



Département GENTES DES PROCÉDES

*Mémoire de fin d'Etude présenté en vue de l'obtention du
Diplôme d'Ingénieur*

Option : HYGIENE ET SECURITE INDUSTRIEL

Thème

ETUDE DE DANGER UNITE CSTF

RÉALISÉ PAR :

- *ATTAFI Hicham*
- *BENNOUI Lakhdar Amine*

PROMOTEUR :

- *Mr : ABDELHAK*

Boumerdès 2019-2020

Remerciement

Arrivées au terme de ce travail, nous tenons à remercier Dieu tout Puissant nous avoir donné le courage et la volonté pour que ce Mémoire soit mené à bien.

Nous adressons nos vifs remerciements à notre promoteur **Dr. Abdelhak** pour son aide et ses précieux conseils tout au long de notre travail.

formation et son encadrement exceptionnel et surtout sa patience.

Nous remercions également l'ensemble du personnel du **SONATRACH** unité

CCTF Direction régional de **HASSI R'MEL**.

Nous remercions également tous les membres de jury d'avoir consenti à être examinateurs dans le jury de ce mémoire.

Nos remerciements vont aussi à toutes les personnes qui ont contribué de près

ou de loin à la réalisation de ce travail .

Dédicace

À l'aide de **DIEU**, le Tout-Puissant Je dédie ce travail à : Ma chère mère
«**KHADIDJA** » ma source de vie, d'amour et de la tendresse qui est toujours

Présente et prête à sécher mes larmes.

Mon chère père «**ABDELBAKI**» mon sens de l'honneur et de la responsabilité.

Mes frères et, mes sœurs

Mes amis chacun par son nom Toute, la promotion Master 2 HSI qui va
Vraiment me manquer tous les professeurs de l'enseignement Supérieur et
Surtout mon encadreur Dr «**DJAMEL ABDELHAK**» sans oublier mes
formateur .

«**HALIM MELLAH** » «**BILAL HADADI** » et «**ZIAD** »

A tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à ce travail.

Dédicace

À l'aide de DIEU, le Tout-Puissant Je dédie ce travail à : Ma chère mère «**SABAH**» ma source de vie, d'amour et de la tendresse qui est toujours présente et prête à sécher mes larmes, mon chère père «**BOUALEM**» mon sens de l'honneur et de la responsabilité,

mon frère **Reda** et ma sœur **Fella** , et ma grand-mère qu'il ma toujours soutenue et sacrifie ses bons moments pour que je réussisse dans ma vie, mes amis chacun par sonnom ,

Toute la promotion Master 2 HSI 2020 qui va vraiment me manquer tous les professeurs

de l'enseignement Supérieur et surtout mon encadreur Dr «**DJAMEL**

ABDELHAK»sans oublier mes formateur «**HALIM MELLAH** »«**BILAL**

HADADI » et«**ZIAD**»

A tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à ce travail.

Table des matières

Liste de tableaux

Liste des figures

Introduction

Chapitre I : Contexte général de danger l'étude

I.1. Source de la demande d'étude de danger	01
I.2. Objectif de l'étude de danger.....	01
I.3. Contenu de l'étude de danger	01
I.4. Méthode de l'étude de dangers.....	01
I.5. Compatibilité avec son environnement.....	02
I.6. Méthodologie de l'étude de dangers.....	04
I.6.1. Identification et caractérisation des potentiels de dangers.....	04
I.7. Caractérisation et la cartographie de l'intensité des phénomènes dangereux	05
I.8. Analyse des effets des phénomènes dangereux.....	05
I.8.1. Etude de la réduction des potentiels de danger.....	05
I.9. Evaluation des risques.....	06
I.9. 1. Analyse des risques.....	06
I.9. 2. Analyse préliminaire des risques.....	06
I.9. 3. Etude détaillée de réduction des risques.....	07
I.10. Dans la présente étude, il n'a pas été nécessaire de développer des analyses Détaillées.....	07
I.10. 1 Notions de danger et de risque.....	07
I.10.2. Evénement et accident.....	08
I.11. Caractéristiques intrinsèques des produits.....	09
I.12. Fonctions de sécurité.....	10
I.13. Evaluation des risques.....	10
I.13.1. Analyse de risques.....	11
I.13.2. Cotation des risques.....	11
I.14. Barrières de sécurité.....	11
I.14.1. Barrières et amélioration de la maîtrise des risques.....	11

I.15.mesures générales concernant les phénomènes de pollution par épandage de liquides toxiques pour l'environnement.....	12
I.15 Mesures de prévention.....	12
I.16 .Mesures de protection	12

Chapitre II :Description de site

II.1. Présentation succincte du site.....	13
II.1.1.La région de Sonatrach dp de Hassi R'Mel centre.....	13
II.2. Présentation succincte du site.....	14
II.2.1.La région de Sonatrach.....	15
II.3. Phénomènes dangereux.....	16
II. 4.Cartographie du risque – situation actuelle.....	17
II.5.Conclusions et recommandations.....	18

Chapitre III :présentation du complexe de Hassi-R'mel

III .1. Description le lieu.....	21
III.2. Développement du champ de Hassi-R'mel	22
III.3.Installations gazières à Hassi-R'mel.....	23
❖ SECTEUR CENTRE	
❖ SECTEUR NORD	
❖ SECTEUR SUD	
III.4.Les activité du champ de Hassi R'mel.....	25
III.4.1.Les modules	25
III.4.2.Station récupérations des gaz associés (SRGA)	25
III.4.3.Centre de stockage et de transfert par facilité (CSTF).....	25
III.4.4.Le Centre national de dispatching gaz (CNDG).....	26
III.4.5.Station Boosting.....	26
III.4.6.La station compression	27

III .5.Technique de traitement de gaz naturel.....	27
III.5.1 Procédé pritchard.....	27
III.5.2 Procédé hudson.....	27

Chapitre IV :Analyses de risques

IV.1. Définition	28
IV.2.Les méthodes d'identification des accidents majeurs.....	28
IV.2.1.La définition d'un accident majeur	29
IV.2.2.Les méthodes d'identification des accidents majeurs utilisées dans le cadre de l'étude de danger	29
IV.2.3.Références aux accidents historiques	30
IV. 3.La méthode APR	30
IV.4.L'analyse de risque détaillée avec méthode HAZOP	31
IV.5.L'analyse de risque détaillée avec méthode SWIF	34
IV.6.Analyses des accidents impliquant une substance dangereuse	36
IV.7.Analyses des accidents externes	40
IV.7.1.Répartition en fonction du lieu de l'accident et des substances.....	40
IV.7.2.Répartition des accidents/incidents en fonction de leur origine	42
IV.7.3.Répartition en fonction des équipements concernés	45
IV.7.4.Répartition des accidents/incidents en fonction du phénomène de départ	46
IV.7.5.Répartition des accidents/incidents en fonction des conséquences	47

*Analyse des scenarios**Scenario 1: défaillance d'une sphère de stockage de GPL*

IV.1.1.Equipements étudiés dans le scénario.....	50
IV.1.2.Description des équipements	50
IV.1.2.1.Section de stockage.....	50
IV.1.3.Description des événements redoutés	52
IV.1.4.Contrôles, régulation et sécurité en place.....	52
IV.1.5.Analyse des fréquences de défaillance.....	53
IV.1.5.1Analyse des cause.....	53
IV.1.5.1.1Fréquences d'occurrence des évènements critiques	54
IV.1.5.1.2.Fréquence d'occurrence des conséquences.....	56
IV.1.5.2.Analyse des conséquences de l'événement	57
IV.1.5.3.Description des conséquences possibles	57
IV.1.6.Modélisation du phénomène	58
IV.1.6.1.Rupture catastrophique de la sphère.....	58
IV.1.6.2 .Grande fuite de la sphère	59
IV.1.6.3.Distances d'effets.....	59
IV.1.7.Analyse de la cinétique des événements.....	70
IV.1.7.1.Etude des effets dominos	71
IV.1.8.Le scénario est donc redoutable mais non redouté, avec un niveau de risque Inacceptable	75

Scenario 2 :défaillance d'un ballon de GPL

IV.2.1.Equipements étudiés dans le scénario.....	77
IV.2.2.Description de l'équipement	77
IV.2.3.Description des évènements redoutés.....	78
IV.2.4.Contrôles, régulation et sécurité en place.....	79
IV.2.5. Analyse des fréquences de défaillance	80
IV.2.5.1.Analyse des causes	80
IV.2.5.1.1Fréquences d'occurrence des évènements critiques	80
IV.2.5.1.2.Fréquence d'occurrence des conséquences.....	82
IV.2.5.2.Analyse des conséquences des évènements	83
IV.2.5.2.1.Description des conséquences possibles	83
IV.2.6.Modélisation du phénomène	85
IV.2.6.1.Rupture catastrophique du ballon GPL	85
IV.2.6.2.Grande fuite du ballon de GPL.....	85
IV.2.6.3.Distances d'effets.....	87
IV.2.7.Analyse de la cinétique des événements	93

Conclusion**Références bibliographiques**

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau 01 :	Les capacités de traitement et de stockage des neuf unités de la région de Hassi R'Mel	14
Tableau 02 :	Participants aux sessions d'analyse de risques Hazop pour l'unité CSTF	28
Tableau 03 :	Catégorie de questions pour l'étude SWIFT	35
Tableau 04 :	Répartition en fonction du lieu de l'accident/incident des substances	40
Tableau 05 :	Répartition des substances en fonction de l'origine de l'accident/incident	42
Tableau 06:	Répartition des accidents/incidents, hors facteurs externes, en fonction de leur origine(cause)	43
Tableau 07 :	Répartition des accidents/incidents en fonction de l'équipement concerné	45
Tableau 08 :	Les caractéristiques des sphères	51
Tableau 09 :	des événements redoutés	57
Tableau 10 :	Effets physiques	58
Tableau 11 :	La cinétique des phénomènes possibles est reprise	71

Liste de figures

Figure1 :Hassi R'Mel	13
Figure 2 :Matrice de risques Sonatrach DP	17
Figure 3: Aortographie du Risque – Matrice.....	18
Figure 4 : Le champ de Hassi-R'me.....	24
Figure 5: Méthodes d'identification des accidents majeurs.....	30
Figure 6 : Evolution du nombre d'accident annuel.....	35
Figure 7 : Répartition des accidents entre zone de production	36
Figure 8 : Répartition des accidents par substance	36
Figure 09 :Répartition des accidents selon l'équipement et le type de substance Impliquée	37
Figure 10 : Causes de l'ensemble des accidents selon l'équipement et le type de substance Impliquée.....	37
Figure11: Conséquencesdel'ensembledesaccidentsselonl'équipementetletypedesub stance impliquée.....	38
Figure12 : Répartition en fonction du lieu de l'accident/incident et des substances	40
Figure13: Répartitiondessubstancesenfonctiondel'originedel'accident/incident.....	41
Figure14: Répartitiondesaccidents/incidents,horsfacteursexternes,en fonction de leur origine(cause).....	42
Figure15: Répartition par type de cause et du lieu de l'accident, hors Malveillance.....	43
Figure16: Répartition des accidents /incidents en fonction de l'équipement concerné.....	45

Figure17:Répartition des accidents/incidents en fonction du phénomène de départ.....**46**

Figure 18 : Nombre d'accident/incident par an depuis les années 2008 à2018.....**48**

Introduction

Introduction

La casuistique est essentiellement basée sur le détail des accidents concernant une ou plusieurs substances dangereuses et survenus au cours des dernières années. Cette liste des accidents est fournie en Annexe 3. Le but de la casuistique interne est d'analyser les accidents qui ont déjà eu lieu sur le site et d'en tirer un retour sur expérience qui devrait permettre que de tels événements ne se reproduisent à l'avenir. Seuls les accidents concernant une substance dangereuse sont donc pertinents dans le cadre de l'étude de danger ici présentée. Les accidents et incidents concernant des substances dangereuses ont été répartis selon le type de substance, l'endroit ou l'équipement concerné et l'origine de la cause. **Date d'envoi : Aujourd'hui, à 10:32** introduction une analyse des accidents / incidents externes mis en cause les substances rencontrées sur les sites de Sonatrach DP est donnée par la suite.

Cette analyse comporte une vue globale des causes et des conséquences possibles d'accidents majeurs. La liste des accidents / incidents ayant servi à cette analyse est reprise en Annexe 4. Durant ces dernières années, un certain nombre d'accidents / incidents dans le gaz et pétrole sous conditions normales se sont produits à travers le monde. Une sélection de différents accidents / incidents exclus en cause le Gaz ou le Pétrole a été constituée à partir de la banque de données ARIA '.

Les critères de sélection ont été: Transport par conduite Activités de soutien à l'extraction d'hydrocarbures Autres activités extractives Commerce de gros de combustibles Entreposage et stockage Extraction de gaz naturel Extraction de pétrole brut Production de combustibles gazeux Production et distribution de combustibles gazeux Raffinage du pétrole Gaz naturel Pétrole GPL Les données relatives aux accidents ayant eu lieu lors de la période 2008 à 2018. L'analyse qui est ici faite met en évidence les principales sources de problème pouvant être à l'origine accident sur le site CSTF Centre de Hassi R'Mel.

*Chapitre I. Contexte général de
l'étude de danger*

Chapitre I : Contexte général de l'étude de danger

I. Contexte réglementaire de l'étude de dangers

I.1. Source de la demande d'étude de danger

L'article L. 181-25 du Code de l'Environnement spécifie que le demandeur d'une autorisation Environnementale (article L.181-1) pour une Installation classée pour la protection de l'environnement fournit une étude de dangers.

I.2.Objectif de l'étude de danger

L'article L. 181-25 du Code de l'Environnement précise l'objectif de l'étude de dangers : elle « précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, les intérêts visés à l'article L. 511-1 en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation. »

Les intérêts visés à l'article L. 511-1 du Code de l'Environnement concernent la commodité du voisinage, la santé, la sécurité, la salubrité publique, l'agriculture, la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, l'utilisation rationnelle de l'énergie, la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique.

I.3.Contenu de l'étude de danger

L'article L. 181-25 du Code de l'Environnement précise que : « Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation. » « En tant que de besoin, cette étude donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite. »

« Elle définit et justifie les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents. »

L'étude est menée conformément à l'alinéa III de l'article D.181-15-2 du code de l'environnement qui précise le contenu attendu de l'étude de danger et ses objectifs : « L'étude de dangers justifie que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation. »

« Le contenu de l'étude de dangers doit être en relation avec l'importance des risques engendrés par l'installation, compte tenu de son environnement et de la vulnérabilité des intérêts mentionnés à l'article L.181-3. »

« Cette étude précise, notamment, la nature et l'organisation des moyens de secours dont le pétitionnaire dispose ou dont il s'est assuré le concours en vue de combattre les effets d'un éventuel sinistre. (...) »

L'étude comporte, notamment, un résumé non technique explicitant la probabilité et la cinétique des accidents potentiels, ainsi qu'une cartographie agrégée par type d'effet des zones de risques significatifs.

I.4. Méthode de l'étude de dangers

L'article L. 181-25 du Code de l'Environnement précise que :

« Le ministre chargé des installations classées peut préciser les critères techniques et méthodologiques à prendre en compte pour l'établissement de l'étude de dangers, par arrêté pris dans les formes prévues à l'article L. 512-5 du code de l'environnement. »

Ces derniers critères sont fixés notamment par l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées Soumises à autorisation.

I.5.Compatibilité avec son environnement

Au-delà des critères d'élaboration et de rédaction de l'étude de danger, de par l'article L. 121-2 du Code de l'urbanisme, l'Etat a l'obligation de porter à la connaissance des communes ou de leurs groupements compétents les informations nécessaires à l'exercice de leurs compétences en matière d'urbanisme. Le porter à connaissance risques technologiques en fait donc partie.

La circulaire DPPR/SEI2/FA-07-066 du 4 mai 2007 relatif au porter à la connaissance " risques technologiques " et maîtrise de l'urbanisation autour des installations classé précise que les préconisations en matière d'urbanisme correspondant à chaque type d'effet (rayonnement thermique, surpression, risque toxique) sont graduées en fonction du niveau d'intensité sur le territoire et de la probabilité d'occurrence du phénomène dangereux.

❖ Pour les phénomènes dangereux dont la probabilité est A, B, C ou D, il convient de formuler les préconisations suivantes :

- toute nouvelle construction est interdite dans les territoires exposés à des effets létaux

significatifs, à l'exception d'installations industrielles directement en lien avec l'activité à l'origine des risques.

➤ toute nouvelle construction est interdite dans les territoires exposés à des effets létaux à l'exception d'installations industrielles directement en lien avec l'activité à l'origine des risques, d'aménagements et d'extensions d'installations existantes ou de nouvelles installations classées soumises à autorisation compatibles avec cet environnement (notamment au regard des effets dominos et de la gestion des situations d'urgence). La construction d'infrastructure de transport peut être autorisée uniquement pour les fonctions de desserte de la zone industrielle.

➤ dans les zones exposées à des effets irréversibles, l'aménagement ou l'extension de constructions existantes sont possibles. Par ailleurs, l'autorisation de nouvelles constructions est possible sous réserve de ne pas augmenter la population exposée à ces effets irréversibles. Les changements de destinations doivent être réglementés dans le même cadre.

➤ l'autorisation de nouvelles constructions est la règle dans les zones exposées à des effets Indirects. Néanmoins, il conviendra d'introduire dans les règles d'urbanisme du PLU les Dispositions imposant à la construction d'être adaptée à l'effet de surpression lorsqu'un tel effet est généré.

❖ Pour les phénomènes dangereux dont la probabilité est il convient de formuler les préconisations suivantes :

➤ toute nouvelle construction est interdite dans les territoires exposés à des effets létaux significatifs à l'exception d'installations industrielles directement en lien avec l'activité à l'origine des risques, d'aménagements et d'extensions d'installations existantes ou de nouvelles installations classées soumises à autorisation compatibles avec cet environnement (notamment au regard des effets dominos et de la gestion des situations d'urgence) ;

➤ dans les zones exposées à des effets létaux, l'aménagement ou l'extension de constructions existantes sont possible. Par ailleurs, l'autorisation de nouvelles constructions est possible sous réserve de ne pas augmenter la population exposée à ces effets létaux. Les changements de destinations doivent être réglementés dans le même cadre .

➤ l'autorisation de nouvelles constructions est la règle dans les zones exposées à des effets Irréversibles ou indirects. Néanmoins, il conviendra d'introduire dans les règles d'urbanisme du PLU les dispositions permettant de réduire la vulnérabilité des projets dans les zones d'effet de surpression.

I.6. Méthodologie de l'étude de dangers

Si la réglementation présentée aux chapitres précédents définit des objectifs et un contenu général, elle ne fournit pas de guide de rédaction des études de dangers pour les établissements relevant du régime de l'autorisation installations classées non « SEVESO seuil haut ». Nous nous fonderons sur la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source, et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003. Cette circulaire s'applique aux « établissements relevant du régime de l'autorisation avec servitudes (AS) » mais les principales règles méthodologiques peuvent être appliquées, avec la proportionnalité à laquelle la réglementation incite, pour l'ensemble des installations classées.

Ce texte définit des règles générales et spécifiques à certaines activités pour :

- ✓ L'étude de dangers
- ✓ Périmètre de l'étude de dangers,
- ✓ Connaissance et méthode de calcul d'intensité des phénomènes dangereux,
- ✓ Démonstration des phénomènes dangereux pouvant être considérés comme « physiquement impossibles ».
- ✓ L'évaluation des risques
- ✓ Détermination de la gravité
- ✓ Prise en compte de l'agression externe liée au transport de matières dangereuses
- ✓ Mesures de maîtrise des risques, fondées sur une intervention humaine
- ✓ L'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source.

Sans en garantir l'exhaustivité, le contenu présenté ci-dessous intègre les obligations réglementaires et de nombreux éléments de la circulaire du 10 mai 2010 :

1. Introduction
2. Description et caractérisation de la zone d'implantation et de son environnement,
3. Description de l'établissement, de ses installations et de son fonctionnement,
4. Etude du retour d'expérience,
5. Etude des potentiels de dangers dont cartographie des zones à risques significatifs
6. Etude des risques
 - ✓ Evaluation des risques incluant la caractérisation et le classement des différents Phénomènes dangereux en termes de gravité, de probabilité et de cinétique,
 - ✓ Description des barrières de sécurité mises en place, incluant la stratégie et les moyens délutent incendie, Evolutions (éventuelles) et mesures d'amélioration.

I.6.1. Identification et caractérisation des potentiels de dangers

L'identification des potentiels de dangers est fondée sur l'analyse des propriétés des produits stockés et des procédés mis en œuvre sur le site ; elle intégrera les informations issues du retour d'expérience.

La caractérisation des potentiels de danger est liée aux caractéristiques physico-chimiques en jeu : nature des produits, quantités, mode de stockage ou de flux, conditions opératoires et dérives possibles, ...

Les événements externes pouvant provoqués des accidents majeurs sont recensés. Ceux non pris en compte dans l'étude de dangers conformément à la réglementation sont précisés.

Les potentiels de danger sont localisés sur une carte. Les équipements susceptibles dont la libération des potentiels de dangers est susceptible d'avoir des effets en dehors des limites de propriété sont décrits.

I.7. Caractérisation et la cartographie de l'intensité des phénomènes dangereux

Pour chaque installation présente sur le site, les conséquences de la libération des potentiels de dangers (phénomènes dangereux) seront inventoriées et décrites.

Les phénomènes les plus graves et ceux susceptibles d'avoir des effets en dehors des limites de propriété seront évaluées par modélisation numérique. Pour cette évaluation, les effets des barrières de sécurité présentes sur le site ne sont pas pris en compte.

I.8. Analyse des effets des phénomènes dangereux

Les effets sur les intérêts mentionnés aux articles L. 211-1 et L. 511-1 sont menés à ce stade par une évaluation quantifiée de la gravité sur la base de la fiche guide n°1 de la circulaire du 10 mai 2010.

Les effets dominos des accidents potentiels sont également analysés.

1.8.1. Etude de la réduction des potentiels de danger

A la fin de ce chapitre une réflexion permet d'identifier d'éventuelles pistes de réduction des potentiels de dangers. L'étude comporte plusieurs étapes :

- L'étude de la suppression ou de la substitution des procédés et produits dangereux,
- L'étude de la réduction des potentiels présents sur le site par modification des modes de stockages, de transfert, ... sans augmentation de la fréquence d'un risque lié au transport de matière dangereuses,
- diminution des quantités stockées.

➤ L'exploitant motivera les choix techniques et économiques conduisant à envisager à poursuivre la mise en œuvre de substances dangereuses et de procédés présentant des dangers, notamment par comparaison aux meilleures techniques disponibles.

I.9. Evaluation des risques

I.9.1. Analyse des risques

Les méthodes d'analyse mises en œuvre dans ce chapitre vont s'attacher à rechercher les causes possibles de ces événements et identifier les barrières de protection présentes sur le site et à mettre en œuvre pour réduire les risques. Cela permet également d'identifier des accidents dont le couple gravité/probabilité les rend plus critiques.

Elle a pour but :

- d'identifier les événements pouvant conduire à la libération des dangers ;
- d'identifier des scénarios d'accidents et d'estimer la probabilité associée ;
- d'analyser les barrières de sécurité en place et d'identifier des moyens complémentaires nécessaires .
- d'estimer la gravité des phénomènes de danger non calculés au niveau des potentiels de dangers.
- d'identifier des scénarios critiques par hiérarchisation des risques ;
- d'identifier des procédés dont la complexité ne permet pas, à l'analyse préliminaire, de conclure définitivement.

I.9.2. Analyse préliminaire des risques

Cette analyse débute par une identification systématique des causes de la libération des phénomènes dangereux et par une identification des mesures de maîtrise des risques en place ou à prendre. Elle se fait sur la base d'une méthode inductive prenant en compte :

- Les risques d'origine externe : risques naturels, environnement industriel, transports et Infrastructures,

- Les risques d'origine interne : conduite des installations, fluides et utilités, fonctionnement, procédures, information elle est suivie par une cotation des phénomènes identifiés (en probabilité, intensité des effets, cinétique de développement et gravité des conséquences des accidents correspondants). A noter qu'à ce stade de l'étude, la gravité des phénomènes dangereux a déjà été évaluée de manière détaillée. Elle conclut sur une identification de phénomènes nécessitant une analyse plus détaillée.

