



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة و الأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Sécurité Industriel et Environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle

Spécialité : Sécurité prévention et intervention

Thème

**Etude des scénarios catastrophiques sur un bac
de stockage GNL au sein du complexe GL1/Z**

Présenté et soutenu publiquement par :

BENMEGRI Mohammed Abdallah

et

BOUAZZA Youcef

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
GUETARNI Islam Hadj Mohamed	MAA	IMSI	Président
BENATIA Noureddine	MAB	IMSI	Encadreur
SERRAT Fatima Zahra	MAB	IMSI	Examineur

Année 2020/2021

Remerciement

Merci à Dieu le tout puissant de nous avoir donné le privilège et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la Science et de nous avoir donné la force d'accomplir ce travail.

Nous adressons nos vifs remerciements à notre encadreur monsieur **BENATIA Noureddine**, Maitre-Assistant à L'Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle de Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed pour son aide précieuse, sa surveillance étroite de la qualité des informations, ses conseils et ses orientations qui ont été bénéfiques pour la réalisation de ce mémoire.

Nos sincères et profonds remerciements à monsieur **ABDELKADER Ahmed**, le chef de service prévention au complexe GL2/Z et aussi monsieur **LARMED Toufik** ingénieur d'intervention au complexe GL1/Z qui a suivi et veillé rigoureusement sur le bon déroulement de ce travail avec critiques constructives.

Nos respects aux membres de jury, qui nous feront l'honneur d'accepter de juger ce modeste travail, d'apporter leurs réflexions et leurs critiques scientifiques.

Dédicace Mohammed

J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail : Aux deux êtres vivants les plus chers à mon cœur à mes très chers parents qui ont été les bougies allumant mon chemin vers la réussite ; qui m'ont donné la possibilité d'arriver là où je suis. Merci pour leur bonté, leur générosité et encouragement et pour leurs sacrifices que DIEU les protèges et je les garde en bonne santé et m'aidée à leurs rendre un peu de tous ce qu'ils ont fait pour moi. Qu'ils trouvent ici toute ma reconnaissance et ma gratitude.

À mon oncle Habib Allah et sa femme Amina qui m'en aidée au long mes années universitaires par son bienveillances, compréhension et soutient moral et être ma source d'inspiration

À mes frères et ma sœur, mes cousins. À tous mes enseignants depuis le primaire jusqu'à maintenant. À mon binôme Youcef. À tous mes amies que j'ai eu la chance d'avoir. À tous ceux que j'aime et je respecte. À tout le groupe de master.

Dédicace Youcef

Un grand merci à l'ensemble de ma famille pour leur confiance, leurs conseils ainsi que leur soutien inconditionnel qui m'a permis de réaliser les études pour lesquelles je me destine et par conséquent ce mémoire

Résumé

Les produits chimiques sont de plus en plus utilisés et leur gestion devient plus complexe. Les établissements fabriquent, utilisent ou entreposent des produits dangereux tel que GNL, souvent en quantité importante. Ces activités pourraient donc être à l'origine d'un accident industriel majeur entraînant des conséquences humaines et financières désastreuses à la fois pour la communauté et pour les établissements.

C'est pourquoi la réglementation exige a toutes les installations classées de réaliser des études de dangers, afin d'assurer une meilleure protection pour les riverains, le personnel et les installations, dans le but de créer un environnement sain et sécurisé.

Sachant que l'étude de danger d'un grand complexe tel le nôtre, demande un temps considérable, nous nous sommes assujettis à étudier une partie de l'installation à savoir, la zone de stockage GNL , Nous avons choisi a étudié dans ce travail les risques qui peuvent être présent dans les industries de liquéfaction du gaz naturel a la zone de stockages qui est considérée comme le milieu qui contient plusieurs risques et très dangereux et occupe une place primordiale dans industrie.

Abstract

Chemicals are used more and more and their management is becoming more complex. Establishments manufacture, use or store hazardous products such as LNG, often in large quantities. These activities could therefore be the source of a major industrial accident with disastrous human and financial consequences for both the community and the establishments.

This is why the regulations require all classified facilities to carry out hazard studies, in order to provide better protection for residents, staff and facilities, in order to create a safe and healthy environment.

Knowing that the study of danger of a large complex such as ours, requires a considerable time, we subjected ourselves to study a part of the installation namely, the LNG storage area, We chose studied in this work the risks which may be present in the natural gas liquefaction industries has the storage area which is considered as the environment which contains several risks and very dangerous and occupies a primordial place in the industry.

ملخص

يتم استخدام المواد الكيميائية أكثر فأكثر وتصبح إدارتها أكثر تعقيداً. تقوم المؤسسات بتصنيع أو استخدام أو تخزين المنتجات الخطرة مثل الغاز الطبيعي المسال بكميات كبيرة في كثير من الأحيان. لذلك يمكن أن تكون هذه الأنشطة سبباً لحادث صناعي كبير له عواقب بشرية ومالية وخيمة على كل من المجتمع والمؤسسات

هذا هو السبب في أن اللوائح تتطلب من جميع المنشآت المصنفة إجراء دراسات المخاطر، من أجل توفير حماية أفضل للمقيمين والموظفين والمرافق، من أجل خلق بيئة آمنة وأمنة مع العلم أن دراسة خطر مجمع كبير مثل مجمعنا يتطلب وقتاً طويلاً ، أخضعنا أنفسنا لدراسة جزء من التركيب ألا وهو منطقة تخزين الغاز الطبيعي المسال ، اخترنا في هذا العمل دراسة المخاطر التي قد تكون موجودة في تمتلك صناعات تسهيل الغاز الطبيعي منطقة تخزين تعتبر بمثابة البيئة التي تحتوي على العديد من المخاطر والخطيرة للغاية وتحتل مكانة أساسية في الصن

Abréviation :

- **GNL** : gaz naturel liquéfié
- **TG** : turbo générateurs
- **MEA** : Mono-éthanol-amine
- **CO₂** : Le dioxyde de carbone
- **Hg** : le mercure
- **Al** : Aluminium
- **MCR** : Multi Composants Réfrigérants
- **GN** : gaz naturel
- **GNT** : gaz naturel traité
- **HSE** : hygiène et sécurité industrielle
- **DCS** : contrôle du système par distance
- **NG** : Organisations Non Gouvernementales
- **QHSE** : Qualité, Hygiène, Sécurité, Environnement
- **ISO** : Organisation internationale de normalisation
- **OHSAS** : Occupational Health and Safety Assesment Series
- **EVRP** : L'évaluation des risques professionnels
- **CHSCT** : Le comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail
- **C₅** : propane
- **BLEVE** : boiling liquid expanding vapor explosion
- **GHF** : générateur haut foisonnement
- **PS** : permis de secours
- **TL** : Low Température
- **HT** : Heat détection.
- **OGCU** : plan d'organisation générale en cas d'urgence
- **SST** : santé et sécurité au travail
- **REX** : retour d'expérience
- **ARIA** : la référence de retour d'expérience sur les accidents sur les accidents technologiques
- **BARPI** : le Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels
- **IR** : installation de barrières de détection du type Infrarouge.
- **POI** : plan d'organisation interne
- **NFPA** : la National Fire Protection Association
- **TRP** : TRANSITION RAPIDE DE PHASES
- **UVCE** : Unconfined Vapour Cloud Explosion
- **ALARP** : As low as reasonably practicable
- **SFAIRP** : So far as is reasonably practicable
- **APR** : analyse préliminaire des risques
- **AMDEC** : L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité
- **AMDE** : L'Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets

- **LSI** : la limite supérieure d'inflammabilité
- **LES** : Limite Explosivité Supérieure
- **LIE** : la Limite d'Explosivité Inferieure
- **RPA** : Le Règlement Parasismique Algérien
- **ESD** : Système d'arrêt automatique
- **VCE** : Explosion de nuage de vapeur
- **HT** : haute température
- **PIC** :détecteur de flamme haute pression
- **ATEX** : Une atmosphère explosive
- **PHAST** : Process Hazard Analysis Software Tool
- **DNV** : Det Norske Veritas
- **UDM** : Unified Dispersion Model
- **SO** : sud-ouest
- **NO** : nord-ouest
- **ICPE** : Installation classée pour la protection de l'environnement

Glossaire :

Danger : Un danger est une cause possible de dommage. La probabilité de survenue de ce dommage est le risque associé à ce danger. On parle aussi de dangerosité d'une situation ou d'un individu présentant un caractère dangereux

Risque : Le risque est la possibilité de survenue d'un événement indésirable, la probabilité d'occurrence d'un péril probable ou d'un aléa. Le risque est une notion complexe, de définitions multiples car d'usage multidisciplinaire.

Accident : Événement soudain et inattendu qui entraîne des dégâts et des dommages.

Accident majeur : désigne un événement (émission, incendie ou explosion) d'importance majeure qui résulte de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation d'un établissement couvert par la présente directive, et qui entraîne pour la santé humaine, à l'intérieur ou à l'extérieur de l'établissement, et/ou pour l'environnement un danger grave, immédiat ou différé, et qui fait intervenir une ou plusieurs substances dangereuses

Évènement redouté : l'expression la plus consacrée en matière de sécurité pour désigner l'évènement incertain qu'on va caractériser en fréquence et gravité. L'expression traduit bien l'état d'esprit a priori qui veut qu'on travaille sur les événements indésirables

Évènement indésirable : est un évènement inattendu au regard de l'état de santé et de la pathologie de la personne et dont les conséquences sont le décès, la mise en jeu du pronostic vital, la survenue probable d'un déficit fonctionnel permanent, y compris une anomalie ou une malformation congénitale

Effets thermiques : Émission ou absorption d'énergie, par conduction, convection ou rayonnement. Le courant peut se manifester non seulement par des effets mécaniques, mais par des effets chimiques, thermiques, lumineux, etc.

Explosion : Une explosion est une augmentation rapide de volume et une libération d'énergie, généralement avec génération de hautes températures et de gaz. Plus cette transformation s'effectue rapidement, plus la matière résultante se trouve en surpression ; en se détendant jusqu'à l'équilibre avec la pression atmosphérique, elle crée un souffle déflagrant ou détonant, selon sa vitesse, et une émission de bruit.

Incendie : Un incendie est un feu non maîtrisé, ni dans le temps, ni dans l'espace. La caractéristique d'un incendie est de pouvoir s'étendre rapidement et d'occasionner des dégâts généralement importants. Ses conséquences sont destructrices tant sur l'environnement dans lequel il évolue que sur les êtres vivants qu'il rencontre.

La limite d'inflammabilité : La plage de concentration de gaz/air susceptible de produire un mélange combustible est limitée. Cette plage est propre à chaque gaz et vapeur, et possède une limite maximale, appelée limite d'exposition supérieure (ou LES), et un seuil, appelé limite inférieure d'explosibilité (LIE).

La limite d'explosivité : Concentrations limites d'un gaz ou d'une vapeur combustible dans l'air qui permettent que ce gaz (ou cette vapeur) explose. La limite inférieure d'explosivité (LIE) : est la concentration minimale du gaz pour laquelle le mélange air-gaz est explosif. La limite supérieure d'explosivité (LSE) est la valeur au-dessus de laquelle le mélange air-gaz ne contient plus assez de comburant (d'oxygène) pour permettre la combustion. Le domaine (ou intervalle) d'explosivité d'un gaz ou d'une vapeur combustible se situe donc entre la LIE et la LSE.

La dispersion atmosphérique : est une simulation de la dispersion de panaches de pollution dans un contexte et une temporalité donnée, faite à l'aide d'outils mathématiques et de logiciels informatiques et cartographiques. Les modèles cherchent à prendre en compte les conséquences directes et indirectes, dans l'espace et dans le temps des rejets (accidentels ou non) de substances (gaz, particules, aérosols, radionucléides...) indésirables, dangereuses ou toxiques.

Jet fire : On appelle jet enflammé (jet-fire, feux torche) toute flamme de diffusion turbulente établie, résultant de la combustion d'un composé relâché continûment dans une direction privilégiée avec une vitesse initiale significative.

Pool fire : Le feu de nappe est un phénomène de combustion auto-entretenu. De fait, la combustion ne s'applique pas au liquide lui-même, mais implique les vapeurs émises par le produit.

Flash fire : combustion « lente » d'un nuage de vapeurs inflammables. Le flash-fire peut aussi être appelé feu de nuage. Le principal effet de ce phénomène dangereux est thermique.

Unconfined Vapour Cloud Explosion (UVCE) : Explosion d'un nuage de gaz/vapeurs non confiné. Il s'agit d'un phénomène qui suppose l'inflammation accidentelle d'un nuage ou panache de gaz/vapeurs combustibles mélangés avec l'oxygène de l'air. Suite à l'inflammation, une flamme se propage dans le nuage ou panache et engendre une combustion des vapeurs et une onde de surpression aérienne, qui sont susceptibles de produire respectivement des effets de rayonnement thermique et des effets mécaniques.

Liste des tableaux

Liste des tableaux :

Tableau 1 Accidents survenus sur des installations similaires (Au niveau national).....	45
Tableau 2 Accidents survenus sur des installations similaires (Au niveau international)	46
Tableau 3 Epaisseur des elements des parois	62
Tableau 4 Epaisseur des elements du fond de bac ZONE A.....	63
Tableau 5 Epaisseur des éléments du fond de bac ZONE B	64
Tableau 6 Exemple tableau APR	87
Tableau 7 La matrice de risque	94
Tableau 8 La grille de probabilité	95
Tableau 9 La grille de gravité	96
Tableau 10 Application APR	98
Tableau 11 Exemple de la compatibilité des classes de stabilité atmosphériques	110
Tableau 12 choix de la classe de stabilité	110
Tableau 13 la démographie des agglomérations les plus proches du site.	111
Tableau 14 les effets thermiques sur les structures	113
Tableau 15 les effets thermiques sur l'homme	113
Tableau 16 les effets de surpression sur les structures	114
Tableau 17 les effets de surpression sur l'homme	114
Tableau 18 les fréquences de défaillance	115
Tableau 19 scenario 1 petite fuite	116
Tableau 20 scenario 2 Grande fuite.....	121
Tableau 21 la dispersion de concentration dans l'air	125
Tableau 22 scenario 3 catastrophique rupture.....	127

Liste des figures

Liste des figures :

Figure 1 Vue générale du complexe GL1/Z.....	22
Figure 2 Organigramme générale du complexe	23
Figure 3 Bac de stockage	27
Figure 4 Organigramme de département HSE	28
Figure 5 Camions anti-incendie	36
Figure 6 Extincteur.....	37
Figure 7 Evolutions d'un scenario d'accident depuis ses causes jusqu'à ses conséquences	42
Figure 8 Exemple de scenario d'accident routier	43
Figure 9 Les exemples d'accidents majeurs	49
Figure 10 Les exemples d'accidents majeurs	49
Figure 11 Exemples de réservoirs à simple intégrité	57
Figure 12 Réservoirs aériens à double intégrité double enceinte sont posés sur un radier surélevé et sur des pieux.....	58
Figure 13 Réservoir aérien à double intégrité construit sur une dalle béton chauffée à même le sol.	59
Figure 14 Réservoirs aériens à intégrité totale repose sur une dalle en béton chauffée.....	60
Figure 15 Réservoirs aériens à intégrité totale construit sur un radier surélevé reposant sur des piliers.....	60
Figure 16 La Sécurité de la zone de stockage	65
Figure 17 Phénomène de BOIL-OVER	69
Figure 18 Phénomène de pressurisation d'un BAC.....	70
Figure 19 Schéma ALARP.....	77
Figure 20 Méthodologie d'une étude de danger (d'après INERIS)	78
Figure 21 Etapes APR.....	87
Figure 22 Rose annuelle des vents	108
Figure 23 Température mensuelles de la zone d'Arzew.....	109
Figure 24 L'environnement avoisinant le bac de stockage	111
Figure 25 Sidview et la vue GIS de dispersion de gaz.....	117
Figure 26 Radiation vs distance jet fire et la vue gis	118
Figure 27 Intensity radiation for early pool fire.....	118
Figure 28 Intensity radii for late pool fire	119
Figure 29 Vue GIS flash fire	119

Liste des figures

Figure 30 Vue gis Explosion VSE	120
Figure 31 Sid view et la vue gis de dispersion de gaz.....	123
Figure 32 Intensity radii for jet fire et la vue gis.....	123
Figure 33 Intensity radii for erly pool fire.....	124
Figure 34 Intensity radii for late pool fire	124
Figure 35 La vue gis de flash fire.....	125
Figure 36 L'effet de l'explosion VSE	126
Figure 37 Le taux de vaporisation en fonction du temps	128
Figure 38 Concentration maximale en fonction du distance.....	128
Figure 39 Radiation on fonction de distance pool Fire	129
Figure 40 La vue gis de flash fire scénario 3	129
Figure 41 Effet de l'explosion.....	130

Table des matières

Abréviation	5
Glossaire	7
Liste des tableaux	9
Liste des figures	10
Introduction générale	17
CHAPITRE 1 PRESENTATION DU COMPLEXE GL1/Z	20
1. Introduction	21
2. Présentation du complexe gl1/z	22
2.1 Historique du complexe gl1/z	22
2.2 Situation géographique du complexe gl1/z	22
2.3 Mission du complexe GL1/Z	22
2.4 Organigramme générale du complexe	23
2.5 Description du complexe	23
3 Département HSE (hygiène et sécurité, environnement)	28
3.1 Service prévention	28
3.2 Service intervention	29
3.3 Les référentielles et les normes agissant sur le HSE	31
3.5 Les moyens et les dispositions à prendre	34
3.6 Plan d'organisation générale en cas d'urgence (OGCU)	38
4 Conclusion	40
CHAPITRE 2 LA REGLEMENTATION ET L'EVALUATION D'ACCIDENTOLOGIE	41
1. Evaluation de l'accidentologie avec l'analyse du retour d'expérience.....	42
1.1 Introduction	42
1.2 Accidentologie.....	42
1.3 Le retours experience	43
1.4 Conclusion.....	52
2. La réglementation algérienne.....	50
3. Présentation générale des normes	50

Table des matières

CHAPITRE 3 PRESENTATION DU SYSTEME ETUDIE	53
1. Introduction.....	54
2. Caractéristique des reservoirs de stockage GNL	55
2.1 Les modes de stockage	55
2.2 Classification des réservoirs cryogéniques	55
3. Emplacement du bac	61
3.1 Installation du bac de stockage	61
3.1.1 Ossature Métallique	61
3.1.2 Ossature en Béton Armé	64
4. Phenomenes lies aux stockages du gnl	67
4.1 Basculement de couches (roll over)	67
4.2 Transition rapide de PHASES (TRP).....	67
4.3 Explosion d’un nuage de vapeur (UVCE).....	68
4.4 Effet de vague	68
4.5 LE phénomène boilover	69
4.6 Phénomène de pressurisation d’un bac	70
4.7 boiling liquid expanding vapor explosion (BLEVE).....	70
5. Conclusion	71
CHAPITRE 4 EVALUATION DES RISQUES	72
1 Introduction.....	73
2 Le danger	74
3 La notion de risque	74
4 Gestion du risque	75
4.1 Principe gestion du risque	75
4.2 Acceptabilité du risque	75
4.3 Le concept ALARP	76
4.4 L’approche du risque.....	77
5 L’analyse de risque	78
6 Identification des dangers	79
7 Evaluation du risque	79
7.1 Définition	79
7.2 L’importance de l’évaluation des risques	80
8 Les méthodes d’identification des accidents majeurs	82

Table des matières

8.1	L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC).....	82
8.2	La méthode HAZOP	83
8.3	What if	83
8.4	Arbre des défaillances	84
8.5	Arbre des évènements	84
9	L'analyse préliminaire des risques (APR)	85
9.1	Historique et domaine d'application	85
9.2	Principe.....	85
9.3	Déroulement	86
9.4	Limites et avantages	89
10	Identification des dangers.....	90
10.1	Danger lié à la basse température du Gaz Naturel Liquéfié	90
10.2	Chute d'objets dans un réservoir de GNL	90
10.3	Chute d'objet sur le couvercle du réservoir	90
10.4	Refroidissement trop rapide pendant la mise en service	91
10.5	Les surpressions et les dépressions	91
10.6	Tassement différentiel	91
10.7	Panne de chauffage dans les fondations	91
10.8	Dégradation de la structure en béton	91
10.9	La corrosion	92
10.10	Le facteur humain	92
10.11	Dangers externes	92
10.12	Séisme	92
10.13	La foudre	93
10.14	Glissement de terrain	93
10.15	Conditions météorologiques extrêmes	93
10.16	Inondation	93
10.17	Intrusion (terrorisme et sabotage)	93
10.18	Érosion et affaissement des terrains gagnés sur les eaux	94
11	Les échelles de cotation de la probabilité et de la gravité et de criticité.....	94
11.1	Echelle de Probabilité.....	94
11.2	Echelle de gravité	96
12	Application de l'APR.....	97

Table des matières

CHAPITRE 5 SIMULATION DES PHENOMENES CATASTROPHIQUE	106
1. Introduction	107
2. Simulation par PHAST	107
3. Conditions météorologique pour la modélisation	108
4. Description de l'environnement humain	111
5. Description de l'environnement avoisinant le bac de stockage	111
6. Données physico-chimiques du produit.....	112
7. Seuils d'effets retenus	112
8. Probabilité d'occurrence de l'évènement :	114
9. Analyse des conséquences :.....	115
10. Les recommandations.....	131
Conclusion générale	134
Bibliographie.....	Erreur ! Signet non défini.
Annexe.....	138

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Introduction générale

L'historiographie des risques industriels s'est considérablement renouvelée depuis une quinzaine d'années. Indéniablement, l'étude du rapport de l'industrie à son environnement profite des préoccupations contemporaines sur la vulnérabilité des sociétés à la pression toujours croissante que fait peser un système productif mondialisé dont les impacts traversent maintenant les frontières. La naissance de l'écologie politique et de la notion d'environnement dans les années 1970, ainsi que divers accidents industriels de grande ampleur, tend à signifier qu'il s'agit d'une problématique nouvelle, constitutive d'une « société du risque » théorisée par sociologues, anthropologues et géographes à partir des années 1980. Cela voudrait-il signifier que notre sensibilité à ces risques serait devenue plus grande, plus réflexive, et que cette réflexivité témoignerait de la capacité du monde moderne à soumettre à l'arène publique

Mais dans nos jours les matières dangereuses sont de plus en plus utilisées et leur gestion devient plus complexe. Les établissements fabriquent, utilisent ou entreposent des matières dangereuses, souvent en quantité importante. Ces activités pourraient donc être à l'origine d'un accident industriel majeur entraînant des conséquences humaines et financières désastreuses à la fois pour la communauté et pour les établissements.

Dans le contexte actuel de l'Algérie, suite aux deux récentes catastrophes naturelle et industrielle (le Séisme de Boumerdes et l'explosion dans le complexe GLIK de Skikda), il devient évident que nous devons nous préparer de façon plus efficace à faire face aux divers sinistres potentiels. Or, comme les dernières quarante années ont su nous le démontrer au niveau international, les accidents industriels majeurs ont eu des conséquences importantes sur la population. A titre d'exemple, nous n'avons qu'à penser à l'accident de Flixborough, en 1974, avec 28 morts et 89 blessés, des constructions détruites dans un rayon de 600 mètres et des vitres brisées sur un rayon de 13 km, de Seveso, en 1976, avec plusieurs centaines d'intoxiqués, de Bhopal, en 1984, avec 2 600 morts, de Mexico, en 1984, avec 574 morts et 1200 disparus, de Chernobyl, en 1987, avec 130 000 personnes évacuées et plusieurs milliers de morts.

l'industrie de GNL dans le monde connaît des accidents majeurs et après la révolution industrielle, les entreprises de liquéfactions axaient leurs efforts sur l'augmentation de la production sans intégrer la prise en charge des problèmes multiples, dont les activités

Introduction générale

présentent des dangers et donc des risques technologiques avérés ou plausibles, qui pourraient être responsables de blessures physiques, d'atteinte à la santé des personnes, dégrader l'environnement et causer des pertes de production à coût élevé.

La sécurité, la santé et l'environnement fait partie des préoccupations des entreprises. Aujourd'hui plus encore qu'hier, l'accident, avec ses conséquences sur l'homme, l'environnement ou l'outil industriel est inacceptable. Leur objectif est d'atteindre le zéro accident ; atteindre cet objectif est possible si chacun, à quelque niveau qu'il soit, manifeste volonté, conviction et engagement personnel.

Subséquentement, La réglementation algérienne, exige de toutes les structures et unités du groupe Sonatrach de réaliser des études de danger, en mettant en œuvre tous les moyens humains et matériels nécessaires, avec une mise-à-jour de ces études suite aux changements et aux modifications apportés à l'installation. Cependant et par le fait de son appartenance à ce groupe et vu les différentes modifications qu'a vécu notre complexe GL1/Z, il est devenu impératif de réaliser une étude de danger afin de s'aligner à la loi, de mieux gérer des situations de risque et d'assurer un maximum de sécurité dans le fonctionnement.

Sachant que l'étude de danger d'un grand complexe tel le nôtre, demande un temps considérable, nous nous sommes assujettis à étudier une partie de l'installation à savoir, la zone de stockage GNL. Après un travail de terrain d'un mois, nous nous sommes convaincu que, compte-tenu des difficultés de terrain rencontrées, le travail offre une première expérience locale (puisque toutes les études existantes sont réalisées par des bureaux d'études étrangers) sur un sujet tout récent dans le complexe GL1Z.

Le présent mémoire sera structuré de la manière suivante : en plus d'une introduction générale et d'une conclusion générale complétées par des annexes, ce mémoire est subdivisé en cinq chapitres.

- 1- Le premier chapitre traite d'une façon générale une description du complexe et celle du procès, ainsi que la démarche de la sécurité au niveau de complexe GNL1
- 2- Le deuxième chapitre concerne les réglementations et l'évaluation du risque avec le retour d'expérience.

Introduction générale

- 3- Dans le troisième chapitre, nous présentons de systèmes étudiés ainsi que les phénomènes dangereux liés au stockage
- 4- le quatrième chapitre Nous avons d'abord défini la notion de gestion des risques, le processus de la gestion de risque et ensuite, nous avons présenté les principales méthodes d'analyse des risques, nous entamons l'analyse des risques par les méthodes d'Analyse Préliminaire de Risque (APR)
- 5- le cinquième chapitre reflète une quantification des scénarios retenus pour l'étude, dans le but est de faire ressortir des recommandations.

CHAPITRE 1

PRESENTATION DU COMPLEXE GL_1/\mathbb{Z}

CHAPITRE 1 : présentation du complexe GL1/Z

1. Introduction :

Le gaz naturel est la source d'énergie fossile qui a connu la plus forte progression depuis les années 70. Elle représente un quart de la consommation énergétique mondiale. Le gaz naturel devient chaque jour plus attractif pour beaucoup de pays.

Sonatrach joue un rôle important dans l'économie algérienne. Il convient de notre étude que la Sonatrach procure plus de 95% des recettes d'exportation du pays et qu'elle assure plus de 51% des recettes budgétaires. La firme Sonatrach ainsi que les entreprises filialisées est classée 13^{ème} compagnie dans le monde, 4^{ème} exportateur en GNL et GPL, 3^{ème} en gaz naturel de condensat.

Les réserves de gaz dans le champ de Hassi R'mel sont considérables, une partie de ce gaz, est extrait, soit 70 % et transporté jusqu'à la zone industrielle d'Arzew, cette dernière contient trois complexes GL1/Z, GL2/Z et GL3/Z pour les opérations de liquéfaction dans des unités ad hoc pour réduire son volume 600 fois pour faciliter le transport.

CHAPITRE 1 : présentation du complexe GL1/Z

2. Présentation du complexe gl1/z :

2.1 Historique du complexe gl1/z :

Le complexe GL1/Z est un complexe de liquéfaction de gaz naturel qui occupe une partie très importante dans l'entreprise nationale Sonatrach.

Sa mise en exploitation est entrée en 1977 et sa capacité de production est de 17.6 millions de m³/an de gaz naturel liquéfié. Le gaz naturel est acheminé de Hassi R'mel par gazoduc de diamètre 42", à travers 5 statios de compression sur une distance de 500 km, la pression développée varie entre 45 à 46 bars et une température ambiante jusqu'au complexe GL1/Z, où il doit subir les différents traitements conduisant à sa liquéfaction.

2.2 Situation géographique du complexe gl1/z :

Le complexe GL1/Z est situé à Bethioua à 40 km à l'ouest d'Oran, son emplacement au bord de la mer méditerranée lui permet d'utiliser son eau comme source d'alimentation pour le refroidissement, la production d'eau dessalée et la lutte anti incendie, (*les eaux des utilités*)



Figure 1 : vue générale du complexe GL1/Z

2.3 Mission du complexe GL1/Z :

Le complexe GL1/Z a pour mission de traiter le gaz naturel transporté par gazoduc en provenance des champs gaziers de Hassi R'mel en gaz naturel liquéfié (GNL) avec possibilité d'extraction du propane, butane et de la gazoline, ce gaz est ensuite transporté dans les méthaniers à destination de l'étranger.

