d'autant plus que tous les scénarios de feu torche en zone technique se trouvent encadrés par 4 murs coupe-feu d'une hauteur de 4 à 8 m ce qui les empêchent de sortir de la zone.

Il se peut que la probabilité des feux torches soit légèrement supérieure à la probabilité des phénomènes de surpression mais sans jamais augmenter la classe de probabilité d'un niveau.

Par contre les gravités des feux torches sont pratiquement toujours modérés car les phénomènes thermique ne sortent pas de la zone technique, à l'exception des ruptures franches de tuyauteries en zone publique mais ces feux torches en zone publique sont contenus dans le phénomènes enveloppe VCE (surpression) partant de la zone technique voisine.

N° PhD	Phénomènes dangereux	Précisions sur la détermination de la fréquence	Probabilité	Probabilité des effets domino	Probabilité avec effets domino	Classe de probabilité
1	Fuite d'hydrogène dans le module de purification - VCE	$L_{tuyauteries}$ dans le container de purification = 20m $P_{PhD1} RF = 20 \times 6,10.10^{-7} \times Pinfl = 3,5.10^{-7}$ si $Pinfl = 0,027$	$3,05.10^{-7}$	Pas d'effet domino susceptible de générer une fuite dans le container et de le faire exploser ensuite.	$3,5.10^{-7}$	E
2	Fuite d'hydrogène sur le réseau Basse Pression (BP)	$L_{tuyauteries}$ basse pression = 31,5 m $P_{PhD2} RF = 31,5 \times 6,10.10^{-7} \times Pinfl = 5,19.10^{-7}$ si $Pinfl = 0,027$ et $1,02.10^{-6}$ si $Pinfl = 0,053$	UVCE : $5,2.10^{-7}$ Feu Torche : $1,02.10^{-6}$	PhD4 : $6,8.10^{-7}$ PhD6 UVCE : $3,1.10^{-6}$ PhD7 : 2.10^{-6} PhD9 UVCE : $1,4.10^{-6}$ PhD10 : $2,7.10^{-8}$	$7,7.10^{-6}$	E
3	Eclatement du séparateur d'hydrogène	Stockage : Rupture	$6,8.10^{-7}$	PhD2 UVCE : $5,2.10^{-7}$ PhD6 UVCE : $3,3.10^{-7}$ PhD7 : 2.10^{-6} PhD9 UVCE : $3,3.10^{-7}$	$3,9.10^{-6}$	E
4	Eclatement du stockage Basse Pression (BP)	Stockage : Rupture	$6,8.10^{-7}$	PhD2 UVCE : $5,2.10^{-7}$ PhD6 UVCE : $6,6.10^{-7}$ PhD7 : 2.10^{-6} PhD9 UVCE : $6,6.10^{-7}$ PhD10 : $2,7.10^{-8}$	$4,6.10^{-6}$	E
5	Explosion du container de compression n°1	Non étudié compte tenu des distances d'effets du phénomène (voir §8.7)				

N° Phd	Phénomènes dangereux	Précisions sur la la détermination de fréquence	Probabilité	Probabilité des effets domino	Probabilité avec effets domino	Classe de probabilité
6	Fuite d'hydrogène sur le réseau Moyenne Pression (MP)	$L_{tuyauteries}$ moyenne pression = 188 m $P_{PhD2} RF = 188 \times 6,10 \cdot 10^{-7} \times Pinfl = 3,1 \cdot 10^{-6}$ si $Pinfl = 0,027$ et $6,1 \cdot 10^{-6}$ si $Pinfl = 0,053$	UVCE : $3,10 \cdot 10^{-6}$ Feu Torche : $6,08 \cdot 10^{-6}$	PhD2 Feu torche : $3,2 \cdot 10^{-7}$ PhD7 : $2 \cdot 10^{-6}$ PhD9 feu torche : $2,3 \cdot 10^{-6}$ PhD10 : $2,7 \cdot 10^{-8}$ PhD12 : $4,1 \cdot 10^{-6}$	$9,9 \cdot 10^{-6}$	E
7	Eclatement du stockage Moyenne Pression (MP)	Stockage (3 récipients): Rupture	$2 \cdot 10^{-6}$	PhD2 feu torche : $1,6 \cdot 10^{-7}$ PhD4 : $6,8 \cdot 10^{-7}$ PhD6 Feu torche : $1,3 \cdot 10^{-6}$ PhD9 feu torche : $1,3 \cdot 10^{-6}$ PhD10 : $2,72 \cdot 10^{-8}$	$5,5 \cdot 10^{-6}$	E
8	Explosion du container de compression n°2	Non étudié compte tenu des distances d'effets du phénomène (voir §8.10)				
9	Fuite d'hydrogène sur le réseau Haute Pression (HP)	$L_{tuyauteries}$ haute pression = 82 m $P_{PhD2} RF = 82 \times 6,10 \cdot 10^{-7} \times Pinfl = 1,36 \cdot 10^{-6}$ si $Pinfl = 0,027$ et $2,67 \cdot 10^{-6}$ si $Pinfl = 0,053$	UVCE : $1,36 \cdot 10^{-6}$ Feu Torche : $2,67 \cdot 10^{-6}$	PhD6 feu torche : $2,3 \cdot 10^{-6}$ PhD7 : $2 \cdot 10^{-6}$ PhD10 : $2,7 \cdot 10^{-8}$ PhD12 : $4,8 \cdot 10^{-6}$	$9,8 \cdot 10^{-6}$	E
10	Eclatement du stockage Haute Pression (HP)	Stockage (40 récipients) : Rupture par agression thermique uniquement (par de surremplissage ni d'agression mécanique possible) mais présence d'un TPRD (NC3)	$2,7 \cdot 10^{-8}$	PhD2 feu torche : $1,6 \cdot 10^{-7}$ PhD4 : $6,8 \cdot 10^{-7}$ PhD6 feu torche : $1,6 \cdot 10^{-7}$ PhD7 : $2 \cdot 10^{-6}$ PhD9 feu torche : $1,6 \cdot 10^{-7}$	$3,2 \cdot 10^{-6}$	E
11	Rupture guillotine du flexible de distribution d'un semi-remorque	$2,12 \cdot 10^{-4}$ /flexible/an Avec 2 flexibles au maximum en même temps $= 2 \times 2,12 \cdot 10^{-4} \times Pinfl = 1,14 \cdot 10^{-5}$ si $Pinfl = 0,027$ et $2,25 \cdot 10^{-5}$ si $Pinfl = 0,053$	UVCE : $1,14 \cdot 10^{-5}$ Feu Torche : $2,25 \cdot 10^{-5}$	PhD6 feu torche : $1,3 \cdot 10^{-6}$ PhD9 feu torche : $1,3 \cdot 10^{-6}$ PhD12 : $4,1 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	D

N° PhD	Phénomènes dangereux	Précisions sur la détermination de la fréquence	Probabilité	Probabilité des effets domino	Probabilité avec effets domino	Classe de probabilité
12	Eclatement du stockage d'hydrogène du semi-remorque	Stockage : Rupture	4,1.10 ⁻⁶	PhD6 feu torche : 1,3.10 ⁻⁶ PhD7 : 2.10 ⁻⁶ PhD9 feu torche : 1,3.10 ⁻⁶ PhD11 feu torche: 2,25.10 ⁻⁵	3,1.10 ⁻⁵	D
13	Relargage d'hydrogène aux évents	Non étudié compte tenu de la gravité du phénomène (voir §8.15)				
14	Feu nappe sur une piste de distribution de carburant	Non étudié compte tenu de la gravité du phénomène (voir §8.16)				
15	Fuite d'un flexible de distribution d'hydrogène	Non étudié compte tenu de la gravité du phénomène (voir §8.17)				

Tableau 78 : Récapitulatif de la probabilité des PhD

9.5 SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DÉTAILLÉE DES RISQUES

Dans le tableau ci-dessous seront récapitulés l'ensemble des phénomènes dangereux ayant un effet en dehors du site avec leur classe de gravité, leur classe de probabilité et une estimation, en fonction des moyens de maîtrise mis en œuvre, de la nécessité de mettre en place des servitudes d'utilités publiques.

Les moyens de maîtrise du risque spécifiques (indiqués MMR dans le tableau) sont décrits en détail dans le chapitre 9.5.1.1.

L'estimation de la mise en place d'une servitude d'utilité publique se fait notamment par la prise en compte de la circulaire DPPR/SEI2/FA-07-0066 du 04/05/07 relatif au porter à la connaissance " risques technologiques " et maîtrise de l'urbanisation autour des installations classées .

La gestion des situations d'urgences pour les scénarios susceptibles d'atteindre la zone accessible au public ou de sortir des limites du site est décrite dans le chapitre 9.5.4. . L'ensemble des phénomènes dangereux présents dans le tableau récapitulatif ci-dessous sont susceptibles de sortir des limites du site et tous ces scénarios seront donc repris dans le chapitre 9.5.4 : Organisation des secours.