I.9.3. Etude détaillée de réduction des risques

Pour les phénomènes dangereux qui le nécessitent, une démarche itérative de réduction des risques à la source est menée jusqu'à atteindre un niveau de risque résiduel qui sera comparé aux critères d'acceptabilité des risques fixés dans la circulaire du 10 mai 2010.

Les buts de ces analyses sont :

- D'identifier de nouveaux scénarios qui ne l'auraient pas été dans la phase précédente du fait de la complexité des installations.
- D'affiner les scénarios préalablement identifiés.
- De hiérarchiser l'ensemble des scénarios du site.
- De proposer des barrières complémentaires afin de rendre le risque acceptable au vu de la grille de criticité.
- Des méthodes systématiques d'analyse de risques sont alors utilisées telles que l'AMDE ou l'HAZOP.

I.10. Dans la présente étude, il n'a pas été nécessaire de développer des analyses détaillées.

I.10.1 Notions de danger et de risque

Aléa : probabilité qu'un phénomène accidentel produise en un point donné des effets d'une gravité potentielle donnée, au cours d'une période déterminée. L'aléa est donc l'expression, pour un type d'accident donné, du couple probabilité d'occurrence * intensité des effets. Il est spatialisé et peut être cartographié. [Circ. 10 mai 2010]

Analyse du risque : « Utilisation systématique d'informations pour identifier les phénomènes dangereux et pour estimer le risque » [ISO/CEI 73].

Danger : 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]. [Circ. 10 mai 2010]

Potentiel de danger : (ou « source de danger », ou « élément dangereux », ou « élément porteur de danger »): 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.

Exemples : un réservoir de liquide inflammable est porteur du danger lié à l'inflammabilité du produit contenu, à une charge disposée en hauteur correspond le danger lié à son énergie potentielle, à une charge en mouvement celui de l'énergie cinétique associée, etc.

Risque : « 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].

Réduction du risque : Actions entreprises en vue de diminuer la probabilité, les conséquences négatives, 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.

Acceptation du risque : « Décision d'accepter un risque ». L'acceptation du risque dépend des critères de risques retenus par la personne qui prend la décision [ISO/CEI 73]. Le regard porté par cette personne tient compte du « ressenti » et du « jugement » qui lui sont associés.

I.10.2.Evénement et accident

Accident : Evénement 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. [Circ. 10 mai 2010]

Accident majeur : Evénement tel qu'une émission, un incendie ou une explosion d'importance majeure résultant de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation d'un établissement, entraînant pour les intérêts visés au L. 511-1 du code de l'environnement, des conséquences graves, immédiates ou différées et faisant intervenir une ou plusieurs substances ou des préparations dangereuses [Arrêté du 10 mai 2000].

Scierie des Combrailles Etude de dangers dans le cadre d'une Demande d'Autorisation Environnementale C2 - ED Scierie des Combrailles v1.0 180126 30/129

Intérêts visés au L. 511-1 du code de l'environnement : soit la commodité du voisinage, soit la santé, la sécurité, la salubrité publiques, soit l'agriculture, soit la protection de la nature,

de l'environnement et des paysages, soit pour l'utilisation rationnelle de l'énergie, soit la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique

Effets dominos : 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. [Circ. 10 mai 2010]

Événement redouté central : Evénement 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 ». [Circ. 10 mai 2010]

Événement initiateur : Evénement, 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 « nœud papillon » (ou arbre des causes), cet événement est situé à l'extrémité gauche.

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 »

Gravité : 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.

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.

I.11. Caractéristiques intrinsèques des produits

PCI : Pouvoir Calorifique Inférieur : C'est l'énergie thermique libérée par la réaction de combustion d'un kilogramme de combustible sous forme de chaleur sensible, à l'exclusion de l'énergie de vaporisation (chaleur latente) de l'eau présente en fin de réaction.

I.12. Fonctions de sécurité

Prévention : Mesures visant à prévenir un risque en réduisant la probabilité d'occurrence d'un phénomène dangereux.

Protection : Mesures visant à limiter l'étendue et/ou la gravité des conséquences d'un accident sur les éléments vulnérables, sans modifier la probabilité d'occurrence du phénomène dangereux correspondant. Scierie des Combrailles Etude de dangers dans le cadre d'une Demande d'Autorisation Environnementale

Fonction de sécurité : Fonction ayant pour but la réduction de la probabilité d'occurrence et/ou des effets et conséquences d'un événement non souhaité dans un système. Les principales actions assurées par les fonctions de sécurité en matière d'accidents majeurs dans les installations classées sont : empêcher, éviter, détecter, contrôler, limiter. Les fonctions de sécurité identifiées peuvent être assurées à partir d'éléments techniques de sécurité, de procédures organisationnelles (activités humaines), ou plus généralement par la combinaison des deux. 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 :

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

I.13. Evaluation des risques

L'évaluation des risques est réalisée en plusieurs temps :

- ❖ Analyse des risques visant à :
 - identifier les événements initiateurs pouvant conduire à la libération des dangers ;
 - identifier les événements redoutés, les phénomènes induits et les conséquences prévisibles des phénomènes dangereux.
 - identifier les barrières de sécurité en place et proposer des moyens complémentaires nécessaires L'analyse de risque est réalisée au moyen d'une méthode inductive systématique prenant en compte .
- Les risques d'origine externe : risques naturels, environnement industriel, transports et Infrastructures.
- Les risques d'origine interne : conduite des installations, fluides et utilités,

fonctionnement, procédures, information.

I.13.1. Analyse de risques

Cette analyse est constituée par une identification systématique des causes de la libération des phénomènes dangereux et par une identification des mesures de maîtrise des risques en place ou à prendre. Elle se fait sur la base d'une méthode inductive prenant en compte :

- Les risques d'origine externe : risques naturels, environnement industriel, transports et infrastructures,
- Les risques d'origine interne : conduite des installations, fluides et utilités,

fonctionnement procédures.

I.13.2.Cotation des risques

La cotation de la probabilité est réalisée selon une méthode semi-quantitative aux vues des éléments (causes d'accident et mesures de maîtrise des risques) identifiés dans le chapitre précédent. La cotation de la gravité a été réalisée dans le chapitre sur les potentiels de danger.

La décote est réalisée par évaluation de la gravité et de la probabilité en prenant en compte la nature et la fiabilité attendue des barrières de sécurité.

I.14.Barrières de sécurité

I.14.1.Barrières et amélioration de la maîtrise des risques

Etant donné l'absence de phénomène dangereux avec des effets en dehors des limites de propriété, il n'est pas nécessaire d'identifier des barrières de sécurité, qui seraient nommées MMR, dont l'étude de la fiabilité permettrait de garantir les niveaux de probabilité proposés dans l'étude de danger et donc l'acceptabilité du risque au regard de la circulaire du 10 mai 2010 ou de la circulaire PAC de 2007.

I.15.mesures générales concernant les phénomènes de pollution par épandage de liquides toxiques pour l'environnement

I.1.15 Mesures de prévention

Ce sont les moyens mis en place pour limiter la probabilité de survenu des événements redoutés.

L'organisation suivante sera mise en place :

➤ Protocole de sécurité avec les sociétés de livraison d'hydrocarbures et de produits de traitement du bois.

➤ Présence systématique de 2 personnes lors des opérations de dépotage, le conducteur du camion ravitailleur et une personne de la société surveillant la réception dans le stockage

➤ Présence du personnel de la scierie lors des opérations d'appoint d produit ou d'appoint d'eau au niveau du bac de trempage

Les équipements suivants seront présents :

➤ Indication de niveau sur les cuves pour limiter le risque de débordement,

➤ Dispositif anti-débordement avec une jauge de niveau avec capteur commandant l'arrêt de la pompe + bouton d'arrêt sur la pompe pour le système géré pour l'autoclave.

Les sécurités liées au procédé de traitement du bois par autoclave sont les suivantes :

➤ Capteurs numériques de vide et de pression dans le cylindre,

➤ Sonde de niveau piézométrique dans les cuves de stockages,

➤ Flotteur de détection de liquide en rétention dans la cave,

➤ Flotteur de détection de liquide dans les rétentions des GRV

➤ Ensemble de l'installation avec lecture continue par l'automatisme.

I.16 .Mesures de protection

Le stockage des liquides toxiques pour l'environnement se fait sur une zone en rétention de capacité permettant le stockage des produits en cas de perte de confinement, mais également les eaux d'extinction incendie. Cette capacité intègre également la hauteur d'eau d'une pluie décennale.

Chapitre II. Description de site

Chapitre II :Description de site

II.1. Présentation succincte du site

II.1.1.La région de Sonatrach dp de Hassi R'Mel centre

Hassi R'Mel Centre englobe neuf unités réparties sur trois sites plus ou moins importants:

- SBC, MPPO, MPP1, MPP4, Communs, CSTF
- SRGA, CTH1
- CTH3

Hassi R'Mel Centre dépend de la Direction Régionale Hassi R'Mel qui se situe à 550 km au Sud d'Alger et à 100 km au Sud de la ville de Laghouat dont elle relève administrativement. Cette Wilaya comprend 24 communes et 10 daïras dont Hassi R'Mel, centre de la daïra du même nom depuis la réforme territoriale de 1984



Figure1 :Hassi R'Mel

II.2. Présentation succincte du site

II.2.1. La région de Sonatrach Les capacités de traitement et de stockage des neuf unités de la région de Hassi R'Mel Centre sont reprises ci-dessous :

Tableau1 : Les capacités de traitement et de stockage des neuf unités de la région de Hassi R'Mel

Zone de production	Unité	Date de mise en service	Produit	Capacité de production	Production actuelle
Centre	SBC	October 2004	Gaz brut	155	155
	MPP0	Février 1961	Gaz	30	28,207
			GPL	750	452
			Condensate	3 300	1 682
	MPP1	Mars 1978	Gaz	60	60,303
			GPL	2 500	1 555
			Condensat	11 000	4 181
	MPP4	Novembre 1979	Gaz	60	59,533
			GPL	2 700	1 848
			Condensat	11 800	4 226
	Communs	1985	Gaz	4,3	3,5
			GPL	141	134
			Propane	65	61
			Butane	76	73
	SRGA	1999	Gaz	9	2,9
	CSTF	1978	Condensat m ³	51 430	17 476
			GPL m ³	11 670	6 447
	CTH1	1981	Gaz	2	0,9
Brut			3000	300	
CTH3	1992	Gaz	1	0,35	
		Brut	1200	300	
Nord	MPP3	Octobre 1980	Gaz	60	59,046
			GPL	2 700	1 500
			Condensat	11 800	3 996
	SCN	1980	Gaz	90	70
	CTH2	1981	Gaz	2	0,95
			Brut	3000	250
CTH4	1993	Gaz	2	1	
		Brut	1200	300	
Sud	MPP2	1979	Gaz	60	51
			GPL	2 700	937
			Condensat	11 800	2 500
	DJ-BISSA	Juin 1987	Gaz	4	1,6
			Condensat	325	100
	HR-SUD	Janvier 2000	Gaz	9	5,6
			Condensat	1 500	780
	SCS	1979	Gaz	90	70
CTHsud	1991	Gaz	2	0,75	
		Brut	1200	750	

Zone de production	Unité	Capacité de stockage (m ³)			
		BRUT	Condensat	GPL	Propane
Centre	Communs				380
	MPP0	6103	14 557	-	
	MPP1	-	15 900	-	
	MPP4	-	17 352	6 036	
	CSTF	-	226 846	78 000	
	CTH1	2 200	-	-	
	CTH3	200	-	-	
Nord	MPP3	-	20 952	6 508	
	CTH2	2400	-	-	
	CTH4	200	-	-	
Sud	MPP2	-	20 952	6 508	
	DJ-Bissa	-	-	-	
	HR Sud	-	-	-	
	CTH Sud	1 000	-	-	

II.3. Phénomènes dangereux

Pour le site CSTF, des analyses de risque ont permis d'identifier des scénarios d'accidents majeurs. Les phénomènes dangereux ici étudiés sont principalement liés au caractère inflammable et explosif de certains composés se trouvant sur le site de production SBC de Sonatrach DP. Ces scénarios ont été regroupés sous des scénarios enveloppes, plus généraux et permettant de représenter tous les scénarios identifiés.

***Boule de feu** : Une boule de feu fait référence à la combustion d'un nuage de gaz inflammables non dilué. La boule de feu a tendance à s'élever dans les airs lors sa combustion. Un point important de ce phénomène qu'il est de courte durée mais d'intensité élevée. La boule de feu résultera de la rupture d'un équipement contenant du gaz sous pression ou liquéfié.

Les scénarios pouvant mener à un feu de flaque étudié dans ce rapport sont 1 / 2. Ces risques ont été identifiés et analysés.

***Feu de flaque** : Le « feu de flaque » décrit un incendie résultant de la combustion

d'une nappe de combustible liquide. Ce phénomène implique principalement la surface de la nappe en contact avec l'air. Certains scénarios donneront lieu à un feu de flaque libre ou à un feu de cuvette (lorsque l'équipement est entouré d'une rétention). Le feu de flaque peut résulter de la rupture ou de la fuite d'un équipement contenant un liquide inflammable.

Les scénarios pouvant mener à un feu de flaque étudié dans ce rapport sont 1 / 2 / 3 / 4 / 5. Ces risques ont été identifiés et analysés.

***Feu de chalumeau** : les feux de chalumeau peuvent survenir suite à l'ignition d'une fuite à haute pression de gaz. Un feu de chalumeau est caractérisé par un jet rapide et très turbulent. Le feu de chalumeau est un danger direct pour les personnes ou structures prises dans la flamme ou exposées à des niveaux de radiation thermique élevés. Ce phénomène concerne les scénarios de fuite de gaz et pas ceux de rupture.

Les scénarios pouvant mener à un feu de chalumeau étudié dans ce rapport sont : 1 / 2 / 3. Ces risques ont été identifiés et analysés.

***VCE** : le terme « vapeur Cloud explosion » ou explosion de nuage est défini comme un procédé où la combustion d'un mélange inflammable (combustible/air ou combustible/oxydant) cause une augmentation rapide de pression. Ce phénomène peut résulter de la perte de confinement (rupture ou fuite) d'un gaz mais également de l'évaporation d'un liquide.

Les scénarios pouvant mener à un feu de chalumeau étudié dans ce rapport sont : 1 / 2 / 3 / 4 / 5. Ces risques ont été identifiés et analysés.

***Feu flash** : Un feu flash est la combustion non explosive d'un nuage inflammable, celui-ci pouvant résulter de la perte de confinement (rupture ou fuite) d'un gaz mais également de l'évaporation d'un liquide. La majorité des conséquences liées à un feu flash concerne les personnes ou équipements situés à l'intérieur du nuage. La durée et l'intensité de ce feu sont en général insuffisantes que pour causer des radiations thermiques importantes hors du nuage.

Les scénarios pouvant mener à un feu de chalumeau étudié dans ce rapport sont : 1 / 2 / 3 / 4 / 5

II. 4. Cartographie du risque – situation actuelle

La criticités des conséquences des différents phénomènes dangereux a été appréciée selon des échelles de probabilité et de gravité.

La probabilité s'estime en termes de fréquence d'occurrences d'un événement et s'étend de 1 « Improbable » (Fréquence < 10⁻⁴/an) à 4 « Très probable » (Fréquence 1/an). L'échelle de gravité s'étend également de 1 à 4, 1 étant le moins grave et 4 le plus grave. Elle prend en compte quatre types de critères à savoir : personnel, environnement, public et production/biens. Ainsi pour le critère personnel, le 1 correspond à des blessures mineures alors que le 4 correspond à plusieurs fatalités; pour le critère d'environnement, le 1 correspond à une fuite mineure, le 4 à une pollution hors des limites du site de longue durée ; pour le critère public, le 1 correspond à pas d'incidence, le 4 à un décès ; enfin pour le critère de production/biens, 1 correspond à pas de perte de biens ni de production et 4 à des dommages importants et un arrêt complet du site.

Ces deux échelles permettent de définir une matrice de risques et d'y classer les événements dangereux. Cette matrice se décompose en trois classes de risques :

- Les risques Acceptables (en vert)
- Les risques ALARP (en jaune)
- Les risques Inacceptables (en rouge).

Gravité	1				
	2				
	3				
	4				
		1	2	3	4
	probabilité				

Figure 2 :Matrice de risques Sonatrach DP

En fonction de la combinaison de probabilité d'occurrence et de gravité des conséquences potentielles des accidents correspondant aux phénomènes dangereux identifiés

dans l'étude de dangers, des actions différentes doivent être envisagées, graduées selon le risque.

La liste des phénomènes dangereux issus de l'étude de dangers est présentée. Le positionnement de ces accidents dans la matrice de risques est présenté ci-après.

Gravité	1				
	2	2.6 5.3	3.4 4.1 4.3 4.4	3.2 3.3	
	3	2.2 5.1	2.4 4.2 5.2		
	4	1.1 1.2 1.3 1.6 2.1 2.3	1.4 1.5 2.5 3.1		
		1	2	3	4
		Probabilité			

Figure 3: Aortographie du Risque – Matrice

II.5. Conclusions et recommandations

Il découle de la matrice de risques les conclusions suivantes :

- 2 évènements redoutés se situent à un niveau « Acceptable » de risques.
- 17 évènements redoutés se situent à un niveau de risques « ALARP ». Une série d'actions a été émise pour permettre à ces scénarios de devenir Acceptable. Ces actions seront mises en place si Sonatrach le juge nécessaire et possible.
- 4 évènements redoutés se situent à un niveau de risques « Inacceptable ». Les 4 évènements redoutés jugés inacceptables sont :
 - ✓ Feu de flaque suite à la défaillance d'une sphère de GPL.

- ✓ Feu de chalumeau suite à une défaillance d'une sphère de GPL
- ✓ Feu de chalumeau suite à une défaillance d'un ballon de GPL.
- ✓ VCE suite à une défaillance d'une ligne de GPL.

Sonatrach s'engage à réduire le niveau de risque de ces 4 événements redoutés dès que possible .

Dans le cadre de l'amélioration du niveau de risque, diverses actions ont été recommandées dans le présent rapport. Les principales recommandations pouvant diminuer le niveau de risques sont reprises ci-après :

➤ S'assurer que la salle de contrôle, le poste de garde et autres bâtiments à l'intérieur ou à proximité du site soient blastproof et fireproof; et le cas échéant, prendre les mesures nécessaires afin de mettre ces bâtiments à niveau. Cette recommandation permettra aux personnes à l'intérieur des bâtiments d'avoir le temps de mettre en place les mesures d'intervention nécessaires en cas d'accident et de pouvoir évacuer de manière sécurisée si nécessaire. Il sera ainsi possible de diminuer la gravité importante de certains phénomènes d'explosion (VCE) ou d'incendie (feu chalumeau, feu de flaque, feu flash, boule de feu).

➤ Les différentes canalisations, leurs accessoires et les pompes restent un point critique. En effet, de par les longueurs importantes et le nombre d'équipements, la fréquence de fuite estimée est élevée. Il est dès lors primordial d'agir de manière préventive afin d'éviter toute fuite de produit inflammable. Pour ce faire, la mise en place d'un planning d'inspection établissant des critères de priorités est une solution intéressante pour garantir l'intégrité des lignes, vannes et équipements. De même pour l'ensemble des capacités pouvant contenir de l'eau (séparateurs, bacs de stockage, bacs tampon..), ce type de planning sera mise en place pour limiter la fréquence de fuite sur ce type d'équipement. Le choix de pompes à garnitures double ou à entraînement magnétique doit être préféré aux pompes à garniture simple. L'installation de systèmes de limitation de débit (excès flow valves) sur les grandes lignes de GPL (sortie sphère par exemple) est importante.

➤ Etudier la pertinence d'enrichir certaines zones critiques du site en détecteurs de gaz et d'incendie pour détecter rapidement toute fuite éventuelle et de coupler certains de ces détecteurs avec des moyens d'interventions automatiques (type déluge, ESD, EDP ...) en cas

d'alarme. Il est également important d'assurer un système efficace de maintenance et d'inspection des détecteurs de gaz et d'incendie.

- L'installation d'une zone de rétention déportée sous les capacités contenant du GPL (sphères et DO04) est une option importante pour éviter les risques de BLEVE de ces capacités.
- L'installation de vannes motorisées aux bornes des pompes dites à risque est importante pour limiter la gravité de certains accidents majeurs.
- Vérifier l'implantation des systèmes de lutte incendie autour des équipements à protéger en fonction des effets thermiques ou de surpression pour assurer qu'ils seront exploitables en cas d'accident majeur.
- S'assurer que les dimensions de la rétention soient suffisantes pour contenir la capacité totale du tank de stockage ou le cas échéant mettre en place un autre système de protection équivalent (fosse déportée, pompe de reprise de liquide,...).
- Enfin, vérifier l'implantation des systèmes de lutte incendie autour des équipements à protéger en fonction des effets thermiques ou de surpression pour assurer qu'ils seront exploitables en cas d'accident majeur.

*Chapitre III .présentation du
complexe de Hassi-R'mel*

Chapitre III :présentation du complexe de Hassi-R'mel

III .1. Description le lieu

La première compagnie intéressant la région a eu lieu en 1951, le forage du premier puits d'exploitation a eu lieu en 1952 à quelques Km de BERRIANE. Dans le champ de Hassi R'Mel, le premier puits HR1 a été foré en 1956 sous le sommet de l'anticlinal que constitue le gisement de Hassi-R'mel. Ce puits a mis en évidence la présence de gaz riche en condensât dans le trias gréseux à une pression de 310 ATM et 90°C. La profondeur atteinte est de 2332m, révélant la présence d'un réservoir de gaz humide.

Réservoir A

S'étend sur tout le champ de Hassi-R'mel, son épaisseur varie sur l'ensemble du champ de 15 à 30m. Ses caractéristiques sont :

- Porosité : 15 %
- Perméabilité : **270.10-3 Darcys.**
- Teneur en eau : 24%

Réservoir B

Il est limité à la zone centrale et la zone nord du champ. Ses caractéristiques sont :

- Porosité : 15%
- Perméabilité : 250.10-3 Darcys
- Teneur en eau: 28%

Réservoir C

Il s'étend sur la majeure partie du champ sauf la zone sud, c'est le plus épais des trois niveaux et le plus important. Ses caractéristiques sont :

- Porosité : 08%
- Perméabilité : 800.10-3 Darcys.
- Teneur en eau : 13%.

III.2. Développement du champ de Hassi-R'mel

Le développement de Hassi-R'mel s'est trouvé étroitement lié au développement de 2000 milliards de m³ ont constitué un atout important pour lancer une politique d'industrie gazière de grande envergure pour le pays.

Des étapes importantes ont marqué le développement du champ de Hassi-R'mel :

- ❖ De **1957-1960** : furent forés huit autres puits pour la délimitation du gisement et l'évaluation des réserves estimées initialement à 2 800 milliards de m³, sous une superficie de 3500 kilomètres carrés.
- ❖ **1961** : Mise en exploitation de 02 unités de traitement de gaz d'une capacité de 1.3 milliards de m³ par an.
- ❖ **1969** : Mise en exploitation de 04 unités supplémentaires pour augmenter la capacité à 4 milliards m³ par an.
- ❖ **Le 24-02-1971** : Nationalisation historique des hydrocarbures qui permet l'augmentation de la capacité de traitement de Hassi R'mel à 14 milliards de m³ par an.
- ❖ **1975 SONATRACH** : met en œuvre un plan directeur de développement pour augmenter la capacité de production à 94 milliards de m³ par an et maximiser la récupération des hydrocarbures liquides par un recyclage partiel du gaz.