CHAPITRE 1 : présentation du complexe GL1/Z

2.4 Organigramme générale du complexe :

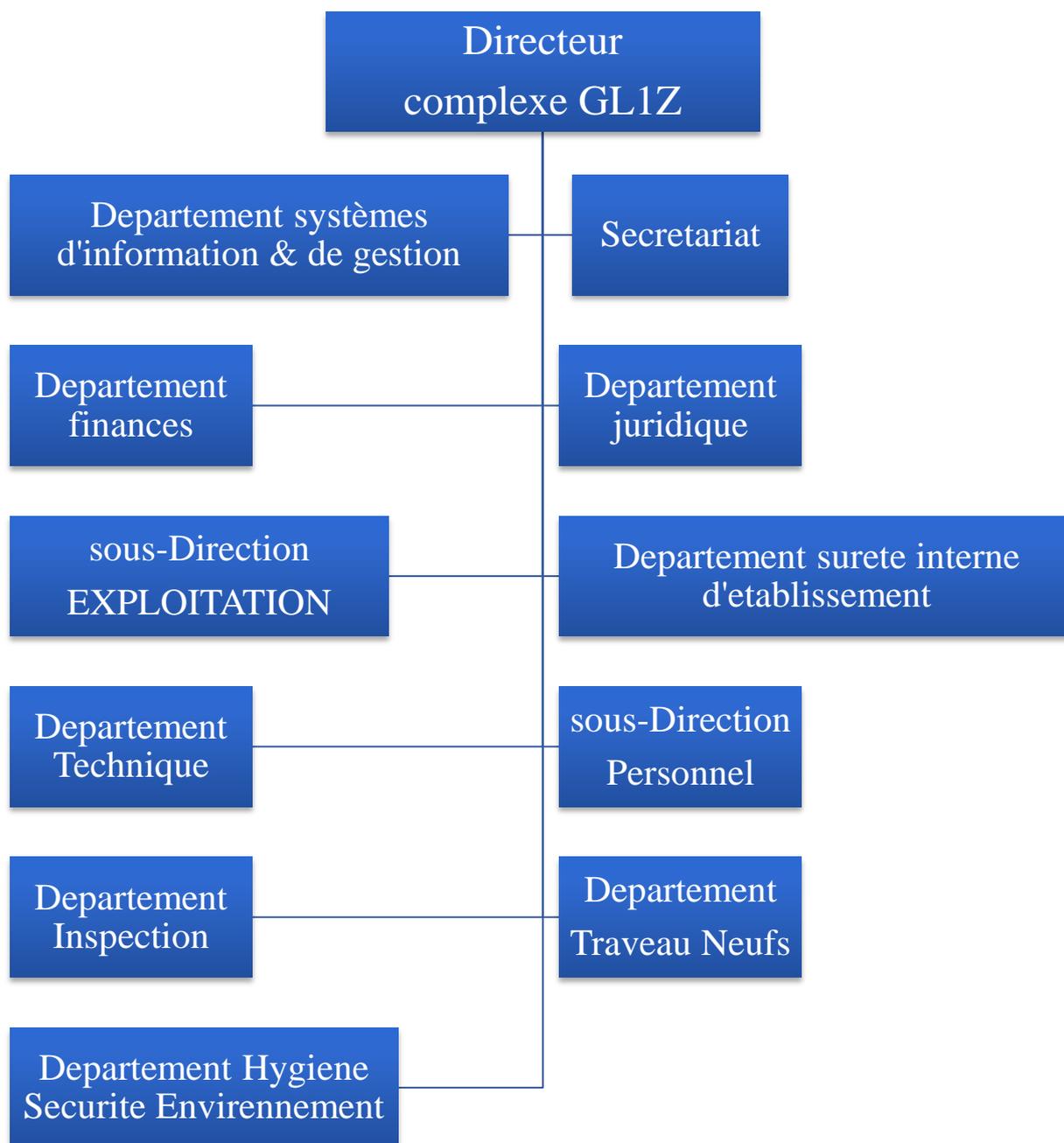


Figure 2 Organigramme générale du complexe

2.5 Description du complexe :

Le complexe GL1/Z se compose de 6 trains de liquéfaction identiques, la capacité de chacun est de neuf mille mètres cube (9000 m³) de GNL par jour.

CHAPITRE 1 : présentation du complexe GL1/Z

La zone d'exploitation du complexe GL1/Z est constituée de trois zones :

- Zone d'utilités.
- Zone de procédé.
- Zone terminale.

A- Zone des utilités :

Cette zone assure la fourniture de toutes les utilités en ce qui concerne la production de l'électricité, d'air instrument, en eau distillée et d'azote.

Au niveau de cette zone on trouve :

- Les chaudières.
- Les unités de dessalements.
- Les installations servent à la production d'azote.
- Turbo générateur pour la production de l'électricité.

Production de vapeur :

La production de la vapeur joue un rôle important en tant qu'une source d'énergie pour le fonctionnement de diverses installations.

Cette vapeur est produite par un ensemble de :

- 17 chaudières capables de produire 115 tonnes de vapeur/heure à 62 Bars et 442°C.
- 06 chaudières (04 MHI et 02 IHI) de 400 tonnes/heure chacune à 62 Bars et 442°C.
- 04 chaudières de 91 tonnes/heure chacune à 62 Bars et 442°C.
- 01 chaudière basse pression capable de produire 51 tonnes de vapeur/heure à 27 Bars.

Production d'électricité :

La production d'électricité est assurée par trois turbos générateurs (TG) de puissance de 18 M watts chacune. Les besoins du complexe sont de l'ordre de 36 M watts, en plus de la production des TG il y a une source complémentaire (réseau Sonelgaz) et une autre de GL2/Z pour une éventuelle compensation de l'énergie en cas de nécessité.

CHAPITRE 1 : présentation du complexe GL1/Z

Circuit de mer :

L'eau de mer est utilisée dans les différentes unités du complexe comme source chaude des cycles frigorifiques et comme source froide des cycles de vapeur et par ailleurs l'eau de mer sert aussi pour la production d'eau dessalée.

L'eau de mer est pompée à partir du grand bassin par six pompes de repère avec deux boîtes de distributions l'une servant à alimenter les trains 100/200/300 et l'autre pour les trains de production 400/500/600.

Production de l'eau dessalée :

L'eau dessalée est produite à partir des unités de dessalement, cette aire comprend six unités de dessalement fonctionnant en parallèle produisant 45 m³ d'eau dessalée chacune, qui est ensuite stockée dans trois bacs de stockage d'une capacité globale de 6700 m³. Une autre source de plus vient du complexe Kahrama pour combler le déficit en eau douce s'il est nécessaire.

Electro – Chloration :

L'unité de l'électro-chloration permet l'extraction du Chlore, la réinjection de ce dernier dans l'eau de mer a pour but d'empêcher le développement des substances marines vivantes telles que les moules pouvant se proliférer et causer des bouchages ou obstructions au niveau des condenseurs a eau de mer.

Production de l'air comprimé :

Les besoins du complexe en air instrument sont estimés à 4600 m³ d'air, cet air est fourni par cinq compresseurs centrifuges avec une pression de refoulement de 10 bars stocké au niveau des ballons récepteurs. L'air instrument subit au préalable un séchage, et ce pour éviter une corrosion ou une dégradation des organes d'instrumentation.

Système de torchage :

Le Complexe dispose d'un réseau de rejet vers les torches, composé d'une torche chaude, d'une torche froide et une autre torche pour la vapeur des bacs de stockage GNL.

B- Zone de procès :

Le complexe GL1/Z comprend six trains de liquéfaction identiques en parallèle. Chaque train de liquéfaction est composé de dix sections à savoir :

CHAPITRE 1 : présentation du complexe GL1/Z

La section de décarbonatation :

La fonction de cette section consiste à l'élimination du CO₂ contenu dans le gaz naturel, pour ce traitement de la décarbonatation il est fait usage d'une amine appelée (MEA) soit le Mono-éthanol-amine (C₂H₅ONH) cette amine à le pouvoir de capter le CO₂ existant dans le gaz naturel.

La section de déshydratation :

Cette section consiste à l'élimination de l'eau contenue dans le gaz naturel. Pour cela il est fait usage de deux sécheurs à tamis moléculaire dont un sécheur est en service normal et le second est en régénération.

La section de démercurisation :

Cette installation consiste à piéger le mercure (Hg) contenu dans le gaz dans un adsorbant (charbon actif imprégné du soufre) et ce pour éviter que le mercure attaque particulièrement les équipements en Aluminium (A1).

Section boucle de propane :

Avant d'introduire le gaz naturel dans la section de séparation de la tour de lavage, il subit un pré-refroidissement pour que sa température soit portée à (-26°C). Le pré refroidissement s'effectue à l'aide du propane comprimé à partir d'un turbocompresseur à trois étages.

La section séparation et tour de lavage (Phase lourde / phase légère):

A ce stade la séparation est une distillation classique qui sépare le produit en deux phases bien distinctes : produits lourds et produits légers. La phase lourde sera acheminée vers la section de fractionnement et la phase légère (gaz) suivra son chemin vers la section de liquéfaction.

La section de fractionnement : Comprend quatre (04) sous- sections :

- **Déméthanisation** : récupération de méthane.
- **Déthánisation** : récupération de l'éthane.
- **Dépropanisation** : récupération du propane.
- **Débutanisation** : récupération du butane.

CHAPITRE 1 : présentation du complexe GL1/Z

- Le circuit du gaz Multi Composants Réfrigérants :

Le MCR est un mélange d'azote, de méthane, d'éthane et de propane. Ce mélange frigorigène circule dans une boucle fermée comprenant deux compresseurs où il sert à liquéfier le GN dans l'échangeur principal et le réfrigérant du condenseur de tête de la tour de lavage.

- La section de liquéfaction :

L'échangeur principal liquéfie le gaz naturel traité (GNT) en utilisant le MCR comme réfrigérant. Le GNT pénètre en bas de l'échangeur principal et progresse vers le haut où il traverse les douches de MCR, et quitte l'échangeur sous forme gazeuse à une pression de 28,3 bars et une température de -148°C . À sa sortie, ce gaz subira une détente pour que sa température chutera à -162°C d'où il vient GNL.

C- Zone de stockage :

Le GNL produit par les six (6) trains du procédé est pompé par des pompes de capacité de $10\,000\text{ m}^3/\text{h}$ vers la zone de stockage constituée de trois (3) bacs à double parois métallique ayant une capacité de $100\,000\text{ m}^3$ chacun sous une pression de 1.03 bar et une température de -162°C .

Le stockage de la gazoline produite est assuré par une sphère de 3000 m^3



Figure 3 Bac de stockage

CHAPITRE 1 : présentation du complexe GL1/Z

3 Département HSE (hygiène et sécurité, environnement) :

Le département HSE, est l'un des points vitaux du complexe GL1/Z. La sécurité concerne désormais toutes les entreprises quelle que soit leur importance et leur activité. Comme les activités du complexe consistent à traiter de grande quantité de matières inflammables, cela constitue un risque majeur d'incendie et d'explosion d'où le rôle primordial de ce département dans la sécurité du personnel, des équipements et de l'environnement.

Le rôle du département de sécurité est de mettre en place des moyens de prévention et de protections adaptées aux risques encourus, ce département compte trois services (prévention, intervention et environnement).

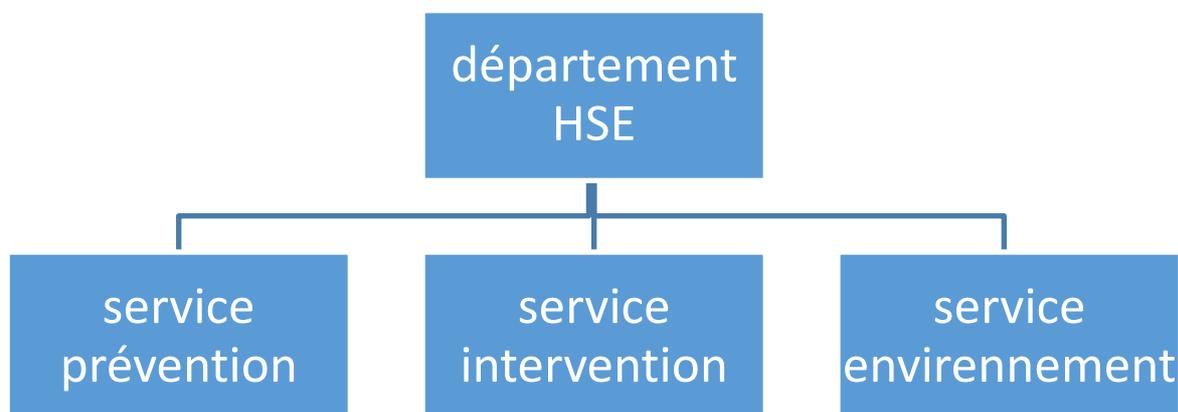


Figure 4 Organigramme de département HSE

3.1 Service prévention :

La prévention constitue une nécessité permanente en raison de multiples risques qui existent auparavant pendant et après le processus de liquéfaction de GN.

La mission de ce service est de veiller à mettre au point tout un ensemble de procédures afin de sensibiliser, d'informer les employés, les visiteurs et la sous-traitance, suivi des plans d'hygiène et de sécurité élaborés ainsi que leur respect et application dans l'objectif de les imprégner dans une culture HSE.

- Mission du service prévention :

- Autoriser et assurer le suivi des travaux de maintenance dans les conditions optimales de sécurité.
- Participer aux études et aux modifications relatives aux nouvelles installations.

CHAPITRE 1 : présentation du complexe GL1/Z

- Participer à la gestion des risques et à l'amélioration des conditions de travail.
- Établir des audits de sécurité généraux et particuliers et s'assurer de leur application et de leur affichage.
- Participer à la politique globale de prévention de l'entreprise à travers la commission hygiène et sécurité et les différentes campagnes de prévention.

- Les rôles de service prévention :

Nous pourrions classer le rôle du service prévention en deux missions :

- Rôles opérationnels :
 - Vérification et contrôle technique et réglementaire des équipements.
 - Inspection et contrôle des machines et des installations.
 - Étude et analyse des risques potentiels.
 - Gestion des risques des incendies et accident de travail.
- Rôles fonctionnels :
 - Participation à l'étude des nouvelles installations.
 - Participation à l'étude de toute modification aux niveaux des installations en place.
 - Intégration de la sécurité dans le processus de fabrication.
 - Participation en choix de matériel.
 - Amélioration des conditions de travail

3.2 Service intervention :

En dépit de toutes les précautions, le complexe ne peut échapper à certain dommage aléatoire, incendie, explosion, accident de travail. Pour lutter contre l'accident ; un fléau très couteux pour l'entreprise, le complexe est doté des moyens humains et matériels les plus performants pour intervenir à temps et empêcher sa propagation.

Le service intervention est composé d'équipes de quart d'intervention et son rôle consiste à assurer les tâches suivantes :

- L'intervention en cas d'incident.
- Une vigilance constante contre l'incendie et l'explosion.
- L'assistance des travaux dangereux en y apportant la couverture de sécurité nécessaire.

CHAPITRE 1 : présentation du complexe GL1/Z

- L'entretien préventif des systèmes de protection et des équipements et matériels anti-incendie.
- Établir, actualiser et appliquer les plans d'intervention du complexe et d'autre.
- Faire appliquer les consignes générales et particulières de la sécurité

Ce service se divise en deux sections :

A) Section équipements :

Cette section gère tous ce qui concerne matériel est équipement pour la lutte contre l'incendie.

Elle est chargée de :

- Inspecter en permanence les équipements fixes et mobiles de sécurité.
- Entretenir les équipements mobiles (les camions...).
- Gérer les produits extincteurs (poudre, émulseur, CO₂).
- Assurer l'installation des équipements fixes nouveaux avec le département travaux neufs.

B) Section Intervention (lutte contre le feu) :

Cette section est chargée de l'application directe et intégrale des règles et mesures fondamentales pour contrôler toute incident, elle se charge aussi d'effectuer des rondes régulières suivant le planning, participer à la formation au feu, contrôler et entretenir les équipements et matériels de sécurité, évacuer les victimes et faire les gestes de 1^{er} secours, et en fin elle surveille les installations de production par le biais des caméras téléguidées ainsi que les équipements de lutte contre l'incendie à partir de deux consoles DCS (contrôle du système par distance).

3.3 Services environnement :

Cette fonction avec à la tête le chef service est composée en principe de spécialistes dans les domaines rejets Gazeux, déchets Solides et rejets Liquides. Ces trois domaines sont la ligne principale de son organisation. La recherche de nuisances ou dégradations dans ces domaines d'activités l'amènera à une liaison étroite avec le service prévention, le département technique voire même à une superposition des activités. L'activité de ce service s'impliquera dans tous les domaines de l'unité industrielle et les abords qui ne sont pas forcément immédiat seront aussi sous sa vigilance. Sa collaboration avec les organismes de l'état peut déborder jusqu'aux Organisations Non Gouvernementales (ONG).

CHAPITRE 1 : présentation du complexe GL1/Z

3.3 Les référentielles et les normes agissant sur le HSE:

Les permis de travail :

Un permis de travail est une autorisation pour des opérations de maintenance, d'inspection et de construction. Le plus grand soin doit être apporté pour l'établissement de ces permis par initiateurs.

Toutes précisions sur le lieu, la durée et les conditions d'exécution d'un travail sont mentionnées. En cas d'incident ce document est considéré comme officiel, d'ailleurs toutes interventions sur les équipements ne peuvent débuter qu'après l'élaboration et l'approbation du permis par les structures concernées. Ces consignes sont obligatoires et doivent être scrupuleusement respectées. L'ignorance et le non-respect de ces derniers peuvent entraîner des risques considérables.

Avant l'exécution des travaux, le personnel doit impérativement s'assurer que les autorisations en sa possession sont munies de tous les visas de structures concernées par le travail. Les méthodes, les procédures, l'outillage et les équipements individuels et collectifs sont ceux qui sont mentionnés par les structures compétentes, (Les départements : technique, la maintenance, la sécurité et autres). Le travail s'exécute dans les limites géographiques de la zone de travail. Il n'est pas à procéder à des manœuvres ou opérations non prévues par l'autorisation de travail. L'inspecteur de prévention est habilité à arrêter les travaux si les conditions de sécurité ne sont pas réunies ou satisfaisantes.

Type de permis de travail :

- Permis de travail à froid
- Permis de travail à chaud
- Permis de travail de pénétrer dans un espace confiné
- Permis d'excavation
- Permis de radiographie
- Permis de travaux en hauteur
- Permis d'opération de lavage
- Permis d'entrée pour véhicule /engin
- Permis de fermeture provisoire de route
- Permis de travail sur équipement électrique

CHAPITRE 1 : présentation du complexe GL1/Z

- Permis de limitation d'accès
- Permis de test sur équipement électrique haute tension
- Permis de mise en services d'un équipement /système

Les différents types de certificats et autorisation :

- Certificat de consignation électrique.
- Certificat de confirmation d'isolement.
- Certificat d'échafaudage.
- Autorisation de prise de photo.

Politique QHSE :

Cette politique QHSE caractérise l'engagement du responsable du complexe à mettre en place les ressources nécessaires pour l'application efficace des systèmes de managements QHSE en conformité avec les normes suivantes :

La norme ISO 14001 :

La norme ISO 14001 est une norme appliquée aux systèmes de management environnementaux pour répondre aux préoccupations environnementales des consommateurs. Elle a été créée par L'international Organization For Standardisation (ISO). La norme iso fait partie des normes d'organisation.

Elle cherche à améliorer de manière continue la performance environnementale de l'entreprise par la maîtrise des impacts sur le milieu où elle exerce. De ce fait, l'entreprise s'engage à démontrer sa conformité à la norme en élaborant un outil de suivi permettant d'évaluer le progrès de l'entreprise en termes de respects de l'environnement

Elle s'applique à tout organisme souhaitant mettre en œuvre un système qui respecte l'écologie. L'organisme sera ainsi tenu de mettre à jour sa politique environnementale afin d'améliorer sa performance à ce niveau et de s'assurer de sa conformité à la norme.

Référentiel OHSAS 18001 :

La spécification britannique OHSAS 18001 pour Occupational Health and Safety Assessment Series (séries d'évaluation de la santé et de la sécurité au travail) précise les règles pour la gestion de la santé et la sécurité dans le monde du travail.

CHAPITRE 1 : présentation du complexe GL1/Z

OHSAS 18001 porte sur les principaux éléments suivants :

- Planification pour l'identification des dangers ainsi que l'évaluation et la gestion des risques.
- Programme de gestion OHSAS.
- Structure et responsabilité.
- Formation présentations et compétence.
- Consultation et communication.
- Gestion opérationnelle.
- Préparation aux situations d'urgence et solutions.

La norme iso 9001 :

Cette norme définit des exigences pour la mise en place d'un système de management de la qualité pour les organismes souhaitant améliorer en permanence la satisfaction de leurs clients et fournir des produits et services conformes. La norme ISO 9001 s'adresse à tous les organismes, quels que soient leur taille et leur secteur d'activité. Elle fait partie de la série des normes ISO 9000 (ISO 9000, ISO 9001, ISO 9004)

Évaluation des risques professionnels :

L'évaluation des risques professionnels (EVRP) consiste à identifier les risques auxquels sont soumis les salariés d'un établissement, en vue de mettre en place des actions de prévention pertinentes couvrant les dimensions techniques, humaines et organisationnelles.

Elle constitue l'étape initiale de toute démarche de prévention en santé et sécurité au travail. L'EVRP est une démarche structurée dont les résultats sont formalisés dans un document unique. Ce document est mis à la disposition des salariés, des membres de CHSCT, des délégués du personnel, du médecin du travail, de l'inspecteur du travail et des agents des services de prévention des organismes de sécurité sociale.

Investigation des accidents/incidents :

Le référentiel d'investigation s'applique à tout accident et incident impliquant les installations, produits, procédés, biens et employés, ainsi que les sous-traitants et visiteurs pendant leur présence sur un site relevant du groupe Sonatrach.

CHAPITRE 1 : présentation du complexe GL1/Z

3.4 Les risques majeurs au niveau de gl1/z :

- Risque de déversement de GNL.
- Risque d'incendie de vapeur de GNL.
- Risque d'incendie sur l'évent d'une soupape.
- Risque de phénomène de surpression.
- Risque de fuite GNL, ou de produit lourd (propane, C₅) vers les égouts.
- Risque de déversement du GNL lors des opérations de chargement des navires.
- Risque d'explosion de type BLEVE dans la sphère gazoline.
- Risque d'effondrement d'un bac de stockage ou d'une torche.

3.5 Les moyens et les dispositions à prendre :

Le matériel fixe :

Sa grande partie est constituée des bouches d'incendie mais une partie non négligeable provient de la poudre formée des différents SKIDS.

Le matériel fixe d'eau du réseau incendie :

- Les poteaux d'incendie.
- Les couronnes de refroidissement
- Le système de déluge.
- Les pompes d'eau d'incendie.
- Les groupes diesel.
- Les générateurs à mousses.
- les lances Canon.

Système mousse fixe :

- au niveau du Bac I 901/ I 903 : Quatre (06) GHF d'un débit unitaire de 208 m³/min, une lance monitor fixe à eau d'une portée de 40 mètres.
- au niveau du Bac I 902 : Sept (07) GHF d'un débit unitaire de 208 m³/min, une lance monitor fixe à eau d'une portée de 40 mètres.
- au niveau de la Pomorie GNL : (03) GHF d'un débit unitaire de 208 m³/mi
- au niveau de la Zone de chargement : Deux (02) lances bas foisonnement, deux (02) lances à eau et deux (02) système déluge.

CHAPITRE 1 : présentation du complexe GL1/Z

- au niveau de la Sphères gazoline : deux (2) rampes de refroidissement (mise en service automatique)

Système poudre :

9 SKIDS à poudre au niveau

- Bac 901 Skid Tranchee, Skid Event
- Bac 902 Skid Tranchee, Skid Event
- Bac 903 Skid Tranchee, Skid Event
- JETE QUAI de chargement M2, M3
- SKID section fractionnement liées a ESD

Le réseau d'eau d'incendie :

Réseaux sous terrain maillé et bouclé couvrent toutes les zones :

- poteaux d'incendie comme les lance monitors.
- Deux pompes incendie eau potable électrique et diesel d'un débit de 1250 m³/heure chacune avec une réserve d'eau de 3047 m³ et deux pompe jockey.
- Deux pompes incendie à eau de mer (aspiration directe du bassin) diesel et électrique avec un débit de 2270 m³.
- Alimente le système de déluge, le système mouse, les pompes à eau d'émulseur.

Rideau d'eau pour les chaudières :

Ce dernier est indépendant du réseau eau incendie : **02** pompes jockey ,**02** pompes (1électrique et 1 diesel) et **03** détecteurs Enclenchement par détection de 2 détecteurs de gaz à 40%.

Système de déluge :

Prévu pour la protection de La sphère de gazoline et Les manifolds de chargement (Quais M2/M3).

Le matériel mobile :

Camions anti-incendie :

Ce sont les équipements qui peuvent être déplacés et utilisés dans tous les endroits du complexe GNL1/Z. Le complexe dispose d'une flotte variée de camions anti-incendie, d'ambulances et de motopompes cités comme suit :

CHAPITRE 1 : présentation du complexe GL1/Z

- Une (01) véhicule de premier secoure (PS).
- Deux (02) camions d'intervention Trivalent
- Deux (02) camions d'intervention à Poudre.
- Un (01) camion d'intervention à Eau.
- Deux (02) camions d'intervention Mixtes dont un muni d'un bras élévateur aérien.
- Deux (02) motopompes tractables.
- Deux (02) ambulances.
- Un (01) Véhicule de Liaison Tout Terrain muni d'une Girafe Lumineuse.



Figure 5 Camions anti-incendie

Les extincteurs :

Un extincteur est un appareil de lutte contre l'incendie capable de projeter ou de répandre une substance appropriée appelée « agent extincteur » afin d'éteindre un début d'incendie. Il existe plusieurs types d'extincteur dans le complexe GL1/Z, et chaque extincteur est désigné à un équipement bien précis, ils sont répartis dans la zone d'exploitation, on trouve :

- À poudre sèche de 9 Kg.
- CO₂ portatif de 9 Kg.
- Tractable à poudre 57 Kg. (Le nombre a augmenté suite à un nouvel achat)
- à poudre de 25 kg.

CHAPITRE 1 : présentation du complexe GL1/Z

- CO₂ de 5 kg.
- CO₂ de 10 kg.



Figure 6 Extincteur

Équipements de protection individuelle :

L'accès en zone d'exploitation sans protection individuelle est strictement interdit. Tous les agents doivent porter un équipement de protection individuelle agréé tels que :

- casque de sécurité.
- lunettes de protection.
- casque antibruit.
- tenue de travail et gants appropriés.
- chaussures de sécurité.

• Dispositif de détection :

Les sondes de détection que comporte le complexe se répartissent comme suit :

- Détecteurs de gaz conventionnel.
- Détecteurs de gaz à hydrogène.
- Détecteurs de gaz à faisceau infra rouge.
- Détecteurs de flamme combinée ultra-violet et infra rouge.
- Détecteurs de flamme à rayon ultra-violet.
- Détecteurs de flamme infra rouge.
- Détecteurs de fumée.
- Détecteurs de gaz à basse température TL.
- Détecteurs du taux d'augmentation de chaleur HT.

CHAPITRE 1 : présentation du complexe GL1/Z

3.6 Plan d'organisation générale en cas d'urgence (OGCU) :

3.6.1 Evacuation du personnel :

Lorsque l'incendie prend un caractère menaçant pour la population du complexe, le déplacement du personnel non concerné par le sinistre, hors de la zone de danger devient impératif. Pour cette raison au niveau de notre unité est institué comme partout dans le monde d'ailleurs un plan d'organisation générale en cas d'urgence appelé OGCU. Le plan peut permettre s'il est bien respecté que le sinistre ne se transforme en désastre et en tragédie. Cette organisation (OGCU) a pour but d'organiser et de coordonner les diverses actions pour rechercher l'efficacité des interventions et d'éviter la panique.

Cette organisation doit être obligatoirement respectée, sa réussite en cas de sinistre dépend d'une discipline rigoureuse de la part de chacun du collectif.

3.6.2 Phases de l'OGCU :

Etat d'alerte : 1 coup de sirène continue de 3 mn.

- Arrêt des travaux engins.
- Dégager les routes et autres vois d'accès.
- Priorité au véhicule de la sécurité.

Etat d'alarme : 5 coups de sirène discontinus.

- Mettre la zone de travail en état complète de sécurité.
- Rejoindre votre structure.

Evacuation partielle : 2 coups de sirène continus de 1 mn.

- Rejoindre le point de rassemblement désigné. (le personnel occasionnel et d'hygiène rejoindront le point le plus proche).
- Se mettre à la disposition du responsable du point de rassemblement.

Evacuation totale : 10 coups de sirène discontinus.

- Rejoindre les bus de transport dans le calme.
- Evacuation à l'extérieur.

Fin d'alerte : 3 coups de sirène discontinus.

- Cette phase indique la fin de détresse. Signifie que la situation est maîtrisée. Elle peut être déclenchée à la fin de chacune des phases précédentes.
- Rejoindre le poste de travail initial, sauf nouvelles instructions ou orientations de votre hiérarchie.

CHAPITRE 1 : présentation du complexe GL1/Z

A la troisième phase de l'OGCU, le personnel non concerné par le sinistre doit rejoindre dans le calme les différents points de rassemblement désignés et se mettre à la disposition du chef du point de rassemblement.

Le point de rassemblement peut être déplacé temporairement en lieu sûr par le chef désigné, s'il s'avère qu'il est à proximité du sinistre.

4 Conclusion

Le complexe GL1/Z est considéré comme une école en matière de HSE et permet à tout visiteur, stagiaire, apprenti et employé de développer et enrichir les connaissances théoriques et les consolider par la pratique en schématisant une idée très précise sur le fonctionnement du procédé de liquéfaction du GNL, les dangers existants et les risques engendrés par cette activité.

Le complexe utilise les bonnes démarches et les meilleures pratiques conduisant à la création d'une ambiance de travail sûre et rassurante permettant d'entamer tout genre de travail.

L'adoption d'un système de management intégré lui a aussi permis de se conduire vers une politique de gestion très efficace en matière de Santé Sécurité de Travail (SST) et aussi de l'environnement.

CHAPITRE 2
L'EVALUATION
D'ACCIDENTOLOGIE ET
LA REGLEMENTATION

1. Evaluation de l'accidentologie avec l'analyse du retour d'expérience

1.1 Introduction:

Dans le cadre de l'évaluation de l'accidentologie, ce chapitre présente les résultats de la consultation des bases de données nationales et internationales, recensant les accidents et les incidents passés, impliquant les mêmes substances et/ou les mêmes procédés et/ou les mêmes équipements, de l'examen des enseignements tirés de ces événements et la référence explicite aux mesures spécifiques prises pour éviter ces accidents.

Quelle que soit l'activité considérée, la perte humaine, matérielle ou financière ... peut être perçue comme la conséquence d'un accident lui-même aboutissement d'un scénario d'accident décrit trois événements séquentiels : « présence d'un danger », « situation dangereuse ou accidentelle », « accident ». Ces trois événements doivent être considérés comme des états du système ou de son environnement. (Desroches, 2007)

1.2 Accidentologie:

L'accident correspond à la « concrétisation » ou la matérialisation du risque par l'occurrence de pertes humaines ou matérielle ou de dommage (matériels ou immatériels).