Phénomènes dangereux - Intitulés	Types d'effets	Gravité	Cinétique	Probabilité	Classe	Effets en dehors du site	Moyens de maîtrises mis en œuvre	Nécessité de mettre en œuvre une servitude
PhD n°1 – Fuite d'hydrogène dans le module de purification - VCE	Surpression	Modéré	Rapide	$3,5 \cdot 10^{-7}$	E	Oui (SEI) <100 m² de pelouse	<p>Mesures passives : MMR3 : Mur EI120 permettant de limiter les surpressions en zone publique et en dehors du site</p> <p>Mesures actives MMR1 : Détection d'hydrogène couplée avec la mise en route de la ventilation et une fermeture des vannes entrée/sortie d'hydrogène ainsi que l'alerte immédiate de l'exploitant via la télésurveillance.</p> <p>Les autres moyens de maîtrise du risque sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Serrage au couple défini et obligatoire lors des maintenances ; - Limitation du nombre de raccord (soudure lorsque c'est possible) ; - Plan de prévention en cas de maintenance avec obligation de 	<p>Non</p> <p>La classe de probabilité est E et seuls les effets irréversibles sortent des limites du sites pour impacter une petite partie du jardin de la maison située au sud de l'installation.</p> <p>Des moyens passifs et actifs de réduction du risque ont été mis en place pour réduire le risque au minimum possible.</p> <p>Enfin la présence du mur de 8m permettra probablement d'éviter que les SEI ne sortent réellement des limites du</p>

Phénomènes dangereux - Intitulés	Types d'effets	Gravité	Cinétique	Probabilité	Classe	Effets en dehors du site	Moyens de maitrisés mis en œuvre	Nécessité de mettre en œuvre une servitude
							<p>dépressuriser les réseaux en cas de risque de choc contre des tuyauteries.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Test d'absence de fuite à la mise en service et tous les 3 mois ; - Aération naturelle et ventilation mécanique ; - Matériel ATEX en zone ATEX ; - Détection incendie et mise en sécurité du site (voir matrice C&E) <p>Effets domino sur : PhD8</p>	site (voir chapitre 9.5.1.1 de l'étude de dangers)
PhD n°2 – Fuite d'hydrogène sur le réseau Basse Pression (BP)	Surpression	Catastrophique	Rapide	$7,7 \cdot 10^{-6}$	E	Oui SEI, SEL et SELS sortent des limites du site	<p>Mesures passives MMR3 : Mur EI120 permettant de limiter les surpressions en zone publique et en dehors du site MMR8 : Mise en caniveau des tuyauteries</p> <p>Mesures actives MMR2 : Détection de chute de pression couplée avec la fermeture des vannes MMR9 : Détection incendie sur les platines générant une fermeture des vannes en cas de détection et une alerte des pompiers.</p> <p>Les autres moyens de maitrise du risque sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Serrage au couple des raccords défini et obligatoire lors des maintenances ; - Limitation du nombre de raccords (soudure lorsque c'est possible) ; - Plan de prévention en cas de maintenance avec obligation de 	<p>Non La classe de probabilité est E et les moyens passifs et actifs de réduction du risque ont été mis en place pour réduire le risque au minimum possible.</p>

Phénomènes dangereux - Intitulés	Types d'effets	Gravité	Cinétique	Probabilité	Classe	Effets en dehors du site	Moyens de maitrisés mis en œuvre	Nécessité de mettre en œuvre une servitude
							<p>dépressuriser les réseaux en cas de risque de choc contre des tuyauteries ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Permis de feu obligatoire ; - Pas de circulation d'engins ni de personnels dans la zone technique. - Test d'absence de fuite à la mise en service et tous les 3 mois ; - Matériel ATEX en zone ATEX ; - Capteur de pression indiquant quand le réseau et les stockages dépassent la pression de service <p>Effets domino sur : PhD1, PhD3, PhD4, PhD5, PhD6, PhD7, PhD8, PhD10</p>	
PhD n°3 – Eclatement du séparateur d'hydrogène	Surpression	Important	Rapide	$3,9 \cdot 10^{-6}$	E	<p>Oui</p> <p>Les SELS sortent légèrement du site (< 100 m² de jardin)</p> <p>Les SEL sortent légèrement des limites du site (< 500 m² de jardin) et effleurent une maison</p> <p>Les SEI englobent trois terrains avec maison</p>	<p>Mesure passive MMR3 : Mur EI120 permettant de limiter les surpressions en zone publique et à l'extérieur du site</p> <p>Mesures actives MMR7 : Soupape de sécurité pour limiter les risques de surpression</p> <p>Les autres moyens de maitrise du risque sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capteur de pression déclenchant un arrêt de la production en cas de surpression. - Détection incendie dépressurisant et inertant les installations 	<p>Non</p> <p>La classe de probabilité est E et des moyens passifs et actifs de réduction du risque ont été mis en place pour réduire le risque au minimum possible.</p>

Phénomènes dangereux - Intitulés	Types d'effets	Gravité	Cinétique	Probabilité	Classe	Effets en dehors du site	Moyens de maitrisés mis en œuvre	Nécessité de mettre en œuvre une servitude
							<p>- Equipement sous pression certifié CE soumis à inspection tous les 4 ans et réépreuve tous les 10 ans</p> <p>Pas d'effet domino :</p>	
PhD n°4 – Eclatement du stockage Basse Pression (BP)	Surpression	Important	Rapide	4,6.10 ⁻⁶	E	<p>Oui Les SEL sortent légèrement des limites du site (<50 m² de jardin) Les SEI englobent 4 terrains, 1 maison et la moitié d'une autre.</p>	<p>Mesures passives MMR3 : Mur EI120 permettant de limiter les surpressions en zone publique et à l'extérieur du site MMR5 : Fusible thermique</p> <p>Mesures actives MMR7 : Soupape de sécurité MMR9 : Détection incendie sur les platines générant une fermeture des vannes en cas de détection et une alerte des pompiers.</p> <p>Les autres moyens de maîtrise du risque sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conformité des réservoirs à la Directive Equipement Sous Pression ; - Contrôle à la mise en service en accord avec l'arrêté du 20 novembre 2017 ; - Inspection tous les 4 ans et réépreuve tous les 10 ans. - Stockage connecté à l'électrolyseur dont la pression maximale ne peut pas dépasser 30 bar ; - Capteur de pression indiquant quand le réseau et les stockages dépassent la pression de service 	<p>Non La classe de probabilité est E et des moyens passifs et actifs de réduction du risque ont été mis en place pour réduire le risque au minimum possible.</p>

Phénomènes dangereux - Intitulés	Types d'effets	Gravité	Cinétique	Probabilité	Classe	Effets en dehors du site	Moyens de maitrisés mis en œuvre	Nécessité de mettre en œuvre une servitude
							Effet domino sur : PhD1, PhD2, PhD7, PhD10	
PhD n°6 – Fuite d'hydrogène sur le réseau Moyenne Pression (MP)	Surpression	Catastrophique	Rapide	9,9.10 ⁻⁶	E	Oui SEI, SEL et SELS sortent des limites du site	<p>Mesures passives MMR3 : Mur EI120 permettant de limiter les surpressions en zone publique et en dehors du site MMR8 : Mise en caniveau des tuyauteries</p> <p>Mesures actives MMR2 : Détection de chute de pression couplée avec la fermeture des vannes MMR9 : Détection incendie sur les platines générant une fermeture des vannes en cas de détection et une alerte des pompiers.</p> <p>Les autres moyens de maîtrise du risque sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Serrage au couple des raccords défini et obligatoire lors des maintenances ; - Limitation du nombre de raccords (soudure lorsque c'est possible) ; - Plan de prévention en cas de maintenance avec obligation de dépressuriser les réseaux en cas de risque de choc contre des tuyauteries ; - Permis de feu obligatoire ; - Pas de circulation d'engins ni de personnels dans la zone technique. - Test d'absence de fuite à la mise en service et tous les 3 mois ; - Matériel ATEX en zone ATEX ; 	Non La classe de probabilité est E et des moyens passifs et actifs de réduction du risque ont été mis en place pour réduire le risque au minimum possible.