La réalisation de ces objectifs a nécessité la mise en œuvre de :

- ◆ usines de traitement de gaz de capacité nominale unitaire de 20.109 Sm³ /an de gaz sec nommées modules (1-2 -3-4).
- ◆ Deux stations de réinjections de gaz de capacité nominale unitaire de 30 milliards de m³ /an de gaz sec (station nord et sud).
- ◆ Un centre de stockage et de transfert du condensât et du GPL (CSTF) avec une capacité de 80 000 m³ de GPL et 285 000 m³ de condensât.
- ◆ Pose d'un réseau de collecte de plus de 2 000 Km.

- ◆ Construction d'un réseau routier de plus de 400 Km pour desservir les puits et les installations de surface.

- ❖ **1985** : Réalisation et mise en œuvre de l'usine des communs pour récupérer les gaz moyenne et basse pression et produire le GPL à partir des modules 0 et 1.
- ❖ **Juin 1987** : Démarrage du centre de traitement de gaz CTG/Djebel-Bissa d'une capacité de 1,4 milliards m³ par an.
- ❖ **Avril 1999** : Démarrage de la Station de récupération des gaz associés (SRGA) d'une capacité de 1,4 milliards m³ par an.
- ❖ **Janvier 2000** : Démarrage du centre de traitement de gaz CTG/HR-Sud d'une capacité de 2,4 milliards m³ par an.
- ❖ **2003** : Réalisation du projet Boosting qui est sensé d'augmenter la pression d'entrée des modules dans le but est de maximiser la récupération des liquides.

Actuellement la capacité totale de traitement est de 98 milliards m³ par an.

Le développement final du champ de Hassi R'mel a permis d'atteindre les capacités de production suivantes :

- ✓ 100 milliards de m³ de gaz /an.
- ✓ 12 milliards de tonnes de condensât /an.
- ✓ 2.5 millions de tonnes de GPL /an.
- ✓ 700 milles tonnes de pétrole brut /an.

III.3.Installations gazières à Hassi-R'mel

Plan d'ensemble des installations gazières implantées sur le champ de Hassi-R'mel est élaboré de façon à avoir une exploitation rationnelle du gisement et pouvoir récupérer le maximum de liquide. (Voir FIG. III-1)

Les installations mise en œuvre sont comme suit :

- ❖ **SECTEUR CENTRE**
- ✓ Module 0
- ✓ Module 1

- ✓ Module 4
- ✓ CSTF
- ✓ CNDG
- ✓ SBC (station BOOSTING centre)

❖ **SECTEUR NORD**

- ✓ Module 3
- ✓ Station de compression (SCS)
- ✓ SB N (station BOOSTING nord)

❖ **SECTEUR SUD**

- ✓ Module 2
- ✓ Station de compression (SCS)
- ✓ Djebel – bessa
- ✓ HR sud

SBS (station boosting sud)

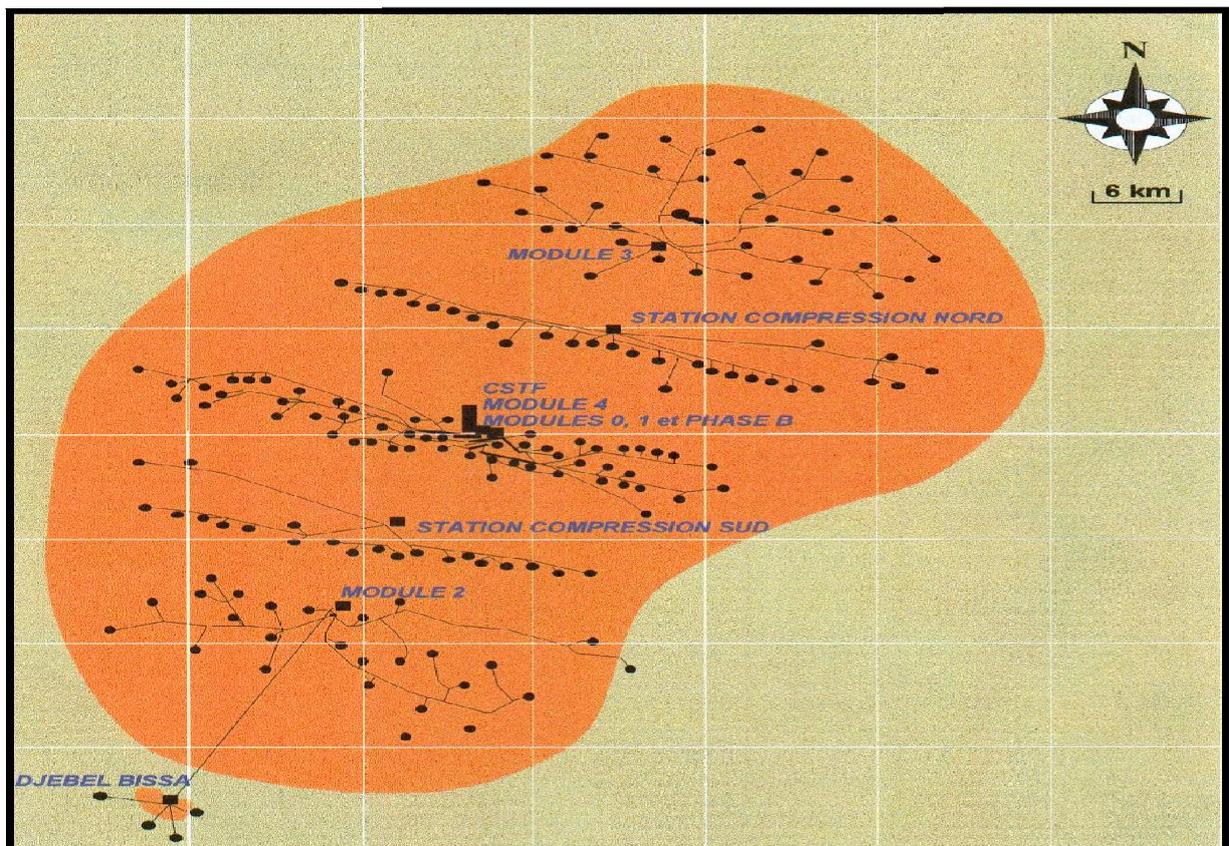


Figure 4 : Le champ de Hassi-R'mel

III.4.Les activité du champ de Hassi R'mel

III.4.1.Les modules

C'est le diminutif de « module processing plant » qui désigne une unité de traitement. Il est constitué d'un ensemble d'équipements conçus et réalisés pour permettre un traitement spécifique du gaz, condensât et GPL, conformément à un procédé approprié et répondant aux spécifications commerciales.

Cinq modules sont implantés à Hassi R'mel. Quatre ont une capacité unitaire de 60 millions de m³ /jour. Le cinquième est le module « 0 » qui a une capacité de 30 millions /jour.

Un sixième module dessert le petit gisement de « Djebel Bissa ».en rapport avec sa capacité modeste de 6 millions de m³/jour. Il est désigné par l'appellation de centre de traitement de gaz.

Les modules de traitement de gaz sont reliés pour le stockage des liquides au centre de stockage CSTF.

III.4.2.Station récupérations des gaz associés (SRGA)

C'est une unité qui a démarré le 13 avril 1999 avec une capacité de 4000 m³/jour design.

Elle comporte quatre turbocompresseurs avec une capacité unitaire de 1 million de m³/jour.

III.4.3.Centre de stockage et de transfert par facilité (CSTF)

Le condensât et le GPL, produits par tous les modules sont acheminés vers le centre de stockage et de transfert (CSTF) qui se trouve dans la zone centrale de Hassi R'Mel, ils sont débarrassés des éventuelles quantités d'eau résiduelle et comptabilisée avant d'être expédié vers SP4 puis vers Arzew.

Le CSTF comprend trois bacs de 35000m³ et quatre bacs de 45000m³ chacune pour le stockage du condensât, douze sphères de 7000m³ chacune pour le stockage du GPL. Les vapeurs formées dans les sphères, sous l'effet de la température ambiante sont comprimées par des turbocompresseurs, condensées puis remises dans le stockage pour éviter le boil-off et l'envoi du GPL vers torche.

III.4.4.Le Centre national de dispatching gaz (CNDG)

Il est constitué d'un ensemble d'installations « pipelines, vannes automatiques, équipements de régulation, équipements de comptage ; etc.» commandées à partir d'une salle de contrôle et qui permettent la récupération de tout le gaz produit dans le sud Algérien et à Hassi R'mel et sa répartition vers les différents destinataires.

- les centrales de production d'électricité.
- Les usines de liquéfaction du GN à Arzew et Skikda.
- Les gazoducs desservant l'Italie via la Tunisie.
- Les gazoducs desservant l'Espagne via le Maroc.
- Les stations de compression et de réinjection de gaz dans les gisements de Hassi R'mel.
- La consommation domestique et industrielle du pays.

III.4.5.Station Boosting

L'historique de production montre une baisse de pression du gisement conformément au programme de soutirage. Les unités de traitement de gaz sont conçues pour fonctionner à une pression minimale de 100 bars à l'entrée. Tenant compte de ces deux paramètres, le Boosting est une nécessité incontournable.

Compte tenu du profil de soutirage considéré, l'échéance Boosting a été repoussée à 2003, moyennant les actions suivantes :

- ✓ Forage de puits additionnels,
- ✓ Mise en exploitation du collecteur W8 sur le Module 3, 4
- ✓ Modification sur le réseau de collecte existant.

Le projet consiste en la réalisation :

✓ D'un forage de 59 puits répartis sur les trois zones: Centre, Nord et Sud. Ce chiffre 59 a été optimisé par modèle.

✓ D'un nouveau réseau de collectes et la modification du réseau de collectes existant pour le rendre compatible avec les nouveaux paramètres de service des modules à partir de l'année 2003.

✓ Trois stations boosting implantées au niveau du Module 2, du Module 3 et de la zone centrale regroupant les Modules 0, 1 et 4.

III.4.6.La station compression

Le but de réinjection le gaz sec au niveau du gisement pour le maintient de pression afin de récupérer le maximum des liquides (GPL et condensant). La capacité de réinjections de chaque unité des deux stations de compressions nord et sud est de 90 millions standard de m³/jour.

III .5.Technique de traitement de gaz naturel

Dans le champ de Hassi R'mel deux procédés son mis en œuvre :

III.5.1 Procédé pritchard

Utilisé dans le module 0 et1, il est basé sur le refroidissement du gaz par échange thermique et par détente avec utilisation d'une boucle de propane comme système réfrigérant pour atteindre enfin de cycle une température voisine à -23°C.

III.5.2 Procédé hudson

Utilisé dans les modules 2,3, et 4, il est basé sur le refroidissement du gaz par échange thermique et par séries de détentes complètes.

Une détente au niveau de la vanne JOULE THOMSON qui permet d'atteindre une température de -15°C et une autre détente au niveau d'une machine dynamique appelée « TURBO- EXPENDER » où on aura une température de -35°C, ce dernier est plus performant car il nous permet une meilleure récupération des hydrocarbures liquides et dispose d'un système de refroidissement autonome.

Chapitre IV : Analyses de risques

Chapitre IV : Analyses de risques

IV.1. Définition

Deux types d'analyses de risque ont été effectués. Tout d'abord une analyse préliminaire des risques a été effectuée afin de prioriser les zones et les installations en terme de dangers. Ensuite des sessions d'analyse de risques utilisant la méthode HAZOP/SWIFT ont été réalisées dans le centre de formation de Hassi-R'mel.

Le principal intérêt de ces analyses dans le cadre de cette étude de dangers est de constituer une identification des dangers afin de déterminer les scénarios d'accidents majeurs et de lister les mesures de prévention et de protection en place.

La liste des accidents majeurs identifiés pour chaque site de production de Hassi R'Mel Centre est jointe en Annexe5.

L'analyse des risques pour CSTF s'est faite dans le centre de formation de Hassi R'Mel du 1er au 4 mars 2019.

La liste des différents participants qui ont constitué l'équipe multidisciplinaire pour une ou plusieurs de ses sessions est détaillée dans le tableau suivant:

Tableau2: Participants aux sessions d'analyse de risques Hazop pour l'unité CSTF

Prénom	Nom de famille	Titre	Entreprise	Département	Expérience
Menouar	Draou	Hazopleader	DNV Energy	Energy	+ 10ans
Ali	Dehilis	IngénieurExploitation	SHDP	XP	+ 10ans
Miloud	Benasla	IngénieurExploitation	SHDP	XPCSTF	+ 10ans
Kamel	Bourai	Ingénieur sécurité	SHDP	HSEHRM	+ 10ans
Fazil	Osmani	Ingénieur sécurité	SHDP	HSEDP	+ 10ans
Amar	Boukhecha	Instrumentation	SHDP	Maintenances	+ 10ans
Abdelkader	Azizi	Ingénieur sécurité	SHDP	Sécurité	2ans

IV.2. Les méthodes d'identification des accidents majeurs

IV.2.1. La définition d'un accident majeur

Un accident est qualifié d'accident majeur s'il fait intervenir une substance dangereuse et s'il peut engendrer une des conséquences suivantes:

- du point de vue de la sécurité, potentiellement causer au moins une fatalité ou une incapacité permanente ;et/ou
- du point de vue environnemental, créer une pollution interne non maîtrisée ou une pollution hors des limites du site maîtrisée.

IV.2.2. Les méthodes d'identification des accidents majeurs utilisées dans le cadre de l'étude de danger

Les différentes méthodes utilisées pour identifier les accidents majeurs sur le site étudié sont :

1. Méthode d'Analyse Préliminaire des Risques
2. Casuistique externe et interne
3. Analyse des risques Hazop
4. Analyse des risques WIF

Les conclusions des différentes méthodes d'analyse des risques appliquées à la région de Hassi R'Mel Centre ont été regroupées afin de définir la liste des différents scénarios d'accidents majeurs susceptibles de survenir sur le site

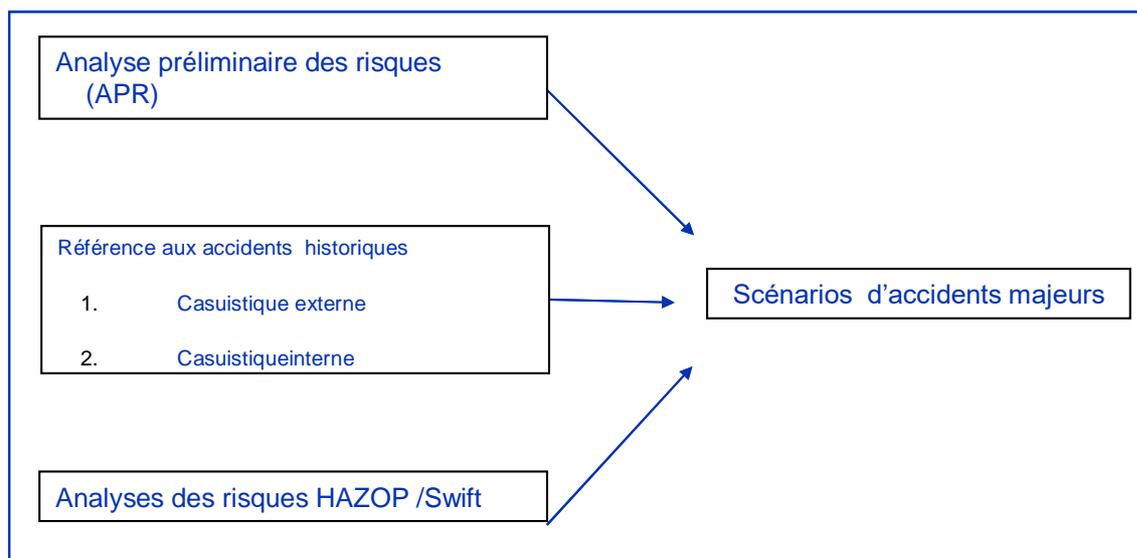


Figure 5: Méthodes d'identification des accidents majeurs

Ces différentes méthodes sont décrites de manières générales aux points suivants

IV.2.3. Références aux accidents historiques

Toute analyse de risque doit se nourrir de l'expérience passée comme point de départ à l'identification des dangers. Les références internes et externes existent et doivent être répertoriées et analysées

Il est impératif d'intégrer lors des sessions d'identification des dangers la connaissance historique ou accidentologie interne et externe de la région d' Hassi R'Mel Centre de manière à vérifier que les systèmes de prévention et de protection des installations intègrent ces scénarios.

Pour l'accidentologie externe, une recherche doit être faite auprès des grandes banques de données sur les accidents industriels pour voir si les substances dont l'utilisation est envisagée ou des substances ayant des propriétés comparables ont déjà donné lieu à des accidents graves.

IV. 3. La méthode APR

L'APR (Analyse Préliminaire de Risque) fournit une appréciation du potentiel de danger d'une installation industrielle où des substances dangereuses sont utilisées. Elle

renseigne donc les sections sur lesquelles une analyse approfondie des risques devra être conduite. Les techniques potentiellement utilisées pour l'analyse approfondie sont les suivantes HAZOP, AMDEC, SWIFT ,etc.

La méthode de calcul est basée sur la « Rapide Ranking Méthode » publiée par l'International Labour Office (ILO). Cette méthode est à son tour dérivée de la « Fire & Explosion Index Hazard Classification Method » de la Dow Chemical Company.

La méthodologie appliquée calcule des indices d'incendie et d'explosion et des indices de toxicité d'hygiène et sécurité.

La méthode s'applique à une section de l'installation, la première étape est donc de définir les différentes sections. Chaque installation individuelle est subdivisée en subdivisions logiquement autonomes contenant une ou plusieurs substances dangereuses. Les indices de danger sont ensuite calculés pour chacune de ces subdivisions. Une subdivision judicieuse est nécessaire afin d'obtenir une vue suffisante sur la répartition du potentiel de danger.

Pour déterminer les indices de danger, il faut tout d'abord définir la substance critique dans la subdivision. Ensuite les indices sont calculés en fonction de facteurs propres à cette substance mais également en fonction de facteurs généraux et spécifiques du procédé.

Finalement, l'étude hiérarchise sur base des indices de danger les installations en 3 classes de danger distinctes. Cela permet d'une part de déterminer les priorités dans l'analyse des risques qui suit l'étude préliminaire et d'autre part de définir le niveau de détails requis.

IV.4.L'analyse de risque détaillée avec méthode HAZOP

La méthode HAZOP (Hazard and Operability) se réalise à partir des P&ID et PFD des unités.

La méthode HAZOP, ou Analyse de Perturbations, largement utilisée dans l'industrie pétrochimique et chimique est une analyse systématique et formalisée d'identification des risques et des problèmes d'opérabilité d'installations ou de procédés. L'identification systématique et la détermination des causes et des conséquences des perturbations susceptibles de survenir au cours de l'exploitation des installations permettent en fait une analyse de l'intégrité opérationnelle du système étudié.

Une perturbation correspond à une déviation par rapport aux intentions du concepteur

susceptible de survenir aussi bien en opération normale ou en exploitation dite de routine des installations qu'en phase de démarrage, de mise à l'arrêt, d'entretien, etc.

La méthode HAZOP est une technique d'identification des problèmes potentiels, elle ne vise pas à les résoudre.

L'essentiel de l'étude HAZOP réside dans les sessions de réflexion au cours desquelles une équipe multidisciplinaire examine systématiquement les différents composants d'un projet selon une procédure structurée et suscitant la créativité.

Les sessions de réflexion sont conduites par un team-leader qui veille à leur bon déroulement. Le caractère structuré et créatif de la méthode est réalisé en examinant systématiquement les lignes et éléments de l'installation.

Pour cette étude les mots guides suivants ont été utilisés:

Déviations /Mots-guides
1. Pas/ pas assez de débit
2. Retour de débit
3. TROP de débit
4. TROP de niveau
5. Pas assez de niveau
6. TROP de pression
7. Pas assez de pression
8. TROP de température
9. Pas assez de température
10. Mélange/réaction/viscosité/composition
11. Contamination
12. Opération anormale
13. Vibration, stress, fatigue
14. Défaillance de subtilités
15. Influences externes

Lors des sessions HAZOP, les 9 étapes suivantes sont passées en revue:

1. Appliquer un mot guide
2. Développer une déviation
3. Examiner les causes possibles
4. Examiner les conséquences et les problèmes opératoires
5. Réaliser la cotation selon la matrice de risque (un exemple de matrice de risque est illustré ci-dessous)

6. Lister les éléments de sécurité existant et coter selon la matrice de risque
7. Etablir des recommandations pour rendre le risque acceptable sur la matrice de risque
8. Enregistrer ces recommandations et consigner le rapport pour un plan d'actions visant à l'implémentation de ces recommandations
9. Dégager de la session HAZOP la liste des éléments importants pour la sécurité.

IV.5.L'analyse de risque détaillée avec méthode SWIF

La méthode SWIFT (**S**tructured **W**hat **I**f **T**echnique) est une technique d'identification systématique des risques réalisée par une équipe d'experts.

La méthode SWIFT est une alternative efficace à la méthode HAZOP dans le cadre de l'identification des dangers. La technique SWIFT porte sur des installations (ou sous-installations) entières. Elle est également orientée vers le procédé lui-même. La technique SWIFT est basée sur un « *brainstorming* » poussé dont le but est d'identifier les dangers inhérents aux procédé et substances utilisées. La technique repose sur l'utilisation d'un questionnaire de base. Les participants à l'étude sont des personnes d'expérience.

Tout comme pour l'étude HAZOP, une équipe SWIFT est composée d'experts. Ceux-ci ont l'expérience nécessaire à l'identification des événements possibles et à l'analyse des conséquences des événements imaginés. Des questions réalistes, concernant les déviations possibles du procédé, sont posées à l'équipe. L'équipe SWIFT analyse l'occurrence de l'événement, tout en tenant compte des moyens de contrôle (*safeguards*) disponibles. Ces moyens peuvent annuler ou réduire les effets de l'événement considéré.

Les questions « What if » doivent être posées à l'ensemble des personnes présentes, y compris le « *team leader* ». Elles doivent respecter le classement, les catégories de questions proposées. Si un sujet est épuisé, le passage à la catégorie de question suivante se fait, donnant de nouvelles idées à l'équipe de travail.

Tableau 3 : Catégorie de questions pour l'étude SWIFT

Catégorie de questions
1. Problèmes liés aux substances
2. Effets ou influences extérieurs
3. Erreurs opératoires ou autres facteurs
4. Erreurs d'analyse ou d'échantillonnage
5. Dysfonctionnement d'équipement ou d'instrumentation
6. Emballage du procédé
7. Rupture d'alimentation des utilités
8. Perte d'intégrité ou perte de matière

La technique impose cette division du questionnaire en catégories. Ainsi, les longues discussions sont évitées puisque limitées à la seule analyse des dangers possibles. Le but est de visualiser l'ensemble des possibilités d'accident. L'efficacité de l'identification des accidents tient dans l'utilisation rigoureuse d'un questionnaire multidisciplinaire. De cette façon doivent être identifiées l'ensemble des déviations possibles pouvant donner lieu à un accident.

L'analyse des dangers par la méthode SWIFT permet également une analyse plus finalisée « check-list » est utilisée après le « brainstorming », ce pour chaque catégorie de questions. La liste de questions proposées pour chacune des catégories peut d'ailleurs être adaptée au fur et à mesure de son utilisation dans des domaines spécifiques.