En fait, pour bien couvrir le concept de risque il convient de considérer le scénario d'accident dans sa totalité en complétant l'intitulé de l'accident par ses conséquences en termes de pertes, de dommages ou de préjudices (Desroches, 2007)

Suivant la gravité des pertes on parlera d'accident mineur (pertes minimales) a accident catastrophique (perte maximales). Le schéma suivant visualise l'évolution d'un scénario d'accident depuis ses causes jusqu'à ses conséquences.

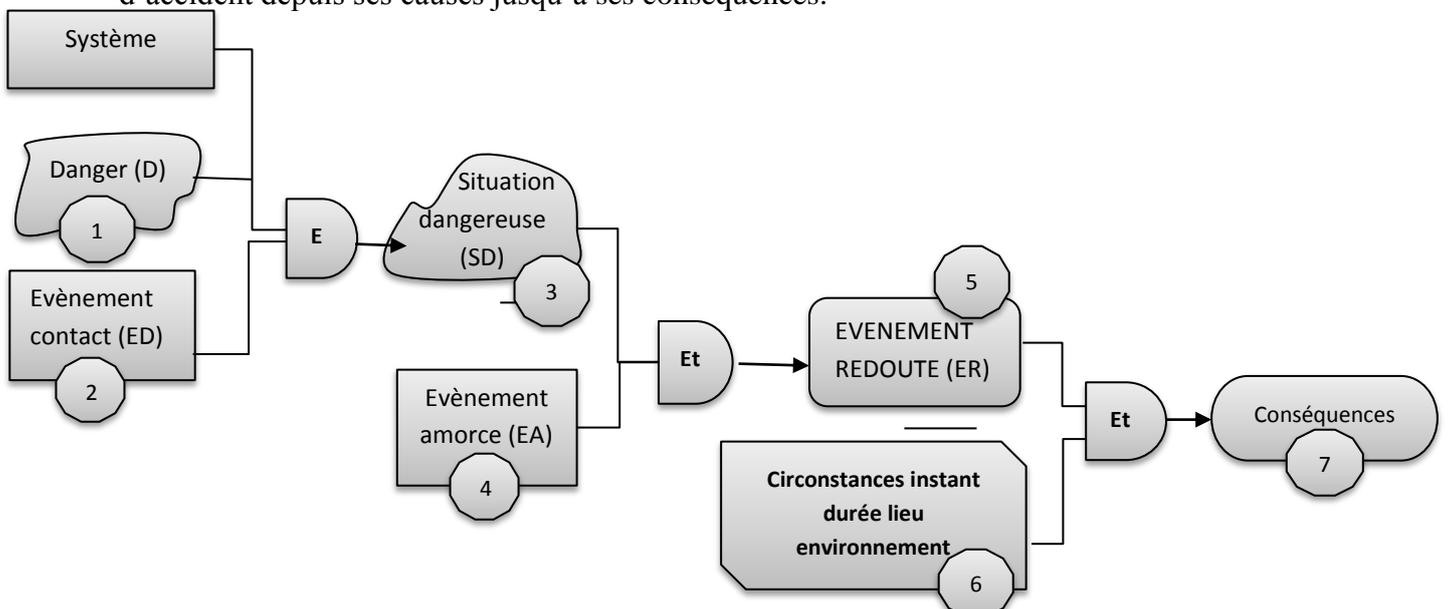


Figure 7 évolutions d'un scénario d'accident depuis ses causes jusqu'à ses conséquences

Les événements 2 et 4, sont respectivement les causes génériques de la situation dangereuse et de l'accident de la situation dangereuse et de l'accident dans une configuration du système.

Exemple : l'accident est l'incendie suivi d'une explosion d'un camion roulant dans un tunnel.

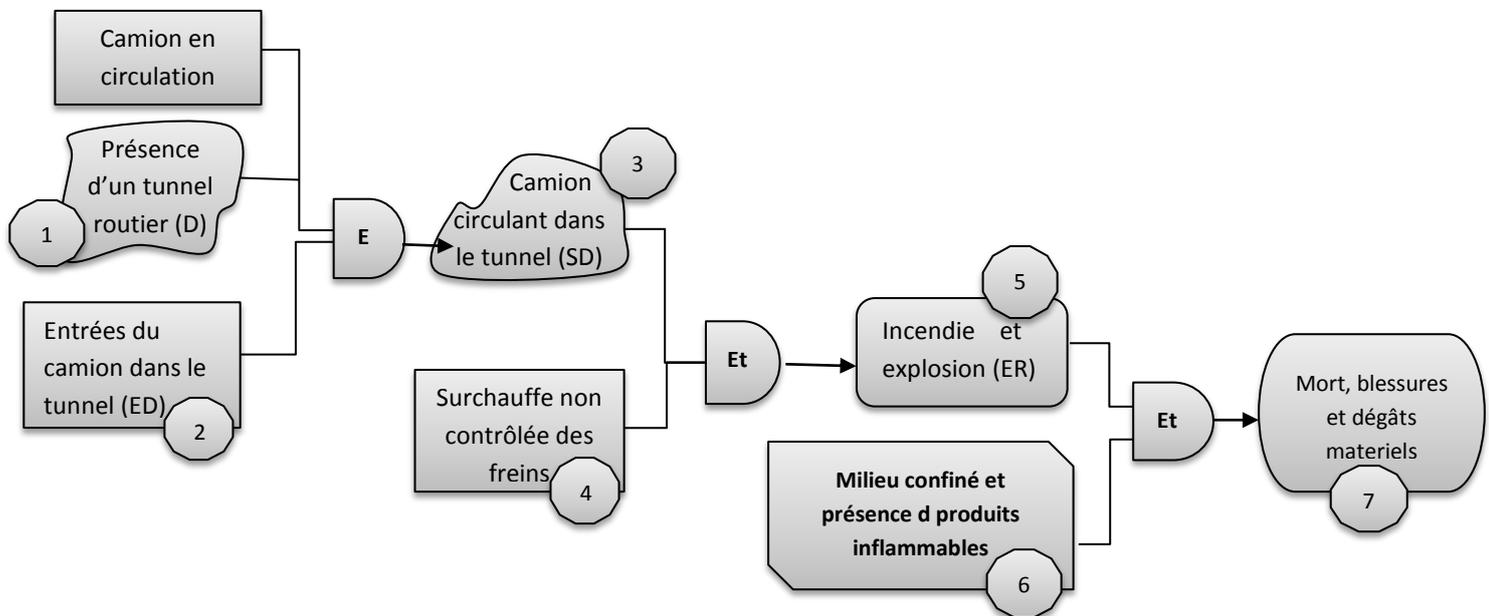


Figure 8 Exemple de scénario d'accident routier

La cause générique de la situation dangereuse (camion roulant dans le tunnel) est son entrée. En l'absence de cet événement la situation dangereuse n'existerait pas. De même une des causes génériques de l'accident est la surchauffe non contrôlée des freins qui en son absence n'aurait pas existé.

1.3 Le retour d'expérience:

Le retour d'expérience (REX) est une démarche qui consiste à apprendre de ce qui se passe pour mieux maîtriser l'avenir. C'est une démarche organisée et systématique de recueil et d'exploitation des signaux que donne un système.

Le principe de cette démarche est simple et de bon sens des pratiques et des principes usuels depuis longtemps relevant du retour d'expérience, même si cette expression est récente. L'expression « retour d'expérience » recouvre aujourd'hui un domaine de connaissances assez vaste qui évolue encore assez rapidement. En effet, l'organisation et les pratiques qui permettent de tirer le meilleur parti de l'expérience demandent réflexion. Les obstacles et les difficultés qui conduisent de bonnes intentions dans les impasses sont légion en ce domaine. Nombreuses sont les organisations qui, fortes des idées simples citées, sont

CHAPITRE02 : L'évaluation d'accidentologie et la réglementation

parties « la fleur au fusil » dans de coûteuses organisations de remplissage de bases de données qui, n'ont guère contribué au progrès de l'organisation en question. (mortueux)

Errare humanum est, persévérer diabolicisme. Une erreur est pardonnable, récidiver ne l'est pas. Cette idée largement partagée conduit à devoir connaître ses erreurs, les analyser, trouver des parades pour ne pas récidiver.

Toute étude de risque nécessite des données. Ces données ne peuvent provenir que de son expérience ou de l'expérience d'autrui. Certaines données, comme des taux de fiabilité, se mesurent. De telles mesures sont plus longues et difficiles à réaliser qu'une longueur ou une masse : il y faut une organisation spécifique. C'est le retour d'expérience qui fournit ces données. Une organisation s'évalue par ses performances. La mesure de certaines performances (fiabilité, sécurité...) peut passer par un retour d'expérience. Le management de la sécurité passe généralement par la connaissance des risques, la motivation à les réduire de tout le personnel concerné. Analyser les échecs avec les acteurs, diffuser, partager l'information sur les dysfonctionnements est une démarche essentielle d'implication du personnel. C'est du retour d'expérience. Innover est dans la plupart des activités économiques une nécessité... qui ne dispense pas d'exigences de qualité, de sûreté de fonctionnement. L'innovation consiste, bien entendu, à prendre un risque. Pour que les avantages de l'innovation ne soient pas perdus, compensés par les défauts de jeunesse, il faut exploiter au plus vite l'expérience qui se constitue.

L'innovateur garde longtemps un avantage sur ses suiveurs grâce au retour d'expérience : alors que son innovation est déjà copiée, il garde longtemps une expérience d'avance et, s'il l'exploite, une maîtrise des risques très supérieure à celle de ses concurrents. (mortueux)

L'étude s'appuie sur la Base ARIA constituée par le BARPI (Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables / DPPR / SEI / BARPI). Les événements qui ont, ou qui auraient pu porter atteinte à la santé ou à la sécurité publique, l'agriculture, la nature et l'environnement. Pour l'essentiel, ces événements résultent de l'activité d'usines, ateliers, dépôts, chantiers, élevages, ... classées au titre de la réglementation des installations classées, ainsi que du transport de matières dangereuses. Le recensement et l'analyse de ces accidents et incidents, est depuis 1992. Ce recensement qui dépend largement des sources d'informations publiques et privées, n'est pas exhaustif. La liste des événements accidentels présentés ne constitue qu'une liste de cas illustratifs. La présente analyse porte sur les accidents survenus dans le monde sur des installations similaires au complexe de liquéfaction

CHAPITRE02 : L'évaluation d'accidentologie et la réglementation

GL2Z. Les tableaux suivants récapitulent un ensemble d'accidents survenus sur des sites similaires

Tableau 1 Accidents survenus sur des installations similaires (Au niveau national)		
Accidents	Date et lieu	Résumé
<u>1. Explosion dans un complexe de gaz liquéfié :</u> N° 26252 - <i>C19.20 - Raffinage du pétrole</i>	19/01/2004 - ALGERIE - 00 - SKIKDA	<p>Une explosion se produit vers 18h40 dans un complexe pétrochimique portuaire, situé sur la côte et comprenant 6 unités de traitement de gaz et d'hydrocarbures ; 12 000 personnes travaillent sur ce site qui est en partie alimenté par du gaz et du pétrole en provenance du Sahara.</p> <p>L'accident se produit dans l'unité traitant du gaz naturel (GNL), à la suite de l'explosion d'une chaudière à haute pression fabriquant de la vapeur. Sous la violence de l'explosion, des réservoirs de substances inflammables à proximité sont endommagés à leur tour : les fuites qui en résultent provoquent l'extension de l'incendie en différents foyers et de nouvelles explosions (effet domino). Le souffle de l'explosion, entendue à 10 km à la ronde, brise les vitres d'immeubles et commerces du voisinage. Une cellule de crise est mise en place par l'exploitant et le ministère de l'intérieur, le préfet local (" wali ") déclenche l'équivalent du PPI. Les secours doivent lutter 8 h pour maîtriser l'incendie.</p>

Les principales mesures prises et/ou principaux projets sur les sites de liquéfaction en Algérie visant à améliorer la sécurité des installations et la protection des personnes depuis cet accident sont les suivants :

- Programme de formation et de sensibilisation dans le domaine HSE pour le personnel des complexes ;
- Remise à niveau et amélioration du système de détection feu et gaz sur le complexe (vérification des détecteurs existants, rajout de détecteurs ponctuels au niveau des points stratégiques pour une meilleure couverture, installation de barrières de

CHAPITRE02 : L'évaluation d'accidentologie et la réglementation

détection du type Infrarouge « IR », arrêt automatique des unités par détection feu et gaz à l'entrée des chaudières) ;

- Contrôle et inspection des moyens de lutte anti-incendie implantés sur l'ensemble du complexe ;
- Opération de réhabilitation de la pomperie eau de mer anti-incendie du pôle 1 ;
- Acquisition d'un nouveau parc roulant de lutte incendie (camions + ambulances) ;
- Réhabilitation du système de communication par interphone, klaxons et sirènes ;
- Renouvellement du parc de radio-télécommunication (talkie-walkie et stations fixes) ;
- Réhabilitation du réseau téléphonique interne du complexe ;
- Installation d'un poste de commandement pour la gestion des crises ;
- Projet de réhabilitation des postes de chargement de GNL (M1 et M2), y compris des systèmes de déconnexion rapide (PERC) par SOMIZ sous la supervision de FMC ;
- Projet de délocalisation du poste de chargement de camions citernes de butane.

Tableau 2 Accidents survenus sur des installations similaires (Au niveau international)

Accidents	Date et lieu	Résumé
<p><u>1.Rupture</u> et <u>inflammation</u> d'un <u>gazoduc</u> N° 27681 - <i>H49.50 - Transports par conduites</i></p>	<p>30/07/2004 - BELGIQUE - 00 – GHISLENGHIEN</p>	<p>Une violente explosion se produit sur un gazoduc reliant Zeebrugge à la frontière franco-belge, dans une zone industrielle. Vers 8h30, une fuite est décelée par le sifflement émis par le gaz non "odorisé" à ce stade. Les secours se rendent pour les premières interventions sur zone : elle se situe à proximité d'une usine de fabrication d'outils abrasifs en construction où travaille une trentaine de personnes. Le gazoduc est enterré à 1,10 m de profondeur (D 1 m ; P 80 bar). A 9 h, une violente explosion, ressentie à plusieurs km, se produit, accompagnée d'une boule de feu. Le feu s'étend à 2 entreprises voisines qui sont détruites : une station-service et le site en construction. Le gazoduc est isolé.</p>

CHAPITRE02 : L'évaluation d'accidentologie et la réglementation

<p><u>2. Fuite enflammée sur une canalisation de transport de gaz suite à un accident de la route</u> N° 44492 - 000 – Particuliers</p>	<p>22/10/2013 - FRANCE - 77 - FEROLLES- ATTILLY</p>	<p>Un motard percute à plus de 160 km/h vers 15h30 la porte d'un bâtiment abritant un poste de distribution de gaz naturel au voisinage d'un gazoduc (P 37 bar, DN 80). Sous l'impact, la porte cède et le motard traverse le poste. L'endommagement des installations (piquages et vasque de robinet) induit une fuite de gaz enflammée avec des flammes de plus de 10 m de haut. Les effets thermiques affectent le poste de détente et ses environs immédiats (bornes routières en plastique fondues, arbre brûlé, goudron fondu, abri bus endommagé).</p>
<p><u>3. Ruptures multiples sur un gazoduc</u> N° 46969 - 25/01/2014 - H49.50 - Transports par conduites</p>	<p>CANADA - 00 - OTTERBURNE</p>	<p>Une explosion se produit vers 1 h sur un gazoduc transportant du gaz naturel. Des flammes de 300 m de haut sont visibles. Les secours évacuent 5 maisons. La circulation routière sur la voie rapide proche est coupée. Par sécurité, Les pipelines adjacents sont fermés. L'incendie est éteint vers 15 h (le gaz a brûlé pendant près de 12 h). 4 000 clients sont privés d'alimentation en gaz pendant 80 h nécessitant l'alimentation des hôpitaux et des abris d'urgence par citernes routières. L'explosion a formé un cratère de 24 m de long et 12,5 m de large. Des débris ont été projetés dans un rayon de 100 m.</p>
<p><u>5. Accident de la raffinerie de la Mède</u> N° 3969 - 09/11/1992 - C19.20 - Raffinage du pétrole</p>	<p>FRANCE - 13 - CHATEAUNEUF- LES-MARTIGUES</p>	<p>Une très violente explosion se produit à 5h20 dans une raffinerie en marche normale. L'explosion perçue jusqu'à 30 km est suivie de plusieurs autres. Le POI est déclenché à 5h45 et les secours extérieurs interviennent. Le plan rouge est activé à 6h15 ; 250 pompiers en provenance de sites</p>

CHAPITRE02 : L'évaluation d'accidentologie et la réglementation

		<p>industriels et de villes et département limitrophes sont mobilisés. Le feu qui reprend à 9h50, sera finalement maîtrisé à 13h30. Un bilan très lourd est à déplorer : 6 morts et 37 blessés dont 1 grave parmi le personnel et 2 blessés parmi les pompiers. Le site est dévasté sur 2 ha et des vitres sont brisées dans un rayon de 1 000 m à l'extérieur de l'établissement (bris ponctuellement constatés à 8 km). Il n'y a pas d'impact relevé sur le milieu : les eaux d'extinction sont collectées dans 2 rétentions couvrant 33 000 m³, avec mise en place préventive de barrages flottants.</p>
<p><u>6. UVCE depuis un bac d'effluents dans une raffinerie</u> N° 26880 <i>C19.20 - Raffinage du pétrole</i></p>	<p>- 02/04/2004 - FRANCE - 67 - REICHSTETT</p>	<p>Dans une raffinerie en phase de redémarrage après un grand arrêt, un opérateur détecte vers 6 h, au cours d'une ronde une odeur de gaz à proximité d'un bac atmosphérique à toit fixe (bac de slops) recevant les eaux usées issues d'un réservoir décanteur de 50 m³ traitant les effluents chargés d'hydrocarbures du débutaniseur (colonnes de distillations atmosphériques). Il effectue une mesure d'explosimètre qui se révèle négative mais pose un balisage à 45 m du bac interdisant le passage de véhicule à proximité. A 7 h, un ouvrier soudeur sous-traitant arrête son véhicule moteur allumé au niveau du balisage quand une explosion se produit. Un opérateur témoin donne l'alerte, l'ouvrier brûlé au 3ème degré est évacué sur un hôpital, l'arrivée d'eau au bac est arrêtée et son contenu envoyé à la torche. Des flammes sortent des événements et le toit doit être arrosé massivement. A 10 h, les autorités organisent une cellule de crise, ferment à titre préventif la RD 37 distante de 400 m et demandent le confinement des écoles,</p>

CHAPITRE02 : L'évaluation d'accidentologie et la réglementation

		<p>ainsi que d'un centre hospitalier situés à moins de 1 km. De l'azote est injecté par le toit du décanteur à partir de 12 h, ce qui éteint le foyer en 20 min, puis le réservoir est vidangé jusqu'à 22h20. L'intervention a mobilisé une trentaine de pompiers (internes + externes).</p>
--	--	--

(la référence du retour d'expérience sur les accidents technologiques)

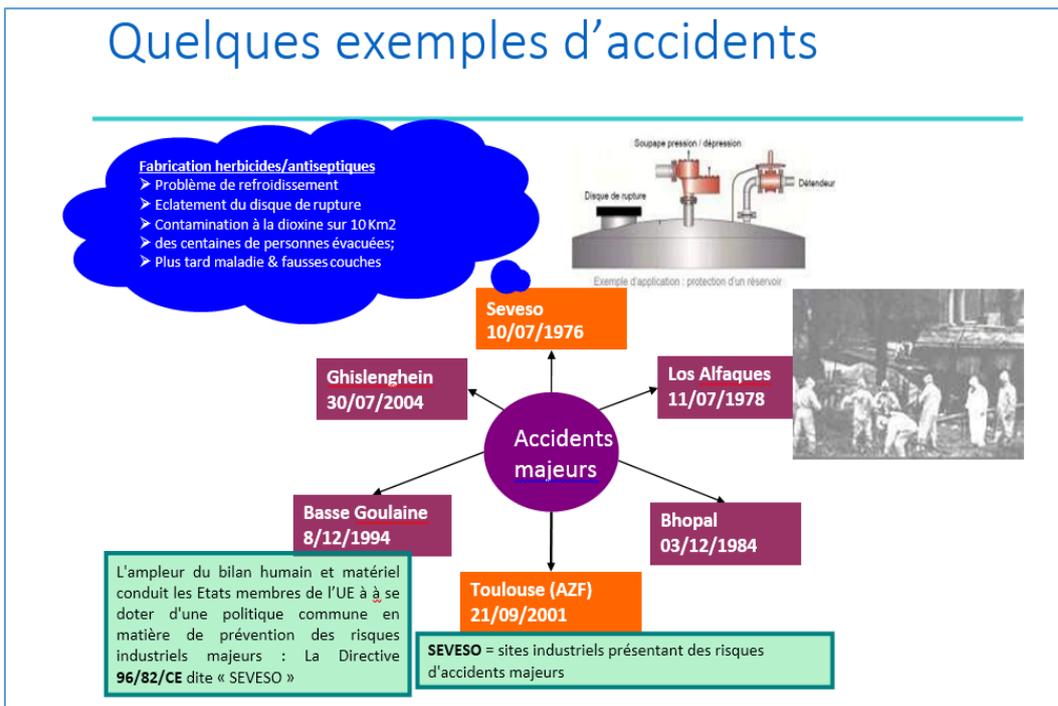


Figure 9 les exemples d'accidents majeurs

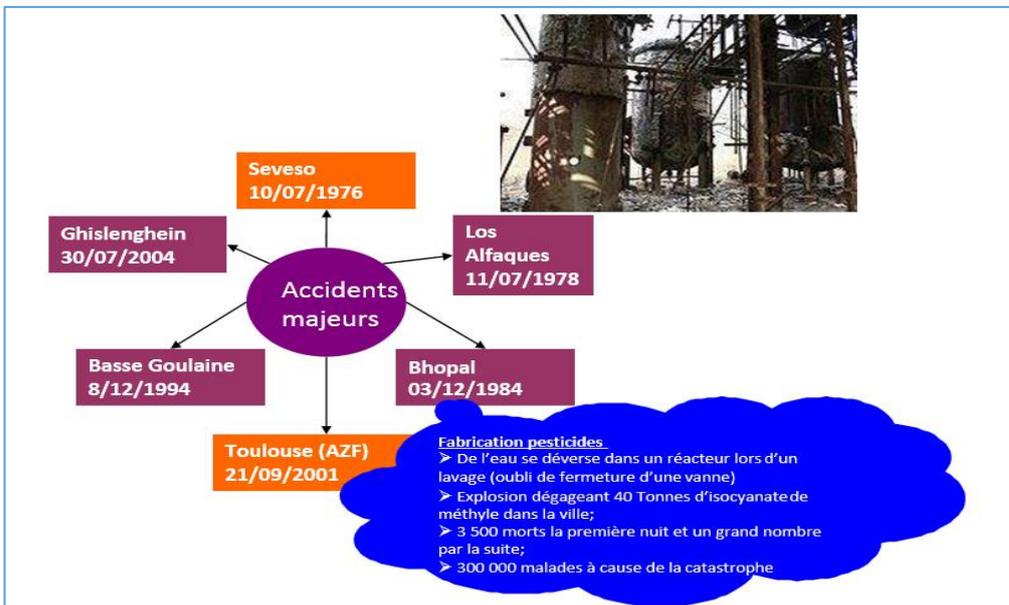


Figure 10 les exemples d'accidents majeurs

2. La réglementation algérienne

Loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

Loi n° 04-20 du 13 Dhou El Kaada 1425 correspondant au 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

Loi n° 05-07 du 19 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 28 avril 2005 relative aux hydrocarbures.

Décret exécutif n° 05-08 du 27 Dhou El Kaada 1425 correspondant au 8 janvier 2005 relatif aux prescriptions particulières applicables aux substances, produits ou préparations dangereuses en milieu de travail.

Décret exécutif n° 06-198 du 4 Joumada El Oula 1427 correspondant au 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement.

Décret exécutif n° 15-09 du 23 Rabie El Aouel 1436 correspondant au 14 janvier 2015 fixant les modalités d'approbation des études de dangers spécifiques au secteur des hydrocarbures et leur contenu.

Décret exécutif n° 07-144 du 2 Joumada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.

3. Présentation générale des normes

La norme canadienne CSA Z276 :

La norme canadienne CSA Z276 « Gaz naturel liquéfié (GNL) : production, stockage et manutention » existe depuis 1972 et est publiée par l'Association canadienne de normalisation. La version actuellement en vigueur, la septième, date de 2001. Cette norme est très proche de la norme américaine NFPA 59A. Les comités techniques de la CSA et de la NFPA travaillent en étroite collaboration.

I.3.2. La norme américaine NFPA 59A :

La principale norme américaine sur le GNL est la norme 59A « Standard for the Production, Storage and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG) » de la National Fire Protection Association (NFPA). Cette norme, qui existe depuis 1966, est régulièrement mise à jour. La version considérée pour la conception du terminal est celle qui était en vigueur lors du développement de l'ingénierie préliminaire, soit la version de 2001. Une version 2006 de cette même norme vient d'être publiée et ses impacts éventuels sont en cours d'examen pour, le cas échéant, apporter les ajustements nécessaires. La norme NFPA 59A est une norme très utilisée dans le monde pour la conception des installations de GNL.

La norme européenne EN 1473 :

La norme européenne EN 1473 « Installations et équipements de gaz naturel liquéfié – Conception des installations terrestres » date de 1997. Une mise à jour de cette norme est en cours de réalisation au sein du Comité Européen de Normalisation. Cette mise à jour devrait être publiée en 2006.

Principes généraux des normes :

Les objectifs des trois normes sont similaires : recommander ou prescrire des méthodes et des règles minimales pour assurer une conception, une construction et une exploitation des installations de GNL satisfaisantes pour la sécurité des personnes et des biens et pour la protection de l'environnement. Les normes rassemblent des bonnes pratiques, fruits de l'expérience de l'industrie du GNL depuis plus de 40 ans.

La différence fondamentale entre les normes réside dans l'approche retenue pour la prise en compte de la sécurité. Les normes canadienne et américaine n'exigent pas qu'une analyse des risques détaillée soit réalisée. Elles se basent plus sur des prescriptions précises pour déterminer les dispositions relatives à la sécurité. La norme européenne, quant à elle, exige la réalisation d'une analyse des risques (ou étude des dangers dans la terminologie européenne) qui est la référence pour la prise en compte de la sécurité.

1.4 Conclusion:

Le but de l'analyse de l'accidentologie dans le cadre d'une étude de danger est d'analyser les accidents impliquant une substance dangereuse ayant déjà eu lieu sur l'ouvrage et d'en tirer un retour sur expérience qui devrait permettre d'éviter que de tels évènements 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 prévention adéquates.

Tout d'abord, il semble tout à fait pertinent de garder à l'esprit cette accidentologie lors de l'évaluation préliminaire des risques ; et tout particulièrement certaines causes qui sont les plus fréquentes.

- La défaillance de vannes, de brides, etc...
- La corrosion et fatigue de ligne entraînant des fissures.
- Les travaux de maintenance.
- Les travaux sur les équipements.
- Les agressions externes.
- Les erreurs humaines (Non-respect des procédures/consignes).
- Les suppressions/dépressions.

De ce constat, il ressort que les mesures de prévention, de protection et d'intervention auront pour objectifs :

D'utiliser des équipements de qualité et fiables ;

- De limiter autant que faire se peut les quantités de produit rejetées accidentellement ;
- De refroidir les capacités afin d'éviter, en cas d'inflammation, leur éclatement.

Le retour d'expérience de l'exploitant et des accidents sur des sites comparables doit ainsi servir à alimenter la réflexion sur les mesures de sécurité de prévention, de protection et de limitation des conséquences au cours de l'analyse des risques en groupe de travail.

CHAPITRE 3
PRESENTATION DU
SYSTEME ETUDIE

1. Introduction

Les réservoirs de stockage ont été largement utilisés dans de nombreux établissements industriels, notamment dans les usines de traitement, telles que les raffineries de pétrole et l'industrie pétrochimique. Ils sont utilisés pour stocker une multitude de produits différents. Ils vont dans une gamme de tailles différentes comportant des produits tels que : les matières premières, produits finis, les gaz et les liquides. Il existe une grande variété de réservoirs de stockage, ils peuvent être construits sur le sol, dans le sol et sous terre.

De forme, ils peuvent être cylindriques verticaux, horizontaux cylindriques ou sphériques, mais les cylindriques verticaux sont les plus utilisés.

Dans un réservoir de stockage cylindrique vertical, il est en outre divisé en divers types, notamment le réservoir à toit ouvert, le réservoir à toit fixe, le toit flottant externe et le réservoir à toit flottant interne. Le type de réservoir de stockage utilisé pour le produit spécifié est principalement déterminé par les exigences de sécurité et d'environnement.

Le coût de fonctionnement et la rentabilité sont les principaux facteurs dans la sélection du type de réservoir de stockage. Les préoccupations en matière de conception et de sécurité ont suscité de vives inquiétudes, les cas d'incendies signalés et d'explosion du réservoir de stockage augmentant au fil des années, ces accidents provoquant des blessures et des décès.

Les déversements et les incendies de citernes non seulement causant une pollution environnementale, il y aurait également de graves conséquences financières et un impact important sur les activités futures en raison de la réputation de l'industrie.

2. Caractéristique des réservoirs de stockage GNL :

Les gaz liquéfiés sont stockés sous leur propre tension de vapeur c'est-à-dire que les conditions de stockage sont telles qu'il y a coexistence des états liquide et gazeux du gaz concerné.

2.1 Les modes de stockage :

a) **Les stockages sous pression** où les gaz liquéfiés sont stockés à la température ambiante

Exemple : le propane est stocké sous 7 bars à une température de 15°C.

b) **Les stockages réfrigèrent** sous pression où les gaz liquéfiés sont stockés à des températures voisines ou inférieures à 0°C. Ce mode est employé pour les produits présentant des températures critiques (avec risque d'inflammation élevé) basses. Cela permet une réduction importante de la pression de stockage dans le cas de produits volatils.

Exemple : le propylène est stocké sous 5 bars à 0°C.

c) **Les stockages cryogéniques** pour les gaz incondensables à la température ambiante. La pression de stockage est légèrement supérieure à la pression atmosphérique. La température est alors voisine de la température normale d'ébullition du produit.