Phénomènes dangereux - Intitulés	Types d'effets	Gravité	Cinétique	Probabilité	Classe	Effets en dehors du site	Moyens de maitrisés mis en œuvre	Nécessité de mettre en œuvre une servitude
							<p>- Capteur de pression indiquant quand le réseau et les stockages dépassent la pression de service</p> <p>Effet domino sur : PhD1, PhD2, PhD3, PhD4, PhD7, PhD9, PhD10, PhD11, PhD12</p>	
PhD n°7 – Eclatement du stockage Moyenne Pression (MP)	Surpression	Catastrophique	Rapide	$5,5 \cdot 10^{-6}$	E	<p>Oui Les SELS sortent légèrement des limites sud et inclus 1 maison Les SEL impactent 3 terrains et 1 maison. Les SEI impactent 18 terrains et 12 maisons</p>	<p>Mesures passives MMR3 : Mur EI120 permettant de limiter les surpressions en zone publique MMR4 : Plaque de protection sur le lyrage et le corp de la bouteille MMR5 : Fusible thermique</p> <p>Mesures actives MMR7 : Soupape de sécurité MMR9 : Détection incendie sur les platines générant une fermeture des vannes hydrogène en cas de détection et une alerte des pompiers.</p> <p>Les autres moyens de maitrise du risque sont : - Conformité des réservoirs à la Directive Equipement Sous Pression ; - Contrôle à la mise en service en accord avec l'arrêté du 20 novembre 2017 ; - Inspection tous les 4 ans et réépreuve tous les 10 ans. - Capteur de pression indiquant quand le réseau et les stockages dépassent la pression de service</p>	<p>Non La classe de probabilité est E et des moyens passifs et actifs de réduction du risque ont été mis en place pour réduire le risque au minimum possible.</p>

Phénomènes dangereux - Intitulés	Types d'effets	Gravité	Cinétique	Probabilité	Classe	Effets en dehors du site	Moyens de maitrises mis en œuvre	Nécessité de mettre en œuvre une servitude
							Effet domino sur : PhD1, PhD2, PhD3, PhD4, PhD6, PhD9, PhD10, PhD12	
PhD n°9 – Fuite d'hydrogène sur le réseau Haute Pression (HP)	Surpression	Catastrophique	Rapide	9,8.10 ⁻⁶	E	Oui SEI, SEL et SELS sortent des limites du site	<p>Mesures passives MMR3 : Mur EI120 permettant de limiter les surpressions en zone publique et en dehors du site MMR8 : Mise en caniveau des tuyauteries</p> <p>Mesures actives MMR2 : Détection de chute de pression couplée avec la fermeture des vannes MMR9 : Détection incendie sur les platines générant une fermeture des vannes en cas de détection et une alerte des pompiers.</p> <p>Les autres moyens de maîtrise du risque sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Serrage au couple des raccords défini et obligatoire lors des maintenances ; - Limitation du nombre de raccords (soudure lorsque c'est possible) ; - Plan de prévention en cas de maintenance avec obligation de dépressuriser les réseaux en cas de risque de choc contre des tuyauteries ; - Permis de feu obligatoire ; - Pas de circulation d'engins ni de personnels dans la zone technique. - Test d'absence de fuite à la mise en service et tous les 3 mois ; - Matériel ATEX en zone ATEX ; 	Non La classe de probabilité est E et des moyens passifs et actifs de réduction du risque ont été mis en place pour réduire le risque au minimum possible.

Phénomènes dangereux - Intitulés	Types d'effets	Gravité	Cinétique	Probabilité	Classe	Effets en dehors du site	Moyens de maitrisés mis en œuvre	Nécessité de mettre en œuvre une servitude
							<p>- Capteur de pression indiquant quand le réseau et les stockages dépassent la pression de service</p> <p>Effet domino sur : PhD1, PhD2, PhD3, PhD4, PhD6, PhD7, PhD10, PhD11, PhD12</p>	
PhD n°10 – Eclatement du stockage Haute Pression (HP)	Surpression	Sérieux	Rapide	3,2.10 ⁻⁶	E	<p>Oui Seules les SEI sortent des limites du site et englobent <200 m² de jardin</p>	<p>Mesures passives MMR3 : Mur EI120 permettant de limiter les surpressions en zone publique MMR4 : Plaque de protection sur le lyrage et le corp de la bouteille MMR5 : Fusible thermique</p> <p>Mesures actives MMR7 : Soupape de sécurité MMR9 : Détection incendie sur les platines générant une fermeture des vannes hydrogène en cas de détection et une alerte des pompiers.</p> <p>Les autres moyens de maitrise du risque sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conformité des réservoirs à la Directive Equipement Sous Pression ; - Contrôle à la mise en service en accord avec l'arrêté du 20 novembre 2017 ; - Inspection tous les 4 ans et réépreuve tous les 10 ans. - Capteur de pression indiquant quand le réseau et les stockages dépassent la pression de service 	<p>Non La classe de probabilité est E et seuls les effets irréversibles sortent des limites du sites pour impacter une petite partie des 2 jardins des parcelles au sud du site.</p>

Phénomènes dangereux - Intitulés	Types d'effets	Gravité	Cinétique	Probabilité	Classe	Effets en dehors du site	Moyens de maîtrises mis en œuvre	Nécessité de mettre en œuvre une servitude
PhD n°11 – Rupture guillotine du flexible de distribution d'un semi-remorque	Surpression	Catastrophique	Rapide	1,8.10 ⁻⁵	D	<p>Oui Les SELS et SEL englobent une petite partie de jardin (<200 m²) Les SEI englobent 7 terrains et 3 maisons</p>	<p>Barrières passives MMR3 : Mur EI120 permettant de limiter les surpressions en zone publique et en dehors des limites du site.</p> <p>Barrières actives MMR6 : Système breakaway MMR2 : Détection de chute de pression couplée avec la fermeture des vannes hydrogène MMR9 : Détection incendie sur les platines générant une fermeture des vannes hydrogène en cas de détection et une alerte des pompiers.</p> <p>Les autres moyens de maîtrise du risque sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Test d'absence de fuite obligatoire à chaque raccordement (via un protocole de sécurité et de l'affichage sur site) et vérification visuelle de l'état du flexible ; - Limitation du nombre de raccords (soudure lorsque c'est possible sur le semi-remorque) ; - Protocole de sécurité indiquant comment se raccorder à la platine ; - Réseaux protégés contre les risques de choc (butée de roue) ; - Conducteurs effectuant le raccordement formés ADR. <p>Effet domino sur : PhD12</p>	<p>Non Même si la classe de probabilité est de D, les SEL et SELS ne font qu'effleurer les terrains voisins et la zone d'ombre générée par les murs sur les ondes de pression (voir chapitre 9.5.1.1 de l'étude de dangers) limiteront probablement les SEL et SELS à l'intérieur du site. De plus les Moyens de Maîtrise du risque n'ont pas pu être pris en compte en termes de probabilité car leur utilisation dans l'hydrogène est récente. Enfin la probabilité est très proche de la classe E.</p>

Phénomènes dangereux - Intitulés	Types d'effets	Gravité	Cinétique	Probabilité	Classe	Effets en dehors du site	Moyens de maitrisés mis en œuvre	Nécessité de mettre en œuvre une servitude
PhD n°12 – Eclatement du stockage d'hydrogène du semi-remorque	Surpression	Catastrophique	Rapide	3,1.10 ⁻⁵	D	<p>Oui Les SELS et SEL englobent une petite partie de jardin (<200 m²) Les SEI englobent 7 terrains et 6 maisons</p>	<p>Barrières passives MMR3 : Mur EI120 permettant de limiter les surpressions en zone publique et en dehors des limites du site.</p> <p>Barrières actives MMR9 : Détection incendie sur les platines générant une fermeture des vannes hydrogène en cas de détection et une alerte des pompiers. MMR7 : Soupape de sécurité sur la platine protégeant les récipients du camion</p> <p>Les autres moyens de maîtrise du risque sont : - Conformité des réservoirs à la Directive Equipement Sous Pression Transportable (marquage PI) ; - Mesure de la pression avec arrêt en cas de dépassement seuil haut - Contrôle et inspection des récipients.</p> <p>Effet domino sur : PhD6, PhD9, PhD11</p>	<p>Non Même si la classe de probabilité est de D, les SEL et SELS ne font qu'effleurer les terrains voisins et la zone d'ombre générée par les murs sur les ondes de pression (voir chapitre 9.5.1.1) limiteront probablement les SEL et SELS à l'intérieur du site. De plus les semi-remorques actuels sont pratiquement tous équipés de fusibles. La présence de fusibles thermiques permet de descendre la probabilité à une classe E.</p> <p>Mais en l'état actuel du projet, la présence d'un camion sans fusible thermique ne peut pas être totalement exclue, néanmoins la probabilité est très proche de la classe E.</p>

Tableau 79 : Synthèse de l'ADR

9.5.1 Tableau récapitulatif des Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) et mesures Importantes pour la Sécurité (MIPS)

9.5.1.1 Mesures de maîtrise des risques (MMR)

Une Mesure de Maîtrise des Risques (MMR) est une chaîne de sécurité destinée à prévenir l'occurrence (MMR de prévention) ou à limiter les conséquences (MMR de protection) d'un événement redouté susceptible de conduire à un accident majeur, c'est-à-dire ayant des effets sur les tiers en dehors du site. Ces barrières peuvent être de différents types :

- **les barrières techniques de sécurité (BTS)** : les éléments de la chaîne sont des dispositifs techniques (détecteur, vanne automatique, ...) ;
- **les barrières organisationnelles ou humaines de sécurité (BHS)** qui correspondent à 2 types d'activités :
 - tâches de contrôle : elles agissent en prévention et correspondent à des contrôles préalables à une activité ou à un contrôle de la bonne réalisation d'une activité ;
 - tâches de rattrapage de dérive : elles interviennent à la suite de dérives de fonctionnement (à la suite d'une alarme par exemple).
- **les systèmes mixtes** ou barrières techniques à action manuelle (BTHS).