IV.6. Analyses des accidents impliquant une substance dangereuse

La région de Hassi R'Mel a connu 26 accidents impliquant des substances dangereuses depuis 2000 soit en moyenne 1,3 accidents par an sur cette période. L'évolution du nombre d'accidents par an est représentée sur la figure ci-dessous

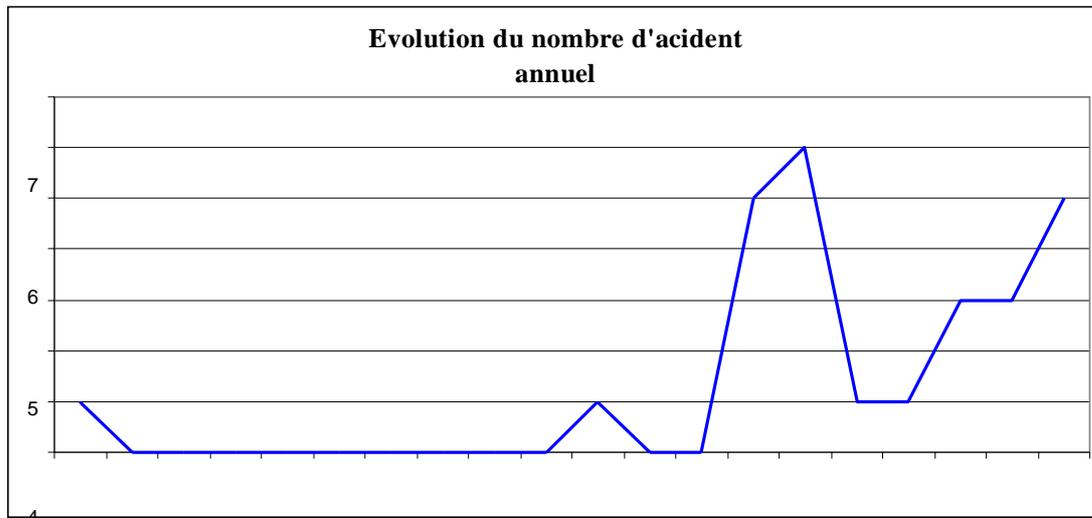


Figure 6 : Evolution du nombre d'accident annuel (2000à2019)

Cette courbe révèle une tendance croissante des accidents depuis le début des années2009.

Ces accidents sont répartis de manière relativement équitable entre les zones de production de la région de Hassi R'Mel comme indiqué ci-dessous.

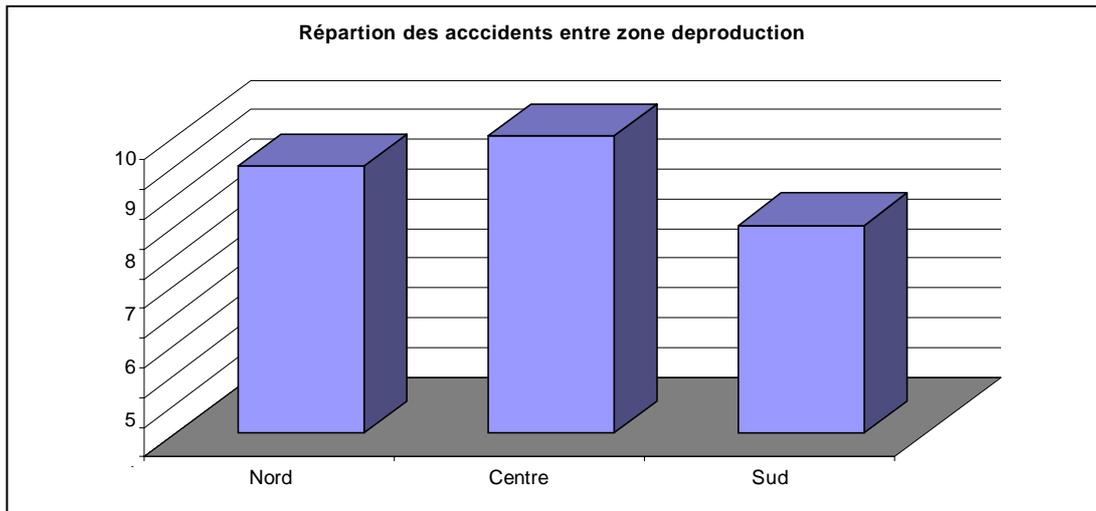


Figure 7 : Répartition des accidents entre zone de production

La distribution des accidents selon le type de substance impliqué est reprise ci-dessous.

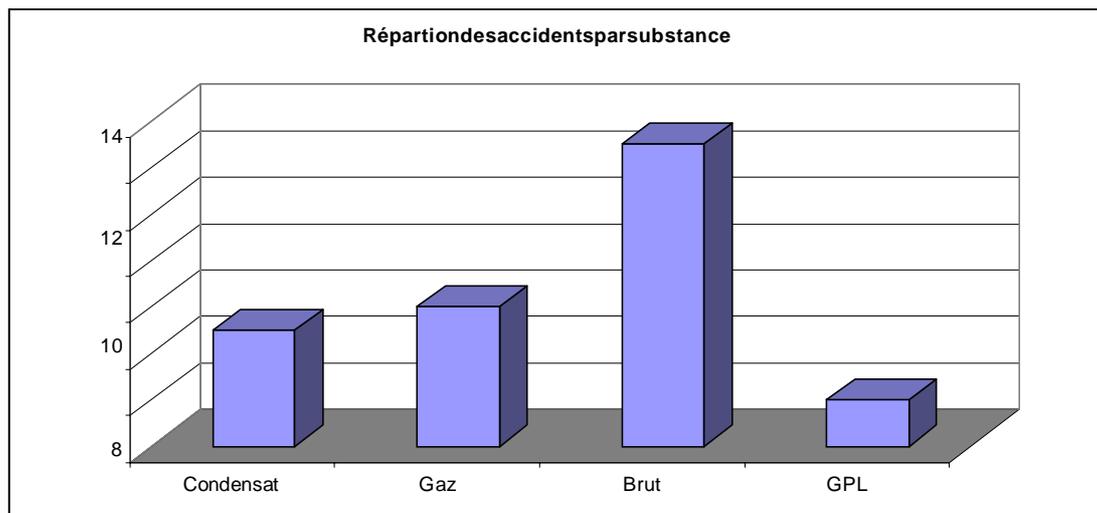


Figure 8 : Répartition des accidents par substance

Sur les 26 accidents qui ont eu lieu depuis 2000, 13 accidents impliquent du brut soit 50% des accidents. La distribution des accidents selon l'équipement et le type de substance impliquée est reprise ci-dessous

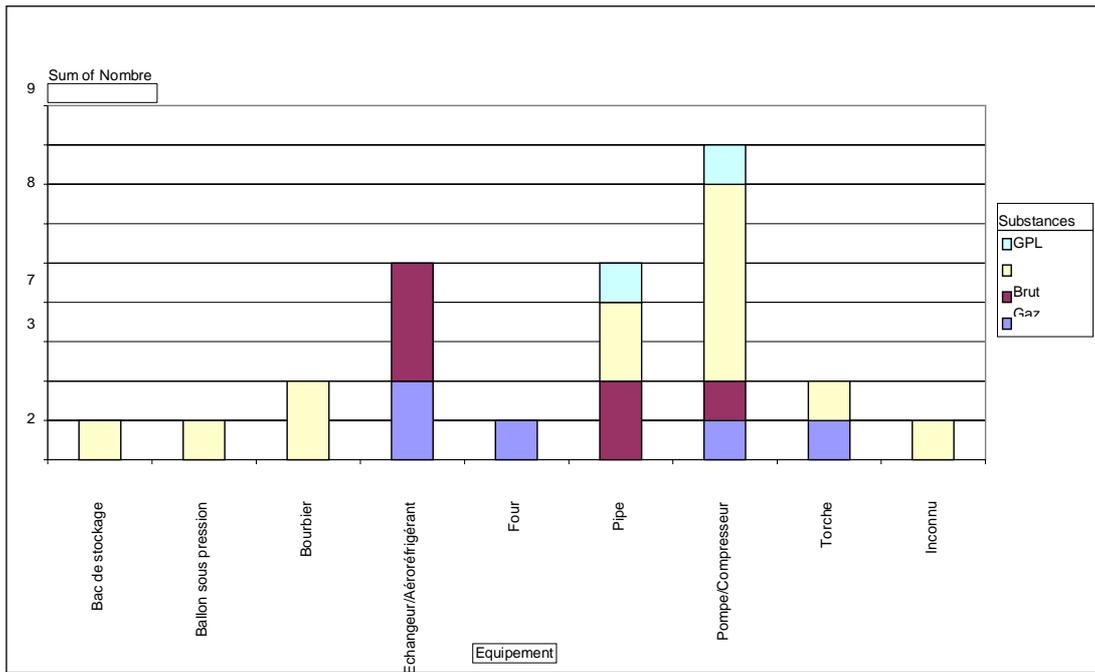


Figure 9 : Répartition des accidents selon l'équipement et le type de substance impliquée

Il s'avère que les accidents/incidents impliquant des substances dangereuses ont principalement lieu au niveau des pompes/compresseurs à hauteur de 31% suivi équitablement par les incidents sur les échangeurs et sur les lignes avec 20% des accidents pour chacune de ces causes.

Les causes de l'ensemble de ces accidents sont reprises dans la figure ci-dessous.

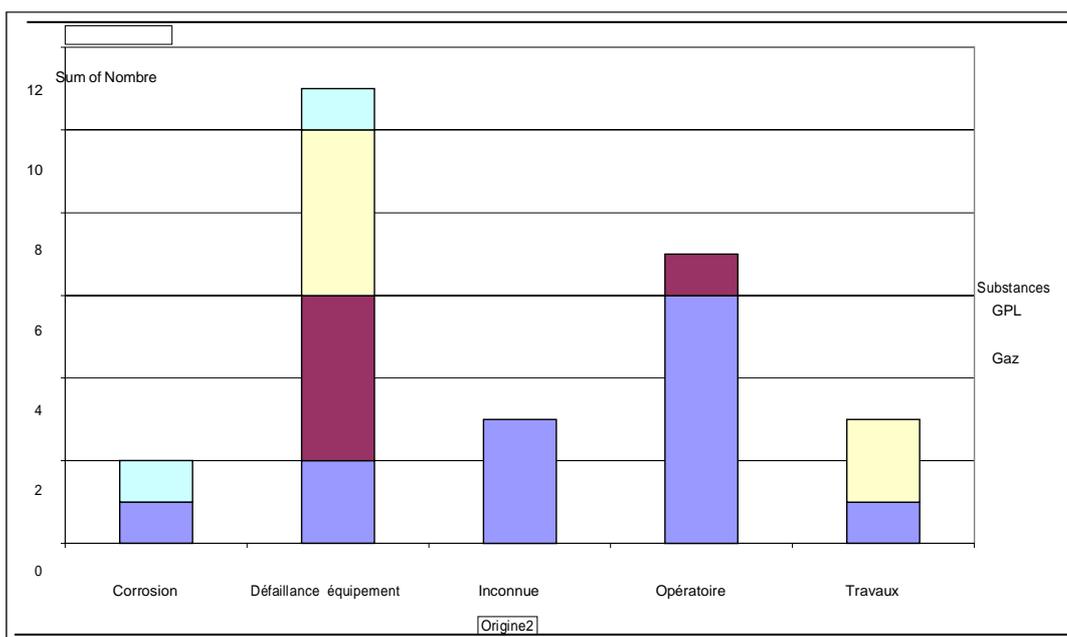


Figure 10 : Causes de l'ensemble des accidents selon l'équipement et le type de substance impliquée

La principale origine des accidents est essentiellement due à des problèmes au niveau de l'équipement 42% suivi par des dérives opératoires 27%.

Les conséquences de l'ensemble de ces accidents sont reprises dans la figure ci-dessous.

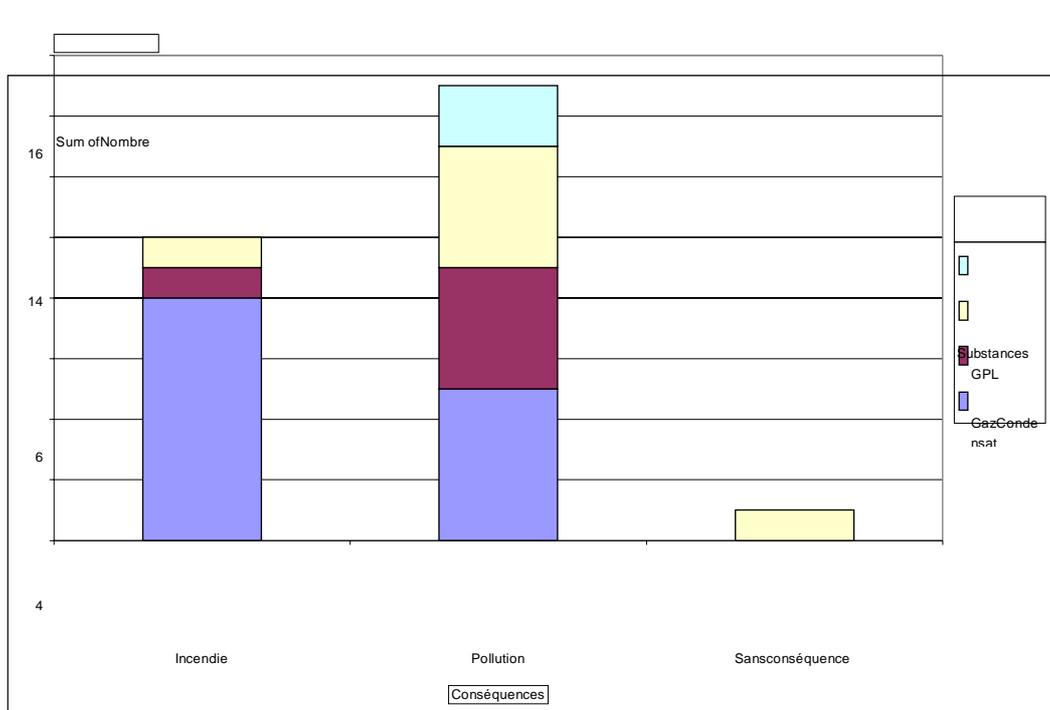


Figure 11: Conséquences de l'ensemble des accidents selon l'équipement et le type de substance impliquée

Parmi les 26 accidents analysés, 15 accidents ont pour conséquences une pollution de l'environnement ce qui représente 58% des accidents, suivi pour 38% par les incendies. L'accidentologie révèle l'absence d'explosion conduisant à des dégâts humains et matériels important. Toutefois, un accident en 1991 a conduit au décès d'un opérateur percuté par une ligne éjectée sous la pression.

Le but de la casuistique interne dans le cadre d'une étude de danger est d'analyser les accidents impliquant une substance dangereuse ayant déjà eu lieu sur le site et d'en tirer un retour sur expérience qui devrait permettre d'éviter que de tels événements ne se reproduisent à l'avenir. Il est ainsi primordial de pouvoir dégager de l'analyse les principales causes résultant en des accidents, et cela afin de pouvoir mettre en place des mesures de préventions adéquates.

La substance la plus souvent impliquée est le brut et condensat, généralement suite à une dérive opératoire quelque soit l'équipement considéré. Les conséquences les plus fréquentes de ce type d'accident/incident sont à égales proportions un incendie et une pollution.

Le gaz, seconde substance la plus impliquée, survient principalement lors d'une défaillance d'équipement quel qu'il soit. La conséquence la plus fréquente de ce type d'accident/incident est la pollution.

IV.7. Analyses des accidents externes

IV.7.1. Répartition en fonction du lieu de l'accident et des substances

Les différents accidents/incidents analysés sont répartis en fonction de la substance mise en cause et des lieux incriminés (transport par conduite, zone de chargement/déchargement, zone de forage, ...). Le résultat de cette distribution est repris dans le tableau et dans le diagramme ci-après.

Tableau4: Répartition en fonction du lieu de l'accident/incidente des substances

	Gaz naturel	GPL	Pétrole
Transport par conduite	15	3	46
Zone de Chargement/déchargement		2	1
Zone de forage	7	7	
Zone de production/d'exploitation	8	5	
Zone de Stockage		2	9

On remarque à l'analyse des résultats repris dans ce tableau, que les accidents/incidents ont principalement lieu au niveau des transports par conduite (61%), de la zone de forage (13%), de la zone d'exploitation/production (12%) et de la zone de stockage(10%).

■

Accidentologie externe - Lieu de l'accident / substance

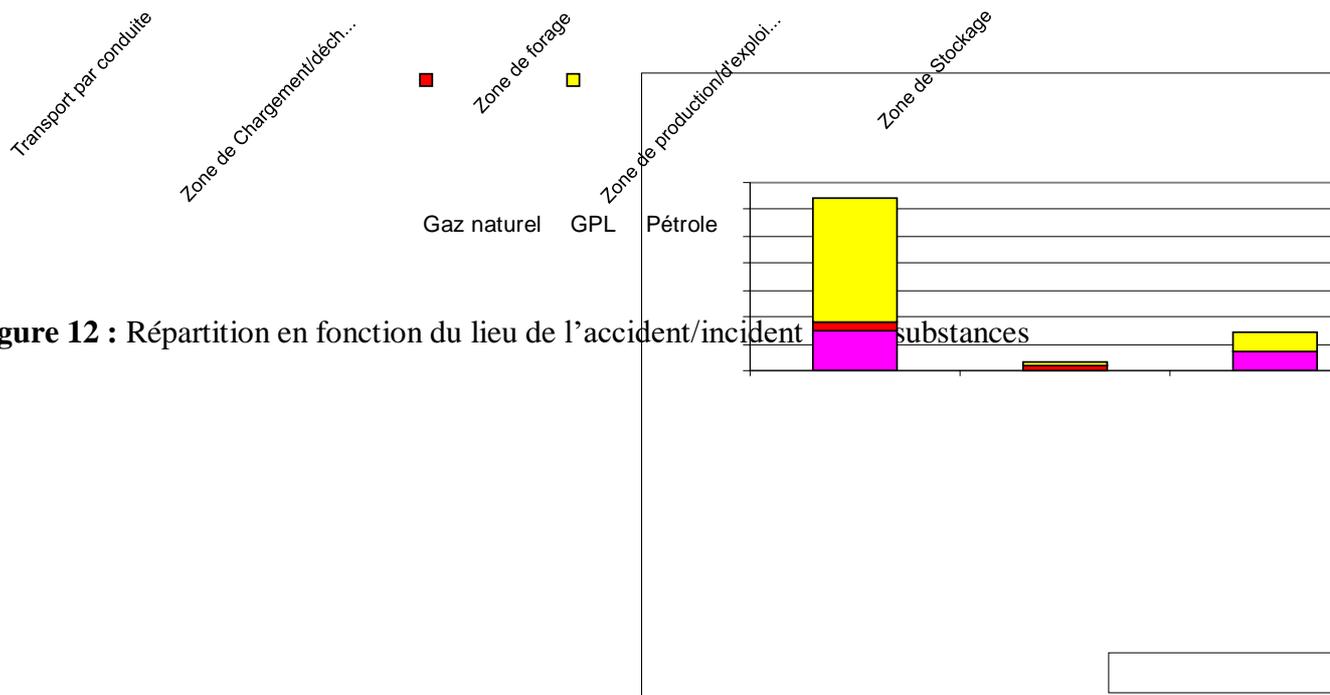


Figure 12 : Répartition en fonction du lieu de l'accident/incident

IV.7.2.Répartition des accidents/incidents en fonction de leur origine

Une autre possibilité est le classement des substances en fonction de l'origine (cause) de l'accident/incident. Seules les origines les plus significatives pour le cas étudié sont considérées. Les différents facteurs sont donnés ci-dessous.

Tableau5: Répartition des substances en fonction de l'origine de l'accident/incident

Cause	Gaz naturel	GPL	Pétrole
Malveillance			13
Autres	3		
Corrosion		2	3
Electrique		1	1
Equipement	3	5	14
Erreur humaine	1		4
Extérieur	1		6
Maintenance	2		6
Météo	2		1
Travaux	8	3	3

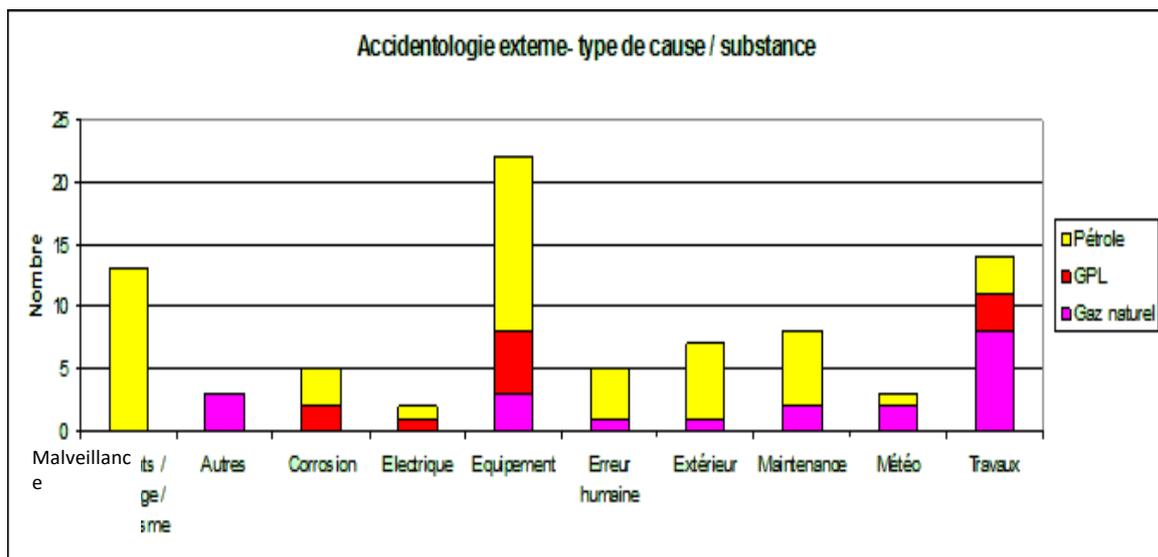


Figure13:Répartition dessubstances en fonction de l'origine de l'accident/incident (cause)

Il est à signaler qu'un nombre important d'accidents/incidents enregistrés ont comme origine principale la défaillance d'un équipement (27%), les travaux (17%), la malveillance (16%), la maintenance (10%) viennent ensuite les erreurs humaines, la corrosion.