Exemple : L'éthylène est stocké à -103°C sous une pression voisine de la pression atmosphérique.

Le GNL est stocké à -162°C sous une pression voisine de la pression atmosphérique.

2.2 Classification des réservoirs cryogéniques :

- Les réservoirs de GNL :

Ils sont utilisés pour stocker le gaz à pression atmosphérique à l'état liquide. A environ -161°C, le gaz naturel se condense pour devenir un liquide, le gaz naturel liquéfié (GNL). Celui-ci occupe près de 600 fois moins de volume qu'à l'état gazeux. Les réservoirs GNL sont des réservoirs cylindriques verticaux installés près des terminaux méthaniers pour réceptionner et stocker le GNL acheminé par navires méthaniers. Ces réservoirs métalliques ou en béton ont une double paroi et une isolation thermique puissante afin de maintenir le gaz à l'état liquide

CHAPITRE 3 : Présentation du système étudié

Ce mode de stockage est réservé aux gaz liquéfiés qui, à température ambiante, développent de fortes pressions. Ces produits sont stockés sous une pression d'exploitation réduite obtenue par abaissement de leur température au moyen de machines frigorifiques.

L'intérêt de ce mode de stockage réside dans l'accroissement des capacités qu'il permet en raison de la réduction des épaisseurs de paroi liée aux faibles pressions d'utilisation. *(À l'état liquide, le gaz naturel occupe 600 fois moins de volume qu'à l'état gazeux).*

Les critères de classification sont au nombre de deux :

- La capacité à contenir le liquide,
- La capacité à contenir la vapeur.

Selon ces critères de classification on distingue trois grandes classes de réservoir de GNL :

- Réservoir à simple intégrité.
- Réservoir à double intégrité.
- Réservoir à intégrité totale.

a- Réservoir aérien à « simple intégrité »

Les premiers réservoirs conçus pour le stockage de GNL étaient issus des pratiques des industries pétrolières, adaptées aux conditions cryogéniques particulières. Un réservoir « simple intégrité » (ou à confinement simple) est composé de :

- ❖ Une enveloppe intérieure souple en matériau résistant à la basse température (ductile) (aluminium, acier inoxydable ou acier à 9% de nickel).
- ❖ Une enveloppe extérieure, en acier de qualité courante ou quelquefois en béton armé précontraint, qui assure la résistance mécanique.
- ❖ Une cuve externe remplissant trois fonctions : empêcher la pénétration d'eau provenant de l'extérieur vers la cuve interne, contenir l'isolation, et être étanche au gaz d'évaporation produit par le liquide stocké.
- ❖ Le toit intérieur est généralement plat et suspendu au toit bombé de la cuve externe.
- ❖ Entre les deux enveloppes un matériau isolant (la perlite, laine de verre) diminue l'échange thermique entre le liquide stocké et l'atmosphère.

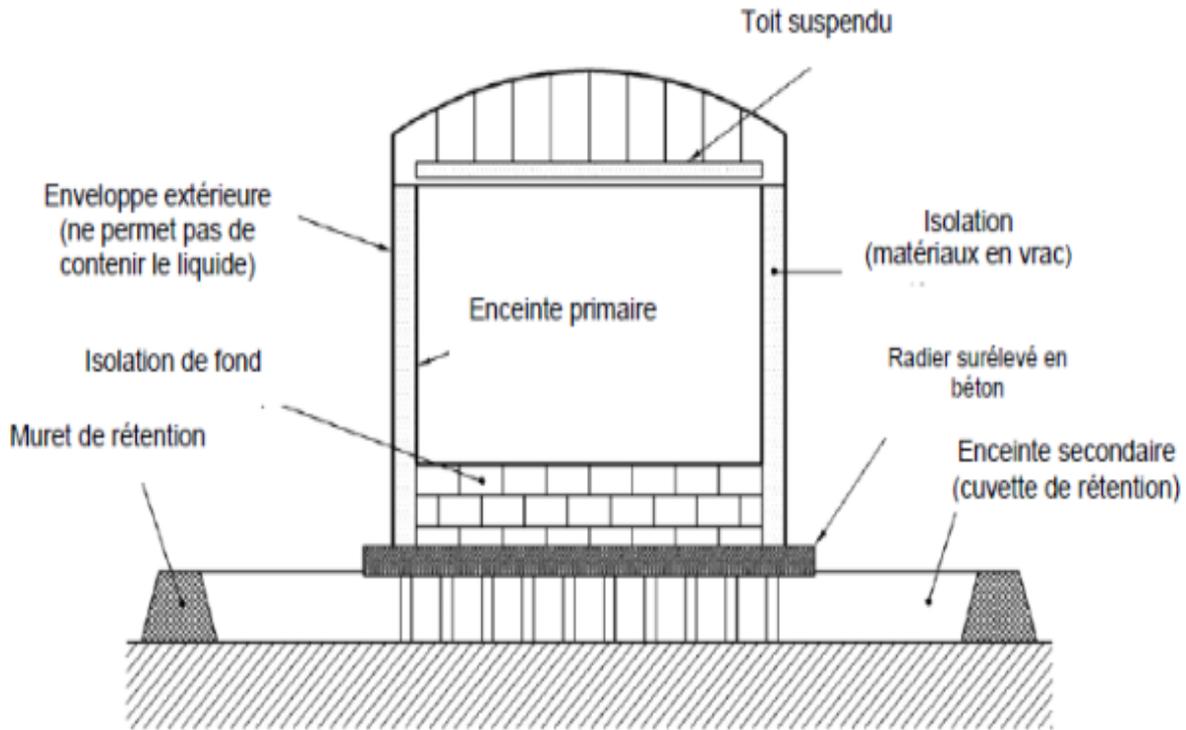


Figure 11 Exemples de réservoirs à simple intégrité

b- Réservoir aérien a « double intégrité » :

Ce type de réservoir a été développé à la fin des années 1970. Pour assurer cette fonction de rétention du liquide, la principale modification apportée a été de rapprocher les cuvettes de rétention au plus près des réservoirs (réduisant la superficie) tout en garantissant la collecte de l'ensemble du contenu de l'enceinte primaire.

Les caractéristiques de cette seconde technologie de réservoir sont :

- Les surfaces réduites au sol de ces zones de stockage (directement par les cuvettes de rétention et indirectement).
- Diminuer les zones d'effets thermiques autour des réservoirs consécutifs à un accident majeur
- Améliorant les conditions de sécurité (limiter les risques d'épandage de GNL suite à des agressions externes, ...)
- Ces réservoirs ne possèdent pas de cuvette de rétention.

CHAPITRE 3 : Présentation du système étudié

Les réservoirs à double intégrité (ou confinement double) sont composés de :

- ❖ Une enceinte primaire autoporteuse en acier spécial (cryogénique– 9% Nickel) capable de contenir le liquide réfrigéré en conditions normales de fonctionnement et comprenant une cuve interne, une isolation et une enveloppe externe.
- ❖ Une enceinte secondaire (structure supplémentaire) autour de ce réservoir constitué d'un talus ou d'une cuve en matériaux résistants aux conditions cryogéniques (béton, acier cryogénique), conçue pour retenir tout le liquide contenu dans la cuve primaire, en cas de fuites, installée à une distance proche de la cuve primaire.
- ❖ La cuve secondaire est du type à toit ouvert et ne peut donc nullement retenir les vapeurs émises par le produit

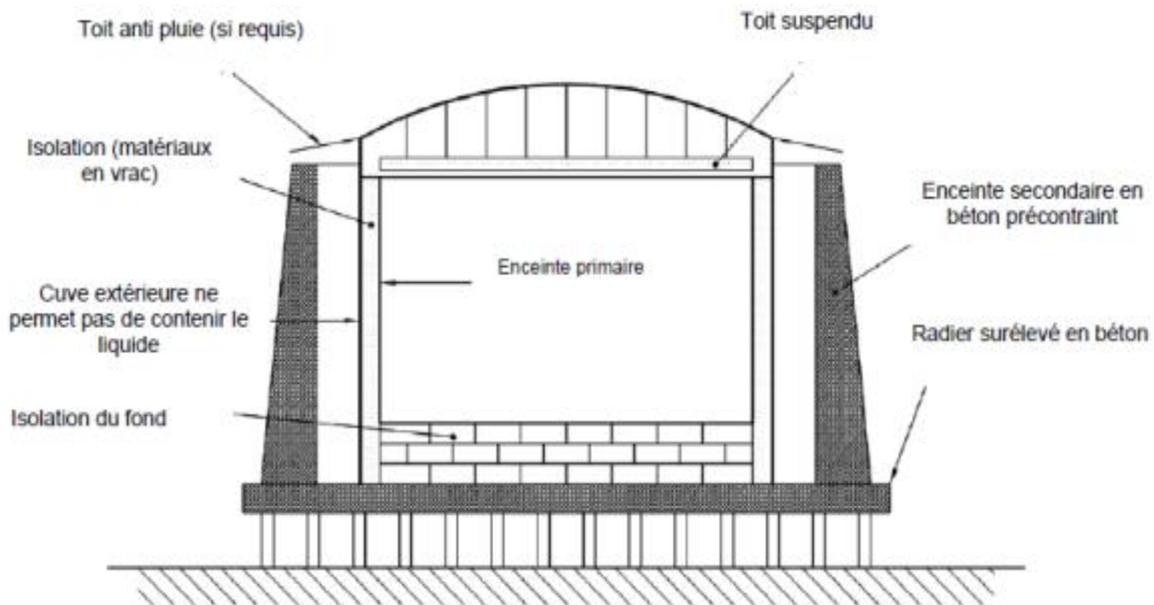


Figure 12 réservoirs aériens à double intégrité double enceinte sont posés sur un radier surélevé et sur des pieux

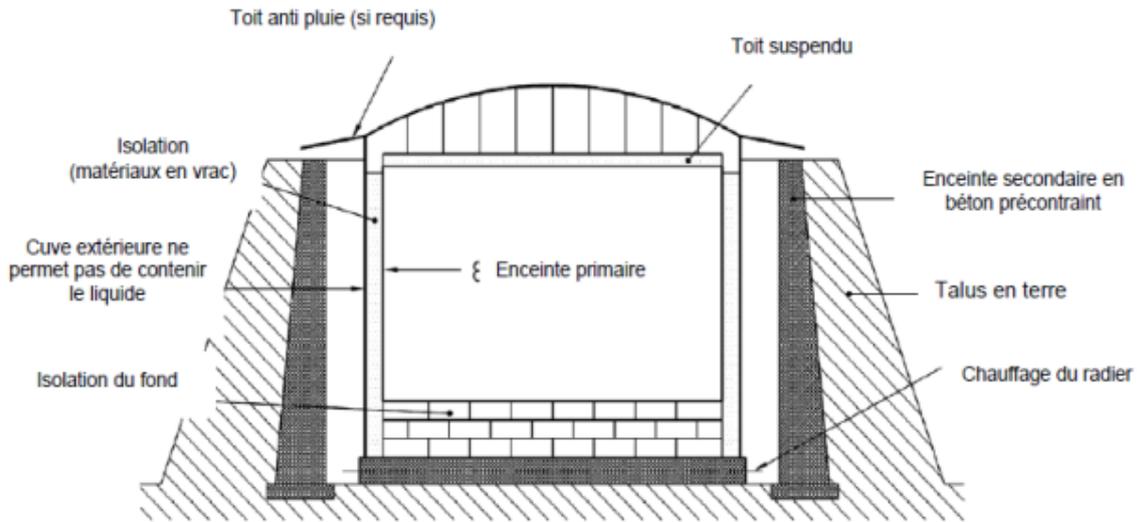


Figure 13 réservoir aérien à double intégrité construit sur une dalle béton chauffée à même le sol.

c- Réservoir aérien à « intégrité totale » :

La troisième évolution a consisté à intégrer au réservoir lui-même une cuve externe, résistant aux conditions cryogéniques, permettant de protéger le contenu de la cuve interne contre une agression extérieure, de contenir le volume de GNL stocké, de fournir une étanchéité pour les liquides et de confiner les vapeurs de GNL.

La principale évolution du réservoir à intégrité totale réside dans l'intégration d'une enceinte en béton armé précontraint, directement liée et construite sur la base du réservoir couronnée d'un dôme d'acier et de béton armé

Ces réservoirs sont composés de :

- ❖ Une enceinte primaire autoporteuse en acier spécial (cryogénique– 9% Nickel) capable de contenir le liquide réfrigéré en conditions normales de fonctionnement,
- ❖ Une isolation identique aux technologies précédentes,
- ❖ Une enceinte secondaire autoporteuse en béton armé précontraint pourvue d'un dôme hémisphérique capable de contenir la totalité du liquide réfrigéré et ainsi maintenir l'isolation de la cuve primaire et les vapeurs émises du réservoir et, aussi il permet d'éviter la perte de capacité de confinement à la suite d'un scénario accidentel résultant d'une agression extérieure (impact, feu...).

CHAPITRE 3 : Présentation du système étudié

Cette sécurité intégrée a permis aux constructeurs de concevoir des réservoirs de grande capacité : 100 000 m³ sur ARZEW (usine de liquéfaction en Algérie)

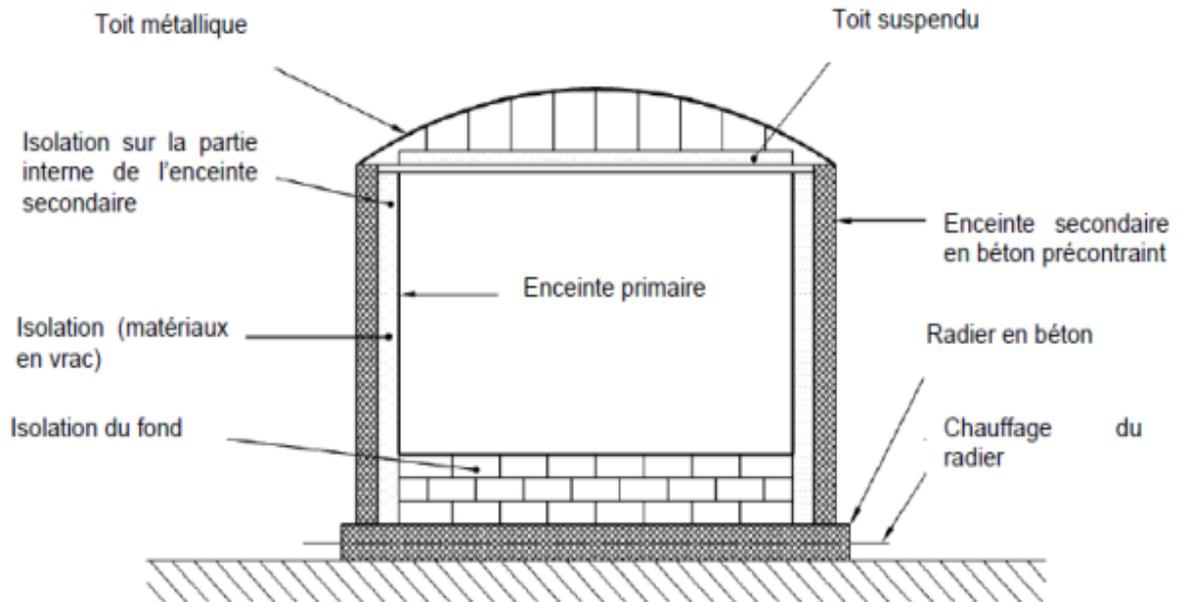


Figure 14 réservoirs aériens à intégrité totale repose sur une dalle en béton chauffée

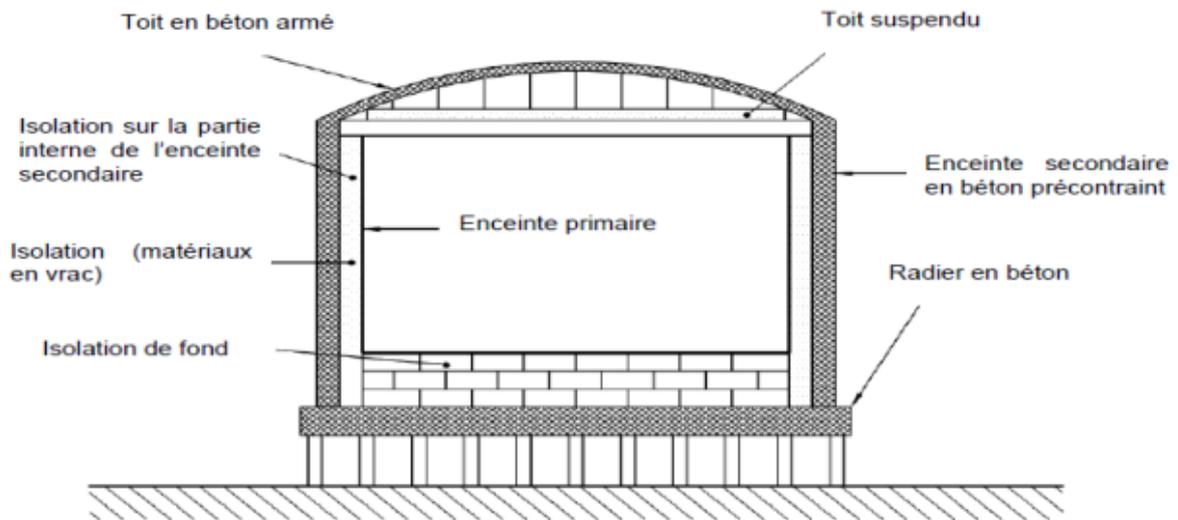


Figure 15 réservoirs aériens à intégrité totale construit sur un radier surélevé reposant sur des piliers

3. Emplacement du bac:

Une quantité de 53.220 m³/jour de GNL produite par les six (06) trains de liquéfaction du complexe GL1Z est pompée et refoulée vers la zone de stockage où elle est équitablement stockée dans des réservoirs cryogéniques (I-901,902 ,903) pour être chargée dans des méthaniers et expédiée à l'étranger.

Les 03 réservoirs de stockage sont implantés dans un site se trouvant en position adjacente à la mer méditerranée, au nord de Béthioua et au sud du Port d'Arzew El Djedid à environ 7 Km de la ville d'Arzew. Ces bacs sont délimités :

- au nord par la mer méditerranée
- à l'est par le complexe GL2Z
- à l'ouest par des usines telle que : ASMIDAL, FLERTAGE.....
- au sud par la zone des utilités et les six trains d'exploitation du complexe GL1Z.

De forme cylindrique, les (03) réservoirs sont construit chacun dans des cuvettes compartimentées appelées cuvettes de rétention des réservoirs de GNL .Ils sont implantés à 300 m environ de la mer et à une élévation de (+2.00 m) par rapport au niveau de la mer.

3.1 Installation du bac de stockage :

Le réservoir ou bac de stockage du GNL, est conçu essentiellement par deux (02) ossatures distinctes :

- Ossature Métallique
- Ossature en Béton Armé

3.1.1 Ossature Métallique :

L'ossature métallique du réservoir cryogénique conçu en double paroi ; se compose de :

- Une paroi interne construite en acier inox à 9% de Nickel, d'un diamètre de 65,80 m et d'une hauteur de 32,10 m.
- Une paroi externe construite en acier au Carbone d'un diamètre de 67,64 m, d'une hauteur d'environ 33,80 m.

CHAPITRE 3 : Présentation du système étudié

- Un toit bombé nommé Dôme construit en acier au Carbone à 10,99 m de hauteur, ce qui donne au centre du bac une hauteur totale de 44,80 m et d'une épaisseur de 5,5 mm
- Un toit intérieur en aluminium d'une épaisseur de 5 mm est suspendu depuis le dôme. Il couvre la paroi interne et protégé le dôme contre les vapeurs cryogéniques.

A. L'isolation du réservoir de stockage :

Les processus cryogéniques exigent une parfaite isolation thermique. Plusieurs paramètres sont à considérer pour leur application tels que : l'efficacité, l'économie, la commodité, le poids, la rugosité.

- **L'isolation des parois et du toit suspendu.**
 - La paroi interne du réservoir est recouverte de son extérieure par une couche (matelas) d'isolant thermique constituée de laine de verre (glass wool) d'une épaisseur 240 mm.
 - La paroi externe du réservoir est aussi recouverte de son intérieure par une couche (matelas) de l'aine de verre d'une épaisseur 25mm.
 - L'espace annulaire compris entre les deux parois externe et interne est rempli par un isolant en poudre appelé perlite expansée.
 - la flexibilité de la couche du glass wool permet la dilatation du réservoir interne sans perturber la perlite et en empêcher sa compression et par conséquent son entassement.
 - Le toit en aluminium suspendu au-dessus de la paroi interne du réservoir est isolé par des sacs de perlite (en vrac) d'une épaisseur $e=700$ mm recouverte d'un tissu de verre.

Tableau 3 Epaisseur des elements des parois

Matériaux	Epaisseur x (m)
Paroi externe : Acier au Carbone	0,0138
Isolant : laine de verre	0,2650
Isolant : perlite expansée	0,6281
Paroi interne : Acier inox à 9% Ni	0,0131

CHAPITRE 3 : Présentation du système étudié

- **L'isolation du fond :**

La tôle de fond du réservoir intérieur de stockage repose sur une série de couches d'épaisseurs variable de matériaux isolants dont on peut les classer en deux zones A et B puisque leur composition diffère.

La zone A : se compose :

- une première couche de sable sec.
- 05 couches de mousse de verre (foam glass), dont des feuilles de feutres sont insérées dans ses différents étages.
- enfin, d'une deuxième couche de sable sec.

Remarque : Les feuilles de feutre limitent les déviations de la paroi interne lors du chargement initial du réservoir de stockage GNL.

Matériaux	Epaisseur x (m)
Sable sec	0,075
Mousse de verre	0,500
Sable sec	0,045

La zone B se compose :

Une contre plaque en bois

- Un bloc de béton de perlite.
- Une chape en béton.

Remarque : Un joint de dilatation, en laine de verre sépare la zone A de la zone B.

Tableau 5 Epaisseur des éléments du fond de bac ZONE B	
Matériaux	Epaisseur x (m)
Contre plaque en bois	0,021
Bloc de béton de perlite	0,479
Chape en béton	0,075

3.1.2 Ossature en Béton Armé :

En forme de caisson en béton armé, construit à être rigide et résistant. Cette ossature comprend :

a) En Superstructure :

La résultante de la descente des charges due au poids du fluide cryogénique GNL et au poids de l'ossature métallique du réservoir de stockage est transmise aux fondations par l'intermédiaire de la dalle supérieure en béton armé de forme circulaire de diamètre $D= 70,00$ m et d'une épaisseur $e = 76$ cm. La dalle est posée sur un nombre considérable de 716 Poteaux/Supports en béton armé ; d'une section carrée (60×60) cm² et d'une hauteur $h=1,24$ m.

b) En Infrastructure :

Une fondation circulaire en béton armé enterrée et non profonde appelée Radier, d'un diamètre $D= 70,00$ m et d'une épaisseur $e = 76$ cm.

Ce Radier est réalisé de manière à résister à l'effet de surcharge d'un poids d'au moins 1,25 fois la capacité d'un bac de stockage.

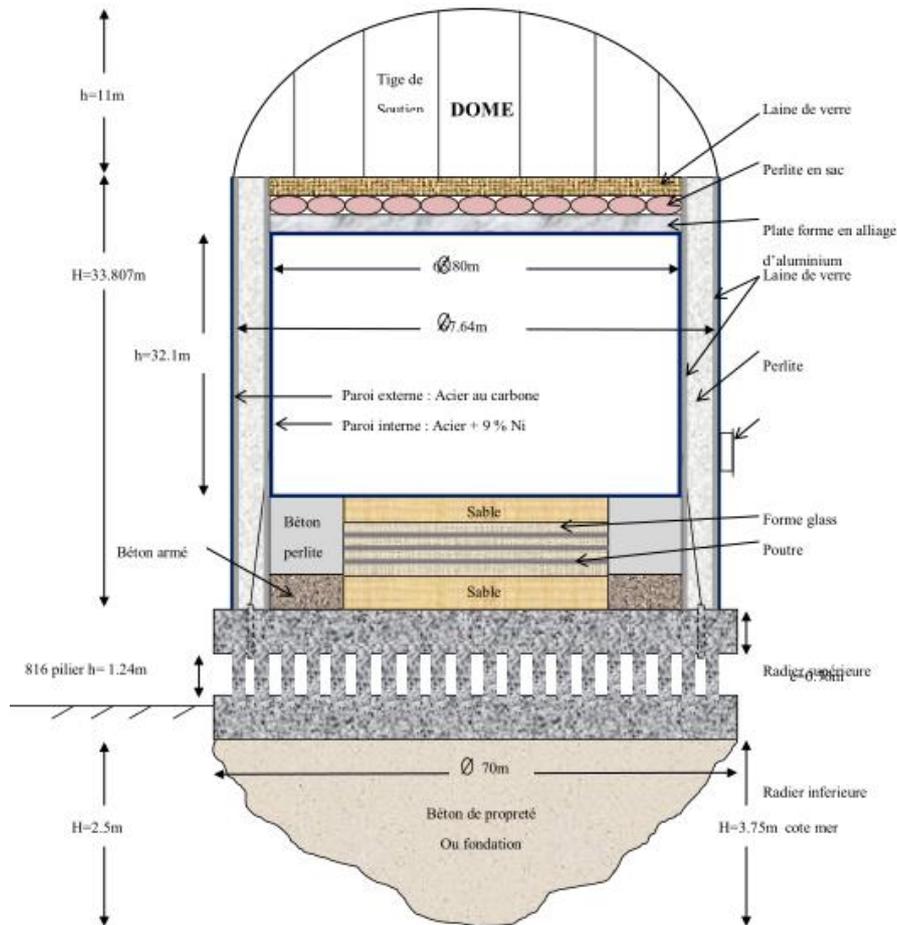


Figure 16 La Sécurité de la zone de stockage

1) La Sécurité de la zone de stockage :

Le stockage du GNL nécessite le respect des spécifications et critères de sécurité pendant l'exploitation. Les inspections régulières, l'utilisation des moyens de diagnostics et d'analyses, permettent de diminuer la fréquence du risque. En admettant qu'il existe un temps entre le début de l'incident et l'intervention, des mesures de sécurité à entreprendre sont réparties en deux catégories :

a. Sécurité Passive :

Le souci d'assurer une protection maximale de la zone de stockage, a permis d'adopter une conception propre aux cuvettes en étudiant tous les cas possibles d'incidents. Pour cela, il a été retenu ce qui suit :

- En absence totale de vapeur, la cuvette principale doit contenir une fuite de 22.000 m³ de GNL avec une marge de 1.00 m pour la couche de mousse.

CHAPITRE 3 : Présentation du système étudié

- La distance entre les cuves est fixée de telle sorte qu'elle permet à un réservoir de résister aux radiations thermiques dues à une explosion du réservoir avoisinant.
- L'assiette assise du réservoir est constituée par deux dalles superposées permettant la ventilation du fond et évitant des désordres d'origine thermique dans le sol supportant le bac (cycle gel dégel).
- La cuvette doit présenter le maximum de volume et le minimum de surface des eaux de ruissellement (fond incliné).

b. Sécurité Active :

Elle comprend les systèmes suivants :

Système de détection :

Ces systèmes sont reliés à la salle de contrôle pour alarme :

- Détecteur de froid
- Détecteur de flammes
- Détecteur de chaleur
- Détecteur de fumée.

Système de protection : il englobe :

- **Générateurs de mousse**, localisés au niveau haut des berges, ils permettent de couvrir la surface de la cuvette par une couche de mousse afin de contrôler l'évaporation du GNL.
- **Lances monitor** à eau de mer, implantées au même endroit que les générateurs à mousse, elles permettent de former un écran contre les radiations thermiques dues à une explosion du réservoir avoisinant
- **Système d'aspiration d'eau**, situé au niveau du réservoir, il assure la protection du bac par le refroidissement contre les rayonnements thermiques.

4. Phénomènes liés aux stockages du gnl:

4.1 Basculement de couches (roll over)

Le terme Roll over désigne le phénomène pouvant occasionner l'émission d'une grande quantité de gaz d'un réservoir de GNL, pendant une courte durée. Il peut provoquer une surpression pour laquelle le réservoir n'est pas protégé et n'est pas conçu. Deux couches stratifiées stables ou cellules peuvent se former dans les réservoirs de stockage de GNL, généralement provoquées par un mélange inadapté de GNL récemment chargé dans le réservoir et de liquide d'une masse volumique différente au fond du réservoir. Au sein d'une même couche, la masse volumique du liquide est uniforme mais la couche du fond est constituée d'un liquide plus lourd que celui de la couche supérieure. Par la suite, en raison des entrées de chaleur dans le réservoir, du transfert de chaleur et de masse entre les couches et de l'évaporation à la surface du liquide, les couches s'équilibrent en masse volumique et finalement se mélangent. Ce mélange spontané est appelé basculement de couches (Rollover) et si, comme c'est souvent le cas, le liquide de la couche du fond devient surchauffé par rapport à la pression du ciel gazeux du réservoir, le basculement de couches est accompagné d'une augmentation du dégagement de la vapeur. Cette augmentation est quelquefois rapide et importante.

Dans quelques occasions, l'augmentation de la pression dans le réservoir s'est avérée suffisante pour déclencher les soupapes de sécurité. Dans l'industrie du GNL il a été recensé seulement 11 Rollovers depuis 1965 dont 1 seul depuis 1994 (sans conséquence sur les réservoirs). Ce recensement montre que les progrès réalisés pour la prévention de ce phénomène font que ce type d'accident est aujourd'hui très peu probable.

4.2 Transition rapide de PHASES (TRP):

Les TRP résultant d'un épandage de GNL sur de l'eau ont à la fois été rares et eu des conséquences limitées. Malgré l'absence de combustion, ce phénomène présente toutes les autres caractéristiques d'une explosion.

C'est quand deux liquides à température différente viennent en contact direct, si la température du plus chaud des deux liquides est supérieure à 1,1 fois la température d'ébullition du plus froid, l'accroissement de température de ce dernier est si rapide que la température de la couche de surface peut dépasser la température de nucléation spontanée.