Les Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) doivent satisfaire un certain nombre de critères (indépendance, efficacité, temps de réponse, testabilité-maintenabilité). Elles sont caractérisées par un niveau de confiance NC (= 1, 2 ou 3) qui représente la probabilité de défaillance de la chaîne de sécurité et traduit la réduction de la probabilité de l'événement redouté ou du phénomène dangereux sur lequel elle intervient (un NC de 1 correspond à une réduction de la probabilité d'une classe ou, en probabilité quantifiée, d'un facteur 10).

Réf	Intitulé de la barrière	Critère	Evaluation	Justification
1	Détection de présence d'hydrogène couplée avec la ventilation, l'arrêt du process concerné et la fermeture des vannes hydrogène pour isoler les équipements et arrêter la circulation de l'hydrogène.	Technique / Organisationnelle	T	Barrière technique
		Active / passive	A	Mesure instrumentée active
		Indépendance (O/N)	O	Mesure de limitation des effets
		Efficacité (%)	100	Interruption de l'arrivée d'hydrogène permettant d'arrêter la fuite.
		Temps de réponse	4,5 s	Il n'est cependant pas certains que le délai de réaction évite l'inflammation du nuage de gaz d'où sa non pris en compte dans la probabilité
		Test, maintenance	O	Suivant les prescriptions du fabricant pour garantir la disponibilité de la mesure
		Niveau de confiance	2	Ensemble de la chaîne de sécurité SIL2
2	Détection de chute de pression couplée avec la fermeture des vannes hydrogène pour arrêter la fuite.	Technique / Organisationnelle	T	Barrière technique
		Active / passive	A	Mesure instrumentée active
		Indépendance (O/N)	O	Mesure de limitation des effets
		Efficacité (%)	100	Interruption de l'arrivée d'hydrogène permettant d'arrêter la fuite.
		Temps de réponse	4,5 s	Il n'est cependant pas certains que le délai de réaction évite l'inflammation du nuage de gaz d'où sa non pris en compte dans la probabilité

Réf	Intitulé de la barrière	Critère	Evaluation	Justification
		Test, maintenance	O	Suivant les prescriptions du fabricant pour garantir la disponibilité de la mesure
		Niveau de confiance	2	Ensemble de la chaîne de sécurité SIL2
3	Mur EI120 type béton armé permettant de limiter la propagation de la surpression et d'éviter l'impact des phénomènes thermiques provenant de la zone technique sur la zone publique	Technique / Organisationnelle	T	Barrière technique
		Active / passive	P	Système passif ne pouvant dysfonctionner
		Indépendance (O/N)	O	Limitation des effets
		Efficacité (%)	100 pour les effets thermique	Il est très difficile de garantir la tenue du mur en cas d'éclatement ou de surpression d'où sa non pris en compte dans la gravité pour les phénomènes de surpression (voir focus ci-dessous)
		Temps de réponse	Immédiat	
		Test, maintenance	Non concerné	
		Niveau de confiance	Non concerné	
4	Plaque de protection sur le corps des bouteilles et le lyrage	Technique / Organisationnelle	T	Barrière technique
		Active / passive	P	Système passif ne pouvant dysfonctionner
		Indépendance (O/N)	O	Limitation des effets
		Efficacité (%)	100	Permet de supprimer les risques d'éclatement en cas d'agression thermique pour les récipients en composite
		Temps de réponse	Immédiat	Barrière technique
		Test, maintenance	Non concerné	Système passif ne pouvant dysfonctionner
		Niveau de confiance	Non concerné	
5	TPRD : fusible thermique permettant de relâcher la pression d'un récipient avant son éclatement s'il est pris dans un incendie	Technique / Organisationnelle	T	Barrière technique
		Active / passive	P	Fonte d'un fusible sous l'effet de la chaleur
		Indépendance (O/N)	O	Mesure de limitation des effets
		Efficacité (%)	100	Dépressurisation complète du récipient
		Temps de réponse	Variable	En fonction du flux thermique
		Test, maintenance	O	Suivant les prescriptions du fabricant pour garantir la disponibilité de la mesure
		Niveau de confiance	3	Taux de défaillance déterminé par les bases type OREDA, EIREDA (type disque de rupture)

Réf	Intitulé de la barrière	Critère	Evaluation	Justification
6	Breakaway : Endroit fragilisé du flexible qui s'obture automatiquement s'il est rompu (présence de 2 vannes fonctionnant comme des clapet anti-retour)	Technique / Organisationnelle	T	Barrière technique
		Active / passive	P	Vanne se fermant uniquement sous l'effet de la pression
		Indépendance (O/N)	O	Mesure de limitation des effets
		Efficacité (%)	100	Fermeture complète des extrémités du flexible Il n'est cependant pas sûr que le flexible se rompe systématiquement au niveau du breakaway (cas d'un projectile par exemple) d'où sa non pris en compte dans la matrice de criticité finale
		Temps de réponse	< 2 s	
		Test, maintenance	O	Suivant les prescriptions du fabricant
		Niveau de confiance	1	Taux de défaillance d'une vanne
7	Soupape de sécurité libérant la pression présente dans les stockages en cas de surpression envoyée par erreur (surremplissage) ou lorsque les bouteilles sont prises dans un incendie.	Technique / Organisationnelle	T	Barrière technique
		Active / passive	P	Ouverture d'un clapet retenu par un ressort
		Indépendance (O/N)	O	Mesure de limitation des effets
		Efficacité (%)	100	Dépressurisation du récipient
		Temps de réponse	Variable	En fonction de la montée en pression
		Test, maintenance	O	Suivant les prescriptions du fabricant, tarage effectué pour garantir son ouverture à la bonne pression.
		Niveau de confiance	2	Taux de défaillance déterminé par les bases type OREDA, EIREDA (type disque de rupture)
8	Mise en caniveau des tuyauteries hydrogène pour limiter les risques de chocs, les projections de débris et les effets des feux torche.	Technique / Organisationnelle	T	Barrière technique
		Active / passive	P	Système passif ne pouvant dysfonctionner
		Indépendance (O/N)	O	Limitation des effets
		Efficacité (%)	100 % pour les effets thermique Onde de choc divisée entre 2 et 4 fois	Les tuyauteries sont portées par une des 2 faces verticales du caniveau et peuvent bénéficier du phénomène « d'ombre » que génère un obstacle sur une onde de choc (voir focus sur le fonctionnement d'un mur coupe-feu ci-dessous).
		Temps de réponse	Immédiat	
		Test, maintenance	Non concerné	Aucun besoin de maintenance
		Niveau de confiance	Non concerné	

Réf	Intitulé de la barrière	Critère	Evaluation	Justification
9	Détection incendie dans les containers avec hydrogène, sur les stockages et sur la platine de raccordement des semi-remorques	Technique / Organisationnelle	T	Barrière technique
		Active / passive	A	Mesure instrumentée active
		Indépendance (O/N)	O	Mesure de limitation des effets
		Efficacité (%)	100	Interruption de l'arrivée d'hydrogène. Appel des pompiers par la télésurveillance.
		Temps de réponse	15 s	Il s'agit du temps de détection couplé avec le temps de fermeture des vannes et d'alerte de la télésurveillance
		Test, maintenance	T	Suivant les prescriptions du fabricant pour garantir la disponibilité de la mesure
		Niveau de confiance		Ensemble de la chaîne de sécurité SIL2

Tableau 80 : Liste des MMR

➤ Focus sur le fonctionnement du mur EI120 en cas de surpression⁷

L'effet d'écran d'un mur de protection est relativement difficile à quantifier en champ lointain et l'onde de pression a tendance à le contourner.

En champ proche, la circulaire du 8 mai 1981 relative aux stockages pyrotechniques (MEDD 1981) précise les effets protecteurs d'un mur écran. On retiendra les ordres de grandeur suivants :

- Dans une zone située entre la base du mur et 2 fois sa hauteur, on observe une surpression 4 à 6 fois inférieure à celle qui serait observée en champ libre ;
- Dans une zone située entre 2 et 4 fois la hauteur du mur, on observe une surpression de 2 à 4 fois inférieure à celle qui serait observée en champ libre.

Il est entendu que le mur lui-même doit résister à l'onde de choc.