La malveillance, la météo et les facteurs extérieurs (glissements de terrain) ont été considérés comme étant des facteurs externes. Si ceux-ci sont enlevés des chiffres donnés ci-dessus, on obtient:

Tableau6: Répartition des accidents/incidents, hors facteurs externes, en fonction de leur origine(cause)

Causes	Gaz naturel	GPL	Pétrole
Autres	3		
Corrosion		2	3
Electrique		1	1
Equipement	3	7	14
Erreur humaine	1	2	4
Maintenance	2		6
Travaux	8	4	3

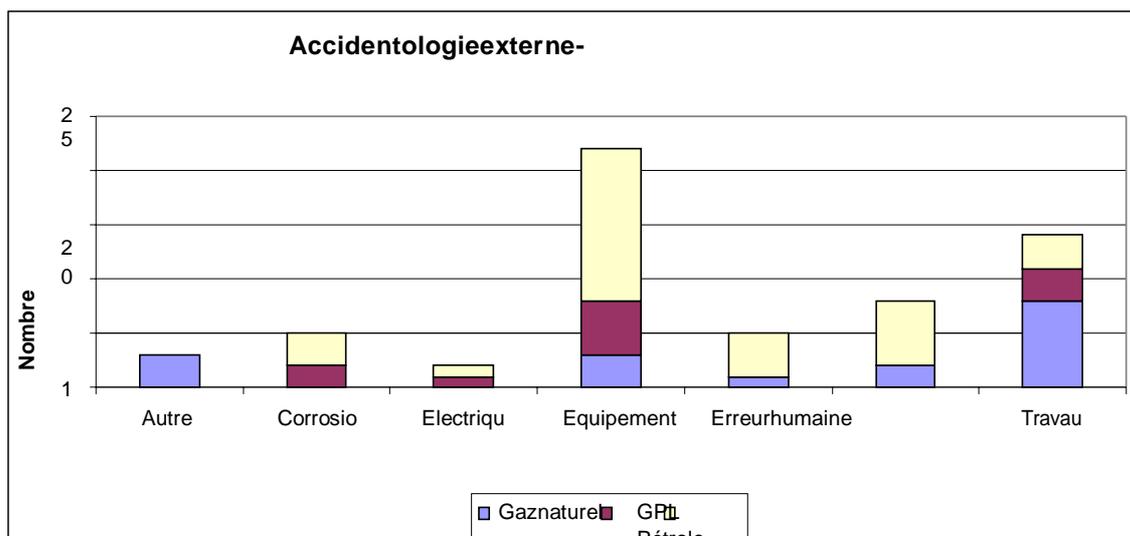


Figure14: Répartition des accidents/incidents, hors facteurs externes, en fonction de leur origine

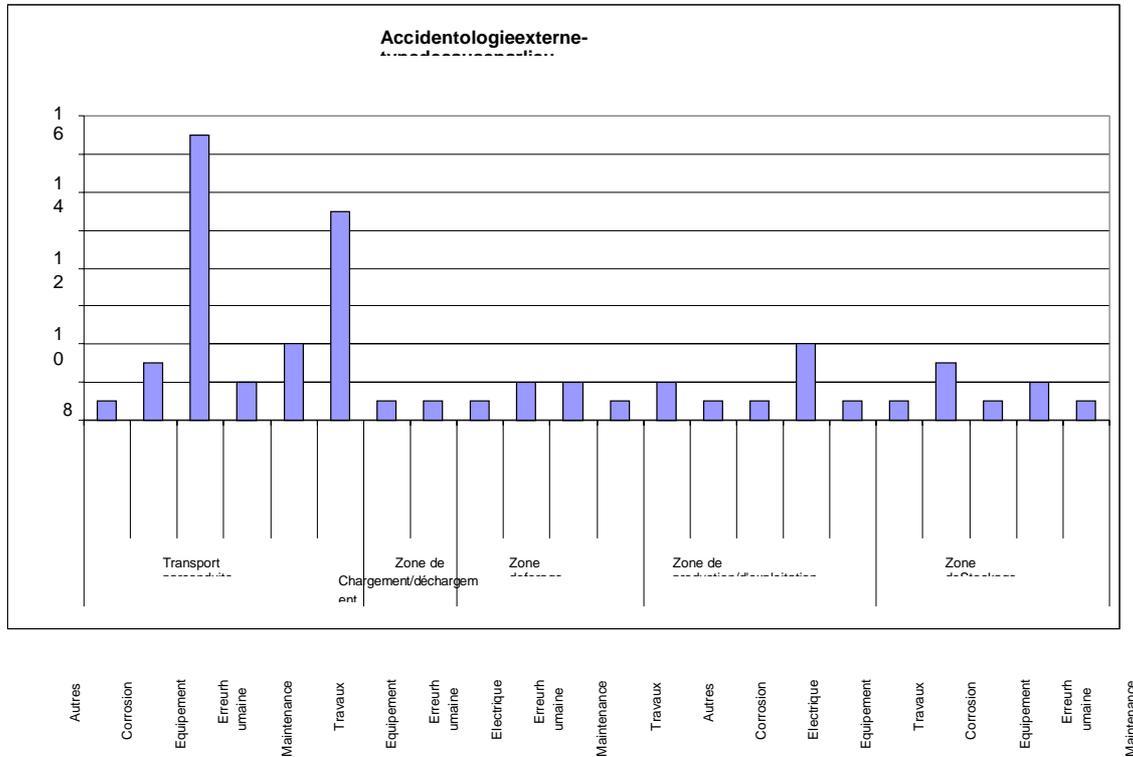


Figure 15: Répartition par type de cause et du lieu de l'accident, hors malveillance

Cette figure permet de mettre en évidence l'importance des facteurs mécaniques (défaillance d'un équipement (**37%**), du facteur des travaux + maintenance (**37%**) et de la corrosion (**8%**) sur l'origine des accidents/incidents.

IV.7.3.Répartition en fonction des équipements concernés

La répartition en fonction des équipements concernés par les accidents permet de bien mettre en évidence ceux qui sont les plus touchés.

Tableau7:Répartition des accidents/incidents en fonction de l'équipement concerné

Equipement	Total
Autres	4
Canalisation	28
Gazoduc	2
Non Com.	1
Oléoduc	17
Pipeline	22
Pompe /Compresseur	1
Poste de chargement	1
Puits	12
Station de pompage	2
Tank/réservoir/bouteille	8
Unité de traitement	4
Vanne / joint / bride / Equip.Associé	4
Station de compression	2

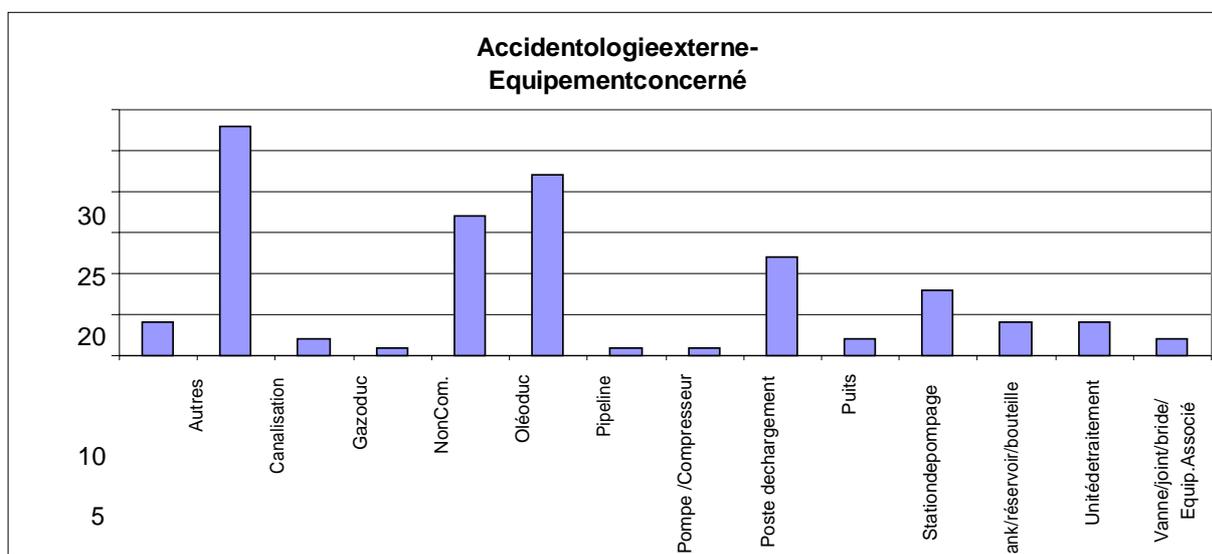


Figure16:Répartition des accidents /incidents en fonction de l'équipement concerné

Nous pouvons voir que les équipements les plus touchés sont les équipements qui transportent les produits (canalisations, Pipeline, Oléoduc, Gazoduc) soit **50%** des équipements et les puits avec **11%**

IV.7.4. Répartition des accidents/incidents en fonction du phénomène de départ

Dans cette partie, nous analyserons la distribution des différents accidents/incidents en fonction du phénomène rencontré. Les différents phénomènes se répartissent entre explosion, incendie et fuite. Il faut savoir qu'à la lecture de ce document un accident/incident peut avoir différents phénomènes de départ. Un incendie survient généralement suite à une fuite ou une explosion et une explosion survient suite à une fuite ou un incendie. Nous avons pris pour chaque accident le phénomène initial

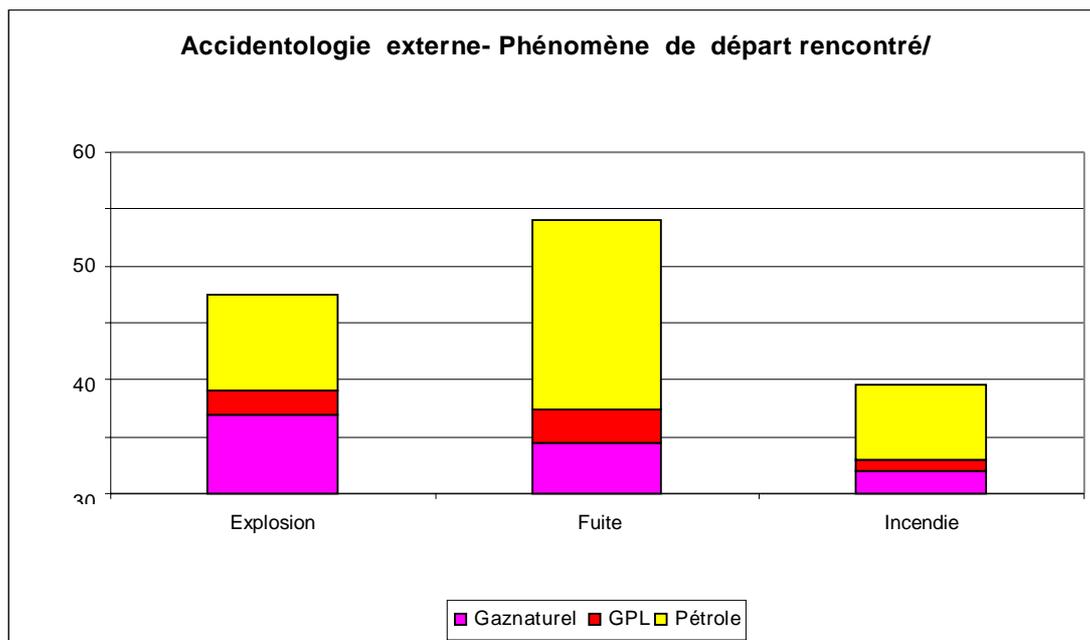


Figure17: Répartition des accidents/incidents en fonction du phénomène de départ

Le graphique ci-dessus montre que dans **48%** des cas, les accidents/incidents ont pour principal phénomène de départ une fuite et **34%** une explosion.

➤ Cas des fuites

La plupart des causes de fuites sont dues à un problème de défaillance au niveau des équipements (**38%**) et lors des travaux sur les équipements ou à côté des équipements (**25%**).

➤ **Cas de l'explosion**

Les explosions recensées en dehors des facteurs externes (**36%**) ont lieu principalement lors des travaux sur les équipements ou à coté des équipements (**36%**).

➤ **Cas des incendies**

Contrairement aux fuites et aux explosions, les incendies peuvent être provoqués par toutes les causes énumérées ci-dessous.

IV.7.5.Répartition des accidents/incidents en fonction des conséquences

Dans cette partie, nous analyserons la distribution des différents accidents/incidents entre les effets rencontrés. Les différents effets se répartissent entre les fatalités, les blessés, les dégâts matériels et les pollutions. Il faut savoir qu'à la lecture de ce document un accident/incident peut avoir différentes conséquences. Les fatalités surviennent généralement suite à une explosion ou un incendie, les dégâts matériels suite à un incendie ou une explosion. Nous avons pris pour chaque accident la conséquence la plus grave

Le graphe ci-dessus montre que dans **46%** des cas, les accidents/incidents ont pour principale conséquence la pollution suivi par les dégâts matériels (**21%**). Il faut quand même préciser que **17%** des accidents ont pour conséquence une ou plusieurs fatalités.

➤ **Cas des Fatalités**

La plupart des causes de fatalités ont pour phénomène de départ une explosion à **70%**

➤ **Cas des pollutions**

En ce concerne les pollutions, elles ont pour phénomène de départ une fuite à **85%**

➤ **Cas des dégâts matériels**

Les dégâts matériels font suite à une explosion à **47%**.

Répartition des accidents/incidents en fonction du temps

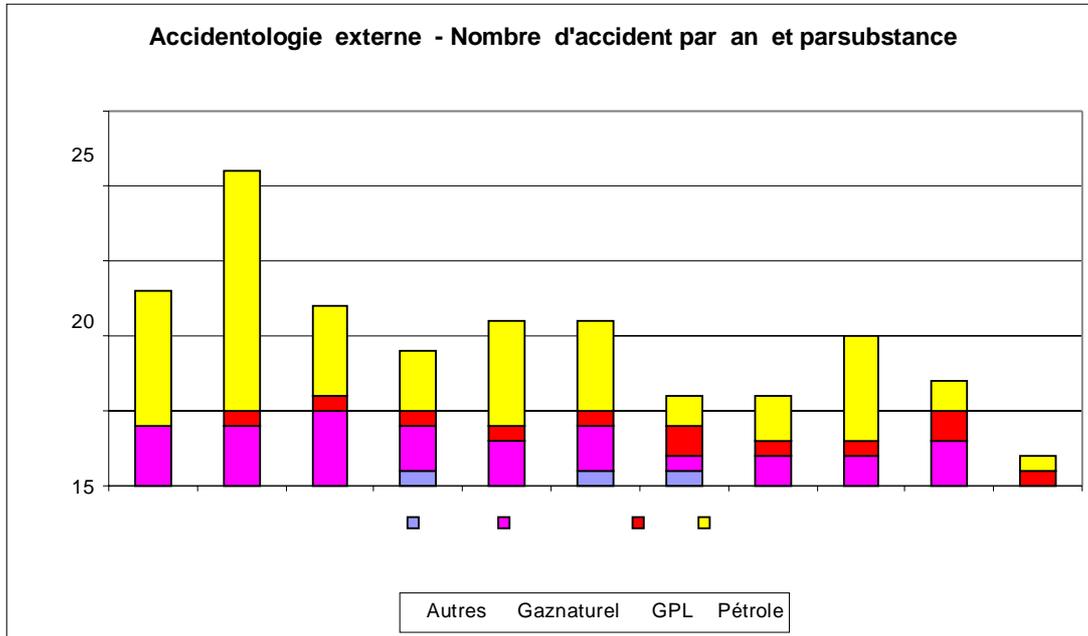


Figure 18 : Nombre d'accident/incident par an depuis les années 2008 à 2018

Il apparaît, à la lecture de ce graphique, que le nombre d'accidents/incidents est resté stable de 2008 à 2013 avec un pic en 2009 pour ensuite diminuer en 2014. Depuis le nombre d'accidents est resté constant jusqu'en 2018 où il a encore diminué.

Observations

La chose la plus importante à signaler est que le nombre important d'accidents/incidents recensés reste assez faible vu le nombre de sites d'exploitation et conduites de transport de produits à travers le monde.

L'analyse a permis de mettre en évidence qu'il y avait une différence au niveau des substances. En effet **60%** des accidents se produisent sur des installations comportant du pétrole et **29%** du gaz naturel.

Elle a aussi mis en évidence que la plupart des accidents/incidents sont dus à une défaillance d'un équipement ou surviennent lors des travaux sur les équipements qui transportent le gaz et le pétrole.

On constate, enfin, que le nombre d'accidents/incidents ayant servi à cette analyse est reprise en Annexe4.

Durant ces dernières années, un certain nombre d'accidents/incidents impliquant le gaz et pétrole sous conditions normales se sont produits à travers le monde. Une sélection de différents accidents/incidents externes mettant en cause le *Gaz* ou le *Pétrole* a été constituée à partir de la banque de données ARIA¹. Les critères de sélection furent:

1. Transport par conduite

- ✓ Activités de soutien à l'extraction d'hydrocarbures Autres activités extractives
- ✓ Commerce de gros de combustibles Entreposage et stockage
- ✓ Extraction de gaz naturel Extraction de pétrole brut Production de combustibles gazeux
- ✓ Production et distribution de combustibles gazeux Raffinage du pétrole

2. Gaz naturel

3. Pétrole

4. GPL

Les données concernent des accidents ayant eu lieu lors de la période 1998 à2008.

L'analyse qui est faite ici met en évidence les principales sources de problème pouvant être à l'origine d'un accident sur le site CSTF de Hassi R'Mel Centre.

Analyse des scenarios :

Scenario 1: défaillance d'une sphère de stockage de GPL

IV.1.1.Equipements étudiés dans le scénario

Le site comporte une multitude de sphères de stockage de GPL (50/60-T001~006). Le scénario représentatif étudié est la défaillance d'une des sphères de GPL, les 12 sphères étant identiques. Celle-ci a un volume de 7170m³.

Type	Equipement
Sphères de stockage GPL	50T001 àT006 60T001 àT006
Boosting PompesP001A/F	P001A àF

IV.1.2.Description des équipements

IV.1.2.1.Section de stockage

Le Centre de Stockage et de Transfert Facilités du site (CSTF) de HRM a pour but de stocker le GPL et le condensat en provenance des modules de traitement de gaz MPP 0, I, II, III, IV et le centre de traitement de gaz Djebel Bissa, et de transférer ces deux produits vers le terminal d'ARZEW à travers les deux oléoducs LZ1 etNZ1.

Les caractéristiques des sphères sont reprises dans le tableau suivant.

Tableau8 : Les caractéristiques des sphères

Caractéristiques	Valeurs
Type d'installation	Sphère de stockage
Substance	GPL
T service(°C)	20
T calcul(°C)	De -17 à93.3
P service(barg)	5.34
P épreuve(barg)	9.6
Volume(m ³)	7170
Densité(kg/m ³)	536
Diamètre de la plus grande connexion(pouces)	14
Volume de la cuvette de rétention individuelle(m ³)	2958
Surface de la cuvette de rétention(m ²)	4225

Les sphères de stockage sont alimentées par une ligne de remplissage de 14'' et vidées par une ligne de vidange de 12'' calorifugées.

Le site de stockage et de transfert de GPL est également composé de pompes boosters P001 A/B/C/D/E/F dont 3 ont une deuxième fonction de transfert de GPL entre les sphères. Ce transfert peut être effectué parallèlement à d'autres opérations.

Les pompes d'expédition P002A/B/C ont été reprises dans le scénario de défaillance de ligne de GPL (scénario3).

Les caractéristiques des autres équipements concernés par ce scénario sont reprises en Annexe6.

IV.1.3. Description des événements redoutés

L'événement redouté est une rupture complète et instantanée d'une des sphères GPL 50/60-T001~006. Le scénario étudié est donc la mise à l'atmosphère quasi instantanée d'un gaz liquéfié stocké au dessus de sa température d'ébullition atmosphérique. Le phénomène qui en découlera est connu sous le nom de BLEVE. Nous étudierons également le scénario de rupture de la plus grosse connexion de la sphère.

Les phénomènes dangereux étudiés sont dès lors un VCE, un BLEVE, une boule de feu, un feu de flaque, un feu de chalumeau et un feu flash.

La sphère est supposée en phase d'attente entre l'alimentation et l'expédition. Ainsi, la sphère est considérée pleine et l'alimentation coupée.

IV.1.4. Contrôles, régulation et sécurité en place

Les sphères de stockage de GPL 50/60-T001~006 sont munies des moyens de prévention et protection principaux suivants:

- ✓ Procédures et consignes d'exploitation et de sécurité
- ✓ Contrôle journalier des équipements
- ✓ Maintenance décennale des sphères conformément aux exigences réglementaires
- ✓ Alarme de haut niveau LIAH012 reportée en salle de contrôle
- ✓ Alarme de très haut niveau LZH011A/B avec interlock de fermeture de la vanne de sécurité de remplissage(UZ013)
- ✓ Alarme de bas niveau LIAL012 (pour T001) reportée en salle de contrôle
- ✓ Alarme de très bas niveau LZL011 (pour T001) avec interlock d'arrêt de la pompe booster et fermeture de la vanne de sécurité de vidange(FC011)
- ✓ Vanne régulatrice de pression vers torchePIC019
- ✓ PAH014 sur sphère avec alarme reportée en salle de contrôle
- ✓ Vanne HXCV 014 vers torche commandable à distance
- ✓ Soupapes PSV007A/B vers torche (2 soupapes par sphère)

- ✓ Soupapes PSV021A/B vers atmosphère (2 soupapes par sphère)
- ✓ FZL004 qui déclenche lesP001
- ✓ D'autres mesures de prévention/protection sont présentes dans la zone de l'équipement:
- ✓ Réseau d'eau anti-incendie
- ✓ Système de déluge et de refroidissement des sphères (3 couronnes situées au sommet, au milieu et en bas)
- ✓ Poteaux incendies
- ✓ Canons fixes à eau
- ✓ Dévidoirs tournants
- ✓ ExtincteursCO2
- ✓ Extincteurs à poudres
- ✓ Réserve émulseur
- ✓ Moyens matériels mobiles du secteur Centre
- ✓ Détecteurs de gaz avec alarme ramenée en salle de contrôle dans la zone des sphères et de la pomperie

Dévidoirs tournants Les sphères sont chacune installées dans un encuvement individuel. Celui-ci est construit en Tuffé compacté d'une surface de 4225 m² permettant de recueillir 20% du volume utile de stockage.

IV.1.5.Analyse des fréquences de défaillance

IV.1.5.1Analyse des causes

Une étude menée par DNV Technica¹ pour le Ministère HSE (Angleterre) sur 230 accidents impliquant des réservoirs sous pression donne les contributions suivantes:

CAUSE	CONTRIBUTION(%)
Surpression	42,17
Erreur humaine	22,90
Effet thermique (ex .incendie)	10,43
Défaillance mécanique	6,67
Corrosion	5,87
Impact (ex.missiles)	5,22
Surcharge par influence externe	2,39
Autres	4,35

La cause principale de défaillance de réservoirs sous pression est une surpression. Viennent ensuite les erreurs humaines et les effets thermiques (type incendie). D'autres causes contribuent également aux défaillances dans une moindre mesure, la corrosion, les défaillances mécaniques ou encore les agressions externes.

IV.1.5.1.1. Probabilité d'occurrence de l'événement

Les calculs des fréquences génériques de défaillance sont basés sur des données extraites du Handbook Failure Frequencies 2009¹. Le Hand book Failure Frequencies se base sur des données historiques d'un certains nombres d'équipements représentatifs. Le Handbook Failure Frequencies donne les probabilités de défaillances suivantes pour un réservoir sous pression:

Fréquences de défaillance(/tank/an)	
Types de défaillance	Tanks de stockage aériens
Petite fuite $0.1 < d \leq 10\text{mm}$ $d_{\text{éq}} = 10\text{mm}$	$1.2 \cdot 10^{-5}$
Fuite moyenne $10 < d \leq 50\text{mm}$ $d_{\text{éq}} = 25\text{mm}$	$1.1 \cdot 10^{-6}$
Grande fuite $50 < d \leq D_{\text{max}}$ $d_{\text{éq}} = D_{\text{Lmax}}$	$1.1 \cdot 10^{-6}$
Rupture	$6.4 \cdot 10^{-7}$
Total	$1.48 \cdot 10^{-5}$

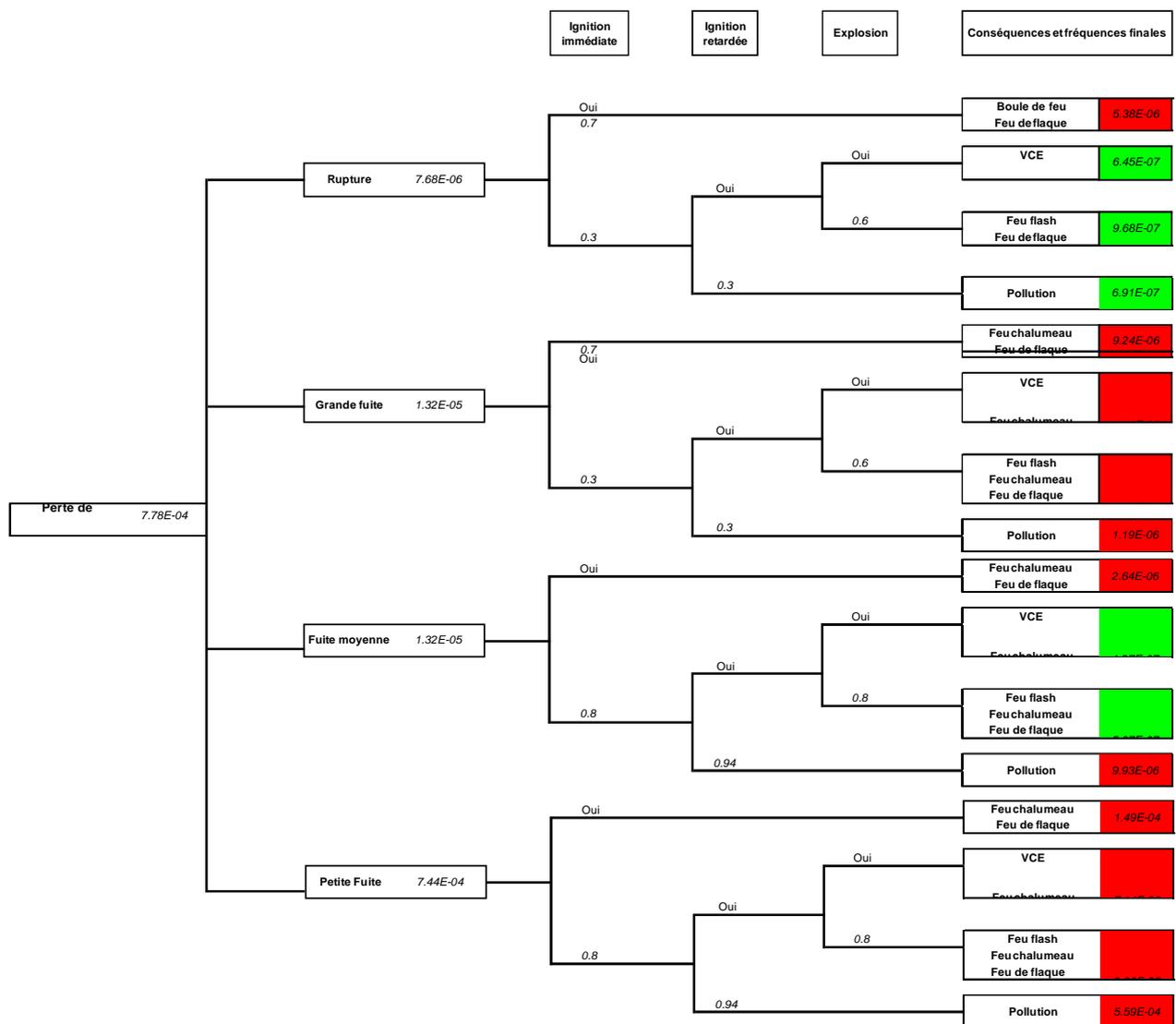
Et pour des pompes centrifuges:

Pompes centrifuges sans joint	
Type de défaillance	Fréquence de défaillance[/an]
Petite fuite $d_{\text{éq}} = 0.1 D$	$1.0 \cdot 10^{-4}$
Rupture	-

Compte tenu des équipements recensés dans ce scénario (soit 12 sphères de stockage de GPL et 6 pompes de surcompression P001A~F), on prendra une fréquence de défaillance de $7.44 \cdot 10^{-4}/\text{an}$ pour une petite fuite, $1.32 \cdot 10^{-6} /\text{an}$ pour une fuite moyenne, $1.32 \cdot 10^{-6}/\text{an}$ pour une grande fuite et $7.68 \cdot 10^{-6} /\text{an}$ pour une rupture soit une fréquence de défaillances totale de $7.78 \cdot 10^{-4}/\text{an}$.