CHAPITRE 3 : Présentation du système étudié

Dans certaines conditions, ce liquide surchauffé se vaporise dans une période très brève par et génère ainsi de la vapeur à une vitesse telle qu'une explosion se produit. Les "explosions froides" résultant du déversement du GNL sur l'eau n'ont fort heureusement provoqué que des dommages mineurs (bris de vitres) comme l'exemple de l'accident à l'usine de liquéfaction de la Camel à Arzew le 30 mars 1977.

4.3 Explosion d'un nuage de vapeur (UVCE):

Un UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion) est une explosion de gaz à l'air libre. Dans le cas d'un gaz inflammable, tel que les GNL, cette explosion produit :

- Des effets thermiques,
- Des effets de pression.

4.4 Effet de vague :

L'effet de vague est engendré par une perte instantanée de confinement d'un réservoir de stockage atmosphérique se caractérisant par un déferlement de liquide cherchant à s'épandre à l'extérieur du réservoir. La rupture d'un réservoir entraîne souvent un épandage massif de produit, qu'on qualifie d'effet de vague suite par exemple à ouverture instantanée sur une génératrice de la robe du réservoir. Le produit est donc épandu, dans la cuvette de rétention si elle existe, ou au-delà, si les murets de la cuvette ne sont pas dimensionnés pour résister à cet effet. Les conséquences de ce scénario sont le feu de cuvette, s'il en existe une, ou plus grave, des débordements enflammés, de nappes de produits en dérive. Il est à craindre qu'un feu de cuvette ne s'étende de cette manière à d'autres cuvettes rendant ainsi problématique l'intervention des secours car la protection incendie du site est dimensionnée pour parer à un feu de cuvette et non une succession de feux de cuvette. Les causes de son déclenchement sont la rupture instantanée de la génératrice de la robe du réservoir suite à la corrosion ou rupture d'une soudure d'un réservoir pris dans un incendie.

Ainsi une cuvette mal entretenue, ou pire mal dimensionnée peut aggraver ce risque : fuite, débordement, rupture etc.

Pour modéliser ce phénomène, il faut avoir les données détaillées des bacs : plans et détails de construction, vieillissement, virole, soudure, conformité, visites d'inspection, etc.

4.5 LE phénomène boilover :

Le BOILOVER est un phénomène identifié depuis longtemps pour les liquides inflammables, et qui est susceptible de se produire lorsque la surface du liquide entre en feu. La chaleur générée par cette inflammation, si elle atteint une couche d'eau se situant au fond du bac (la plupart des hydrocarbures sont plus légers que l'eau), provoque la vaporisation instantanée de cette couche d'eau qui projette alors à l'extérieur les hydrocarbures en feu. On obtient un phénomène éruptif qui peut être de grande ampleur. Ce phénomène est à l'origine de violentes projections de combustible, du bouillonnement du contenu du bac, de l'extension des flammes et de la formation d'une boule de feu. Le produit enflammé, projeté dans les airs, génère une véritable boule de feu.

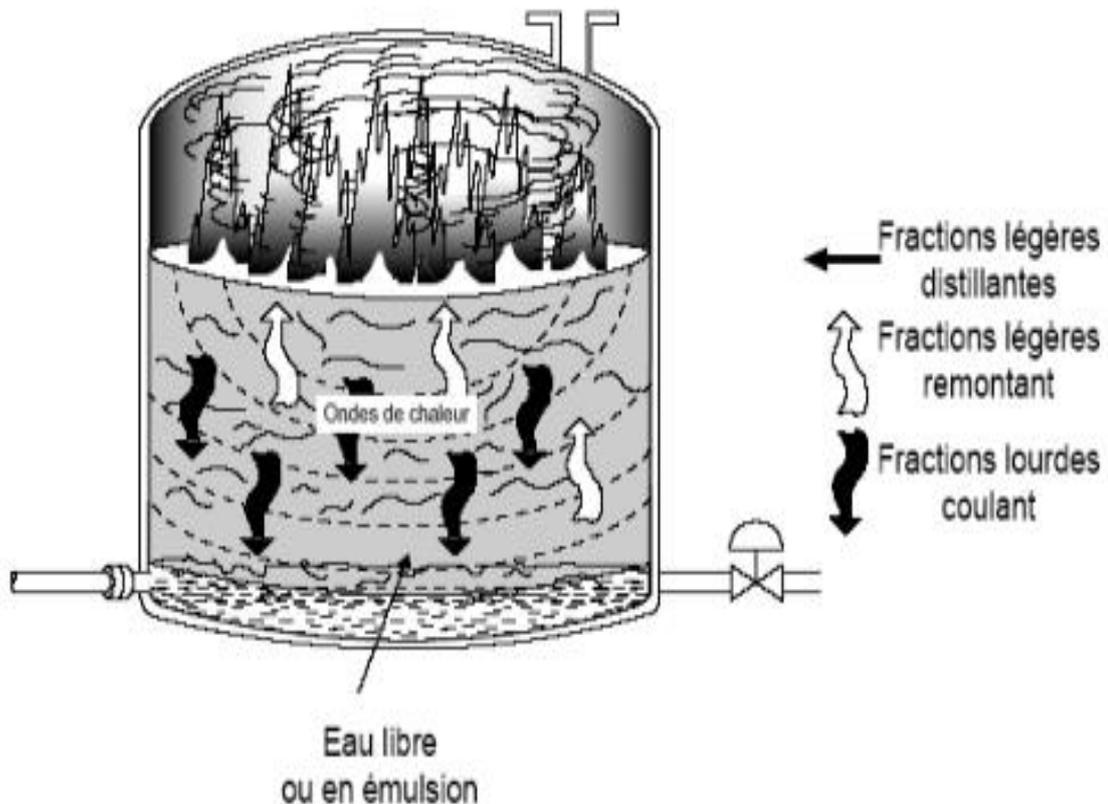


Figure 17 Phénomène de BOIL-OVER

4.6 Phénomène de pressurisation d'un bac :

Le phénomène de pressurisation d'un bac à toit fixe pris dans un incendie peut potentiellement concerner tous les liquides inflammables.

Le cas examiné est celui d'un feu de cuvette chauffant un hydrocarbure pour le porter au-delà de la température basse de sa plage de distillation. Dans ce cas en effet, la pression absolue dépasse la pression atmosphérique et un bac à toit fixe se pressurise.

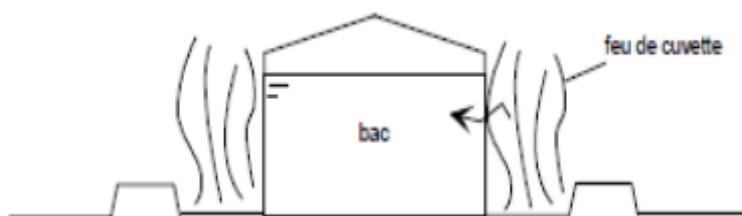


Figure 18 Phénomène de pressurisation d'un BAC

4.7 boiling liquid expanding vapor explosion (BLEVE)

Ou "Explosion par vaporisation instantanée d'un liquide bouillant"

C'est un phénomène très dangereux et très destructif: il se produit quand une capacité de gaz liquéfiés est prise dans les flammes suivi d'une augmentation de pression jusqu'à rupture de l'une des parois, il s'en suit alors une brusque vaporisation des liquides formant un aérosol qui s'enflamme instantanément créant une boule de feu qui s'élève dans les airs. Les conséquences d'un BLEVE sont les radiations intenses; les ondes de pression; retombées de liquide enflammé; et projection de missiles (jusqu'à 1200m).

Il se produit lors de la rupture d'un réservoir contenant un liquide sous pression qui est largement supérieure à la pression atmosphérique. Suite à la décompression rapide, une ébullition violente et une vaporisation quasi instantanée d'une partie du liquide entraîne des ondes de pression qui aboutiront à l'explosion.

C'est un accident très redouté dans le cas de feux de camion-citerne ou de réservoir d'hydrocarbures, surtout lorsqu'il s'agit de gaz liquéfiés. En effet, dans ce cas-là, il peut s'accompagner d'une boule de feu produisant une chaleur extrême détruisant tout ce qui se trouve sur son passage.

5. Conclusion:

Nous avons choisi a étudié dans ce travail les risques qui peuvent être présent dans les industries de liquéfaction du gaz naturel a la zone de stockages qui est considérée comme le milieu qui contient plusieurs risques et très dangereux et occupe une place primordiale dans industrie.

CHAPITRE 4

EVALUATION DES RISQUES

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

1 Introduction:

L'analyse des risques est une émanation de la nouvelle approche de la législation en matière de sécurité et de santé au travail. Autrefois, la réglementation consistait en un recueil de prescriptions techniques très précises : on imposait la façon dont un appareil devait être conçu et fabriqué et dans de nombreux cas aussi comment il fallait l'utiliser pour garantir la sécurité et la santé des travailleurs. Une telle façon de réglementer offrait l'avantage d'être très claire, chacun savait ce qu'il devait faire pour respecter la réglementation.

D'un autre côté, celle-ci présentait l'inconvénient d'être très rigide et garder la réglementation à niveau était donc impossible dans la pratique. Ces derniers temps, la science et les techniques ont évolué si vite qu'il n'est plus possible d'adapter la réglementation rapidement, du moins s'il s'agit d'une réglementation qui impose des moyens.

C'est pourquoi l'Union européenne a opté pour une nouvelle approche : en plus des obligations de moyens, elle impose obligation de résultats. On laisse à l'employeur la liberté de choisir lui-même les moyens pour atteindre les objectifs synonymes de travail sain et sûr, sous certaines conditions sociales. Le risque peut dès lors être défini comme la probabilité de ne pas atteindre l'objectif de maintien du bien-être au travail et l'analyse des risques comme un examen destiné à voir quelles mesures doivent être prises pour pouvoir réaliser les objectifs.

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

2 Le danger:

Le danger est défini de plusieurs façons, mais la définition la plus commune est celle associée à la santé et à la sécurité au travail : « Un danger est toute source potentielle de dommage, de préjudice ou d'effet nuisible sur la santé pour quelque chose ou quelqu'un ».

La propriété intrinsèque d'une substance d'un matériau d'un mode opératoire

La norme CSA Z1002 « Santé et sécurité au travail - Identification et élimination des phénomènes dangereux et appréciation et maîtrise du risque » utilise les termes suivants :

- Dommage (ou préjudice) – blessure physique ou atteinte à la santé
- Danger – source potentielle de dommage pour un travailleur

Fondamentalement, un danger est un risque de dommage ou d'effet nuisible pour, par exemple, une personne quand il s'agit d'un effet sur la santé, une organisation quand il s'agit de dommages à la propriété ou d'une perte matérielle, ou pour l'environnement. (centre canadien d'hygiène et sécurité au travail)

3 La notion de risque :

Le risque est une notion largement définie dans les milieux bancaires et de l'assurance par exemple. Dans l'industrie, nous retenons la définition suivante : « Le risque est une mesure de la perte économique ou humaine en termes de probabilité d'incidence et de grandeur/intensité de la perte ».

L'approche déterministe du risque est une approche systématique qui met sur le même pied d'égalité des événements de probabilités d'occurrence différentes. Cette technique a l'avantage de mettre en évidence tous les risques associés à l'exploitation industrielle d'un site mais elle ne tient pas compte du caractère peu probable d'un événement. L'approche déterministe s'arrête donc à la détermination des effets, des impacts sur les structures, les hommes et l'environnement.

L'approche probabiliste du risque permet quant à elle de considérer un scénario sous ses 2 aspects que nous jugeons importants à savoir la sévérité de ces effets (Gravité) mais également leur fréquence d'occurrence (Probabilité). L'avantage réside principalement dans la possibilité de hiérarchiser les événements en fonction de leur intensité mais également en fonction de leur occurrence.

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

4 Gestion du risque:

4.1 Principe gestion du risque :

Le principe de précaution est apparu ces dernières années : dans le cas où l'on ne sait pas évaluer le risque, on s'abstient ! C'est la non-acceptation du risque.

Et l'évaluation des risques est le processus par lequel les résultats de l'analyse de risque sont utilisées dans la matrice de prise de décision. C'est un processus systématique pour identifier les dangers et la probabilité que ceux-ci causeront des dommages humains, environnementaux ou matériels. Une très faible probabilité n'exclut pas l'étude et la quantification du risque si sa gravité est importante. (NGABI) Mais le risque peut-il être acceptable ?

4.2 Acceptabilité du risque :

La définition de critères d'acceptabilité du risque est une étape-clé dans le processus de gestion du risque dans la mesure où elle va motiver la nécessité de considérer de nouvelles mesures de réduction du risque et rétroactivement, influencer les façons de mener l'analyse et l'évaluation des risques.

En jugeant la tolérabilité au risque il est suggéré d'appliquer un certain nombre de critères. En particulier, en Grande Bretagne pour Health & Safety Executive (HSE) :

Le risque individuel pour tout travailleur estimé à 10^{-3} /an et plus, est considéré intolérable. S'il n'y a pas d'amélioration de la réduction du risque d'une manière fondamentale, les opérations ne peuvent continuer que s'il n'y a aucune autre solution alternative et les travailleurs sont bien informés des risques encourus et bien formés pour ce type d'activité

Sans préjudice pour ce qui précède, le risque individuel pour tout travailleur compris entre 10^{-3} et 10^{-6} /an est considéré tolérable s'il est fait démonstration que le risque est aussi bas que raisonnablement praticable (ALARP : voir ci-dessous).

Si le risque individuel pour tout travailleur est estimé inférieur à 10^{-6} /an ; celui-ci est jugé largement acceptable donc il n'y a pas lieu de considérer de plus amples améliorations sous réserve que les précautions de sécurité restent maintenues à leur niveau (amélioration continue).

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

•Le risque individuel pour toute personne civile (en dehors du personnel de l'entreprise), est considéré intolérable s'il est supérieur à 10^{-4} /an, largement acceptable s'il est inférieur à 10^{-7} /an et devrait être réduit ALARP entre ces deux valeurs.

4.3 Le concept ALARP:

ALARP (As low as reasonably practicable) ou parfois SFAIRP (So far as is reasonably practicable) signifie essentiellement la même chose et leur essence concerne la notion de "raisonnablement praticable"; ceci a pour but de mesurer le risque comparé aux efforts, temps et argent que nécessite le contrôle de ce risque. Donc, ALARP décrit tout simplement le niveau attendu du contrôle de risque.

En fait, nous devons nous assurer que le risque a été réduit au niveau ALARP de telle sorte que tout nouveau « sacrifice » pour une autre réduction serait vain. Il serait possible de dépenser un temps infini, des efforts et beaucoup d'argent pour essayer de ramener le risque à un niveau zéro. Mais en contrepartie, qu'en est-il exactement ? Pour le principe ALARP, cela signifie que le risque est assez bas et qu'essayer de le ramener à un niveau plus bas serait réellement plus coûteux que probablement n'importe quel coût qui découlerait du risque encouru lui-même. Ceci s'appelle "un risque tolérable".

Dans tous les cas de figure, décider si un risque est considéré comme ALARP ou pas implique la comparaison des mesures de contrôle de ce risque mise en place ou bien proposée et les mesures normalement attendues pour ce type de circonstances, ce qui est communément appelé « bonnes pratiques ». Health & Safety Executive (HSE) définit les bonnes pratiques comme '*les standards jugés et reconnus satisfaisant la loi pour le contrôle du risque quand ils sont appliqués pour un cas particulier d'une manière appropriée*' (Health & Safety Executive ALARP)

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

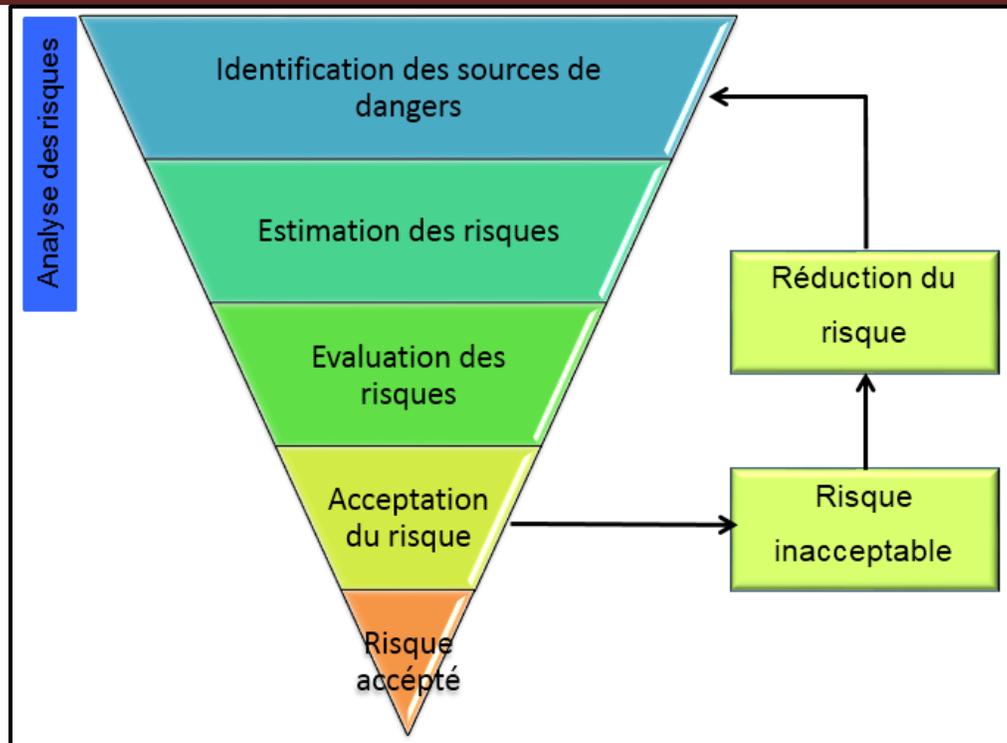


Figure 19 schéma ALARP

4.4 L'approche du risque

Les objectifs poursuivis dans la gestion des risques concernent généralement la maîtrise des coûts et des délais, la qualité d'un produit, le gain de rentabilité et de productivité. IL s'agit d'une opération commune à toutes les activités. L'objectif est de réduire le risque à un niveau jugé tolérable ou acceptable (Ameziane API ESB Risque Incendie/Explosion/moyen de lutte). En un mot le processus comprend les phases suivantes :

- Appréciation du risque (analyse et évaluation du risque),
- Acceptation du risque,
- Maîtrise ou réduction du risqué

L'enchaînement de ces différentes phases est décrit de manière schématique dans la Figure 2 ci-dessous.

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

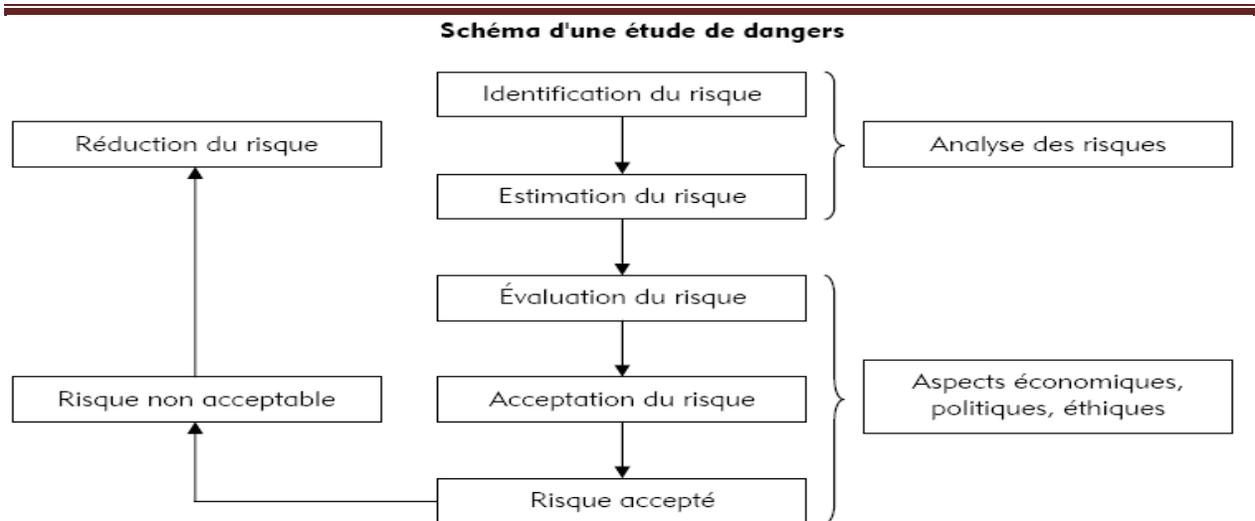


Figure 20 : Méthodologie d'une étude de danger (d'après INERIS)

5 L'analyse de risque:

L'analyse des risques consiste en une identification systématique et permanente et en une analyse de la présence de dangers et de facteurs de risque dans des processus de travail et des situations de travail concrètes sur le lieu de travail dans une entreprise, un chantier ou une institution. Cette définition de l'analyse des risques a dès lors une signification très large et ne peut être limitée à l'application de certaines méthodes pour analyser des risques constatés (L'ANALYSE DES RISQUES, Mai 2006)

L'analyse des risques vise tout d'abord à identifier les sources de dangers et les situations associées qui peuvent conduire à des dommages sur les personnes, l'environnement ou les biens. Dans un second temps, l'analyse des risques permet de mettre en lumière les barrières de sécurités existantes en vue de prévenir l'apparition d'une situation dangereuse (barrières de prévention) ou d'en limiter les conséquences (barrières de protection). Consécutivement à cette identification, il s'agit enfin d'estimer les risques en vue de hiérarchiser les risques identifiés au cours de l'analyse et de pouvoir comparer ultérieurement ce niveau de risque à un niveau jugé acceptable. Il est entendu que l'acceptation du risque est subordonnée à la définition préalable de critères d'acceptabilité du risque.

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

6 Identification des dangers:

L'identification des dangers fait partie du processus permettant de déterminer si une situation, un élément ou un objet en particulier pourrait causer un préjudice. Le terme le plus souvent utilisé pour décrire l'ensemble du processus est « évaluation des risques ».

- Déterminer les dangers et les facteurs de risque qui pourraient causer un préjudice (identification des dangers).
- Analyser et évaluer le risque associé au danger (analyse et évaluation du risque).
- Déterminer des moyens appropriés pour éliminer le danger ou maîtriser le risque lorsque le danger ne peut pas être éliminé (maîtrise du risque).

En général, l'identification des dangers vise à déceler et à consigner tout danger possible en milieu de travail. Pour ce faire, il peut être utile de travailler en équipe, avec des personnes qui connaissent bien la zone de travail et d'autres qui ne la connaissent pas ; ainsi, vous profitez d'une expérience et d'un regard neuf pour faire l'inspection. (centre canadien d'hygiène et sécurité au travail)

7 Evaluation du risque:

7.1 Définition :

Il s'agit d'un processus permettant d'évaluer les risques pour garantir la sécurité et la santé des salariés sur leur lieu de travail. Cependant, il faut faire la différence entre les termes “analyse des risques”, où il s'agit simplement de “dépister” les risques, et “évaluation des risques”, évaluation qui permet de classer les risques selon un degré d'importance. L'évaluation des risques est un examen systématique de tous les aspects du travail. Elle sert à établir :

- les causes potentielles d'accidents (et/ou de blessures) ou de maladies ;
- les possibilités d'élimination de dangers ;
- les mesures de prévention ou de protection à mettre en place pour maîtriser les risques.

Lorsqu'un risque a pu être identifié, la première chose à faire est de voir si ce risque peut être éliminé. Si une élimination du risque s'avère impossible, le risque devra être maîtrisé, c'est-à-dire réduit à un minimum et gardé sous contrôle.

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

7.2 L'importance de l'évaluation des risques :

L'évaluation des risques est le processus consistant à évaluer les risques pesant sur la sécurité et la santé des salariés du fait des dangers présents sur le lieu de travail. L'évaluation des risques est la première étape du processus de gestion des risques qui permet de faire comprendre aux personnes concernées, employeur et salariés, quelles sont les mesures à prendre afin d'améliorer la sécurité et la santé sur le lieu de travail.

Si une évaluation des risques n'a pas été réalisée, un processus convenable de gestion des risques ne pourra être mis en place et les mesures appropriées de prévention ne pourront être adoptées. De plus, les mesures de prévention mises en place suite à une évaluation des risques peuvent servir à diminuer les coûts engendrés par les accidents et les maladies professionnelles. S'y ajoute qu'une évaluation des risques appropriée s'avérera avantageuse pour les entreprises, vu que les coûts engendrés par les accidents et les maladies seront diminués, de même que le taux d'absence pour cause de maladie. Des salariés en bonne santé sont plus productifs et efficaces et peuvent ainsi mieux contribuer à la compétitivité des entreprises.

L'évaluation des risques mène donc aussi à une meilleure organisation de l'entreprise, ce qui signifie un gain de productivité et une augmentation de la qualité. (Pas à pas vers L'EVALUATION ET LA GESTION DU RISQUE)

L'évaluation des risques en 5 étapes :

Etape 1 : Identification des risques et des personnes exposées Cette étape consiste à dépister sur le lieu de travail les sources possibles d'accidents et à identifier les personnes qui peuvent y être exposées.

Etape 2 : Evaluer les risques et les classer par ordre de priorité Dans cette deuxième étape, on évalue les risques liés à chaque danger. On vérifie donc à quel niveau le salarié est exposé au danger. Il faut évaluer dans quelle mesure le danger peut provoquer un accident ou une maladie, le niveau de gravité de cet accident ou de cette maladie et la fréquence à laquelle les salariés y sont exposés. Une évaluation des risques s'avérera toujours difficile car elle est toujours sujette à une interprétation subjective qui peut mener soit à une surestimation, soit à une sous-estimation du risque.

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

Etape 3 consiste à déterminer les mesures afin d'éliminer les risques ou, au moins, à les maîtriser. Il faut pouvoir déterminer si un risque peut être éliminé complètement ou dans le cas contraire mettre en place des mesures de façon à le contenir et s'assurer qu'il ne compromet pas la sécurité et la santé des salariés. Il faut également tenir compte du fait que les risques détectés peuvent s'additionner ou combiner leurs effets. Il est important de prendre en compte le résultat de l'évaluation des risques et de classer les mesures par ordre de priorité, de manière à appliquer en premier lieu les mesures de prévention qui sont les plus efficaces. Les principes généraux sont :

1. éviter / écarter le risque ;
2. s'adapter au progrès technique ;
3. améliorer le niveau de protection. Important : les mesures de prévention ne doivent en aucun cas avoir pour effet le déplacement du risque ou la création d'un nouveau risque.

Etape 4 : Adopter les mesures de prévention et les mettre en œuvre La quatrième étape consiste à mettre en œuvre les mesures de prévention déterminées auparavant. Il va de soi que toutes les mesures ne pourront être mises en œuvre simultanément : il faut donc établir un ordre de priorité en tenant compte de la gravité du risque et de ses conséquences.

Il faut aussi déterminer les personnes pouvant s'occuper de la mise en œuvre, le temps que cela va prendre et déterminer un délai de mise en œuvre. Parmi les mesures à réaliser, on pourra ainsi distinguer :

- les mesures applicables de suite et à moindres frais ;
- les mesures provisoires à mettre en place en attendant les mesures applicables à plus long terme et plus coûteuses ;
- les mesures applicables à terme et représentant des frais plus élevés. Pour l'application de certaines mesures, une planification et un certain budget sont à prévoir au préalable.

Etape 5 : Contrôle - Examen - Réexamen et Enregistrement Après que les mesures de prévention aient été mises en œuvre, il faut contrôler si elles ont été exécutées et si les délais d'exécution des mesures ont été respectés. Il s'agit non seulement de vérifier si les risques ont pu être éliminés ou

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

écartés entièrement ou s'ils ont pu être diminués de façon à pouvoir les maîtriser mais aussi si aucun nouveau risque n'a été créé suite à l'application des mesures. (Pas à pas vers L'EVALUATION ET LA GESTION DU RISQUE)

8 Les méthodes d'identification des accidents majeurs :

Le choix de la méthode ou des méthodes nécessaires pour réaliser l'analyse des risques est primordial. Il n'existe pas une méthode unique miraculeuse qui permettrait à toutes les entreprises de toutes tailles et de tous secteurs d'analyser leurs risques afin de déterminer les mesures de prévention. Il existe donc des méthodes avec des objectifs différents, selon le besoin de l'entreprise dans la mise en place de son système dynamique de gestion des risques :

- L'analyse préliminaire des risques (APR)
- L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)
- L'analyse des risques sur schémas type HAZOP
- La méthode « What if ? » qui est une adaptation de la méthode HAZOP
- L'analyse par arbre des défaillances.
- L'analyse par arbre des événements.

8.1 L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)

L'Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE) a été employée pour la première fois dans le domaine de l'industrie aéronautique durant les années 1960.

Son utilisation s'est depuis largement répandue à d'autres secteurs d'activités tels que l'industrie chimique, pétrolière ou le nucléaire.

De fait, elle est essentiellement adaptée à l'étude des défaillances de matériaux et d'équipements et peut s'appliquer aussi bien à des systèmes de technologies différentes (systèmes électriques, mécaniques, hydrauliques...) qu'à des systèmes alliant plusieurs techniques.

L'Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets repose notamment sur les concepts de :

- Défaillance, soit la cessation de l'aptitude d'un élément ou d'un système à accomplir une fonction requise,

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

- Mode de défaillance, soit l'effet par lequel une défaillance est observée sur un élément du système,
- Cause de défaillance, soit les événements qui conduisent aux modes de défaillances,
- Effet d'un mode de défaillance, soit les conséquences associées à la perte de l'aptitude d'un élément à remplir une fonction requise.

8.2 La méthode HAZOP :

La méthode de type HAZOP est dédiée à l'analyse des risques des systèmes thermo-hydrauliques pour lesquels il est primordial de maîtriser des paramètres comme la pression, la température, le débit...

L'HAZOP suit une procédure assez semblable à celle proposée par l'AMDE. L'HAZOP ne considère plus des modes de défaillances mais les dérives potentielles (ou déviations) des principaux paramètres liés à l'exploitation de l'installation. De ce fait, elle est centrée sur le fonctionnement du procédé à la différence de l'AMDE qui est centrée sur le fonctionnement des composants de l'installation. Les deux méthodes se rejoignent dans la mesure où les causes et les conséquences de dérives de paramètres peuvent être des défaillances de composants et réciproquement.