Ce mur permettrait donc, en cas d'inflammation d'un nuage de gaz suite à la rupture franche d'un réseau BP, MP ou HP en zone technique d'éviter que des niveaux de surpression mortels n'atteignent les zones de distribution de carburant ouvertes au public. Cela ne peut cependant être garanti car le mur pourrait être endommagé par l'explosion.

➤ Focus sur les plaques de protection et le fusible thermique (TPRD)

Une étude de l'INERIS⁸ indique qu'un stockage type cadre de bouteille à 200 barg pris dans un incendie et protégé par des plaques d'acier de 2 mm ne peut pas éclater pour des bouteilles composite mais peut éclater pour des bouteilles métalliques.

Par ailleurs l'utilisation d'un TPRD (Thermally activated Pressure Relief Device) ou fusible thermique permet de réduire encore la probabilité d'éclatement d'un réservoir (avec une fiabilité d'environ 10^{-3}).

La probabilité d'éclatement d'un réservoir Haute Pression protégé par un TRPD sera donc diminuée d'autant (elle pourrait être nulle avec l'utilisation des plaques de protection mais il s'agit de réservoir à 1000 barg alors que les tests de l'INERIS concernaient des réservoir de 200 barg).

⁷ Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA-35). La résistance des structures aux actions accidentelles.

⁸ Modélisation des conséquences de rejets d'hydrogène sur une station de distribution hydrogène

9.5.1.2 *Autres mesures importantes pour la sécurité*

Il n'y a pas de poste de travail ni de personnel sur le site, il doit fonctionner de façon autonome et tous les dispositifs de sécurité sont conçus pour fonctionner de manière automatique.

Les interventions sur les installations pour réaliser la maintenance préventive et curative seront faites par des prestataires sélectionnés pour partie pour leur compétence techniques et le respect des consignes de sécurité.

Des sanitaires et points d'eau sont présents en zone publique (partie IOP) permettant aux prestataires d'y accéder à tout moment lors de leurs interventions.

Les points suivants seront mis en œuvre avec les prestataires de maintenance via les plans de prévention :

- Mode opératoire et analyse des risques spécifique ;
- Permis de travail (notamment permis de feu) pour toutes les interventions liées à de la coactivité ou pour des interventions à risque spécifique (travail en hauteur, levage, consignation des énergies ;
- Vérification que les opérateurs intervenant ont bien été formés :
 - A l'utilisation des extincteurs sur station ;
 - Au travail et à la maintenance de matériel en zone ATEX (si nécessaire) ;
 - Au travail sur des installations électriques (via des habilitations électriques adaptées) ;
 - Au travail en hauteur ;
 - Au travail sur des installations ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) ;
 - A la rédaction et au suivi des Plans de Prévention et des Permis de travail.

D'autres mesures de sécurité sont également mises en œuvre :


- Vidéosurveillance de l'ensemble du site ;
- Télésurveillance de l'ensemble des boucles de sécurité qui remonte à une astreinte joignable en 24/7 ;
- Accès restreint à la zone technique (portail/portes/mur et vidéosurveillance) ;
- Contrôle à la mise en service des équipements sous pression, inspection tous les 4 ans et ré-épreuve tous les 10 ans ;
- Visite initiale de conformité des installations électriques et des raccordements à la terre suivi d'un contrôle annuel des installations électriques ;
- Arrêt d'urgence présent en zone technique.


9.5.2 Synthèse de l'analyse des risques – Criticité


Gravité des conséquences sur les personnes exposées au risque	PROBABILITE (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique	PhD2 PhD6 PhD7 PhD9	PhD11 PhD12			
Important	PhD3 PhD4				
Sérieux	PhD10				
Modéré	PhD1				

Tableau 81 : Matrice finale de criticité

 Zone de risque non acceptable.

 Zone de risque intermédiaire nécessitant la mise en place de mesures de maîtrise des risques dans des conditions économiquement acceptables.

 Zone de risque acceptable si des axes d'amélioration et des mesures de maîtrise de risques sont mis en œuvre.

 Zone de risque acceptable.

En fonction du niveau de criticité obtenu, des mesures complémentaires peuvent être proposées.

- **Zone en rouge « NON »** : zone de risque élevé → accidents « **inacceptables** » susceptibles d'engendrer des dommages sévères à l'intérieur et hors des limites du site (mesures compensatoires à mettre en œuvre).
- **Zone en jaune et orange « MMR »** : zone de Mesures de Maîtrise des Risques. Les phénomènes dangereux dans cette zone doivent faire l'objet d'une démarche d'amélioration continue 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 → zone ALARP (As Low As Reasonably Practicable). Il est important de démontrer que toutes les mesures de maîtrise des risques ont été envisagées et mises en œuvre (dans la mesure du techniquement et économiquement réalisable).
- **Zone en vert** : zone de risque moindre → accidents « **acceptables** » dont il n'y a pas lieu de s'inquiéter outre mesure (le risque est maîtrisé). Pas de mesures de réduction complémentaire du risque.

9.5.3 *Rappel des moyens de prévention et de protection présents pour les phénomènes en zone de criticité intermédiaire*

9.5.3.1 *Mesures de protections et de préventions collectives pour les phénomènes dangereux en zone MMR rang 1 (jaune)*

Des mesures concernant l'implantation et l'aménagement ont été prises en compte dès la conception :

- Les installations contenant de l'hydrogène (séparateur et purificateur) sont soit en plein air, soit dans un compartiment ventilé naturellement et mécaniquement pour limiter les risques d'accumulation ;
- Le positionnement des différents détecteurs H₂ dans les compartiments contenant de l'hydrogène a été étudié afin de couvrir l'ensemble des zones où l'hydrogène peut s'accumuler tout en détectant le plus tôt possible les fuites les plus probables ;
- Ces installations sont protégées de la zone public par un mur EI120 de 8 m de haut faisant le tour de l'ensemble de la zone technique. Les portes permettant à la maintenance d'accéder à la zone seront aussi EI120 (à l'exception du portail d'accès des semi-remorques en zone d'approvisionnement);
- Le procédé de production d'hydrogène ne requiert pas de produits présentant des caractéristiques dangereuses ;
- Les stockages d'hydrogène sont aussi positionnés de façon à se trouver éloignés des groupes froids des stations de compression et de distribution afin d'éviter que la maintenance de ceux-ci ne puisse avoir un impact sur les stockages (risque de chocs et de travaux par points chauds mieux maîtrisés).

Des moyens de prévention et de protection des risques sont intégrés à la conception des équipements :

- L'utilisation de matériaux adaptés aux caractéristiques de l'H₂ (à minima Norme NF M58-003 et tuyauteries de type 316 L) ;
- A chaque fois que nécessaire (risque de collision entre un véhicule et les tuyauteries), les tuyauteries seront en caniveaux sinon elles seront protégées par le mur d'enceinte et des systèmes anticollision. Aucune tuyauterie aérienne ne sera présente en zone publique ;
- Aucune circulation de véhicules n'est attendue en zone technique sauf pour des opérations de maintenance lourdes nécessitant de fait l'arrêt de la production ;
- Les tuyauteries d'H₂ et leurs raccords seront installées conformément aux normes NF EN 13480-5 et NF EN 13480-6 et utiliseront de l'acier 316 L ;
- Des tests d'étanchéité et de tenue en pression seront réalisés à la mise en service des réseaux ;
- L'ensemble des équipements présents en zones ATEX sera en adéquation avec le classement des zones (ces équipements ne seront par conséquent pas des sources d'inflammation potentielles puisque adaptés à leur environnement) ;
- Les équipements sous pression respecteront la réglementation et les exigences leur étant applicables (Directive Equipement sous Pression ou Directive Equipement sous Pression Transportable);
- Présence de soupapes connectées à un réseau d'évents H₂ ;
- Le risque de fuite a aussi été analysé et pris en compte dans les divers HAZOP réalisées sur les équipements (électrolyseurs, compresseurs et réseaux de distribution du site) afin de s'assurer qu'il reste à un niveau acceptable.

A noter que la totalité de l'instrumentation de sécurité des équipements de la partie hydrogène est de type SIL (Safety Integrate Level). Le choix des capteurs sera adapté à leur taux de sollicitation afin d'assurer des taux de défaillance les plus bas possible. A titre d'exemple, l'instrumentation pour le suivi de niveau, pression et température est du type SIL 2 avec une estimation des taux de défaillance à 10⁻².