IV.1.1.5.2. Fréquence d'occurrence des conséquences

L'arbre des conséquences repris ci-après donne les fréquences d'occurrence de chaque conséquence liée à l'événement. Ces fréquences d'occurrences d'événements sont basées sur les fréquences de fuites calculées ci-dessus et sur les probabilités d'ignition et d'explosion. Ces probabilités d'ignition et d'explosion dépendent de la nature du produit libéré et de l'ampleur de la perte de confinement



En excluant les événements non redoutés car ayant une occurrence trop rare, c'est-à-dire ayant une fréquence d'occurrence inférieure à 10^{-6} /an, nous obtenons le tableau des événements redoutés suivants. **Tableau 09** : tableau des événements redoutés

N°	Phénomène dangereux	Fréquence (/an)
1.1	VCE	8.3E-06
1.2	BLEVE	7.7E-06
1.3	Boule de feu	5.4E-06
1.4	Feu de flaque	2.0E-04
1.5	Feu chalumeau	2.0E-04
1.6	Feu flash	3.0E-05
1.7	Pollution	5.7E-04

Tous les phénomènes dangereux ont une fréquence d'occurrence supérieure au seuil d'acceptabilité, il est dès lors nécessaire d'en analyser les conséquences. Le scénario de pollution fera l'objet d'un chapitre à part.

IV.1.5.2. Analyse des conséquences de l'événement

Ces modélisations seront effectuées à l'aide du logiciel PHAST 6.54. Le choix des substances caractéristiques a été détaillé dans les hypothèses générales de modélisation.

IV.1.5.3. Description des conséquences possibles

Tous les accidents possibles peuvent être classifiés selon les effets physiques qu'ils provoquent. Ils sont répertoriés dans le tableau qui suit.

Tableau 10 : Effets physiques

Effet physique	Scénario 1
Surpression	
Explosion VCE	☐
Explosion dans un bâtiment ou dans des machines, égouts,...	☐
Explosion physique sur ou au-dessus du point d'ébullition	☐
Emballement d'une réaction	☐
Explosion interne d'un bac de stockage atmosphérique	☐
BLEVE	☐
Radiation thermique	
Boule de feu	☐
Feu de flaque	☐
Feu de chalumeau	☐
Feu Flash	☐
Boil over	☐
Dispersion d'un gaz toxique	
Rejet d'un gaz toxique (toxique pour l'homme ou pour l'environnement)	☐
Formation de fumées toxiques	☐
Rejet d'un gaz asphyxiant	☐
Formation des gaz toxiques suite à la réaction entre produits incompatibles	☐

IV.1.6.Modélisation du phénomène

IV.1.6.1.Rupture catastrophique de la sphère

Pour les caractéristiques du modèle, on considère un volume de 7170 m³ de propane (Sphère supposée pleine, en attente d'expédition), en utilisant la densité du GPL (563 kg/m³) on obtient une masse de 3843120 kg. La température considérée est celle de service soit 20°C et la pression est définie comme celle du liquide saturé 7.36barg.

Le scénario est une rupture catastrophique, on utilisera la pression d'épreuve (9.6 barg) pour les calculs de boule de feu et de surpression due au BLEVE.

Les dimensions de la rétention sont de 65 mètres sur 65 mètres, soit une surface approximative de 4225 m² et une hauteur de 0.3 mètre permettant de recueillir 20% du volume utile de stockage.

Celle-ci est construite en tuf compacté.

IV.1.6.2 .Grande fuite de la sphère

On considère une brèche de 14'', correspondant au diamètre de la plus grande connexion des sphères. La hauteur de libération a été prise à 3 mètres (point le plus bas de la sphère).

IV.1.6.3.Distances d'effets

Les effets pour les différentes conséquences sont repris dans les tableaux et sur les schémas ci-dessous. Pour chaque conséquence, seules les conditions météo donnant les zones d'effets les plus vastes sont représentées. Les plans comprennent en général deux types de courbes, la « plume » qui représente la portée de l'événement en considérant la direction de vent la plus fréquente et l' « effet » qui représente la zone couverte en considérant les vents dans toutes les directions.

IV.1.6.3.1.VCE

Le tableau suivant reprend les distances d'effets de surpression associées au phénomène de VCE suite à une brèche de 14'' (350 mm) correspondant à la rupture de la conduite connectée à la sphère de stockage de GPL. Les contours d'effets sur l'homme sont illustrés sur la carte satellite.

Niveau de surpression (mbar)	Distances d'effet en mètres			
	Jour été	Jour hiver	Nuit été	Nuit hiver
25	1396	1380	1307	1253
50	1011	989	924	875
160	701	675	615	571
300	617	589	531	488

Le centre d'explosion calculé par le modèle se situe entre 315 mètres et 440 mètres selon les conditions météo. Le point d'ignition possible le plus éloigné se situe entre 630 mètres et 880 mètres selon les conditions météo.



IV.6.3.2.BLEVE

Le tableau suivant reprend les distances d'effets de surpression associées au phénomène de BLEVE suite à une rupture catastrophique d'une sphère de stockage de GPL. Les contours d'effets sur l'homme sont illustrés sur la carte satellite ci-dessous.

Niveau de surpression(mbar)	Distances d'effet en mètres
25	1142
50	666
160	307
300	212

Les résultats sont indépendants des conditions météorologiques.



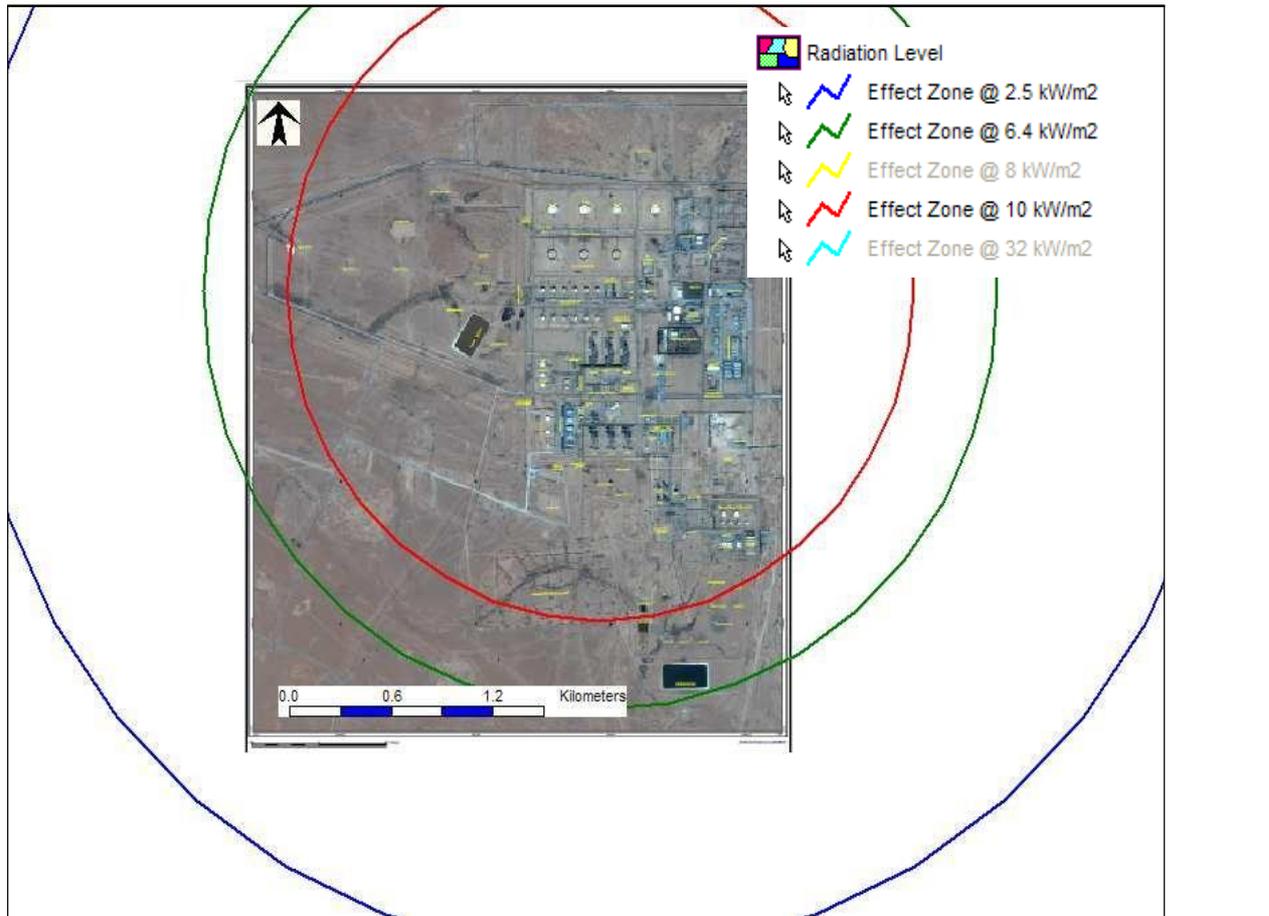
IV.6.3.3. Boule de feu

Le tableau suivant reprend les distances d'effets thermiques et les caractéristiques associées au phénomène de boule de feu suite à une rupture catastrophique d'une sphère de stockage de GPL. Les contours d'effets sur l'homme sont illustrés sur la carte satellite.

Niveau de radiation (kW /m ²)	Distances d'effet en mètres			
	Jour été	Jour hiver	Nuit été	Nuit hiver
Effets sur l'homme				
2.5	3272	3651	3439	3715
6.4	2078	2304	2177	2342
10	1634	1814	1714	1845
Effets domino				
8	1848	2049	1937	2083
32	677	799	732	810
Caractéristique de la boule de feu				
Rayon(m)	447			
Durée(s)	43.89			
Hauteur max(m)	894			

Le modèle prédit une boule de feu d'un rayon de 447 mètres. Celle-ci aura une durée maximale de +/- 45 secondes et pourra s'élever jusqu'à 894 mètres de haut.

La météo conduisant aux distances d'effet les plus critiques est Nuit Hiver.



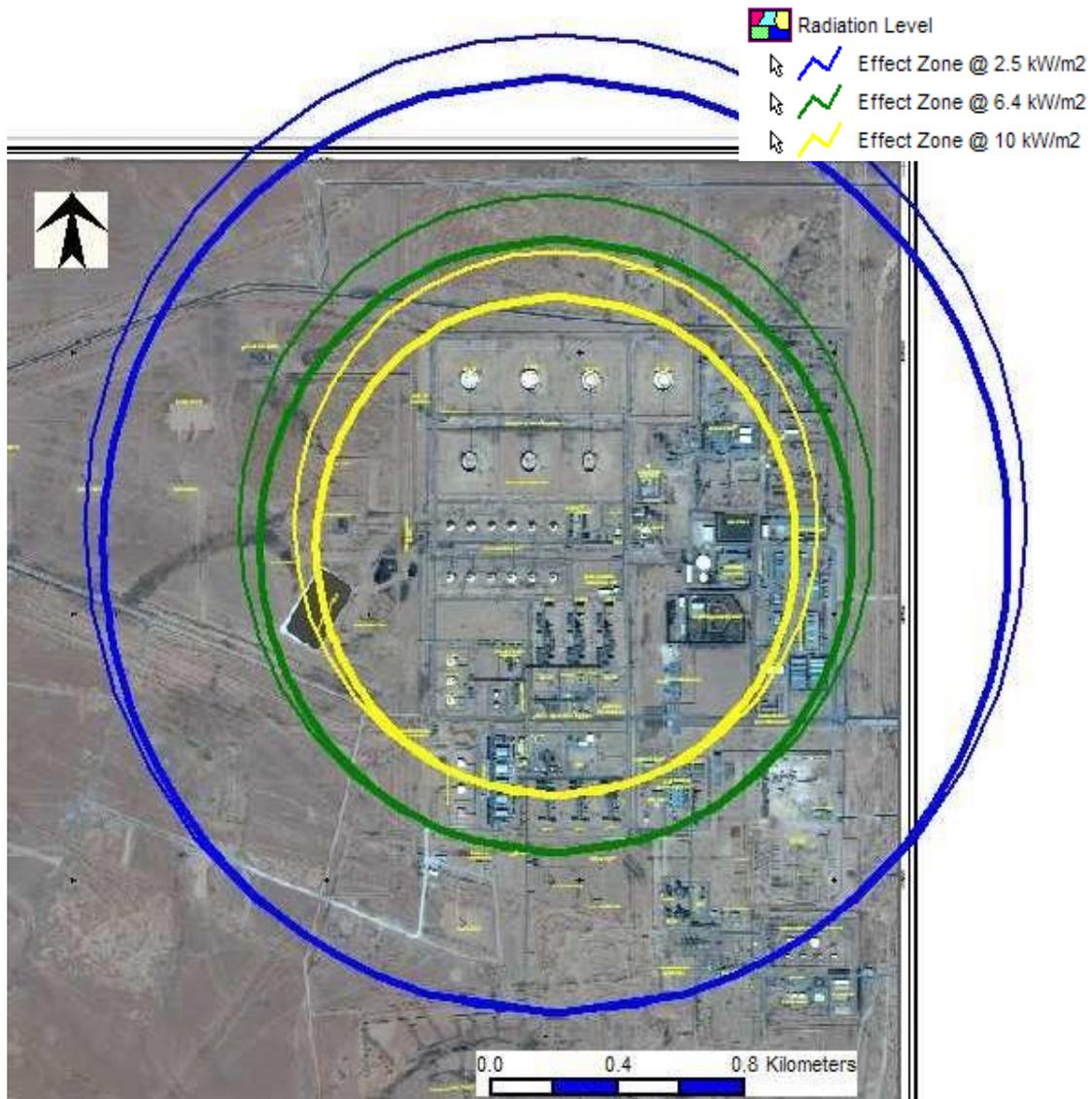
IV.6.3.4. Feu de flaque

Le tableau suivant reprend les distances d'effets thermiques et les caractéristiques associées au phénomène de feu de flaque suite à la rupture catastrophique d'une sphère de stockage de GPL. Les contours d'effets sur l'homme sont illustrés sur la carte satellite

Niveau de radiation (Kw/m ²)	Distances d'effet en mètres			
	Jour été	Jour hiver	Nui tété	Nuit hiver
Effets sur l'homme				
2.5	1109	1308	1286	1484
6.4	768	891	878	998
10	650	747	731	824
Effets domino				
8	705	816	801	908
32	400	446	418	465
Caractéristique de la flaque				
Diamètre(m)	330	390	398	465
Taux de combustion(kg/s)	10.217	14.269	14.928	20.405
Durée(s)	260	186	178	130

Pour estimer la durée du feu de flaque, nous calculons la masse contenue dans la flaque en multipliant la masse totale de la sphère par la fraction liquide de décharge (0.69) puis nous divisons par le taux de combustion.

La météo conduisant aux distances d'effet les plus critiques est de nuit hiver.



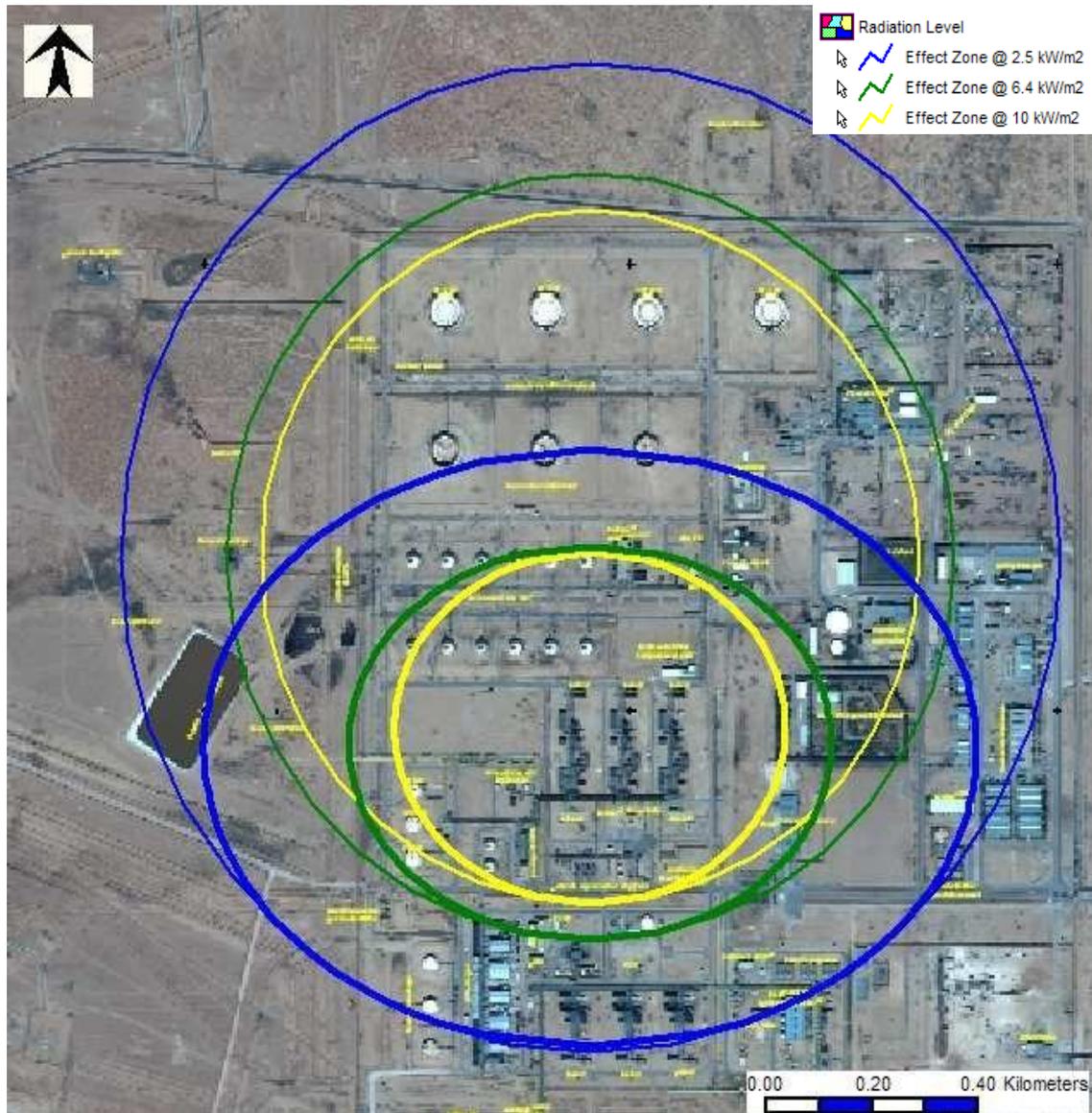
IV.6.3.5. Feu de chalumeau

Le tableau suivant reprend les distances d'effets thermiques et les caractéristiques associées au phénomène de feu de chalumeau suite à une grande fuite d'une sphère de stockage de GPL (350 mm). Les contours d'effets sur l'homme sont illustrés sur la carte satellite.

Niveau de radiation(kW /m ²)	Distances d'effet en mètres			
	Jour été	Jour hiver	Nuit été	Nuit hiver
Effets sur l'homme				
2. 5	715	786	806	881
6. 4	551	602	625	682
10	495	540	564	517
Effets domino				
8	522	570	593	648
32	390	427	452	496
Caractéristique du chalumeau				
Longueur(m)	260	286	311	347
Durée(s)	600			

La puissance émissive de la flamme calculée par le modèle varie entre 380 et 400 kW/m² selon les conditions météo.

La météo conduisant aux distances d'effet les plus critiques est Nuit Hiver.



IV.6.3.6. Feu flash

Le tableau suivant indique les distances atteintes par les concentrations caractéristiques d'un feu flash consécutif à une brèche de 350 mm correspondant à la Limite Supérieure d'Inflammabilité et la Limite Inférieure d'Inflammabilité. Les contours sont illustrés sur la carte satellite.

	Distances de concentration en mètre			
	Jour été	Jour hiver	Nuit été	Nuit hiver
LSI	160	150	153	145
LII	888	823	712	638

La météo conduisant aux distances d'effet les plus critiques est jour en été.



L'expérience montre que l'effet du rayonnement thermique est assez limité, et que l'effet létal est dimensionné par la distance à LII (Limite Inférieure d'Inflammabilité). Mais, toute personne se trouvant sur le parcours des gaz brûlés est susceptible de subir l'effet létal avec une probabilité élevée, et toute personne se trouvant en dehors du nuage inflammable ne peut pas subir d'effet thermique létal.

IV.1.7. Analyse de la cinétique des événements

Comme décrit au point 5.5 de la présente étude, chaque phénomène dangereux est caractérisé par une cinétique d'enchaînement des événements bien spécifique. En fonction de cette cinétique, l'impact de l'événement et nos possibilités de limiter celui-ci peut être plus ou moins important. L'impact des phénomènes longs mais immédiats peut ainsi être généralement réduit en appliquant les méthodes d'évacuation et de protection adéquates. Pour les phénomènes rapides mais retardés, les possibilités d'évacuation sont réelles mais fortement dépendantes : des distances d'effets qui sont généralement grandes, du temps moyen de réaction humain (plusieurs minutes) et des possibilités d'évacuation. L'intervention après coup consistera à limiter les dégâts et à protéger les cibles suites aux feux secondaires. L'accent doit être mis sur la prévention plutôt que sur la protection.