8.3 What if :

La méthode dite « What if » est une méthode dérivée de l'HAZOP. Elle suit donc globalement la même procédure. Cependant la méthode « What-if » prévoit une analyse moins profonde des événements, se contentant d'en considérer les conséquences sans en examiner les causes. Elle prévoit en revanche les actions d'amélioration à entreprendre.

Une autre différence concerne la génération des dérives des paramètres de fonctionnement. Ces dérives ne sont plus dans ce cas envisagé en tant que combinaison d'un mot clé et d'un paramètre, mais fondées sur une succession de questions de la forme : « QUE (What) se passe-t-il SI (IF) tel paramètre ou le comportement de tel composant est différent de celui normalement attendu ? ».

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

8.4 Arbre des défaillances :

L'analyse par arbre de défaillances est une méthode de type déductif. En effet, il s'agit, à partir d'un événement redouté défini a priori, de déterminer les enchaînements d'évènements ou combinaisons d'évènements pouvant finalement conduire à cet événement. Cette analyse permet de remonter de causes en causes jusqu'aux évènements de base susceptibles d'être à l'origine de l'événement redouté.

Les évènements de base correspondent généralement à des :

Évènements élémentaires qui sont généralement suffisamment connus et décrits par ailleurs pour qu'il ne soit pas utile d'en rechercher les causes. Certains de ces évènements élémentaires peuvent être suffisamment fréquents pour qu'il soit possible d'en estimer une probabilité future sur la base d'une analyse statistique. Ce n'est cependant pas toujours le cas et la probabilité des évènements élémentaire demeure une donnée difficile à établir.

- Évènements ne pouvant être considérés comme élémentaires mais dont les causes ne seront pas développées faute d'intérêt ;
- Évènements dont les causes seront développées ultérieurement au gré d'une nouvelle analyse par exemple ;
- Évènements survenant normalement et de manière récurrente dans le fonctionnement du procédé ou de l'installation.

8.5 Arbre des évènements :

L'analyse par arbre des défaillances, comme nous l'avons vu précédemment, vise à déterminer, dans une démarche déductive, les causes d'un événement indésirable ou redouté retenu a priori. A l'inverse, l'analyse par arbre d'évènements suppose la défaillance d'un composant ou d'une partie du système et s'attache à déterminer les évènements qui en découlent.

A partir d'un événement initiateur ou d'une défaillance d'origine, l'analyse par arbre d'évènements permet donc d'estimer la dérive du système en envisageant de manière systématique le fonctionnement ou la défaillance des dispositifs de détection, d'alarme, de prévention, de protection ou d'intervention...

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

9 L'analyse préliminaire des risques (APR):

9.1 Historique et domaine d'application :

L'Analyse Préliminaire des Risques (Dangers) a été développée au début des années 1960 dans les domaines aéronautiques et militaires. Elle est utilisée depuis dans de nombreuses autres industries. L'Union des Industries Chimiques (UIC) recommande son utilisation en France depuis le début des années 1980.

L'Analyse Préliminaire des Risques (APR) est une méthode d'usage très général couramment utilisée pour l'identification des risques au stade préliminaire de la conception d'une installation ou d'un projet. En conséquence, cette méthode ne nécessite généralement pas une connaissance approfondie et détaillée de l'installation étudiée.

En ce sens, elle est particulièrement utile dans les situations suivantes :

- Au stade de la conception d'une installation, lorsque la définition précise du procédé n'a pas encore été effectuée. Elle fournit une première analyse de sécurité se traduisant par des éléments constituant une ébauche des futures consignes d'exploitation et de sécurité. Elle permet également de choisir les équipements les mieux adaptés (avant-projet sommaire).
- Dans le cas d'une installation complexe existante, au niveau d'une démarche d'analyse des risques. Comme l'indique son nom, l'APR constitue une étape préliminaire, permettant de mettre en lumière des éléments ou des situations nécessitant une attention plus particulière et en conséquence l'emploi de méthodes d'analyses de risques plus détaillées. Elle peut ainsi être complétée par une méthode de type AMDEC, HAZOP ou arbre des défaillances par exemple.
- Dans le cas d'une installation dont le niveau de complexité ne nécessite pas d'analyses plus poussées au regard des objectifs fixés au départ de l'analyse des risques.

9.2 Principe

L'Analyse Préliminaire des Risques nécessite dans un premier temps d'identifier les éléments dangereux de l'installation. Ces éléments dangereux désignent le plus souvent :

- Des substances ou préparations dangereuses, que ce soit sous forme de matières premières, de produits finis, d'utilités...

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

- Des équipements dangereux comme, par exemple, des stockages, zones de réception-expédition, réacteurs, fournitures d'utilités (chaudière...),
- Des opérations dangereuses associées au procédé.

L'identification de ces éléments dangereux est fonction du type d'installation étudiée. L'APR peut être mise en œuvre sans ou avec l'aide de liste de risques types ou en appliquant les mots guides Hazop (dérives de paramètres de fonctionnement).

Il est également à noter que l'identification de ces éléments se fonde sur la description fonctionnelle réalisée avant la mise en œuvre de la méthode.

A partir de ces éléments dangereux, l'APR vise à identifier, pour un élément dangereux, une ou plusieurs situations de danger. Dans le cadre de ce document, une situation de danger est définie comme une situation qui, si elle n'est pas maîtrisée, peut conduire à l'exposition d'enjeux à un ou plusieurs phénomènes dangereux.

Le groupe de travail doit alors déterminer les causes et les conséquences de chacune des situations de danger identifiées puis identifier les sécurités existantes sur le système étudié. Si ces dernières sont jugées insuffisantes vis-à-vis du niveau de risque identifié dans la grille de criticité, des propositions d'amélioration doivent alors être envisagées.

9.3 Déroulement :

L'utilisation d'un tableau de synthèse constitue un support pratique pour mener la réflexion et résumer les résultats de l'analyse. Pour autant, l'analyse des risques ne se limite pas à remplir coûte que coûte un tableau. Par ailleurs, ce tableau doit parfois être adapté en fonction des objectifs fixés par le groupe de travail préalablement à l'analyse.

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

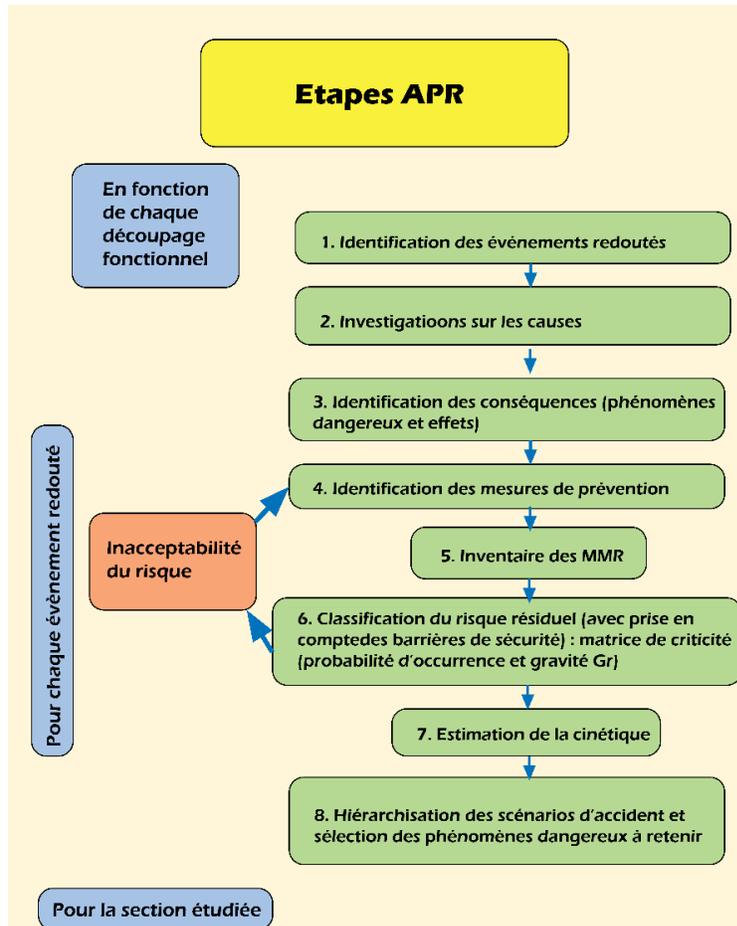


Figure 21 Etapes APR

Le tableau ci-dessous est donc donné à titre d'exemple.

Tableau 6 Exemple tableau APR

Fonction ou système :						Date :	
1	2	3	4	5	6	7	8
N°	Produit ou équipement	Situation de danger	Causes	Conséquences	Sécurités existantes	Propositions d'améliorations	Observations

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

Pour chaque fonction identifiée dans la phase de description des installations, les produits ou équipements sont passés en revue, en examinant les situations de danger potentielles de manière systématique. Pour cela, il est fait appel à l'expérience et à l'imagination de chacun. L'analyse d'accidents constitue de plus une source d'information à privilégier. Le groupe de travail peut alors adopter une démarche systématique sous la forme suivante :

- Sélectionner le système ou la fonction à étudier sur la base de la description fonctionnelle réalisée.
- Choisir un équipement ou produit pour ce système ou cette fonction (colonne 2).
- Pour cet équipement, considérer une première situation de danger (colonne 3)
- Pour cette situation de danger, envisager toutes les causes et les conséquences possibles (colonnes 4 et 5).
- Pour un enchaînement cause - situation de danger - conséquences donné, identifier alors les barrières de sécurité existantes sur l'installation (colonne 6)
- Si le risque ainsi estimé est jugé inacceptable, formuler des propositions d'améliorations en colonne 7. La dernière colonne (colonne 8) est réservée à d'éventuels commentaires. Elle est particulièrement importante pour faire apparaître les hypothèses effectuées durant l'analyse ou les noms de personnes devant engager des actions complémentaires.
- Envisager alors un nouvel enchaînement cause - situation de danger - conséquences pour la même situation de danger et retourner au point 5).
- Si tous les enchaînements ont été étudiés, envisager une nouvelle situation de danger pour le même équipement et retourner au point 4).
- Lorsque toutes les situations de danger ont été passées en revue pour l'équipement considéré, retenir un nouvel équipement et retourner au point 3) précédent.
- Le cas échéant, lorsque tous les équipements ont été examinés, retenir un nouveau système ou fonction et retourner au point 2).

Une des premières difficultés rencontrées en pratique au cours d'une APR tient dans la définition du terme « situation de danger ». Il n'est en effet pas rare de constater au cours de l'analyse que des causes ou conséquences d'une situation de danger soient à leur tour identifiées

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

comme situations de danger plus tard lors de l'analyse. Cette difficulté peut rendre délicate l'appropriation de la méthode par le groupe de travail. Toutefois.

Elle ne doit pas être considérée comme un frein pour l'analyse des risques mais au contraire, comme un moyen pour tendre vers plus d'exhaustivité.

Prenons l'exemple d'un réservoir de liquide inflammable type essence. Le groupe de travail identifie dans un premier temps comme situation de danger, un feu se développant dans la cuvette de rétention. La cause de cet incendie serait l'épandage de combustible dans la cuvette associé à la présence d'une source d'inflammation. Si ensuite le groupe de travail considère l'épandage seul d'essence comme situation de danger, il identifiera probablement en termes de conséquences le feu de nappe mais également la formation d'un nuage inflammable suite à l'évaporation de la nappe.

Précisons enfin que des colonnes peuvent être ajoutées au Tableau 5 afin de recueillir les résultats de l'estimation des risques réalisée en groupe de travail.

9.4 Limites et avantages :

Le principal avantage de l'Analyse Préliminaire des Risques est de permettre un examen relativement rapide des situations dangereuses sur des installations. Par rapport aux autres méthodes présentées ci-après, elle apparaît comme relativement économique en termes de temps passé et ne nécessite pas un niveau de description du système étudié très détaillé. Cet avantage est bien entendu à relier au fait qu'elle est généralement mise en œuvre au stade de la conception des installations.

En revanche, l'APR ne permet pas de caractériser finement l'enchaînement des événements susceptibles de conduire à un accident majeur pour des systèmes complexes.

Comme son nom l'indique, il s'agit à la base d'une méthode préliminaire d'analyse qui permet d'identifier des points critiques devant faire l'objet d'études plus détaillées. Elle permet ainsi de mettre en lumière les équipements ou installations qui peuvent nécessiter une étude plus fine menée grâce à des outils tels que l'AMDEC, l'HAZOP ou l'analyse par arbre des défaillances. Toutefois, son utilisation seule peut être jugée suffisante dans le cas d'installations simples ou lorsque le groupe de travail possède une expérience significative de ce type d'approches.

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

10 Identification des dangers:

Le GNL est un fluide à l'état liquide, incolore, composé principalement de méthane, et qui peut contenir de faible quantité d'éthane, de propane, d'azote ou d'autres composants habituellement présents dans le gaz naturel. En fait, il s'agit du gaz naturel refroidi à une température de -160°C , température à laquelle il devient liquide. Le GNL n'occupe que le 1/600ème du volume requis pour une même quantité d'énergie lorsque comparé à son état gazeux. Le GNL est classé liquide très inflammable.

Le GNL est sans odeur. Il n'est pas stocké sous pression. Il n'est ni corrosif, ni toxique. Il est très froid et étant plus léger que l'eau, il flotte donc à sa surface. Dans un environnement ouvert à température usuelle, le GNL redevient du gaz naturel.

Le gaz naturel n'est inflammable que si sa concentration dans l'air se situe entre 5 et 15% et que le gaz rencontre une source d'ignition. C'est un combustible propre qui a de faibles émissions de gaz à effet de serre et de contaminants atmosphériques par rapport aux autres combustibles fossiles.

10.1 Danger lié à la basse température du Gaz Naturel Liquéfié :

Le GNL est stocké à une température d'environ -160°C qui permet de le maintenir sous forme liquide sans avoir à le pressuriser. Le contact du GNL avec des matériaux non spécialement conçus pour des températures aussi basses (températures dites cryogéniques) peut entraîner leur fragilisation et les rendre cassants. Par ailleurs, le contact du GNL avec le corps humain peut entraîner des brûlures par le froid.

10.2 Chute d'objets dans un réservoir de GNL :

Les instruments qui sont dans le réservoir de GNL doivent occasionnellement être soulevés pour l'entretien. Il arrive parfois pendant cette opération qu'un instrument chute dans le réservoir. Le cas échéant, l'objet tombe dans une atmosphère saturée, donc supérieure à la limite supérieure d'inflammabilité (LSI). Il est donc impossible que la chute de cet objet cause une inflammation de la masse de gaz dans le réservoir.

10.3 Chute d'objet sur le couvercle du réservoir :

Une défaillance des opérations de levage pendant l'entretien des équipements qui sont dans le réservoir peut avoir un impact sur les équipements du toit du réservoir et causer un rejet dans l'atmosphère.

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

10.4 Refroidissement trop rapide pendant la mise en service :

Si le refroidissement du réservoir de GNL est exécuté trop rapidement lors de la mise en service, il pourrait y avoir une perte de confinement. La procédure à suivre pour la mise en service doit être conçue pour éviter ce danger. Puisque cette opération est menée pendant une période très limitée de la durée de vie des réservoirs et que la perte de confinement se produirait pendant la mise en service, on considère que le scénario ne contribue pas à la fréquence des fuites potentielles lors de l'exploitation.

10.5 Les surpressions et les dépressions :

Le GNL contenu dans les réservoirs, à une pression légèrement supérieure à la pression atmosphérique, produit en permanence du gaz d'évaporation en quantité plus ou moins importante et donc des variations de la pression interne des réservoirs. Suivant les cas de fonctionnement du terminal, la production d'évaporation peut être excessive et conduire à des surpressions (par exemple lors de déchargement), ou peut être insuffisante et conduire à des dépressions (par exemple soutirage rapide d'un réservoir).

10.6 Tassement différentiel :

Le diamètre de la base des réservoirs de GNL est d'environ 60m. Le tassement différentiel du sol peut éventuellement être transmis au réservoir et ainsi affecter son intégrité structurale. Une étude géotechnique doit être menée sur le site et sera incluse dans le processus de conception. Le tassement différentiel est un phénomène qui se développe lentement. Les mesures nécessaires peuvent donc être prises avant qu'une perte de confinement ne se produise.

10.7 Panne de chauffage dans les fondations :

Les fondations du réservoir de GNL sont chauffées afin d'éviter un refroidissement dans le sol qui pourrait provoquer des effets semblables à ceux du tassement différentiel. Si le chauffage des fondations ne fonctionne pas à cause d'une panne de courant par exemple, l'impact du refroidissement se développe lentement. Des mesures de surveillance seront prises (surveillance des basses températures) et le système de surveillance sera conçu avec une redondance.

10.8 Dégradation de la structure en béton :

Un manque de contrôle ou un contrôle insuffisant pendant la phase de construction peut contribuer à la dégradation de la structure en béton du réservoir de GNL. La phase de construction sera strictement contrôlée. De plus, la dégradation se développe progressivement. Des contrôles et des inspections régulières devraient permettre de détecter toute dégradation. Une

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

fuite majeure suite à une telle dégradation est donc improbable. En outre, les procédures d'exploitation incluront des directives sur les mesures à prendre en cas de dégradation.

10.9 La corrosion :

Le GNL n'est pas corrosif. De plus, les matériaux utilisés pour la paroi interne en acier inoxydable à 9% nickel résistent très bien à la corrosion. Mais, il existe un risque de corrosion pour la paroi externe du réservoir du fait de l'implantation du réservoir dans une zone industrielle et proximité de la mer. Toutefois, cette corrosion reste improbable du fait des matériaux utilisés.

10.10 Le facteur humain :

Les différentes opérations effectuées sur le site, sont réalisées à l'aide du personnel ou avec l'aide du personnel d'entreprises sous-traitantes. L'erreur et/ou la défaillance humaine lors d'opérations dangereuses, peuvent être considérées comme une source de danger supplémentaire. Cette source de danger inhérente à toute entreprise est connue sous le nom de facteur humain. Les causes profondes à l'origine des accidents majeurs sont imputables à 64% à l'erreur humaine. Ces erreurs humaines peuvent être dues à l'opérateur proprement dit (11% des causes) ou à un dysfonctionnement de l'organisation (53% des causes). (CEDLM)

Le facteur humain est une source de danger quand les comportements se traduisent par :

- Erreurs individuelles : une prise de risque, la transgression de règles,
- Défaillances organisationnelles : une mauvaise représentation du travail et des dangers qui l'accompagnent, une difficulté de perception de l'information pour la prise de décision, une déresponsabilisation de l'employé face aux dangers, un manque de culture « sécurité »

10.11 Dangers externes :

Ces dangers n'ont pas été pris en compte pour l'analyse quantitative. En effet, les normes appliquées et les mesures de sécurité prises pendant la conception, la construction, la mise en service et l'exploitation du réservoir GNL conduisent à estimer que la fréquence ou les conséquences potentielles de ces scénarios sont suffisamment faibles pour qu'ils ne soient pas inclus dans l'évaluation quantitative des risques. Ces dangers externes sont listés ci-dessous :

10.12 Séisme :

Le Règlement Parasismique Algérien RPA 99 définit les zones sismiques en Algérie. Le complexe GL4Z est situé dans une région qui est classée en niveau IIa. Dans le zonage sismique algérien. Aucun séisme fort n'a affecté la région depuis le développement du pôle d'Arzew. Le

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

risque d'activité sismique à Arzew n'est pas négligeable. Les conditions sismiques doivent être prises en compte dans la conception du bac.

10.13 La foudre :

La foudre est un phénomène naturel rare dans la région mais reste une source potentielle d'inflammation dangereuse. La foudre a tendance à frapper en haute altitude et les objets bons conducteurs d'électricité comme le métal. Les instruments de paratonnerre et de mise à la terre doivent être pris en compte lors de la conception du bac.

10.14 Glissement de terrain :

Le complexe GL1Z est situé en bord de mer devant le port d'Arzew. Le complexe est installé sur des terrains de pente faible vers la mer. Les principales terrasses nivelées pour bacs de stockage, trains de productions, bâtiments techniques et administratifs sont approximativement aux mêmes altitudes. Les glissements de terrain sont improbables dans cette région.

10.15 Conditions météorologiques extrêmes :

Il est peu probable que des vents très forts, par exemple des tempêtes et vents violents, qui sont très peu courants selon les statistiques du vent, endommagent les bacs de GNL. Ils pourraient toutefois endommager certains équipements, selon les observations faites dans des régions géographiques où les ouragans sont plus fréquents. Dans le cas de conditions météorologiques extrêmes, les mesures d'urgence nécessaires seront prises pour sécuriser les installations du terminal.

10.16 Inondation :

La région d'Arzew est peu arrosée pour une zone côtière, de plus, aucun cours d'eau ne traverse le complexe GL1Z et le complexe est construit sur une pente de 11 mètres de dénivelé. Le risque inondation est très improbable dans cette région.

10.17 Intrusion (terrorisme et sabotage) :

Le complexe GL1Z est entièrement clos. L'accès principal est ouvert jour et nuit. Il s'agit du portail d'accès par le poste de garde. Un système de contrôle est installé afin de surveiller l'accès au terminal. Les visiteurs passent obligatoirement par le poste de garde qui délivre une autorisation d'accès. En dehors des heures ouvrables, les gardes effectuent des rondes périodiques sur l'ensemble du site.

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

10.18 Érosion et affaissement des terrains gagnés sur les eaux :

Une partie de l'assiette choisie pour l'emplacement du réservoir terrain est un terrain partiellement remblayé sur la mer. L'action des eaux peut donc provoquer une érosion ou un affaissement du terrain remblayé, mais ce type de phénomène progresse lentement. La zone devra être surveillée pour détecter toute érosion ou affaissement. Des mesures de contrôle de la qualité et de surveillance pendant la construction permettront d'atténuer le risque d'érosion ou d'affaissement.

11 Les échelles de cotation de la probabilité et de la gravité et de criticité:

Les échelles de cotation utilisées sont celles publiées par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable dans l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation et selon les exigences contractuelles.

Tableau 7 La matrice de risque

Niveau	Probabilité 5	Probabilité 4	Probabilité 3	Probabilité 2	Probabilité 1
Gravité 1	[2]	[3]	[3]	[3]	[3]
Gravité 2	[2]	[2]	[3]	[3]	[3]
Gravité 3	[2]	[2]	[2]	[3]	[3]
Gravité 4	[1]	[1]	[2]	[2]	[3]
Gravité 5	[1]	[1]	[1]	[1]	[2]

11.1 Echelle de Probabilité

Afin d'évaluer la probabilité des situations identifiées dans l'analyse des risques, nous utilisons l'échelle de probabilité qualitative en se basant sur l'accidentologie réalisée dans la présente étude et sur l'expérience de l'exploitant

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

Tableau 8 La grille de probabilité

Type D'appréciation	CLASSE DE PROBABILITE				
	5	4	3	2	1
Qualitative	Evènement possible mais Extrêmement peu probable	Evènement très improbable	Evènement improbable	Evènement probable	Evènement courant
Les définitions entre guillemets ne sont valables que si le nombre d'installations et le retour d'expérience sont suffisants	Les définitions entre guillemets ne sont valables que si le nombre d'installations et le retour d'expérience sont suffisants	N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années installations	S'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité	S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation	S'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation malgré d'éventuelles mesures correctives
Semi-quantitative	Cette échelle est intermédiaire entre les échelles qualitative et quantitative, et permet de tenir compte des mesures de maîtrise des risques mises en place, conformément à l'article 4 du présent arrêté				
Quantitative (Par unité et par an)	10-5	10-4	10-3	10-2	10-1

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

11.2 Echelle de gravité :

Tableau 9 La grille de gravité

Classe de gravité	Niveau de gravité des Conséquences	Zone délimitée par le seuil des effets létaux Significatifs	Zone délimitée par le seuil des premiers effets létaux	Zone délimitée par le seuil des effets irréversibles sur la vie Humaine
1	Désastreux	Plus de 10 personnes exposées (1)	Plus de 100 personnes exposées (1)	Plus de 1000 personnes exposées (1)
2	Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1 000 personnes exposées
3	Important	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 1 et 10 personnes exposées
4	Sérieux	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
5	Modéré	Pas de zone de létalité hors de l'établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à « une personne »

Lors des sessions d'identification des dangers, nous positionnons chaque événement étudié sur la grille en cotant le niveau de gravité et le niveau de probabilité d'occurrence de l'événement. De cette manière, il est possible d'évaluer le risque de manière qualitative.

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

12 Application de l'APR:

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

Tableau 10 Application de l'analyse préliminaire des risques sur le bac de stockage

N°	Equipement	Situations dangereuse	Causes	F	Maitrise des causes	Conséquences	G	maitrise des conséquences	Observations
	Bac GNL I-901	Perte de confinement	Fuite de joints / brides	3	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenance préventive minimum tous les 6 mois (remplacement systématique des joints). - Système d'alarme automatique et manuel avec une signalisation dans la salle de commande. - Vanne d'arrêt de sécurité. - Système d'arrêt automatique (ESD_v). - Système de contrôle automatique. - Système de commande (Ouverture/ Fermeture des vannes). - Système d'isolation de l'installation. 	Feu de nappe	2	<ul style="list-style-type: none"> - Equipe d'intervention de réponse au déversement entraînée. - Plan de réponse au déversement des hydrocarbures et d'échappement de gaz. - Système de fermeture d'urgence (ESD). - Moyens d'intervention fixe et mobiles (réseaux incendie, extinction GHF, les SKIDS, 	

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

			Fatigue (usure)	2	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection périodique du bac. - Détection des fissures et micro fissures par ultrasons. - Maintenance périodique. 			<ul style="list-style-type: none"> cuvette de rétention) - Evacuation et plan de réponse d'urgence (OGCU) - Etablir un périmètre de sécurité et limiter l'accès au personnel. - Procéder dans l'immédiat au contrôle de l'aire polluée. - Etablir la procédure d'arrêt d'urgence. - Détecteurs d'incendie activant l'alarme dans la salle de commande. 	
			Corrosion	2	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle de l'intégrité de l'installation et les différents points névralgiques. - Inspection, maintenance et contrôle régulier. - Détection de la corrosion. - Peinture anti corrosion. - Inhibiteur de corrosion sur la surface interne du bac. - Conception d'équipement adaptative au service. 				

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

						Explosion UVCE	1	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle des sources d'ignition (Cigarette, téléphone cellulaire, Véhicules, Sources chaudes) - Détecteurs d'incendie activant l'alarme dans la salle de commande CCR. - Etablir un périmètre de sécurité et limiter l'accès au personnel. - Evacuation et plan de réponse d'urgence. - Moyens d'intervention fixes et mobiles - Réponse d'urgence des services 	
			Sur remplissage d'un bac GNL	1	<ul style="list-style-type: none"> - Control du niveau de température, de pression. - Vannes automatiques d'arrêt d'alimentation. 				
			Défaillance de régulation (pression température niveau)	2	<ul style="list-style-type: none"> - Formation et compétence. -Programme d'inspection. - Contrôle opérationnel. 				

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

							médicaux. -Système de fermeture d'urgence.	
						Feu de flash	2	- Equipe d'intervention de réponse au déversement entraînée - Plan de réponse au déversement des hydrocarbures. - Système de fermeture d'urgence. -Moyens d'intervention fixe et mobiles. - Etablir un périmètre de sécurité et limiter l'accès au personnel (Formation HSE, Formation à la
			Stratification (ROLLOVER)	3	-Transfert bac à bac. - Surveillance de la température (thermocouples N 55). - Tuyère mélangeuse.			

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

							<p>sensibilisation aux risques</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôle visuel journalier. 		
1	Bac GNL I-901	Supression	-augmentation de la température, la pression	2	<ul style="list-style-type: none"> - Système d'arrêt automatique (ESD). - Système de contrôle automatique. - Système de commande (Ouverture/ Fermeture). - Système d'alarme automatique et manuel avec une signalisation dans la salle de commande. - Control du niveau de température, de pression. - Vannes automatiques d'arrêt 	-Explosion de nuage de vapeur VCE	2	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle des sources d'ignition (Cigarette, téléphone cellulaire, Véhicules, Sources chaudes) - Détecteurs d'incendie activant l'alarme dans la salle de commande CCR. - Etablir un périmètre de 	La liaison du système ESD entre GL1 et GL2 en cas de chargement ou transfert inter-complexes, risque important en cas de fuite

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

					d'alimentation. -Système de détection (haute température HT, détecteur de flamme haute pression PIC)		sécurité et limiter l'accès au personnel. - Evacuation et plan de réponse d'urgence. - Moyens d'intervention fixes et mobiles - Réponse d'urgence des services médicaux.	
			-élévation du taux de BOIL OFF	3	-Système de récupération BOIL OFF -Soupapes des sécurités PSV -levants		-Système de fermeture d'urgence. - Moyens d'intervention fixe et mobiles (réseaux incendie, extinction GHF, les SKIDS, cuvette de rétention)	
			-retour du vapeur depuis le méthanier.	4	-système de récupération BOIL OFF	-Nuage ATEX	- Plan de réponse au déversement des	
			-agression thermique externe.	3	-Système d'arrosage de refroidissement PERICO -Système de détection (haute			

CHAPITRE 4 : Evaluation des risques

				température HT, détecteur de flamme)			hydrocarbures et d'échappement de gaz. - Evacuation et plan de réponse d'urgence (OGCU)	
			-basculements des couches.	-Système de transfert (bac à bac) -Détecteurs de stratification thermocouples				

CHAPITRE 4 : évaluation des risques

CHAPITRE 5
SIMULATION DES
PHENOMENES
CATASTROPHIQUES

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques

1. Introduction :

L'analyse des conséquences est une étape indispensable dans le processus de gestion des risques. Le présent chapitre, sera consacré à l'analyse des impacts potentiels en cas d'accidents ainsi que la modélisation des effets potentiels en utilisant le logiciel PHAST 8.0

Le programme de calcul PHAST simule la perte de confinement de la substance dangereuse (termes source : débit à la brèche, état physique du rejet, conditions de service... etc.), puis son évolution (formation d'un nuage, ...) et enfin les phénomènes dangereux associés (feu chalumeau, explosion, ...etc.).

2. Simulation par PHAST :

Pour notre étude Nous avons modélisé les Phénomènes qui pourraient éventuellement survenir suite à le bac de stockage du GNL logiciel phast...