9.5.3.2 *Mesures de protection spécifiques aux PhD2, PhD6 et PhD9 (rupture franche de tuyauterie) qui sont MMR de rang 1 (jaune)*

- **MMR3** : Mur EI120 permettant de limiter les surpressions en zone publique et en dehors du site (voir chapitre 9.5.1.1) ;

- **MMR8** : Mise en caniveau des tuyauteries ;
- **MMR2** : Détection de chute de pression couplée avec la fermeture des vannes isolant les process hydrogène ;
- **MMR9** : Détection incendie sur les platines générant une fermeture des vannes des vannes isolant les process hydrogène en cas de détection et une alerte des pompiers.
- Serrage au couple des raccords défini et obligatoire lors des maintenances ;
- Limitation du nombre de raccords (soudure lorsque c'est possible) ;
- Plan de prévention en cas de maintenance avec obligation de dépressuriser les réseaux en cas de risque de choc contre des tuyauteries ;
- Permis de feu obligatoire ;
- Pas de circulation d'engins ni de personnels dans la zone technique ;
- Test d'absence de fuite à la mise en service et tous les 3 mois ;
- Capteur de pression indiquant quand le réseau et les stockages dépassent la pression de service et arrêtant le process le cas échéant.

Conclusion :

Considérant l'ensemble des moyens de maîtrise du risque qui ont été mis en œuvre, pour chaque phénomène dangereux identifié, les risques situés dans la zone MMR1 ont été jugés acceptables.

9.5.3.3 Mesures de protection spécifiques aux PhD3, PhD4 et PhD7 (éclatement d'un récipient) qui sont MMR de rang 1 (jaune)

- **MMR3** : Mur EI120 permettant de limiter les surpressions en zone publique ;
- **MMR4** : Plaque de protection sur le lyrage et le corp de la bouteille (pour le PhD7) ;
- **MMR5** : Fusible thermique ;
- **MMR7** : Soupape de sécurité ;
- **MMR9** : Détection incendie sur les platines générant une fermeture des vannes hydrogène en cas de détection et une alerte des pompiers ;
- Contrôle des récipients à la mise en service en accord avec l'arrêté du 20 novembre 2017 ;
- Inspection des récipients tous les 4 ans et réépreuve tous les 10 ans ;
- Capteur de pression indiquant quand le réseau et les stockages dépassent la pression de service et arrêtant le process le cas échéant.

9.5.3.4 Mesures de protections et de préventions collectives pour les phénomènes dangereux en zone MMR rang 2 (orange)

Des mesures concernant l'implantation et l'aménagement ont été prise en compte dès la conception :

- Les installations contenant de l'hydrogène sont en plein air pour limiter les risques d'accumulation ;
- Ces installations sont protégées de la zone public par un mur EI120 faisant le tour de l'ensemble de la zone d'approvisionnement. Les portes permettant à la maintenance d'accéder à la zone seront aussi EI120 (à l'exception du portail d'accès des semi-remorques);

Des moyens de prévention et de protection des risques sont intégrés à la conception des équipements :

- L'utilisation de matériaux adaptés aux caractéristiques de l'H2 (à minima Norme NF M58-003 et tuyauteries de type 316 L) ;
- A chaque fois que nécessaire (risque de collision entre un véhicule et les tuyauteries), les tuyauteries seront en caniveaux sinon elles seront protégées par le mur d'enceinte et des systèmes anticollision. Aucune tuyauterie aérienne ne sera présente en zone publique ;
- Aucune circulation de véhicules autre que les semi-remorques d'hydrogène n'est attendue en zone technique sauf pour des opérations de maintenance lourdes nécessitant de fait l'arrêt de la production ;
- Les tuyauteries d'H2 et leurs raccords seront installées conformément aux normes NF EN 13480-5 et NF EN 13480-6 et utiliseront de l'acier 316 L ;

- Des tests d'étanchéité et de tenue en pression seront réalisés à la mise en service des réseaux ;
- L'ensemble des équipements présents en zones ATEX sera en adéquation avec le classement des zones (ces équipements ne seront par conséquent pas des sources d'inflammation potentielles puisque adaptés à leur environnement) ;
- Les équipements sous pression respecteront la réglementation et les exigences leur étant applicables (Directive Equipement sous Pression ou Directive Equipement sous Pression Transportable);
- Présence de soupapes connectées à un réseau d'évent H2 ;
- Le risque de fuite a aussi été analysé et pris en compte dans les divers HAZOP réalisées sur les équipements (réseaux de distribution du site) afin de s'assurer qu'il reste à un niveau acceptable.

A noter que la totalité de l'instrumentation de sécurité des équipements de la partie hydrogène est de type SIL (Safety Integrate Level). Le choix des capteurs sera adapté à leur taux de sollicitation afin d'assurer des taux de défaillance les plus bas possible. A titre d'exemple, l'instrumentation pour le suivi de niveau, pression et température est du type SIL 2 avec une estimation des taux de défaillance à 10^{-2} .

9.5.3.5 Mesures de protection spécifiques aux PhD11 et PhD12 (rupture guillotine d'in flexible et éclatement d'un récipient d'un semi-remorque) qui sont MMR de rang 2 (orange)

- **MMR3** : Mur EI120 permettant de limiter les surpressions en zone publique et en dehors des limites du site ;
- **MMR9** : Détection incendie sur les platines générant une fermeture des vannes hydrogène en cas de détection et une alerte des pompiers ;
- **MMR7** : Soupape de sécurité sur la platine protégeant les récipients du camion ;
- **MMR6** : Système breakaway ;
- **MMR2** : Détection de chute de pression couplée avec la fermeture des vannes hydrogène pour limiter les conséquences d'une fuite ;
- **MMR9** : Détection incendie sur les platines générant une fermeture des vannes hydrogène en cas de détection et une alerte des pompiers ;
- Test d'absence de fuite obligatoire à chaque raccordement d'un semi-remorque (via un protocole de sécurité et de l'affichage sur site) et vérification visuelle de l'état du flexible ;
- Protocole de sécurité indiquant comment se raccorder à la platine ;
- Platine protégée contre les risques de choc (butée de roue) ;
- Conducteurs effectuant le raccordement formés au transport de marchandises dangereuses ;
- Semi-remorque d'approvisionnement en hydrogène certifié ADR.

Conclusion :

Le site se devant de recevoir les semi-remorques de livraisons d'hydrogène existant, il peut difficilement imposer aux sociétés livrant de l'hydrogène de modifier leurs camions. Par contre tout a été fait sur le site pour que la zone d'approvisionnement soit isolée des autres zones :

- Présence d'un mur coupe-feu et d'un portail entre la zone d'approvisionnement et la zone publique ;
- Présence d'un mur coupe-feu et de portes coupe-feu entre la zone d'approvisionnement et la zone technique.

Cette séparation permet d'éviter que des phénomènes ayant lieux dans ces autres zones n'impactent un camion présent dans la zone d'approvisionnement.

Celle-ci est par ailleurs libre de tout combustible ou équipement qui pourraient propager un incendie jusqu'au semi-remorque.

Pour ce qui est de la gestion du risque de rupture du flexible, aucun système ne peut empêcher en cas de rupture franche de celui-ci la libération immédiate de l'hydrogène et la création d'un nuage inflammable. La sécurité mise en place permet d'orienter si possible la rupture du flexible vers une zone fragilisée pouvant se refermer très rapidement (en environ 2 secondes) : il s'agit du breakaway. Pour compléter ce dispositif, une détection de chute de pression permet de fermer les vannes présentes sur la platine et d'arrêter le flux

d'hydrogène cependant le temps de détection et de fermeture des vannes ne peuvent pas empêcher la création initiale d'un nuage de gaz inflammable.

En conclusion tout a été fait pour qu'avec les paramètres de process existant, le risque soit réduit au minimum dans la zone d'approvisionnement qui regroupe les 2 scénario MMR2.

9.5.4 Organisation des secours

A noter tout d'abord que le site n'est pas un site dit SEVESO car il ne dépasse pas le seuil bas des rubriques concernés. Le site n'est pas non plus tenu d'établir un Plan d'Organisation Interne ou POI.

Pour rappel, la station multi énergies de Vougy est une station automatisée sans présence de poste de travail permanent. Des opérateurs ou des techniciens sont susceptibles de venir sur le site dans la zone publique ou dans la zone technique mais uniquement pour réaliser des opérations de maintenance ou d'entretien.

Une société de télésurveillance disponible 24h/24 et 7j/7 répond aux appels envoyés depuis la borne d'appel d'urgence et reçoit les alarmes liées à des fuites d'hydrogène, celles dues à un départ d'incendie sur le site ou celles liées à l'utilisation d'un arrêt d'urgence général (bouton pression).