Tableau 11 : La cinétique des phénomènes possibles est reprise

Phénomènes dangereux	Famille du phénomène
VCE	Très rapide
Boule de Feu	Rapide mais retardé
Feu chalumeau	Long mais immédiat
Feu Flash	Très rapide
BLEVE	Rapide mais retardé
Feu de flaque	Long mais immédiat

IV.1.7.1. Etude des effets dominos

Pour les effets de surpression associés au VCE, les zones d'effets correspondant aux seuils de 160 mbar et 300 mbar portent respectivement à une distance de 701 mètres et 617 mètres. Ce phénomène pourrait dès lors engendrer des effets dommageables sur l'ensemble des équipements présents à l'intérieur de ces rayons. Les effets dominos se caractériseront par une défaillance mécanique des installations touchées. En fonction de l'équipement, il est possible d'avoir plusieurs fuites au niveau des équipements touchés, suivi par l'inflammation immédiate des substances combustibles relâchées.

Pour une explosion de type **BLEVE**, la zone d'effet du seuil de 300 mbar atteint 212 mètres. La zone d'effet du seuil de 160 mbar atteint 307 mètres. Cet événement peut dès lors engendrer des effets dominos sur les équipements compris dans ces zones (sphères de GPL, bacs de stockage de condensat, le bâtiment compresseur et les trains de production situés au nord sud du CSTF).

Pour une boule de feu, la zone d'effet pour le seuil de 8 kW/m² (dégâts aux équipements non protégés) atteint 2083 mètres, la zone d'effet pour le seuil de 32 kW/m² (dégâts aux équipements protégés) atteint 810 mètres.

Des effets dominos à proximité de la boule de feu sont possibles. Néanmoins, la durée de la boule de feu est d'approximativement 45 secondes, ce qui en fait un phénomène extrêmement rapide, réduisant les risques de dommages des autres installations par effet domino.

Il n'y a pas beaucoup de mesures de protection à prendre en cas de BLEVE avec ou sans boule de feu. En effet, cet événement est un événement soudain et les possibilités d'intervention après la catastrophe sont limitées. Il faut dans ce scénario grandement insister sur les moyens de prévention. Le cas le plus probable de BLEVE sans boule de feu est une agression externe, le site de Hassi R'Mel Centre a mis en place les moyens nécessaires afin de limiter la circulation dans la zone de stockage et pour protéger les sphères contre des impacts externes. Le cas le plus réaliste de BLEVE avec boule de feu est celui d'un incendie sous la sphère. Le site Hassi R'Mel centre dispose des moyens de préventions adéquats pour protéger les sphères (circuit de refroidissement, moyens importants de lutte contre l'incendie, ...), de plus la rétention en pente permet d'éloigner un éventuel incendie des sphères, limitant le phénomène de BLEVE. Le risque de BLEVE avec ou sans boule de feu est donc limité.

La portée maximale des radiations correspondant au seuil de 8 kW/m² est de 908 m dans le cas du *feu de nappe*. Le seuil supérieur de 32 kW/m² porte à une distance de 465 m et impacte dans ces conditions uniquement les sphères de stockage de GPL. Les systèmes de protection incendie fixes et les moyens mobiles de lutte devraient permettre de réduire les conséquences du feu.

Pour le feu de chalumeau, la zone d'effets dépendra fortement de la direction de la flamme et de la durée du phénomène. La portée maximale des radiations correspondant au seuil de 8 kW/m² est de 648 m ; le seuil de 32 kW/m² porte à une distance de 496 m. L'ensemble des équipements de l'unité CSTF ainsi que les trains de production situés au sud peuvent être touchés par les zones d'effets correspondants aux effets dominos. Les équipements les plus exposés sont évidemment ceux situés dans la direction de la fuite. Les effets domino se caractériseront par un endommagement thermique des installations touchées. Il est possible d'avoir percement de certaines installations, suivi par l'inflammation immédiate des substances combustibles relâchées.

Le système de couronne de refroidissement installé sur la sphère de stockage et les moyens d'intervention mobiles permettront de limiter autant que possible les effets dominos dus à cet événement.

Pour le feu flash, l'effet thermique est limité de par la courte durée de ce phénomène. Il n'y a pas d'effets domino à craindre en cas de feu flash.

En fonction des fréquences d'événements, de l'impact de ces effets et des moyens de prévention et de protection en place, nous obtenons:

N°	Phénomène	Probabilité	Gravité	Criticité
1.1	VCE	P1	G4	ALARP
1.2	BLEVE	P1	G4	ALARP
1.3	Boule de feu	P1	G4	ALARP
1.4	Feu de flaque	P2	G4	Inacceptable
1.5	Feu de chalumeau	P2	G4	Inacceptable
1.6	Feu flash	P1	G4	ALARP

Gravité	1				
	2				
	3				
	4	1.1 1.2 1.3 1.6	1.4 1.5		
		1	2	3	4
		Probabilité			

Le risque lié au phénomène de **VCE** est jugé **ALARP** sur base de sa fréquence d'occurrence ($8.3 \cdot 10^{-6}/\text{an}$) et l'étendue de la zone d'effets des dommages irréversibles ou létaux recouvrant une majeure partie du site et touchant de zones normalement peuplées telles que de multiples salles de contrôles et bâtiments peuplés. Les détecteurs de gaz installés à divers endroits sur le site devraient permettre de détecter la formation d'un nuage de gaz et d'agir pour limiter l'ampleur du nuage en cas de fuite.

Le risque lié au phénomène de surpression engendré par le **BLEVE** de la sphère est jugé **ALARP** sur base de sa faible fréquence d'occurrence ($7.7 \cdot 10^{-6}/\text{an}$) et l'étendue de la zone d'effets des dommages irréversibles ou létaux recouvrant une majeure partie du site et touchant de zones normalement peuplées telles que de multiples salles de contrôles et bâtiments peuplés.

Le risque lié à la **Boule de feu** est jugé **ALARP** sur base de la faible fréquence d'occurrence ($5.4 \cdot 10^{-6}/\text{an}$). Les zones d'effets sont très importantes, touchent des zones normalement peuplée set pourraient conduire à plusieurs décès .Notons que, vu la courte durée de la boule de feu (partie cinétique), que le personnel situé à l'intérieur des bâtiments pourrait être protégé des effets radiatifs.

Le risque lié au phénomène de feu de flaque est jugé Inacceptable sur base de la fréquence d'occurrence ($2.0 \cdot 10^{-4}/\text{an}$) et de l'étendue de la zone d'effets qui touche des zones normalement peuplées telles que la salle de contrôle du CSTF, la centrale sécurité, l'administration approvisionnement et d'autres zones telles que le bâtiment utilités et la zone de dépôt . Les conséquences peuvent être irréversibles ou létales, même à courte exposition Les effets liés à ce phénomène dépendent fortement de l'évolution de la flaque. En effet, le feu de flaque est un phénomène long mais immédiat. Dans ce cas, les équipes d'intervention pourront réduire les conséquences en procédant à l'évacuation des personnes présentes dans les zones de dangers et en limitant les effets grâce aux mesures de protection telles que le système d'extinction à mousse, le réseau incendie, les moyens d'interventions mobile et le plan d'organisation interne.

Le risque lié au phénomène de Feu de chalumeau est jugé Inacceptable sur base de sa fréquence d'occurrence de $2.0 \cdot 10^{-4}/\text{an}$. Dans le cas des effets radiatifs engendrés par un jet enflammé, la zone correspondant au seuil de $6,4 \text{ kW/m}^2$ (effets irréversibles) porte à une distance de 682 m et recouvre une partie importante des installations du centre. Elle touche des zones normalement peuplées telles que les salles de contrôle CSTF et MPP4 ainsi que divers bâtiments (magasin approvisionnement, bâtiment utilités, centrale sécurité,,...) et expose les membres du personnel à un risque de dommage important.

Le risque lié au phénomène de feu flash est jugé ALARP sur base de sa faible fréquence d'occurrence ($3.0 \cdot 10^{-5}/\text{an}$). La zone de danger d'un feu flash porte à une distance de maximum 888 m mais seules les personnes situées à l'intérieur des gaz brûlés pourraient subir des effets thermiques notoires. Enfin, les détecteurs de gaz installés à divers endroits sur le site devraient permettre de détecter la formation d'un nuage de gaz.

IV.1.8.Le scénario est donc redoutable mais non redouté, avec un niveau de risque Inacceptable.

La principale recommandation pour ce scénario est de vérifier que la salle de contrôle est bien fier proof et blast proof afin d'en protéger les occupants et le cas échéant, prendre les mesures nécessaires afin de mettre la salle de contrôle à niveau. La même recommandation est applicable aux bâtiments sur site abritant des personnes ou à défaut les éloigner des zones à risques.

Il est également important d'assurer un système efficace de maintenance et d'inspection des détecteurs de gaz.

Etudier la possibilité d'éteindre les feux de GPL dans la zone de la sphère avec des canons à mousse sur site ainsi que d'installer des excès flow valve (Whissoe) sur la sphère en amont des vannes de sortie.

Ramener la régulation de pression PIC019 en salle de contrôle et configurer une alarme de pression haute sur le PIC019 pour alerter le tableautiste d'une haute pression de sphère

Configurer une alarme de débit haut sur le FI005/7/9/etc. pour alerter d'une dérive de débit au refoulement des pompes P001

Enfin, il serait intéressant de réévaluer la rétention de la sphère, pour que celle-ci soit en pente ou bien installer une fosse déportée, afin que l'accumulation de liquide sous la sphère soit impossible et ainsi diminuer encore le risque de défaillance ou bleve de la sphère.

Au vu du caractère conservateur de la matrice de risque Sonatrach et moyennant la mise en place de ces recommandations, le scénario est jugé ALARP.

Scenario 2 :défaillance d'un ballon de GPL

IV.2.1.Equipements étudiés dans le scénario

Ce scénario étudie la défaillance d'un ballon de GPL, soit les ballons accumulateurs, les ballons d'aspiration de compresseurs et les ballons de torche GPL.

L'équipement représentatif pour ce scénario est le D004, ballon accumulateur de GPL. Celui-ci est choisi sur base de sa volume et de sa pression importante

Type	Equipement
Ballon d'aspiration du compresseur de GPL	50/60D003
Réservoir accumulateur du compresseur du GPL	50/60D004
Ballon de torche haute pression	D401

IV.2.2.Description de l'équipement

Après compression, le GPL subit une augmentation de température ; il se dirige alors vers les aéroréfrigérants (50-001) (12 aéroréfrigérants) où leur température baisse jusqu'à 54°C.

Le GPL entre ensuite dans l'accumulateur (50-D004) (2 accumulateurs) et du fait de la détente, le liquide est récupéré en bas de l'accumulateur et renvoyé finalement vers les sphères.

Ce scénario étudie la défaillance des ballons accumulateur de GPL. Les caractéristiques des ballons accumulateur 50/60D004 sont reprises dans le tableau suivant:

Caractéristiques	Valeurs	
Type d'installation	Ballon 50-D004 accumulateur GPL	Ballon 60-D004 accumulateur GPL
Substance	GPL	GPL
Volume(m ³)	33.4	43.36
T service(°C)	40	40
T calcul(°C)	- 28.8/148.9	- 28.8/148.9
P service(barg)	19	19
P calcul(barg)	28.1	28.1
Densité(kg/m ³)	536	536

Afin de rester conservatif, nous étudierons les conséquences liées à la défaillance du ballon accumulateur 60-D004 pour lequel on rencontre le plus grand volume.

Le ballon accumulateur de GPL est alimenté par une ligne de 12'', la ligne de sortie gaz fait 3'' et la ligne de sortie liquide 8''.

Les caractéristiques principales des autres équipements sont reprises dans l'Annexe

IV.2.3. Description des événements redoutés

L'événement redouté est une rupture catastrophique du ballon 50/60 D004. Le scénario étudié est donc la perte de confinement d'une quantité importante de GPL. De plus, suite à la rupture de l'équipement, la fuite successive de l'alimentation sera également étudiée. Les phénomènes dangereux redoutés sont un feu de chalumeau, un feu de flaque, un BLEVE, une boule de feu, une explosion retardée (VCE) et un feu flash.

La fuite de la plus grande connexion (ici la ligne d'alimentation) a été considérée, des fuites de plus petites tailles seront également étudiées le cas échéant

IV.2.4. Contrôles, régulation et sécurité en place

Les ballons accumulateur de GPL 50/60 D004 sont munis des systèmes de prévention et de protection principaux suivants:

- Inspection de l'instrumentation
- LZH010 du D004 avec report d'alarme en salle de contrôle et interlock de déclenchement du compresseur
- Vide vite du D004 vers fosse de brûlage
- Codes de bonnes pratiques
- LZL018 du D004 qui ferme la LV009 et déclenche leK001
- Inspection décennale des lignes et duD004
- Décompression du D004 vers torche via laPIC013
- PSV005 tarée à28barg

D'autres mesures de prévention/protection sont présentes dans la zone de l'équipement:

- Autorisation de travail avec plan de prévention
- Procédure de permis de travail et de permis de feu
- Formation des opérateurs
- Zone ATEX
- Détection de gaz dans le bâtiment du compresseur
- Détection de flamme dans le bâtiment du compresseur qui déclenche le déluge d'eau
- Détecteur de Gaz dans la zone
- Système de déluge au niveau des pompes commandé par les détecteurs de flammes
- Moyen de lutte incendie

IV.2.5. Analyse des fréquences de défaillance

IV.2.5.1. Analyse des causes

Les principaux modes de défaillances pour les équipements sous pression sont:

1. Fuite externe (incluant la rupture) à travers les parois, les soudures ou les raccords de l'équipement
2. Rupture suite aux effets d'un feu

Les principales causes de défaillances d'un équipement sous pression sont les défaillances mécaniques (typiquement due à la surcharge opératoire ou la fatigue) et la corrosion, néanmoins, la plupart des défaillances ont pour cause des éléments de chaque. Beaucoup de défaillances d'équipements sous pression ou de réacteurs sont dues à des réactions spécifiques avec le fluide contenu.

Smith (1986) rapporte que 93% des défaillances d'équipements sous pression sont dues à la formation de fissure, et dans 71% des cas, la fissure avait lieu au niveau de la soudure ou à un point chaud de l'équipement. Pratiquement toutes les fissures de soudure étaient à des endroits d'attache ou de discontinuité. Plus de 40% des fissures provenaient d'équipements montrant des défauts même avant la mise en service et 32% étaient dus à la fatigue (pouvant également résulter d'un défaut préexistant).

Notons que les agressions externes et les erreurs humaines sont également des causes de défaillance possibles.

IV.2.5.2. Fréquences d'occurrence des événements critiques

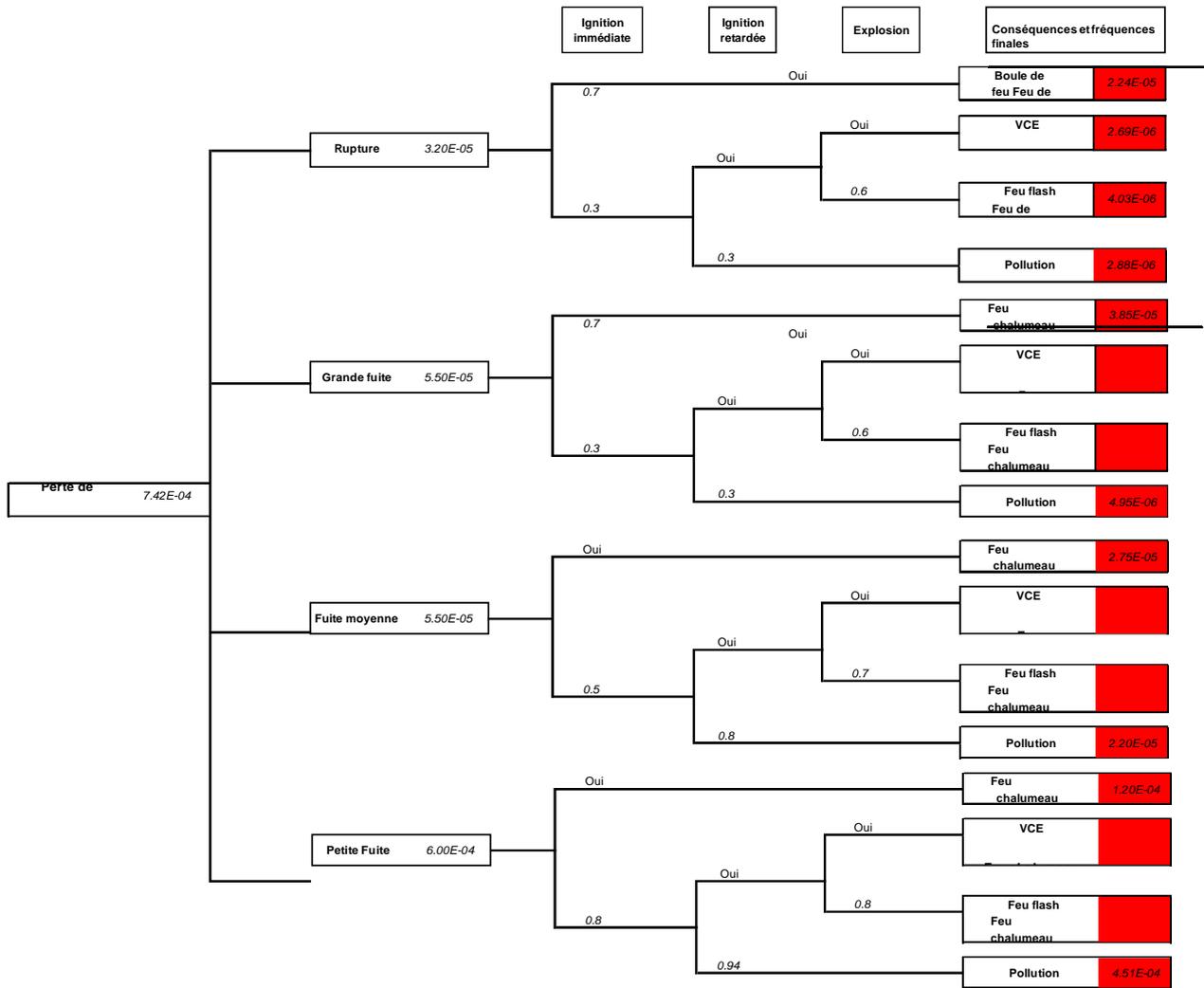
Les calculs des fréquences de défaillance sont basés sur des données génériques extraites du Handboek Kanscijfers 2009¹. Le Handboek Kanscijfers se base sur des données historiques d'un certains nombres d'équipements représentatifs. Le Handboek Kanscijfers donne les fréquences de défaillances suivantes pour un équipement sous pression

Type de défaillance	Fréquence de défaillance[/équipement/an]
	Installation de procédé et autres
Petite fuite $0.1 < d \leq 10\text{mm}$ $d_{\text{éq}} = 10\text{mm}$	1.210^{-4}
Fuite moyenne $10 < d \leq 50\text{mm}$ $d_{\text{éq}} = 25\text{ mm}$	1.110^{-5}
Grande fuite $50 < d \leq D_{\text{max}}$ $d_{\text{éq}} = D_{\text{Lmax}}$	1.110^{-5}
Rupture	6.410^{-6}
Total	1.4810^{-4}

Compte tenu des ballons retenus (5 ballons recensés au total), on prendra une fréquence de défaillance de $6.00\text{E-}04/\text{an}$ pour une petite fuite, $5.50\text{E-}05/\text{an}$ pour une fuite moyenne, $5.50\text{E-}05/\text{an}$ pour une grande fuite et $3.20\text{E-}05/\text{an}$ pour une rupture soit une fréquence de défaillance totale de $7.42\text{E-}04/\text{an}$.

IV.2.5.3.Fréquence d'occurrence des conséquences

L'arbre des conséquences repris ci-après donne les probabilités d'occurrence de chaque conséquence liée à l'événement. Ces fréquences d'occurrences d'événements sont basées sur les fréquences de fuites calculées ci-dessus et sur les probabilités d'ignition et d'explosion tirées du Handbook Failure Frequencies 2009. Ces probabilités d'ignition et d'explosion dépendent de la nature du produit libéré et de l'ampleur de la perte de confinement.



En excluant les événements ayant une fréquence d'occurrence négligeable, c'est-à-dire inférieure à 10^{-6} par an, on obtient le tableau de fréquence des événements redoutés suivants.

Phénomène dangereux	Fréquence(/an)
VCE	1.5E-05
BLEVE	3.2E-05
Boule de feu	2.2E-05
Feu de flaque	2.6E-04
Feu chalumeau	2.3E-04
Feu flash	3.8E-05
Pollution	4.8E-04

Tous les phénomènes ont une fréquence d'occurrence supérieure au seuil d'acceptabilité, il est dès lors nécessaire d'en analyser les conséquences.

Le scénario de pollution fera l'objet d'un chapitre à part.

IV.2.6.Analyse des conséquences des évènements

Ces modélisations seront effectuées à l'aide du logiciel PHAST 6.54. Le choix des substances caractéristiques a été détaillé dans les hypothèses générales de modélisation.

IV.2.6.1.Description des conséquences possibles

Tous les accidents possibles peuvent être classifiés selon les effets physiques qu'ils provoquent. Ils sont répertoriés dans le tableau qui suit

Effet physique	Scénario 2
Surpression	
Explosion VCE	<input checked="" type="checkbox"/>
Explosion dans un bâtiment ou dans des machines, égouts,...	<input type="checkbox"/>
Explosion physique sur ou au-dessus du point d'ébullition	<input checked="" type="checkbox"/>
Emballement d'une réaction	<input type="checkbox"/>
Explosion interne d'un bac de stockage atmosphérique	<input type="checkbox"/>
Radiation thermique	
Boule de feu	<input checked="" type="checkbox"/>
Feu de flaque	<input checked="" type="checkbox"/>
Feu de chalumeau	<input checked="" type="checkbox"/>
Feu Flash	<input checked="" type="checkbox"/>
Boilover	<input type="checkbox"/>
Dispersion d'un gaz toxique	
Rejet d'un gaz toxique (toxique pour l'homme ou pour l'environnement)	<input type="checkbox"/>
Formation de fumées toxiques	<input type="checkbox"/>
Rejet d'un gaz asphyxiant	<input type="checkbox"/>
Formation des gaz toxiques suite à la réaction entre produits incompatibles	<input type="checkbox"/>

IV.2.6.Modélisation du phénomène

IV.2.6.1.Rupture catastrophique du ballon GPL

Pour les caractéristiques du modèle, en prenant le volume de 43.36 m³, avec une densité de 536,2 kg/m³, la masse obtenue est de 23241 kg. La température opératoire est prise égale à la température de service de 40°C et la pression égale à la pression de liquide saturé.

La pression d'épreuve de 47 barg a été utilisée pour les calculs de boule de feu.

- ❖ Le scénario est une rupture catastrophique.
- ❖ La hauteur de libération a été estimée à 1 mètre.

IV.2.6.2.Grande fuite du ballon de GPL

Les caractéristiques de température et pression sont identiques à celles de la rupture. Concernant le volume, il est calculé comme suit : Le débit d'alimentation étant de 32 T/h, en 10 minutes, la masse débitée sera de 5333 kg ; ajoutée à la masse contenue dans le ballon, la masse utilisée pour le modèle est 28574kg.

La hauteur de libération a été estimée à 1 mètre.

IV.2.6.3.Distances d'effets

Les effets pour les différentes conséquences sont repris dans les tableaux et sur les schémas ci-dessous. Pour chaque conséquence, seules les conditions météo donnant les zones d'effet les plus vastes sont représentées. Les plans comprennent en général deux types de courbes ,la « plume » qui représente la portée de l'événement en considérant la direction de vent la plus fréquente et l' « effet » qui représente la zone couverte en considérant les vents dans toutes les directions.

IV.2.6.3.1VCE

Le tableau suivant reprend les distances d'effets de surpression (en m) associées au phénomène de VCE suite à une rupture catastrophique du ballon de GPL. Les contours d'effets sur l'homme sont illustrés sur la carte satellite.

Niveau desurpression (mbar)	Distances d'effet en mètres			
	Jour été	Jour hiver	Nuit été	Nuit hiver
25	671	663	666	650
50	409	400	402	392
160	197	189	189	185
300	145	131	131	128

Le centre d'explosion calculé par le modèle se situe entre 9 mètres et 20 mètres selon les conditions météo. Le point d'ignition possible le plus éloigné se situe entre 50 mètres et 60 mètres selon les conditions météo.