Phast est l'acronyme anglais de Process Hazard Analysis Software Tool, qui peut se traduire par Outil logiciel d'analyse de risques de procédé

PHAST est un logiciel qui a été développé et mis à jour par DNV pour évaluer les conséquences des fuites de gaz, des incendies, des explosions, de la toxicité et des autres dangers technologiques reliés à diverses industries

Le logiciel PHAST (Process Hazard Analysis Software Tool), est un outil complet d'analyse des risques d'une installation industrielle. PHAST simule l'évolution d'un rejet accidentel d'un produit toxique et/ou inflammable, depuis la fuite initiale jusqu'à la dispersion atmosphérique en champ lointain, incluant la modélisation de l'épandage et de l'évaporation de flaque. PHAST est capable de modéliser les scénarios de rejets à partir des divers termes sources (fuite sur la paroi d'un réservoir, rupture d'une canalisation, ...) qui sont ensuite combinés avec le modèle de dispersion de PHAST de type intégral, appelé Unified Dispersion Model (UDM), pour obtenir par exemple : les distances de sécurité correspondant aux seuils toxiques et l'empreinte du nuage au sol à un instant donné.

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques

3. Conditions météorologique pour la modélisation :

Les conditions météorologiques pour les modélisations sur PHAST sont généralement définies par quatre paramètres :

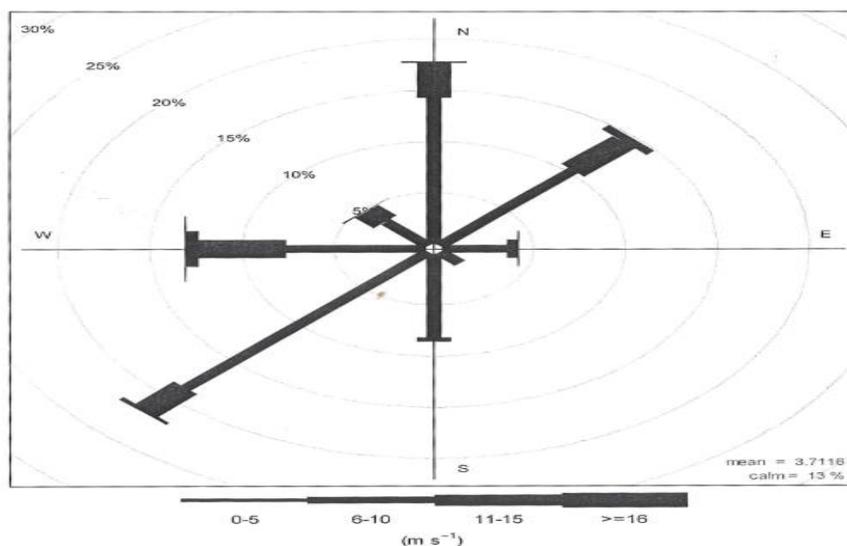
- La vitesse du vent,
- La température ambiante.
- L'humidité
- La stabilité atmosphérique,

3.1 La rose des vents :

A l'échelle annuelle, on peut dire que les vents dominants sont de secteur Sud-ouest. Environ 21.96 % des vents sont compris entre 18.66 et 3.04 m/s. les vitesses du vent les plus fréquentes sont celles qui sont comprises entre 1 et 5 m/s. Les vitesses comprises entre 6 et 10 m/s occupent la deuxième position.

La rose des vents représente la distribution de quatre classes de vent selon huit directions. L'histogramme de fréquences des classes de vitesse représente les distributions fréquentielles des quatre classes de vitesse. La rose de vent est basée sur les valeurs tri horaires de vent (direction et vitesse),

La Rose des Vents pour Arzew montre combien d'heures par an le vent souffle dans la direction indiquée. Exemple SO: Le vent souffle du sud-ouest (SO) au nord-est (NE).



CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques

3.2 Température ambiante :

Les années modèles obtenues le long du littoral et au-dessus du plateau continental et les moyennes mensuelles montrent que:

- Une décroissance de la température de septembre à février
- Une valeur minimale en décembre-janvier ($T= 6-8^{\circ}\text{C}$)
- Une augmentation du mois de mars au mois de juin
- Un maximum de juin à août ($T=25-28^{\circ}\text{C}$).

La Figure suivante représente la variation mensuelle de la température moyenne, une hausse significative de la température moyenne est observée en mois de Juillet et Aout. La température minimale la plus basse enregistrée au cours de cette période à la station d'Oran est de 12°C . alors que le maximum observé est de 30°C . La côte d'Arzew est le siège de deux épisodes froids marqués, avec une remontée intense en décembre et février, et un autre moins actif en avril.

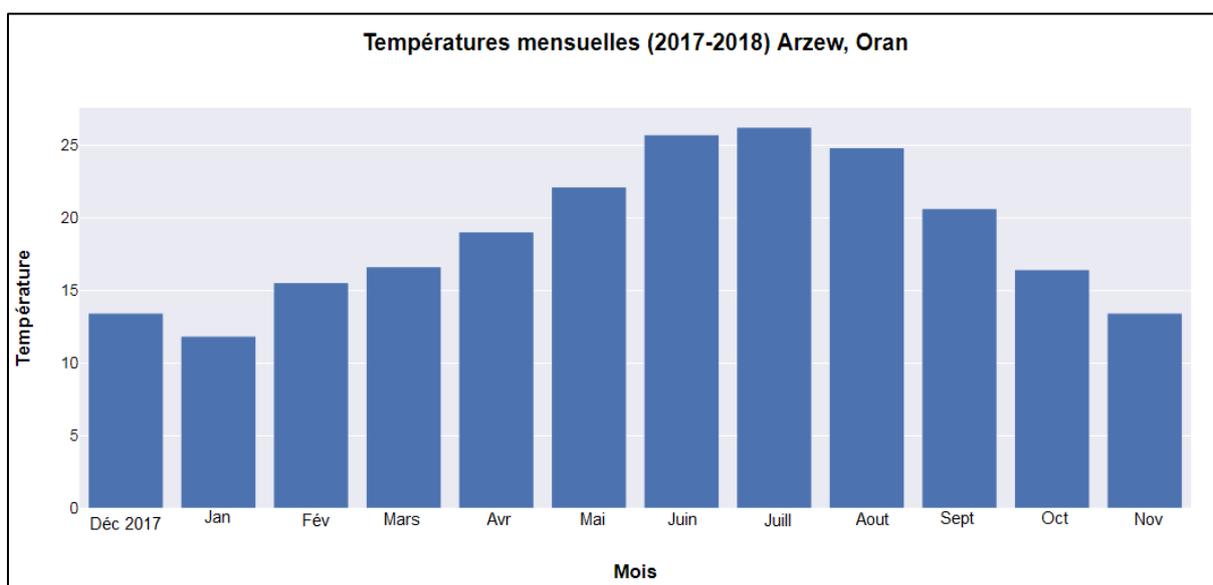


Figure 23 températures mensuelles de la zone d'Arzew

3.3 L'humidité :

La zone côtière de l'Oranie se caractérise par une humidité relative de plus de 60% tout le long de l'année.

L'humidité annuelle moyenne de la zone d'étude est de 76%, avec une moyenne de minimums de 70 % et une moyenne des maximums de 80 %.

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques

3.4 La stabilité atmosphérique :

La stabilité atmosphérique est souvent décrite à l'aide des classes de stabilité de Pasquill. On distingue 6 classes allant des atmosphères très instables (A, B), aux atmosphères très stables (E, F), en passant par des atmosphères neutres (C, D). Il existe cependant d'autres systèmes de classification comme celle de Doury qui ne définit que deux classes : les classes de diffusion normale (DN) qui regroupent les classes A à D de Pasquill et les classes de diffusion faible (DF) qui regroupent les classes E et F de Pasquill.

De plus certaines conditions de stabilité ne sont pas compatibles avec certaines vitesses du vent. Le tableau qui suit donne un exemple de la compatibilité des classes de stabilité de Pasquill avec certaines conditions météorologiques.

Tableau 11 Exemple de la compatibilité des classes de stabilité atmosphériques

Vitesse du vent à 10m [m/s]	Jour (diurne)			Nuit (nocturne)	
	Rayonnement solaire incident			Nébulosité	
	Fort	Modéré	Faible	entre 4/8 et 7/8	< 3/8
<2	A	A-B	B	F	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Pour ces raisons, il est recommandé de calculer les scénarii dans les conditions météorologiques suivantes :

Tableau 12 : choix de la classe de stabilité

D, 5, 20, 76%	F, 3, 15, 76%
<ul style="list-style-type: none"> - Atmosphère neutre - Vitesse du vent à une altitude de 10 mètres égale à 5 m/s - Température ambiante égale à 20°C - Humidité à 76% 	<ul style="list-style-type: none"> - Atmosphère très stable - Vitesse du vent à une altitude de 10 mètres égale à 3 m/s - Température ambiante égale à 15°C - Humidité a 76%

4. Description de l'environnement humain :

Le complexe GNL/1Z se situe à l'ouest Algérien, à 40 Km d'Oran dans la commune de Béthioua à 8 Km à l'est d'Arzew et à 500 Km au nord des gisements de gaz naturel de Hassi r'mel, d'une superficie de 72 hectares.

Le pôle industriel d'Arzew englobe les communes d'Arzew, d'Ain El Biya, de Bethioua et de Mers El Hadjadj.

Tableau 13 la démographie des agglomérations les plus proches du site.

Agglomération	(Population) Nombre d'habitants
Arzew	93 483
Bethioua	18 215
Ain El Bia	32 611
Mers El Hadjadj	14 167
Total	111 698

5. Description de l'environnement avoisinant le bac de stockage :



Figure 24 l'environnement avoisinant le bac de stockage

6. Données physico-chimiques du produit:

Il n'est pas toujours aisé de modéliser des mélanges complexes afin de simuler les effets d'un accident majeur. Pour pallier à cet inconvénient, les méthodes suivantes sont appropriées :

1. Choisir le composant dominant dans le mélange et modéliser la substance uniquement avec ce composant.
2. Choisir un composant pur dans la base de données dont les propriétés ressemblent à celles du mélange.
3. Choisir le composant dominant dans le mélange et ajuster ses propriétés physiques afin de prendre en compte l'effet des autres composants.

Le produit étudié dans notre système CH_4 .

Le gaz naturel liquéfié est un mélange majoritairement composé de méthane (83-84%) avec quelques fractions d'éthane et d'autres hydrocarbures simples dont nous nous intéressons dans notre étude.

7. Seuils d'effets retenus :

Les valeurs seuils d'effets retenues sont celles de l'arrêté ministériel français 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 ICPE soumises à autorisation.

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques

7.1 Effets thermiques:

Pour les effets sur les structures :

Tableau 14 les effets thermiques sur les structures

Seuils thermiques	Effets
5 kW/m ²	Seuil des destructions de vitres significatives
8 kW/m ²	Seuil des effets domino et correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures
16 kW/m ²	Seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton
20 kW/m ²	Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton
200 kW/m ²	Seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes.

Pour les effets sur l'homme

Tableau 15 les effets thermiques sur l'homme

Seuils thermique	Effets
3 kW/m ²	Seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine
5 kW/m ²	Seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine
8 kW/m ²	Seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques

7.2 Effets de surpression:

Pour les effets sur les structures :

Tableau 16 les effets de surpression sur les structures

Niveau de la surpression	Effets
20 mbar	seuil des destructions significatives de vitres
50 mbar	seuil des dégâts légers sur les structures
140 mbar	seuil des dégâts graves sur les structures
200 mbar	seuil des effets domino
300 mbar	seuil des dégâts très graves sur les structures

Pour les effets sur l'homme :

Tableau 17 les effets de surpression sur l'homme

Niveau de surpression (pression en Pascal)	Effets
20 mbar	Seuils des effets irréversibles correspondant à la zone des effets indirects par bris de vitres et de glaces sur l'homme
50 mbar	Seuils des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine
140 mbar	Seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine
200 mbar	Seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine

8. Probabilité d'occurrence de l'évènement :

Les calculs des fréquences de défaillance sont basés sur des données génériques extraites du Handboek Kanscijfers 2009. Le Handboek Kanscijfers se base sur des données historiques d'un certain nombre d'équipement représentatifs. Le Handboek Kanscijfers donne les fréquences de défaillance suivantes pour une ligne:

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques

Tableau 18 les fréquences de défaillance

Canalisation aériennes	
Type de défaillance	Fréquence de défaillance ([/an])
Petite fuite dég = 0.1 D (diamètre de pipe).	$2.8 \cdot 10^{-7}$ L/D
Fuite moyenne dég = 0.15 D	$1.2 \cdot 10^{-7}$ L/D
Grande fuite dég = 0.36 D	$5 \cdot 10^{-8}$ L/D
Rupture	$2.2 \cdot 10^{-8}$ L/D

9. Analyse des conséquences :

- Scénario N°1 :

Description du scénario :

Le scénario développé dans cette section suit la chronologie suivante : petite fuite de la canalisation cryogénique de soutirage. Diamètre de pipe de soutirage est de «30 pouce = 762 mm »

Diamètre de petite fuite égale à 7.2 mm

- Scénario N°2 :

Description du scénario :

Le scénario développé dans cette section suit la chronologie suivante: grande fuite de la canalisation cryogénique de soutirage. Diamètre de pipe de soutirage est de «30 pouce = 762 mm »

Diamètre de grande fuite égale à 274.32 mm

- Scénario N°3 :

Description du scénario :

Le scénario développé dans cette section suit la chronologie suivante: rupture de bac de stockage.

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques

Scénario1

Petite fuite

Tableau 19 : scenario 1 petite fuite

Phénomène	Dispersion	Jet fire	Eraly pool fire	Late pool fire	Flash fire	Explosion
	<p>3/F : l'altitude de nuage de gaz est supérieur à 4 m qui disperse dans une zone de 300 m. les zones touchées sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les trains de production - la sphere gasoline - la pompière GNL - zone de stockage <p>5/F : l'altitude de nuage de gaz est de 4 m qui se disperse dans une zone de 220 m. les zones touchées sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - zone de stockage - pompière GNL 	<p>3/F : les radiations atteint un seuil dépasse les 80 KW/m² dans une zone de 85 m de fuite et qui chut brusquement hors cette zone. Les zones touchées sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pomperie GNL - Zone de stockage - Sphère gasoline <p>5/D : les radiations attentent un seuil supérieur à 100 KW/m² à une distance de 75 m de fuite. . Les zones touchées sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pompière GNL - Zone de 	<p>3/F : les radiations thermiques de Feu de nappe immédiate à une distance maximal de 40 m. On distingue 3 zones.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zone rouge 37.5KW/m² - Zone vert 12.5KW/m² - Zone bleu 4 KW/m² <p>(voir figure 27).</p>	<p>3/F : les radiations thermiques de Feu de nappe immédiate à une distance maximal de 100 m. On distingue 3 zones.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zone rouge 37.5KW/m² - Zone vert 12.5KW/m² - Zone Blue 4 KW/m² <p>(voir figure 28)</p>	<p>La distance à la LIE est estimée à un rayon d'environ 220m. Cette même distance représente également la longueur de la flamme du Flash Fire. De plus, étant donné que le Flash Fire est un phénomène très court, les effets sont limités au nuage lui-même. Ainsi, les effets à l'intérieur de la LIE auront une gravité élevée (toute personne dans cette zone ne pourra être considérée comme</p>	<p>005/D : une onde de la surpression supérieure à 20 bars qui touche tout le complexe GL1/Z</p> <p>3/F : une onde de surpression supérieure à 20 bars qui touche tout le complexe GL1/Z, complexe GL2/Z et la population de Bethouia (Voir figure 30)</p>

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques

	<ul style="list-style-type: none"> - Sphère gazoline - Train de production (voir figure 25) . 	<ul style="list-style-type: none"> - stockage Sphère gazoline (voir figure 26) 			<p>décédée) alors qu'au-delà de la distance à la LIE les effets seront considérés comme nuls. Le cercle vert représente la Limite d'Explosivité Inferieure (LIE) et le cercle rouge la Limite Explosivité Supérieure (LSE). (voir figure 29)</p>	
--	---	--	--	--	--	--

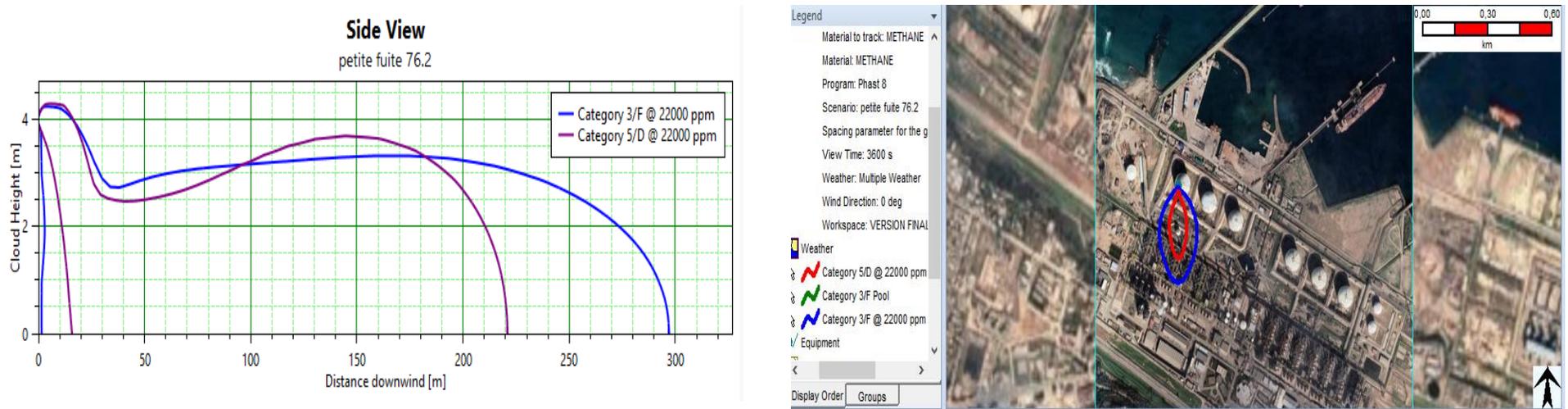


Figure 25 sidview et la vue GIS de dispersion de gaz

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques

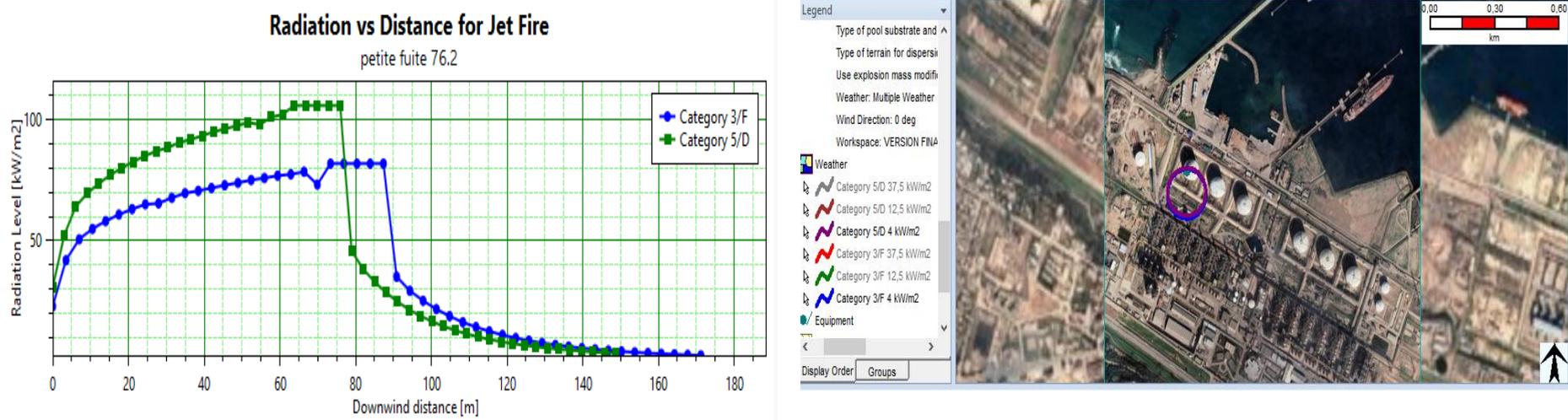


Figure 26 radiation vs distance jet fire et la vue gis

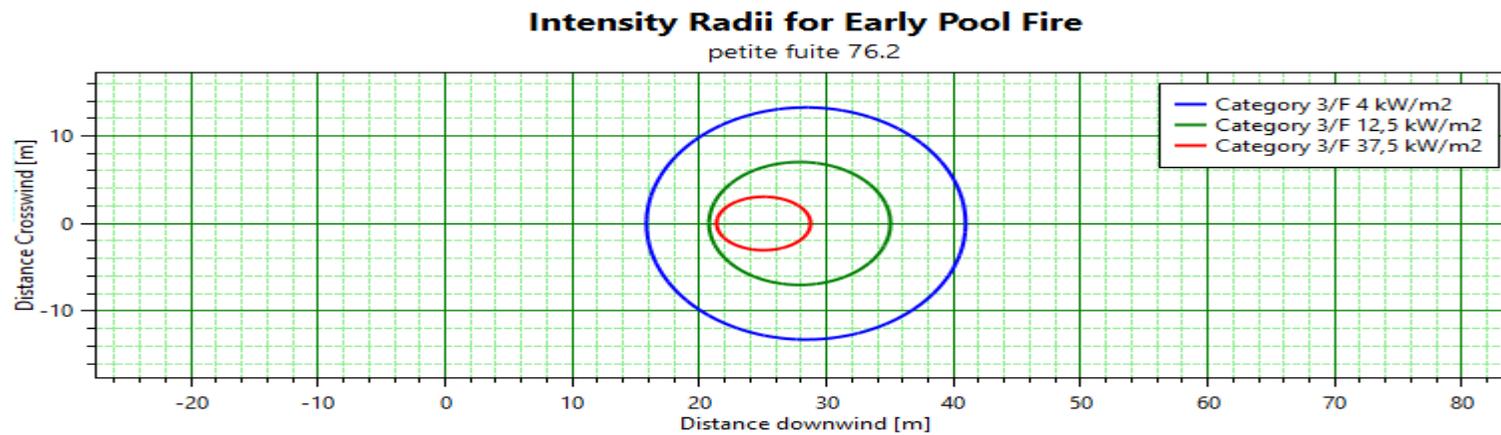


Figure 27 intensity radiation for early pool fire

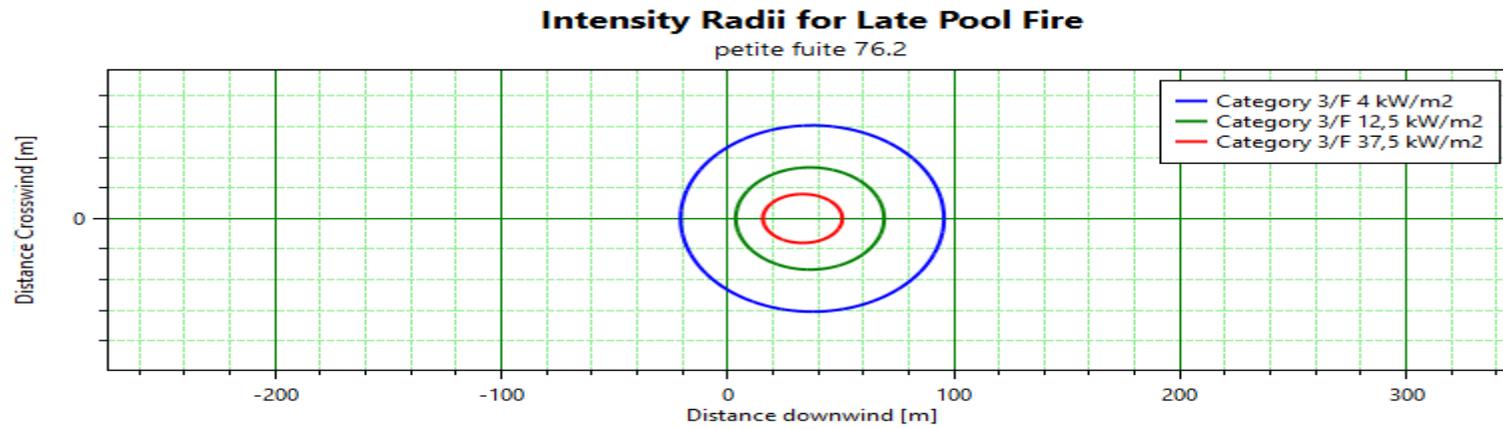


Figure 28 intensity radii for late pool fire

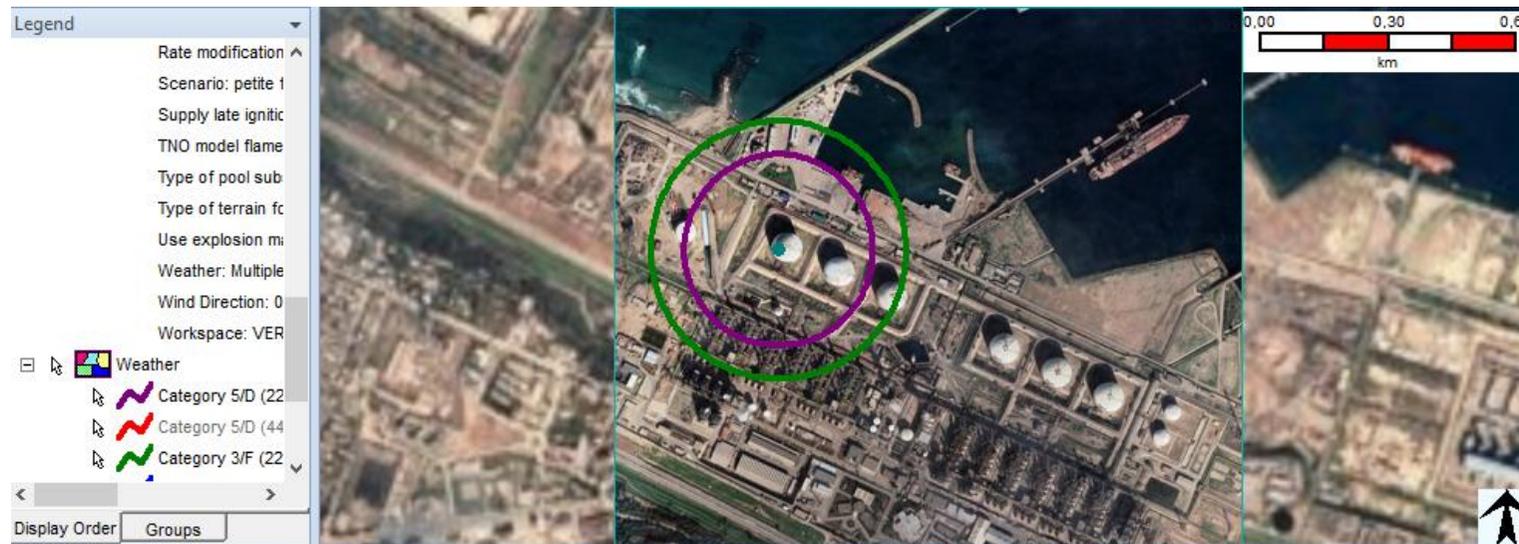


Figure 29 vue GIS flash fire

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques

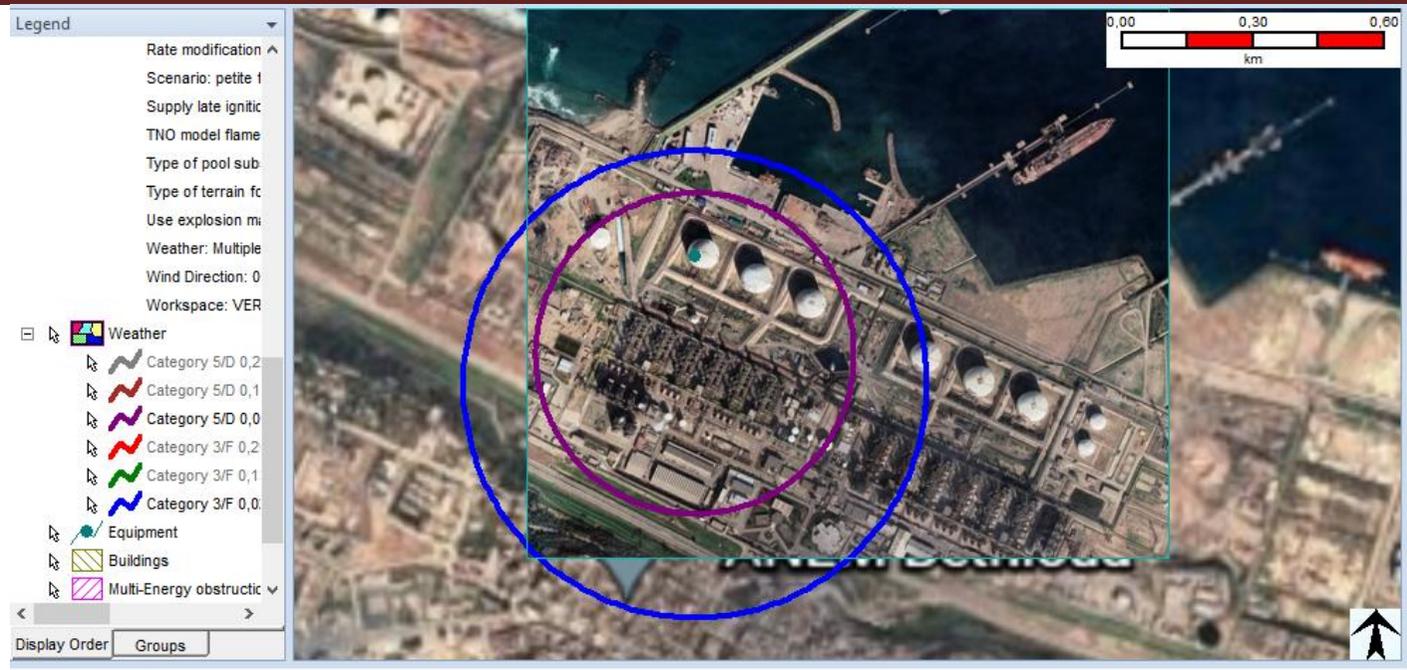


Figure 30 vue gis Explosion VSE

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques

Scénario 2

Tableau 20 scenario 2 Grande fuite						
Phénomène	Dispersion	Jet fire	Early pool fire	Late pool fire	Flash fire	Explosion
	<p>la dispersion de nuage de gaz dans la concentration est différente</p> <ul style="list-style-type: none"> - La zone rouge dont la concentration est de 165000 ppm à une distance de 280 m de fuite elle touche une partie de zone de stockage, pompière GNL, sphère de gazoline - La zone vert dont la concentration est de 44000ppm elle est plus large que la zone rouge elle a une distance de 560 	<p>Formation de 3 zones de danger qui ont des effets thermiques</p> <ul style="list-style-type: none"> - Catégorie 37.5 kW/m² à une distance de 200m de fuite elle touche la zone de stockage sphère gazoline, pompière GNL, les trains de production - Catégorie 12.5kw/m² a une distance de 300m de fuite elle touche la zone de stockage sphère gazoline, pompière GNL, les trains de production et les chaudières. - Catégorie 	<p>Formation de 3 zones de danger qui ont des effets thermiques</p> <ul style="list-style-type: none"> - Catégorie 37.5kw/m² à une distance de 150m de fuite qui touche la zone de stockage, sphère gazoline, pompière GNL. - Catégorie 12.5kw/m² à une distance de 250m de fuite elle touche la zone de stockage sphère gazoline, pompière GNL, les trains de production. - Catégorie 4kw/m² à une distance 	<p>Formation de 3 zones de danger qui ont des effets thermiques</p> <ul style="list-style-type: none"> - Catégorie 37.5 kW/m² à une distance de 400m de fuite elle touche la zone de stockage sphère gazoline, pompière GNL, les trains de production et les chaudières. - Catégorie 12.5kw/m² a une distance de 600m de fuite elle touche la zone de stockage sphère gazoline, pompière GNL, les trains de production, les chaudières, la 	<p>Le cercle vert représente la Limite d'Explosivité Inferieure (LIE) a une distance de 841 m de fuite, alors que la zone de danger englobe tout le complexe GL1/Z. le cercle bleu la Limite Explosivité Supérieure (LSE) a une distance de 562 m de fuite. (voir figure 35 Table 21)</p>	<p>Les zones touches par les ondes de pression sont estimées sur un rayon de 1400 m. elle arrive jusqu'à la population de Ain El Bia au sud, et jusqu'à le complexe GL3/Z à l'est. (voir figure 36)</p>