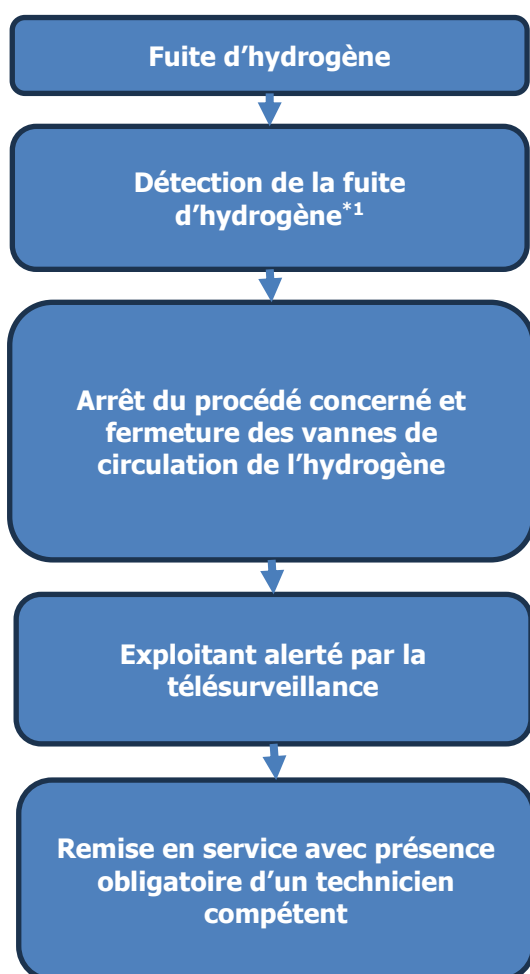
L'accès à la zone technique sera sécurisé par un système de badge ou de clé.

Par ailleurs, tous les phénomènes dangereux susceptibles de sortir des limites du sites sont des scénarios de surpression (liés à des UVCE ou à l'éclatement d'un récipient sous pression) avec une cinétique rapide.

Le fonctionnement de la station étant automatique, la mise en sécurité de celle-ci se fait de façon automatique.

9.5.4.1 Organisation suite à l'apparition d'une fuite d'hydrogène

En cas de fuite d'hydrogène, l'organisation suivante se met en place :

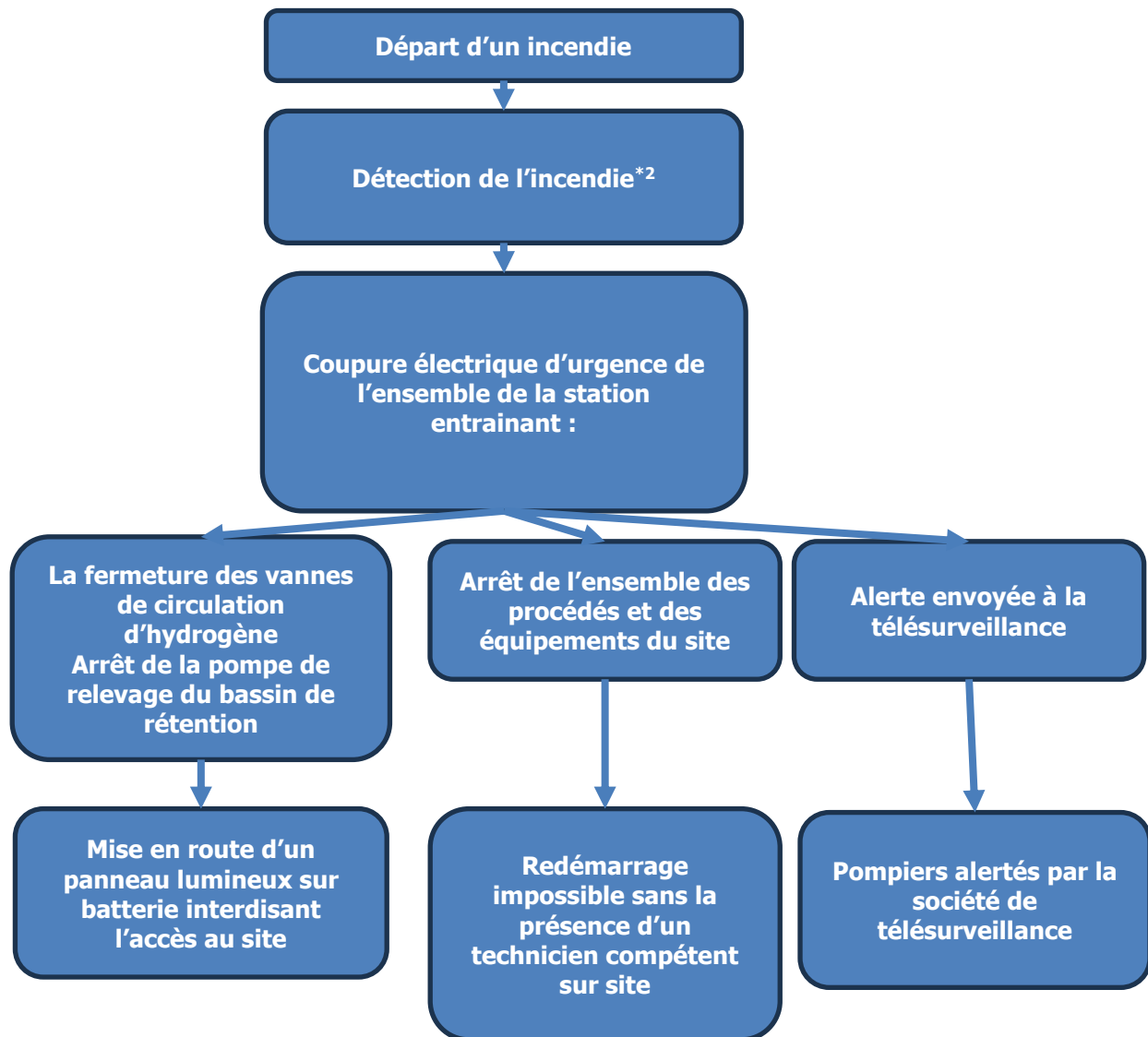


^{*1} La détection se fera soit à l'aide d'un détecteur d'hydrogène présent dans une enceinte fermée, soit via les capteurs de pression qui détecteront une chute de pression.

Il n'est pas attendu d'intervention des secours. Seul un technicien expérimenté interviendra. La fermeture des vannes et la rapide dilution et diffusion de l'hydrogène ne nécessite pas l'évacuation des personnes situées autour du site.

9.5.4.1 Organisation en cas de départ d'incendie sur le site

En cas de départ d'incendie, l'organisation suivante se met en place :



^{*2} La détection se fera soit à l'aide d'un détecteur UV/IR spécifique à l'hydrogène (pour les installations sous hydrogène) soit à l'aide d'un détecteur incendie pour les locaux techniques, soit à l'aide d'un fusible déclenchant l'extinction automatique sur les pistes de distribution du carburant liquide.

Un départ de feu peut entrainer l'éclatement d'un stockage. Il faudra donc que les pompiers envisagent l'évacuation de toutes les personnes pouvant se trouver à une distance inférieure à celle des bris de vitres calculée pour l'éclatement d'un stockage soit 200 m (à partir du stockage moyenne pression).

L'éclatement des stockages ne devrait cependant pas avoir lieu car ceux-ci sont protégés par des TPRD (sauf les semi-remorques à hydrogène les plus anciens).

9.5.5 Conclusion de l'analyse détaillée des risques

Les installations du projet Station MultiEnergie de Vougy sont susceptibles de produire 8 **phénomènes dangereux majeurs**.

Aucun phénomène dangereux n'est situé en zone inacceptable (rouge).

2 phénomènes dangereux sont situés en zone MMR Rang 2 (orange) :

- **PhD11** : Rupture guillotine du flexible de distribution d'un semi-remorque d'approvisionnement ;
- **PhD12** : Eclatement du stockage d'un semi-remorque.

Il est à noter que le phénomène dangereux PhD11 est lié à la rupture guillotine d'une tuyauterie/d'un flexible d'hydrogène et du phénomène d'UVCE qui peut advenir ensuite. Il est techniquement impossible d'avoir un système efficace capable de détecter une telle rupture et de stopper le flux d'hydrogène suffisamment vite pour prévenir ce phénomène.

Des barrières techniques ont bien été mises en place pour maîtriser ces phénomènes (détection de chute de pression, mur de protection pour limiter la taille du nuage et le contenir dans la zone technique si possible, protection des tuyauteries par la mise en caniveau et l'absence de raccord en zone publique,...) mais aucune de ces barrières ne peut supprimer complètement la probabilité d'apparition du phénomène.

Il n'existe pas, à l'heure actuelle, de système de prévention/protection à même de supprimer ces 2 risques.

6 phénomènes dangereux sont situés en zone MMR Rang 1 (jaune) et ont fait l'objet d'une étude attentive et de la mise en place de nombreux moyens de maîtrise du risque (voir chapitre 9.5.3)

En conclusion, le niveau de risque des installations est jugé acceptable en l'état avec toutefois 2 scénarios en rang 2 (zone orange).