La météo conduisant aux distances d'effet les plus critiques est Jour Eté.

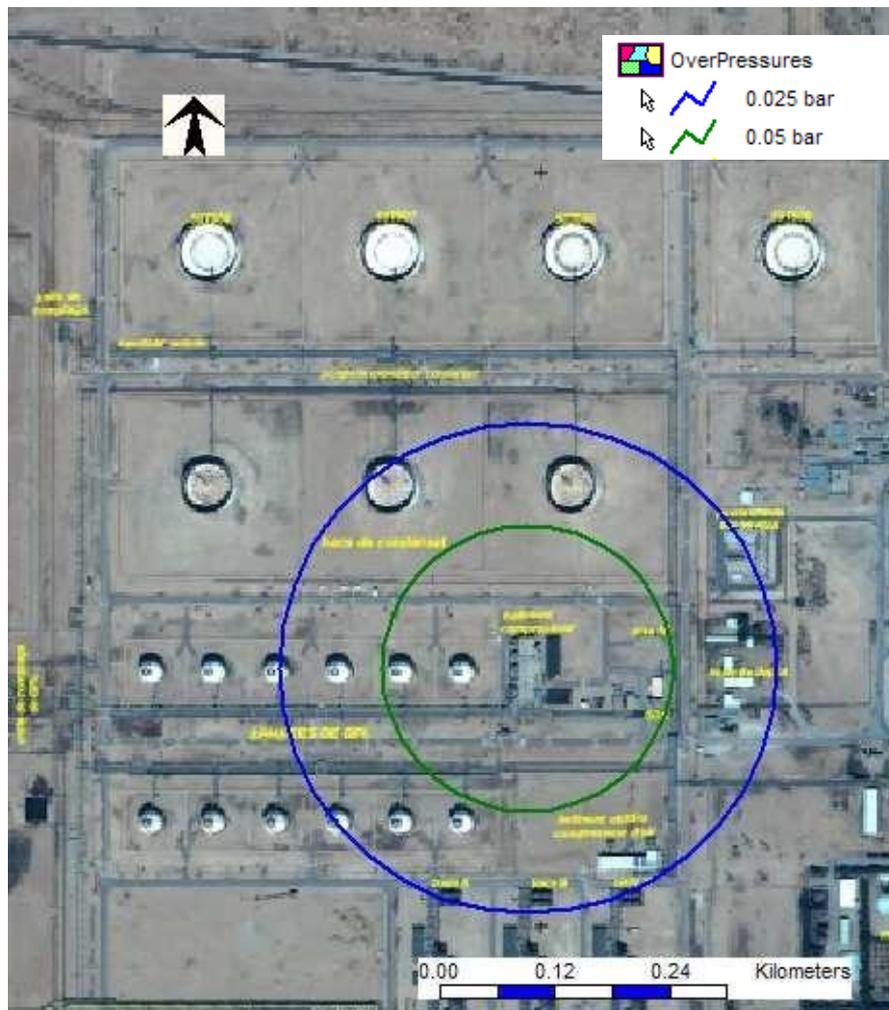


IV.2.6.3.2.BLEVE

Le tableau suivant reprend les distances d'effets de surpression associées au phénomène de BLEVE suite à la rupture catastrophique du ballon 60-D004 de GPL. Les contours d'effets sur l'homme sont illustrés sur la carte satellite ci-dessous.

Niveau de surpression (mbar)	Distances d'effet en mètres
25	260
50	150
160	70
300	48

Les résultats sont indépendants des conditions météorologiques.



IV.2.6.3.3. Boule de feu

Le tableau suivant reprend les distances d'effets thermiques et les caractéristiques associées au phénomène de boule de feu suite à une rupture catastrophique d'un ballon de GPL. Les contours d'effets sur l'homme sont illustrés sur la carte satellite

Niveau de radiation (kW/m ²)	Distances d'effet en mètres			
	Jour été	Jour hiver	Nuit été	Nuit hiver
Effets sur l'homme				
3.9(2.5)	566	606	584	612
9.9(6.4)	349	373	360	377
15.4(10)	270	289	278	292
Effets domino				
8	392	419	404	423
32	156	171	163	174
Caractéristique de la boule de feu				
Rayon(m)	81			
Durée(s)	11.21			
Hauteur max (m)	162			

Le modèle prédit une boule de feu d'un rayon de 81 mètres. Celle-ci aura une durée maximale de 11.21 secondes et pourra s'élever jusqu'à 162 mètres de haut.

Au vu de la courte durée de la boule de feu (< 20 sec), les seuils des flux thermiques doivent être recalculés comme suit:

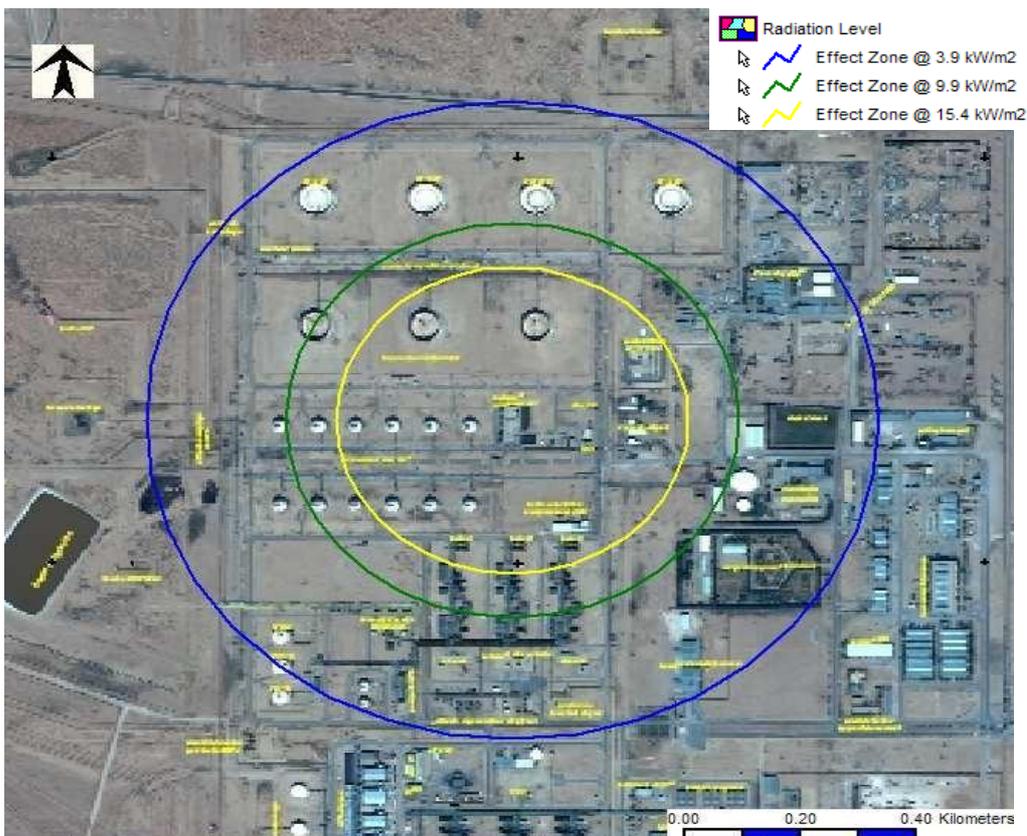
$$I = (S) * (20/t)^{3/4}$$

Avec I le nouveau seuil, S l'ancien seuil et t le temps en seconde.

Les seuils convertis sont:

S	I pour t = 13.37s
2.5kW/m ²	3.9kW/m ²
6.4kW/m ²	9.9kW/m ²
10kW/m ²	15.4kW/m ²

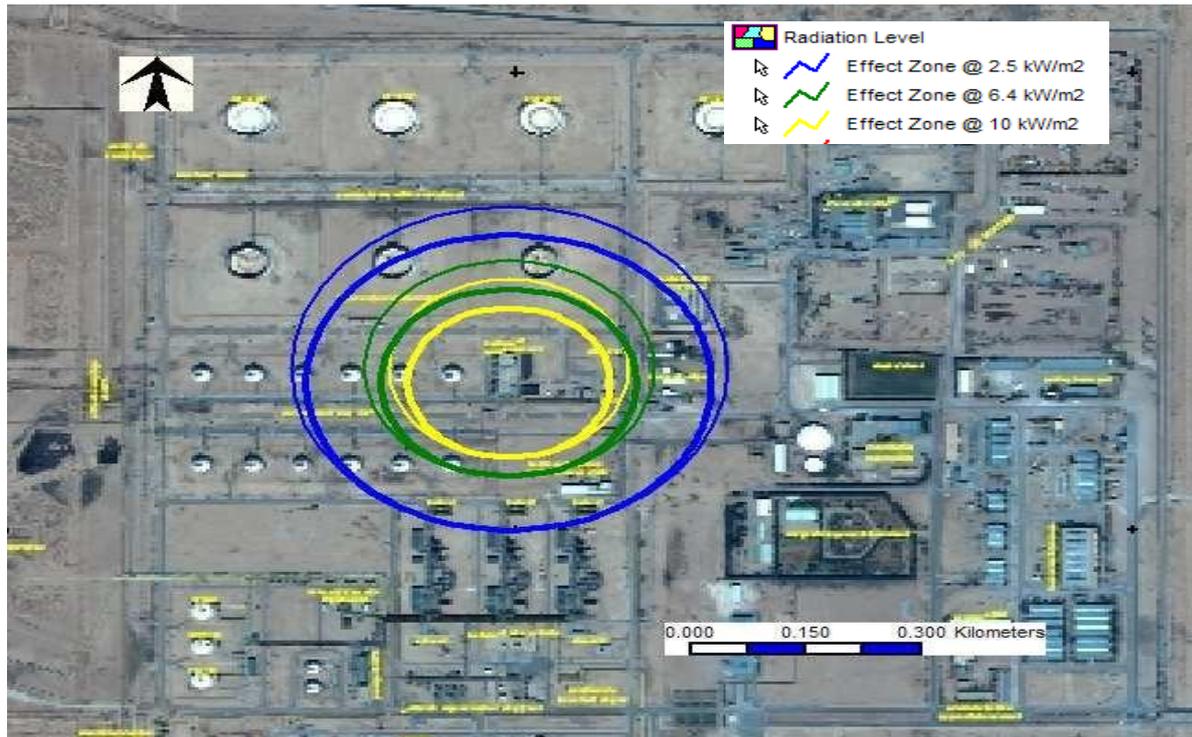
La météo conduisant aux distances d'effet les plus critiques est Nuit Hiver.



IV.2.6.3.4. Feu de nappe

Le tableau suivant reprend les distances d'effets thermiques (en m) et les caractéristiques associées au phénomène de feu de flaque suite à la rupture du ballon de GPL. Les contours d'effets sur l'homme sont illustrés sur la carte satellite.

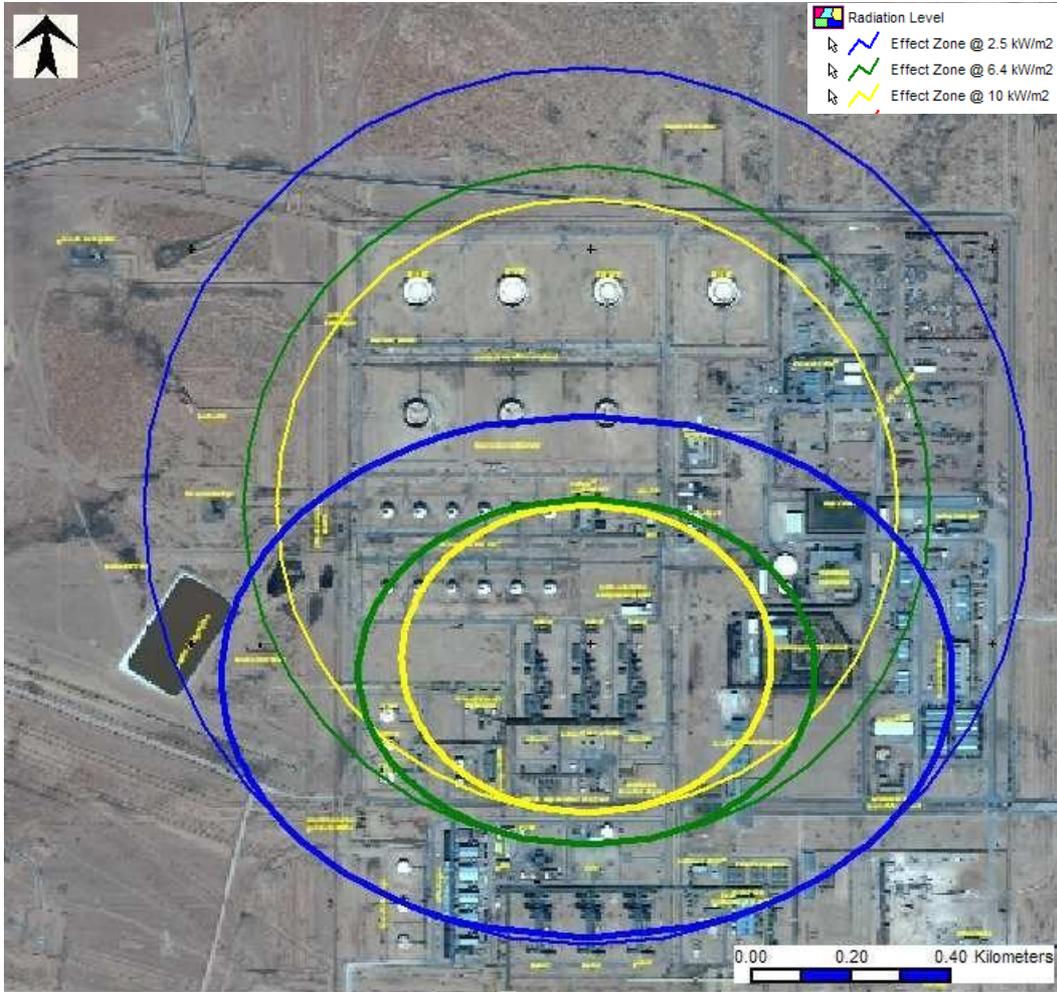
Niveau de radiation (kW /m ²)	Distances d'effet en mètres			
	Jour été	Jour hiver	Nuit été	Nuit hiver
Effets sur l'homme				
2. 5	257	276	268	282
6. 4	179	188	180	188
10	151	156	151	155
Effets domino				
8	164	171	165	171
32	94	94	85	84
Caractéristique de la flaque				
Diamètre(m)	51	55	54	58
Taux de combustion (kg/s)	246	283	276	317
Durée(s)	56	48	50	43



Niveau de radiation (kW/m ²)	Distances d'effet en mètres			
	Jour été	Jour hiver	Nuit été	Nuit hiver
Effets sur l'homme				
2.5	702	774	797	884
6.4	543	595	620	684
10	489	535	561	619
Effets domino				
8	515	536	589	650
32	388	426	452	500
Caractéristique du chalumeau				
Longueur(m)	262	290	315	352
Durée(sec)	600			

La météo conduisant aux distances d'effet les plus critiques est Nuit Hiver.

La puissance émissive de la flamme calculée par le modèle varie entre 392 et 400 kW/m² selon les conditions météo.



IV.2.6.3.5. Feu Flash

Le tableau suivant indique les distances atteintes par les concentrations caractéristiques d'un feu flash pour une fuite soit, la Limite Supérieure d'Inflammabilité et la Limite Inférieure d'Inflammabilité. Les contours sont illustrés sur la carte satellite.

	Distances de concentration en mètres			
	Jour été	Jour hiver	Nuit été	Nuit hiver
LSI	31	26	27	24
LII	124	74	66	58

L'expérience montre que l'effet du rayonnement thermique est assez limité, et que l'effet létal est dimensionné par la distance à LII (Limite Inférieure d'Inflammabilité). Mais, toute personne se trouvant sur le parcours des gaz brûlés est susceptible de subir l'effet létal avec une probabilité élevée, et toute personne se trouvant en dehors du nuage inflammable ne peut pas subir d'effet thermique létal.



IV.2.7. Analyse de la cinétique des événements

Comme décrit au point 5.5 de la présente étude, chaque phénomène dangereux est caractérisé par une cinétique d'enchaînement des événements bien spécifique. En fonction de cette cinétique, l'impact de l'événement et nos possibilités de limiter celui-ci peut être plus ou moins important. L'impact des phénomènes longs mais immédiats peut ainsi être généralement réduit en appliquant les méthodes d'évacuation et de protection adéquates. Pour les phénomènes rapides mais retardés, les possibilités d'évacuation sont réelles mais fortement dépendantes : des distances d'effets qui sont généralement grandes, du temps moyen de réaction humain (plusieurs minutes) et des possibilités

d'évacuation. L'intervention après coup consistera à limiter les dégâts et à protéger les cibles suites aux feux secondaires. L'accent doit être mis sur la prévention plutôt que sur la protection.

Tableau12 : La cinétique des phénomènes possibles est reprise

Phénomènes dangereux	Famille du phénomène
VCE	Très rapide
BLEVE	Rapide mais retardé
Boule de Feu	Rapide mais retardé
Feu chalumeau	Long mais immédiat
Feu de flaque	Long mais immédiat
Feu Flash	Très rapide

IV.2.7.1. Etude des effets dominos

Pour le **VCE**, les zones d'effets pour les seuils relatifs aux effets domino (160 mbar et 300 mbar) atteignent 197 mètres et 145 mètres respectivement. Une explosion de type VCE est susceptible de causer des dommages graves à la plupart des équipements dans ce rayon. Les effets dominos se caractériseront par un endommagement mécanique des installations. En fonction de l'équipement, il est possible d'avoir plusieurs fuites au niveau des équipements touchés, suivi par l'inflammation immédiate des substances combustibles relâchées. Néanmoins, la présence de détecteurs de gaz devrait permettre de diminuer le risque d'effets dominos lié à un VCE.

Pour une explosion de type **BLEVE**, la zone d'effet du seuil de 160 mbar atteint 70 m. La zone d'effet du seuil de 300 mbar atteint 48 m. Cet événement peut dès lors

engendrer des effets dominos sur les équipements compris dans ces zones (sphères de GPL et les équipements du bâtiment compresseur du CSTF).

Pour une boule de feu, la zone d'effet pour le seuil de 8 kW/m^2 atteint 423 mètres, la zone d'effet pour le seuil de 32 kW/m^2 atteint 174 mètres. La durée de la boule de feu (11.2 secondes) en fait un phénomène extrêmement rapide mais de courte durée. Dans cette courte durée d'exposition, seuls les équipements inclus dans la boule de feu (81 mètres de rayon) sont considérés comme potentiellement endommagés. L'effet domino se caractérisera par une fuite suivie par l'inflammation immédiate du combustible relâché.

La zone d'effet liée à un **feu de flaque** sera fortement dépendante de l'emplacement et de l'évolution de la flaque. Le seuil d'effets de dégâts aux équipements protégés (32 kW/m^2) atteint 94 mètres, le seuil d'effets de dégâts aux équipements non protégés (8 kW/m^2) atteint 171 mètres. Notons que la durée maximale du feu de flaque est inférieure à 1 minute, ce qui ne devrait pas entraîner d'effets domino.

Les effets liés au **feu de chalumeau** dépendront fortement de la direction du chalumeau. Dans ce scénario, les effets de radiations thermiques atteignent les seuils de dégâts aux équipements protégés (32 kW/m^2) jusqu'à 500 mètres, le seuil de dégâts aux équipements non-protégés (8 kW/m^2) atteint 650 mètres. Vu les mesures de protection en place, nous avons estimé qu'il faudra 10 minutes à un opérateur pour couper la source de la fuite. Les effets dominos seraient donc limités aux équipements pris essentiellement dans la flamme du feu chalumeau s'ils ont lieu.

Notons que le seul moyen sécurisé en pratique d'arrêter ce type d'incendie est de couper l'arrivée du combustible. Il n'y a pas d'autre moyen d'extinction.

Pour le **feu flash**, l'effet thermique est limité de par la courte durée de ce phénomène. Il n'y a pas d'effets domino à craindre en cas de feu flash.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Il découle de la matrice de risques les conclusions suivantes: 2 évènements redoutés se situent à un niveau «Acceptable» de risques. 17 évènements redoutés se situent à un niveau de risques «ALARP». Une série d'actions a été émise pour permettre à ces scénarios de devenir Acceptable. Ces actions seront mises en place si Sonatrach le juge nécessaire et possible. 4 évènements redoutés se situent à un niveau de risques «Inacceptable». Les 4 évènements redoutés jugés inacceptables sont: • Feu de flaque suite à la défaillance d'une sphère de GPL • Feu de chalumeau suite à une défaillance d'une sphère de GPL • Feu de chalumeau suite à une défaillance d'un ballon de GPL • VCE suite à une défaillance d'une ligne de GPL Sonatrach s'engage à réduire le niveau de risque de ces 4 évènements redoutés dès que possible Dans le cadre de l'amélioration du niveau de risque, diverses actions ont été recommandées dans le présent rapport.

Les principales recommandations pouvant diminuer le niveau de risques sont reprises ci-après: S'assurer que la salle de contrôle, le poste de garde et autres bâtiments à l'intérieur ou à proximité du site soient antidéflagrants et ignifuges; et le cas échéant, prendre les mesures nécessaires afin de mettre ces bâtiments à niveau. Cette recommandation pourrait aux personnes à l'intérieur des bâtiments d'avoir le temps de mettre en place les mesures d'intervention nécessaires en cas d'accident et de pouvoir évacuer de manière sécurisée si nécessaire. Il sera ainsi possible de diminuer la gravité importante de certains phénomènes d'explosion (VCE) ou d'incendie (feu chalumeau, feu de flaque, feu flash, boule de feu).

Les différentes canalisations, leurs accessoires et les pompes restent un point critique. En effet, de par les longueurs importantes et le nombre d'équipements, la fréquence de fuite estimée est élevée. Il est dès lors primordial d'agir de manière préventive afin de réduire toute fuite de produit inflammable. Pour ce faire, la mise en place d'un planning établissant établissant des critères de priorités est une solution intéressante pour garantir l'intégrité des lignes, vannes et équipements. De même pour les capacités pouvant contenir de l'eau (séparateurs, bacs de stockage, bacs tampon), ce type de planification sera mise en place pour N Rège., **date d'envoi : Aujourd'hui, à 10:30** onafroch limiter la fréquence de fuite sur ce type d'équipement. Le choix de pompes à garniture double ou à entraînement magnétique doit être préféré aux pompes à garniture simple.

L'installation de systèmes de limitation de débit sur les grandes lignes de GPL (sortie sphère par exemple) est importante. Etudier la pertinence d'enrichir certaines zones critiques

du site en détecteurs de gaz et d'incendie pour détecter rapidement toute fuite éventuelle et de coupler certains de ces détecteurs avec des moyens d'interventions automatiques (type déluge, ESD, EDP ...) en cas d'alarme. Il est également important d'assurer un système efficace de maintenance et d'inspection des détecteurs de gaz et d'incendie.

L'installation d'une zone de rétention déportée sous les capacités contenant du GPL (sphères et D004) est une option importante pour éviter les risques de BLEVE de ces capacités. L'installation de vannes motorisées aux bornes des pompes dites à risque est importante pour limiter la gravité de certains accidents majeurs. Vérifier l'implantation des systèmes de lutte incendie autour des équipements à protéger en fonction des effets thermiques ou de surpression pour assurer qu'ils seront exploitables en cas d'accident majeur. S'assurer que les dimensions de la rétention soient suffisantes pour contenir la capacité totale du réservoir de stockage ou le cas échéant mettre en place un autre système de protection équivalent (fosse déportée, mpe de reprise de liquide, ...).

Enfin, vérifiez l'implantation des systèmes de lutte incendie autour des équipements à protéger en fonction des effets thermiques ou de surpression pour assurer qu'ils seront exploitables en cas d'accident majeur.

Référence

- ❖ Base de données A.R.I.A. (2019).
- ❖ Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels (BARPI).
- ❖ Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (France).