ANNEXE – LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des rubriques concernées	P.19
Tableau 2 : Echelle de gravité de l'APR	P.24
Tableau 3 : Echelle de probabilité de l'APR	P.24
Tableau 4 : Matrice de criticité de l'APR	P.26
Tableau 5 : Définition des abréviations du schéma nœud papillon	P.27
Tableau 6 : Probabilités de défaillance des MMR et cotation de la probabilité pour l'ADR	P.28
Tableau 7 : Grille de cotation de la gravité de l'ADR	P.29
Tableau 8 : Grille de criticité de l'ADR	P.30
Tableau 9 : Description des installations et utilités	P.32
Tableau 10 – Liste des produits présents sur le site	P.35
Tableau 11 – Propriétés physico chimiques de l'hydrogène	P.36
Tableau 12 – Inflammabilité de différentes vapeurs	P.37
Tableau 13 – Propriétés physico chimiques de l'oxygène	P.38
Tableau 14 – Propriétés physico chimiques de l'azote	P.39
Tableau 15 – Propriétés physico chimiques du Propane	P.40
Tableau 16 – Propriétés physico chimiques du carburant SP95-E10	P.41
Tableau 17 – Propriétés physico chimiques de l'essence SP98	P.42
Tableau 18 – Propriétés physico chimiques du super éthanol	P.43
Tableau 19 : Propriétés physico chimiques du carburant Gazole	P.43
Tableau 20 : Récapitulatif des dangers potentiels du site en fonction des installations présentes	P.47
Tableau 21 : Liste des sites ICPE localisés à proximité du site.	P.49
Tableau 22 : Conséquence des accidents liés à l'hydrogène	P.56
Tableau 23 : Données de l'accidentologie des stations-services	P.59
Tableau 24 : Liste de phénomènes dangereux issues de l'accidentologie pour les installations hydrogène	P.63
Tableau 25 : Liste des moyens de prévention en fonction des événements initiateurs identifiés.	P.65
Tableau 26 : APR avec pour origine les risques naturels	P.70
Tableau 27 : APR avec pour origine les risques non naturels extérieurs aux sites	P.72
Tableau 28 : APR de la production d'hydrogène	P.78
Tableau 29 : APR des équipements de compression	P.83
Tableau 30 : APR des stockages d'hydrogène	P.88
Tableau 31 : APR des réseaux hydrogène	P.93
Tableau 32 : APR du semi-remorque à hydrogène	P.97
Tableau 33 : APR de la station carburant fossile et éthanol	P.104
Tableau 34 : APR des utilités	P.107
Tableau 35 : Matrice de criticité de l'APR	P.108
Tableau 36 : Liste des PhP pris en compte dans l'ADR	P.110
Tableau 37 : Seuils des flux thermiques et leurs effets	P.115
Tableau 38 : Seuils des phénomènes de surpression et leurs effets	P.116
Tableau 39 : Formules de calcul des distances au seuils des effets de surpression pour l'éclatement d'un container	P.118
Tableau 40 : Méthode Kinsella de sélection des indices multiénergie	P.119
Tableau 41 : Distance aux seuils des effets de pression de PhD n°1	P.120
Tableau 42 : Distance aux seuils des effets de feu torche de PhD n°2	P.122
Tableau 43 : Distance aux seuils des effets thermiques UVCE de PhD n°2	P.123
Tableau 44 : Distance aux seuils des effets de pression UVCE de PhD n°2	P.123
Tableau 45 : Distance aux seuils des effets de surpressions de PhD n°3	P.125
Tableau 46 : Distance aux seuils des effets de surpressions de PhD n°4	P.126
Tableau 47 : Distance aux seuils des effets de surpressions de PhD n°4	P.129
Tableau 48 : Distance aux seuils des effets de feu torche de PhD n°6	P.128
Tableau 49 : Distance aux seuils des effets thermique VCE indice 7 de PhD n°6	P.129
Tableau 50 : Distance aux seuils des effets de pression indice 7 de PhD6	P.130

Tableau 51 : Distance aux seuils des effets thermique VCE indice 5 de PhD n°6	P.130
Tableau 52 : Distance aux seuils des effets de pression indice 5 de PhD6	P.130
Tableau 53 : Distance aux seuils des effets thermique VCE indice 4 de PhD n°6	P.131
Tableau 54 : Distance aux seuils des effets de pression indice 4 de PhD6	P.131
Tableau 55 : Distance aux seuils des effets de surpression de PhD n°7	P.133
Tableau 56 : Distance aux seuils des effets de surpression de PhD n°8	P.135
Tableau 57 : Distance aux seuils des effets thermique du feu torche du PhD n°9	P.136
Tableau 58 : Distance aux seuils des effets thermique du VCE indice 7 du PhD n°9	P.137
Tableau 59 : Distance aux seuils des effets de pression du VCE indice 7 du PhD n°9	P.137
Tableau 60 : Distance aux seuils des effets thermique du VCE indice 5 du PhD n°9	P.137
Tableau 61 : Distance aux seuils des effets de pression du VCE indice 5 du PhD n°9	P.137
Tableau 62 : Distance aux seuils des effets thermique du VCE indice 4 du PhD n°9	P.138
Tableau 63 : Distance aux seuils des effets de pression du VCE indice 4 du PhD n°9	P.138
Tableau 64 : Distance aux seuils des effets de pression du PhD n°10	P.140
Tableau 65 : Distance aux seuils des effets thermique du feu torche du PhD n°11	P.142
Tableau 66 : Distance aux seuils des effets thermique de l'UVCE du PhD n°11	P.143
Tableau 67 : Distance aux seuils des effets de pression de l'UVCE du PhD n°11	P.143
Tableau 68 : Distance aux seuils des effets de pression de l'UVCE du PhD n°12	P.145
Tableau 69 : Distance aux seuils des effets de pression de l'UVCE du PhD n°13	P.147
Tableau 70 : Distance aux seuils des effets thermique du feu nappe du PhD n°14	P.148
Tableau 71 : Distance aux seuils des effets thermique du PhD n°15	P.149
Tableau 72 : Distance aux seuils des effets de pression du PhD n°15	P.149
Tableau 73 : Récapitulatif des distances aux seuils des différents PhD	P.151
Tableau 74 : Listes des établissements industriels et leurs nombre de salariés	P.153
Tableau 75 : Liste de la cinétique des différents phénomènes dangereux	P.154
Tableau 76 : Récapitulatif de la gravité et de la cinétique des PhD	P.158
Tableau 77 : Fréquence des ERC par type d'équipements	P.160
Tableau 78 : Récapitulatif de la probabilité des PhD	P.164
Tableau 79 : Synthèse de l'ADR	P.174
Tableau 80 : Liste des MMR	P.178
Tableau 81 : Matrice finale de criticité	P.180

ANNEXE – LISTE DES SCHEMAS

Schéma 1 : Logigramme représentant le processus de réalisation d'une Étude de dangers pour les installations classées (source Ω9)	P.22
Schéma 2 : Formalisme d'une séquence accidentelle avec la méthodologie des nœuds papillons.	P.26
Schéma 3 : Données sur les feux de véhicules électriques	P.60
Schéma 4 : Comparaison des feux de véhicules électriques vs feu de véhicules thermiques (source ref [18])	P.61

ANNEXE – LISTE DES FIGURES

Figure 1 – Localisation du projet (source géoportail)	P.17
Figure 2 : Plan de positionnement des ICPE autour du site. Source Georisk	P.48
Figure 3 : Localisation des principales canalisations, source georisque.	P.50
Figure 4 : Carte du réseau aérien et souterrain. Source RTE	P.51
Figure 5 : Carte Aléa inondation	P.52
Figure 6 : Carte des règlements applicable liés au PPRN de Vougy	P.53
Figure 7 : Carte de l'aléa retrait-gonflement d'argile (source georisque)	P.53
Figure 8 : Carte des aléas naturel (source préfecture de Haute-Savoie)	P.54
Figure 9 : Classement des catégories d'importance des bâtiments en fonction du risque sismique	P.54
Figure 10: Répartition des phénomènes liés à l'hydrogène depuis 2007	P.57
Figure 11 : Equipements à l'origine des phénomènes dangereux depuis 2007	P.57
Figure 12 : Position des tuyauteries hydrogène dans les caniveaux et sur site	P.114
Figure 13 : Seuils des effets du PhD 1	P.121
Figure 14 : Seuils des effets du PhD 2	P.124
Figure 15 : Seuils des effets du PhD 3	P.125
Figure 16 : Seuils des effets du PhD 4	P.127
Figure 17 : Seuils des effets du PhD 5	P.128
Figure 18 : Seuils des effets du PhD 6	P.132
Figure 19 : Seuils des effets du PhD n°7	P.134
Figure 20 : Seuils des effets du PhD n°8	P.135
Figure 21 : Seuils des effets du PhD n°9	P.139
Figure 22 : Seuils des effets du PhD n°10	P.141
Figure 23 : Seuils des effets du PhD n°11	P.144
Figure 24 : Seuils des effets du PhD n°12	P.146
Figure 25 : Emplacement des établissements voisins et nombre de salariés	P.155