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques

	<p>m de fuite elle se disperse sur tout le complexe GL1/Z</p> <ul style="list-style-type: none"> - La zone bleu dont la concentration est de 22000 ppm elle plus grande que la zone vert à une distance de 840m de fuite elle arrive jusqu'à la population de Bethouia. (voir figure 31) 	<p>4kw/m² à une distance supérieure à 400 m de fuite elle affecte tout le complexe GL1/Z. (voir figure 32)</p>	<p>supérieure à 450 m de fuite elle touche la zone de stockage, les trains de production, pompière GNL, les chaudières.(voir figure 33)</p>	<p>zone utilité et la jetée</p> <ul style="list-style-type: none"> - Catégorie 4kw/m² a une distance supérieur à 1000m de fuite qui touche tout le complexe GL1/Z, une partie de complexe GL2/Z et la population de Bethouia. (voir figure 34) 		
--	---	---	---	--	--	--

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques

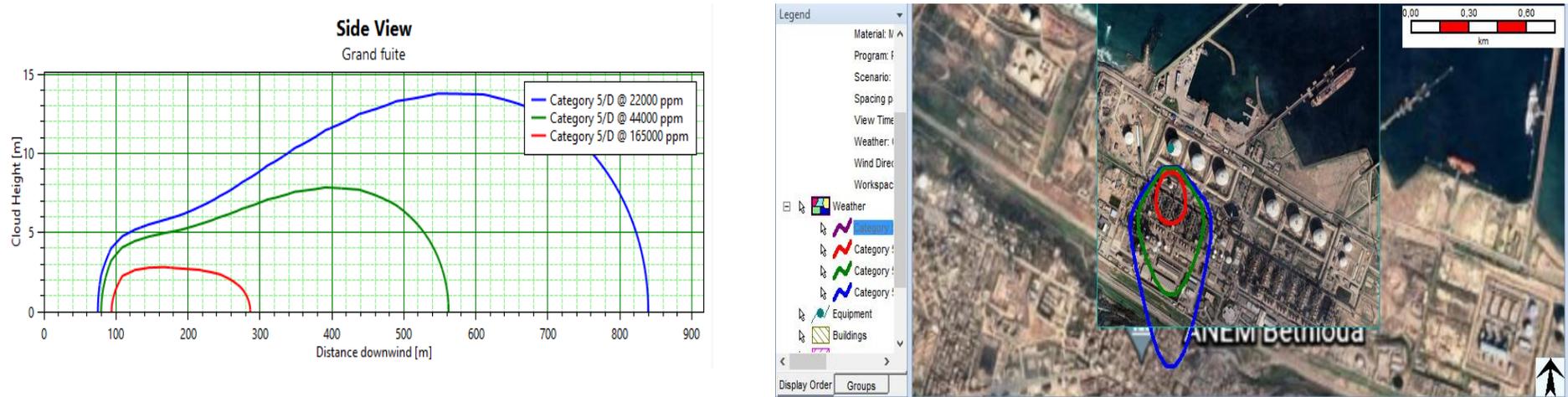


Figure 31 sid view et la vue gis de dispersion de gaz

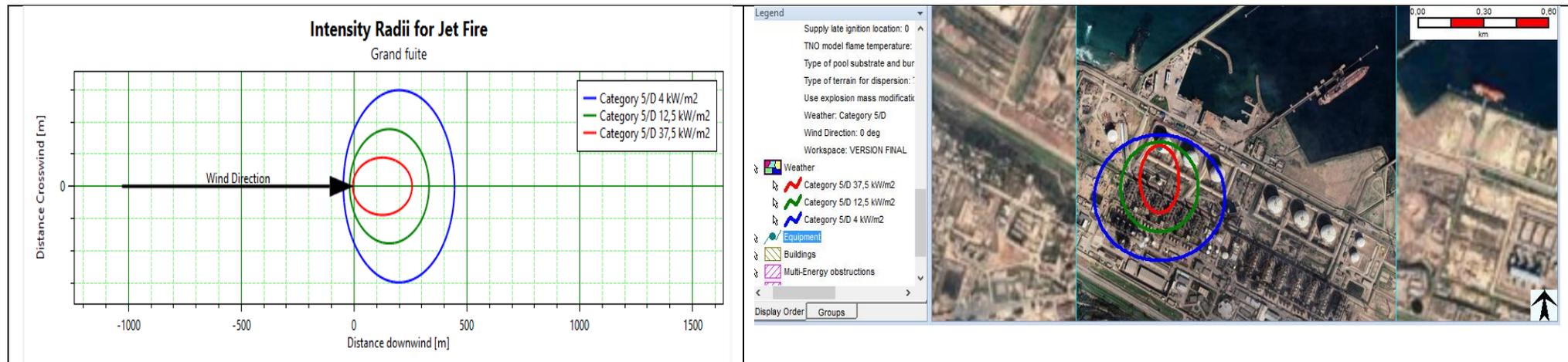


Figure 32 intensity radii for jet fire et la vue gis

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques

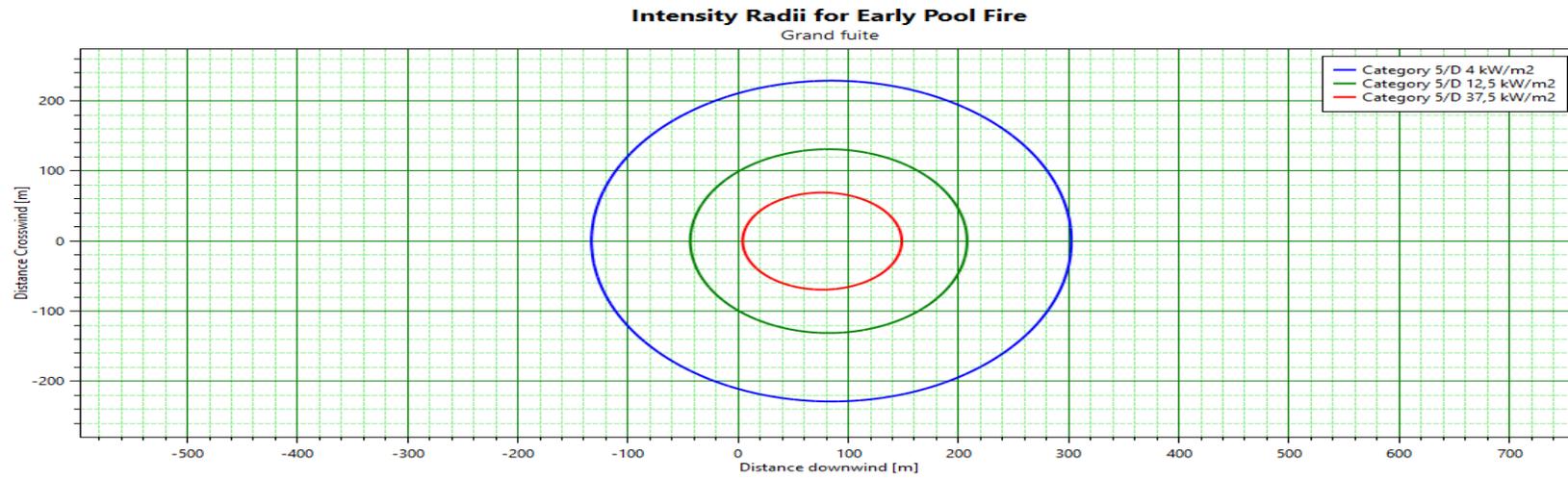


Figure 33 intensity radii for early pool fire

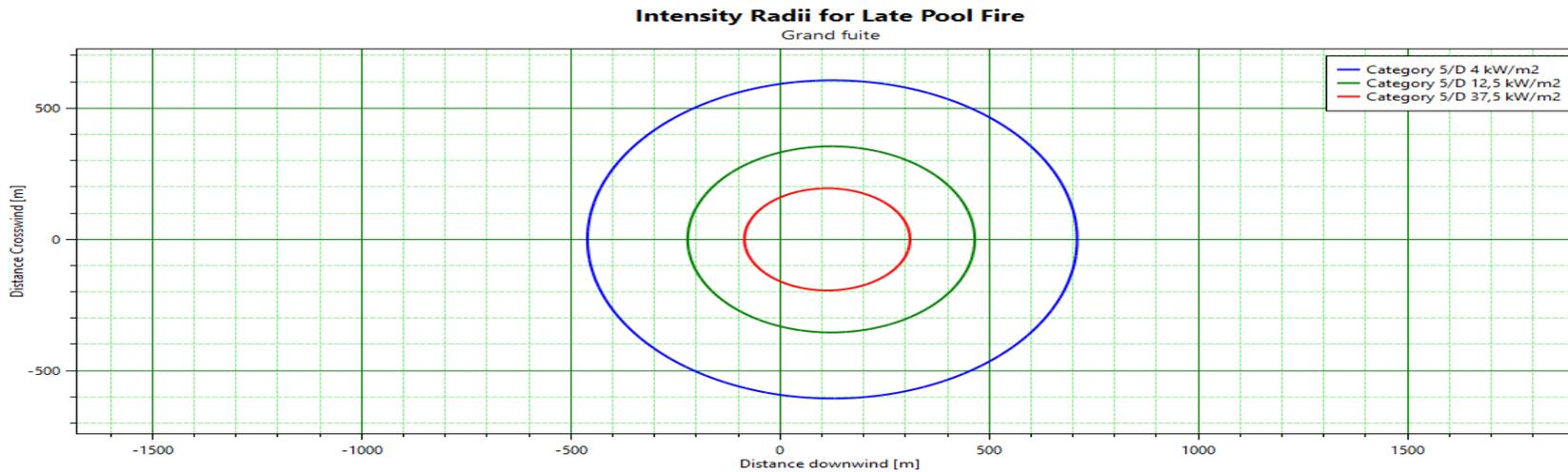


Figure 34 intensity radii for late pool fire

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques

Tableau 21 la dispersion de concentration dans l'air

Flash Fire Results

Distance downwind to defined concentrations

The reported LFL and LFL fraction are defined in the respective material property

Path	Scenario	Weather	Distance downwind to LFL [m]	Distance downwind to LFL Fraction [m]
VERSION FINAL\Study\Pressure vessel	Grand fuite	Category 1.5/D	813,102	1069,55
		Category 5/D	562,493	841,578



Figure 35 la vue gis de flash fire

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques



Figure 36 l'effet de l'explosion VSE

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques

Scénario 3

Catastrophique rupture

Tableau 22 scenario 3 catastrophique rupture

Phénomène	Pool vaporisation	Dispersion	Late pool fire	Flash fire	Explosion
	<p>3F : le taux de vaporisation maximale de bac est de 59860 kg à 613 seconde et le temps de vaporisation est de 2912 seconde.</p> <p>5F : Le taux de vaporisation maximale de bac est 61267 kg à 618 second et le temps que met le réservoir a s'évaporer est de 2630 s. (voir figure 37)</p>	<p>3F : La concentration maximale de dispersion du gaz est de 998918 ppm à 11 m</p> <p>5F : la concentration maximale de dispersion du gaz est de 998681 ppm à une distance de 46 m et qui disperser dans une zone de 4485 m. (voir figure 38)</p>	<p>3/F : les radiations thermiques de Feu de nappe immédiate à une distance maximale de 4169 m et on distingue une zone bleu 4 KW/m² qui affecte tout la zone industrielle Bethouia et la commune de Ain el bia et Bethouia.</p> <p>5/D : les radiations thermique de Feu de nappe immédiate à une distance maximal de 4169 m et on distingue Zone bleu 4 KW/m² qui affecte tout la zone industrielle Batouia et la commune de Ain el Bia et Bethouia. (voir figure 39)</p>	<p>3F :Le cercle rouge représente la Limite d'Explosivité Inferieure (LIE) a une distance de 8392,99 m de fuite ,alors que la zone de danger englobe tout la zone industrielle et la commune de Bethouia et Ain el bia la Limite d'explosivité supérieure (LSE) à une distance de 27618,6 m</p> <p>5D : Le cercle bleu représente la limite d'Explosivité Inferieure (LIE) a une distance de 2482,93m de fuite, la Limite Explosivité Supérieure (LSE) a une distance de 4241,15m (voir figure 40)</p>	<p>3F : une onde de la surpression maximale est de 19.70 bars à une distance allant jusqu'à 16485 m qui affecte toute la zone industrielle Bethouia et la commune d'Ain el Bia et Bethouia.</p> <p>5D : une onde de la surpression maximale est de 19.70 bar à une distance allant jusqu'à 12570 m qui affecte toute la zone industrielle Batouia et la commune d'Ain el Bia , Bethouia , Arziw et Hassi mafsoukh . (voir figure 41)</p>

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques

Audit Number	389
Equipment	Pressure vessel
Material	METHANE
Program	Phast 8
Scenario	Catastrophic rupture
Weather	Multiple Weather
Workspace	PhastConsequence

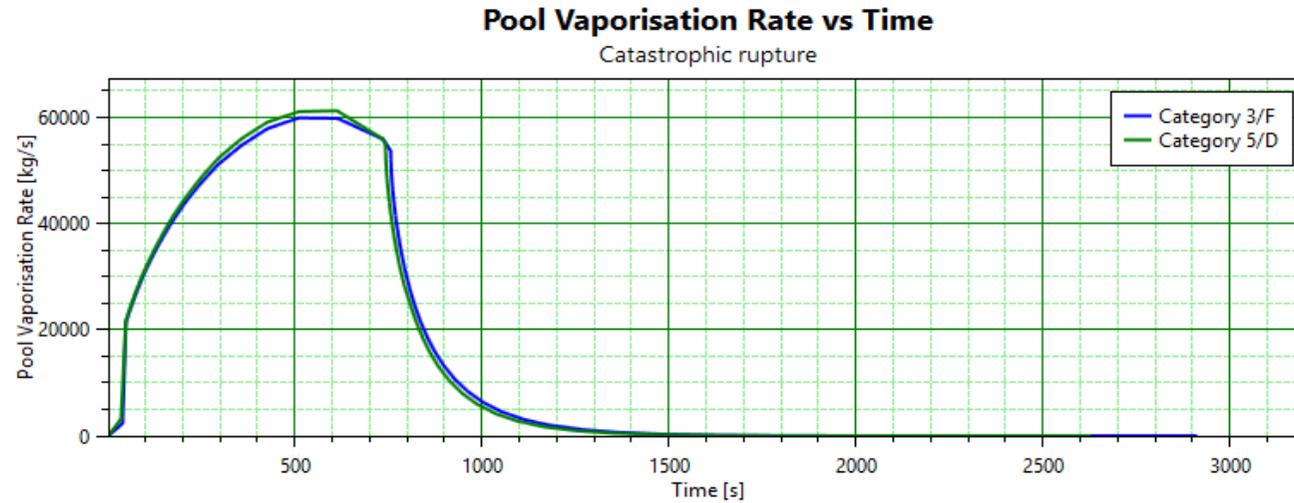


Figure 37 le taux de vaporisation en fonction du temps

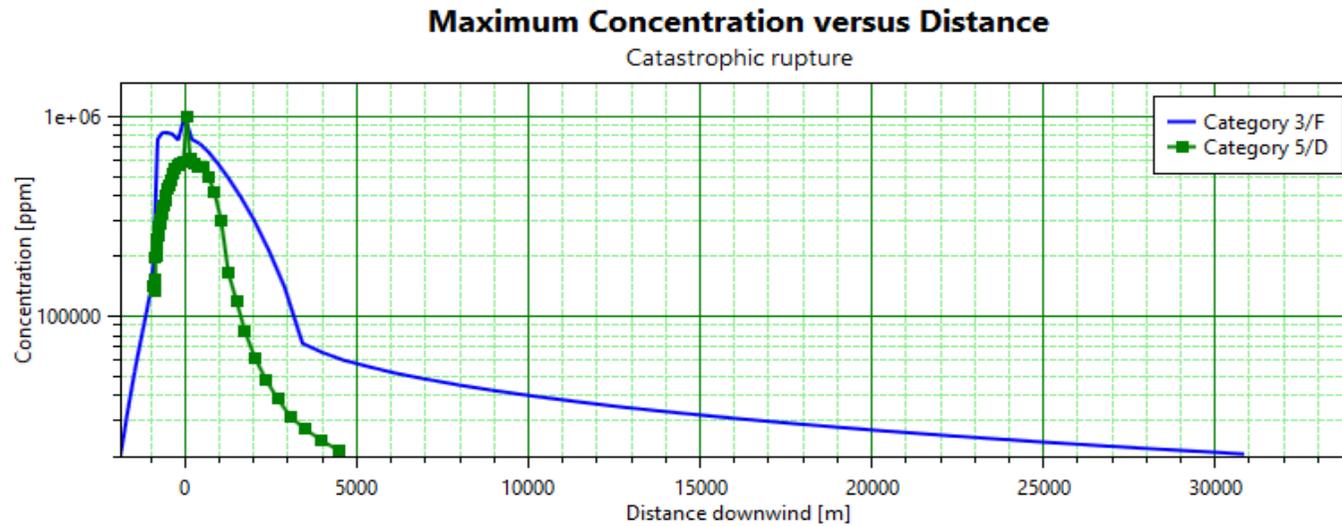


Figure 38 concentration maximale en fonction du distance

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques

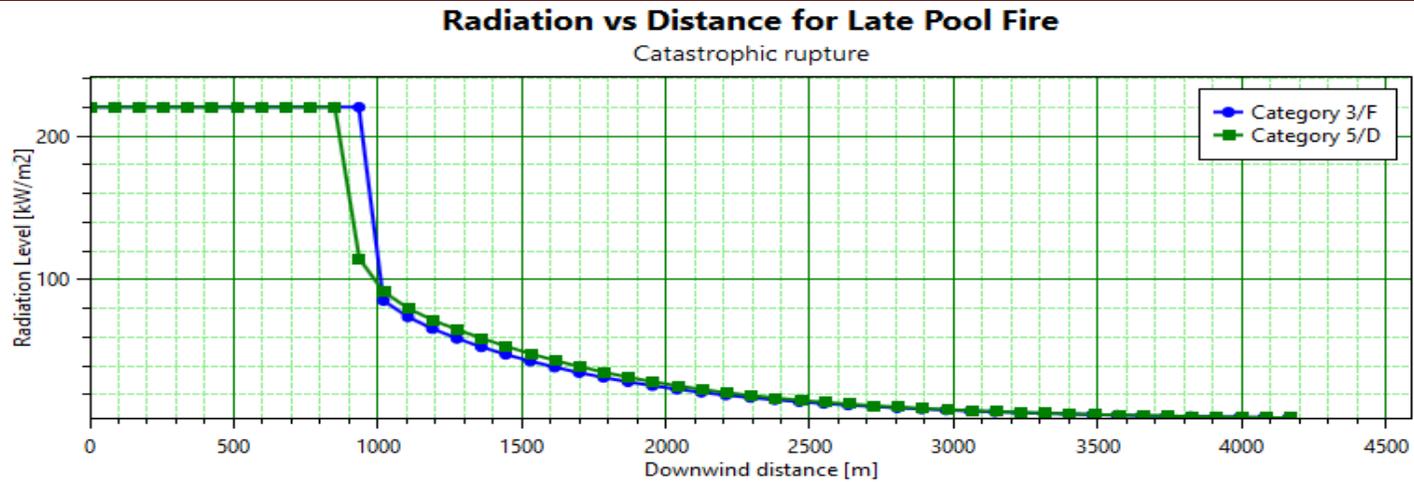


Figure 39 Radiation on fonction de distance pool Fire



Figure 40 la vue gis de flash fire scénario 3

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques



Figure 41 effet de l'explosion

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques

10. Les recommandations

La modélisation des conséquences nous permettons de voir les effets des scénarios étudiés sur l'entreprise, le personnel et l'environnement, mais le risque zéro n'existe plus, alors il faut avoir le savoir de vivre avec. Pour réaliser cette hypothèse, on doit réagir sur deux facteurs :

Facteur machine :

- Equiper l'usine par les instruments de détection, de prévention, d'alerte et d'interventions.
- Vérification de la fiabilité des systèmes de sécurité installés
- Equiper les agents par les EPI adéquats par leur poste de travail.
- La maintenance préventive des installations.

a- Facteur humain :

- Formation et information des salariés des risques liés à leurs tâches.
- Intégration de système TURN-OVER
- Assurer que les salariés respectent les instructions de la sécurité

La mise en œuvre des recommandations garantira que les hypothèses contenues dans l'évaluation des risques sont valides et pourra fournir des mesures potentielles de réduction des risques. Elles représentent des pratiques exemplaires pour le contrôle opérationnel et feraient partie d'un système de gestion de la HSE efficace :

- Considérer la réalisation d'une étude de protection contre la foudre, notamment de la zone de stockage GNL, pour un éventuel emplacement d'un parafoudre,
- Envisager la construction d'un mur de protection autour de la sphère gazoline pour atténuer d'avantage les effets de surpression sur celle-ci,
- Considérer l'emplacement des rideaux d'eau autour de la zone d'étude pour stopper la dispersion des nuages de gaz (Encours de réalisation),
- Considérer la construction d'une séparation physique renforcée entre les deux complexes GL1 Z et GL2 Z, afin de stopper la propagation des nuages de gaz de part et d'autre,
- Considérer la réalisation d'une banque de données du complexe étalée sur plusieurs années,
- Un programme de formation efficace est proposé pour maximiser la compétence des opérateurs (ceci devrait inclure une formation de sensibilisation au risque),

CHAPITRE 5 : simulation des phénomènes catastrophiques

- Les meilleures pratiques de HSE sont appliquées et utilisent un système de gestion de la HSE moderne,
- Des audits réguliers garantissent des pratiques exemplaires en matière de HSE,
- Un plan d'intervention efficace en cas d'urgence, envisageant plusieurs points de rassemblement,
- Un système d'inspection et d'entretien orienté vers le risque est souhaité,
- Considérer des tests et des exercices de simulation réguliers destinés à évaluer le niveau de préparation,
- Considérer et renforcer l'assistance médicale pour des éventuels accidents majeurs,
- Considérer un contrôle rigoureux et systématique de la fuite au niveau des plans de brides, et ce, par l'utilisation d'un explosimètre,
- Considérer un contrôle physique d'étanchéité des joints de bride pour valider leur conformité,
- Considérer la réalisation d'autres rues dans le plan d'attaque situées à l'Ouest de la zone d'étude, et ce, conformément à nos scénarios modélisés.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale :

Cette étude s'est intéressée à l'analyse des risques générés par la zone de stockage du GNL. L'identification des potentiels de dangers de cette étude a permis de montrer que :

- Le seul produit présent sur l'aire de stockage présentant un potentiel de dangers important est le méthane,
- Les accidents référencés dans l'étude de l'accidentologie, sont surtout caractérisés par des événements liés à des fuites de gaz liquéfiés ayant pour origine rupture sur un raccord, joint, bride, vanne ou des chocs par des éléments extérieures.
- Les risques ont été réduits à la source dans le cadre de la réduction des potentiels de dangers.

L'analyse des risques s'est attachée à passer en revue de manière exhaustive toutes les causes et conséquences de dérives physiquement vraisemblables en ce qui concerne les installations. Les critères de cotation en terme de probabilité d'occurrence et de gravité associés à chacune de ses dérives potentielles ont permis d'identifier la totalité des événements redoutés considérés comme « à maîtriser ». Ceci est possible grâce :

- Aux précautions de conception, de construction, d'exploitation, d'inspection et de maintenance des installations,
- Aux boucles de contrôles et aux différents capteurs et interverrouillages de sécurités associés,
- A la formation et à l'entraînement du personnel d'exploitation et de maintenance, en mode normal ou dégradé,
- Aux moyens de protection ou maîtrise des conséquences mis en œuvre en cas d'occurrence d'un événement accidentel, comme les bouches d'incendie, l'accès restreint aux installations, les moyens d'intervention...

Pour chaque système, les défaillances analysées correspondent aux dangers génériques de chaque équipement ou installation mis en évidence dans l'analyse préliminaire des risques.

Cependant, quelques scénarios peuvent être considérés comme « à surveiller », voire « inacceptables ». Une étude détaillée de scénarios d'accident majeur a donc été réalisée dans le cadre de cette étude de dangers. Elle a permis d'identifier les événements majeurs pouvant avoir des effets sur d'autres installations voisines. Ces événements majeurs concernent l'explosion d'un nuage gazeux issu de la perte de confinement de bac GNL.

Les moyens de prévention, de détection, de protection et limitation des effets mis en place sont relativement suffisants pour assurer la sécurité de l'installation, néanmoins, la mise en œuvre des recommandations proposées dans ce mémoire garantira et fournira des mesures potentielles de réduction des risques, pour arriver à des valeurs plus sûres.

Conclusion générale

Enfin, et malgré les difficultés de terrain rencontrées, nous pouvons dire que notre étude a été menée à bien, elle nous a offert une expérience très riche en informations dans divers domaines et nous a forcé à déployé un effort vraiment considérable pour finaliser ce travail.

Références bibliographique

Références bibliographique

1. JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 04. (2015). *JORA*, 1-3.
2. CEDLM. (n.d.). *Installations classées pour la protection de L'environnement , etude de danger*.
3. (CEI 300-3-9, 1995).
4. (CEI 50(191)).
5. *centre canadien d'hygiene et securite au travail*. (n.d.). Retrieved from SST:
<https://www.cchst.ca/>
6. Desroches, A. (2007). *La gestion des risques*. Lavoisier.
7. (Gestion des risques, Procedure FERTAL , 2015).
8. (Gestion des risques, Procedure FERTAL , 2015). *gestion de risque*.
9. *Health & Safety Executive ALARP* . (n.d.). Retrieved from www.hse.gov.uk
10. INERIS-DRA. (2003). *INERIS*. Retrieved from www.INERIS.fr.
11. (ISO / CEI Guide 73, 2002).
12. *la référence du retour d'expérience sur les accidents technologiques*. (n.d.). Retrieved from
ARIA: <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/>
13. *L'ANALYSE DES RISQUES*. (Mai 2006).
14. (Methode HAZOP, Procedure FERTIAL, 2015).
15. (Méthode SIL (Niveau d'integrité de Sécurité), Procedure FERTIAL, 2015).
16. mortureux, y. (n.d.). *techniques de l'ingénieur*. Paris : edition T.I.
17. (NF EN 61508, Décembre 1998).
18. NGABI, M. S. (n.d.). Proposition d'une méthode de maitrise des risques industriels pour le respect de l'hygiène, de la sante, de la sécurité et de l'environnement dans le secteur pétrolier. *Thèse de Doctorat*. Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, paris .
19. *Pas à pas vers L'EVALUATION ET LA GESTION DU RISQUE* . (n.d.). ITM / AAA / DSAT.
20. (Reason & Parker, 1993).
21. S, M. (n.d.). Ameziane API ESB Risque Incendie/Explosion/moyen de lutte.

Annexes :

Le sideview (vue sur le côté) c'est une présentation graphique qui nous donne une vue d'ensemble sur la totalité du nuage .

La dispersion sur GIS (Geographic information system/système d'information géographique) cette représentation est une vue de haut du nuage sur carte a une échelle réelle, elle nous permettra de voir si le nuage peut être expose a une ignition par un équipement voisin ou une zone de travail ainsi que les limites que peut atteindre la flamme du flash fire

Loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

Art. 21. — La délivrance de l'autorisation prévue à l'article 19 ci-dessus est précédée d'une étude d'impact ou d'une notice d'impact, d'une enquête publique et d'une étude relative aux dangers et incidences éventuels du projet pour les intérêts mentionnés à l'article 18 ci-dessus, ainsi que, le cas échéant, de l'avis des ministères et collectivités locales concernés.

Cette autorisation n'est accordée qu'après réalisation des mesures prévues à l'alinéa ci-dessus.

Loi n° 04-20 du 13 Dhou El Kaada 1425 correspondant au 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

Art. 60. — Sans préjudice des dispositions de la loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003, susvisée, toute installation industrielle doit, avant sa mise en exploitation, être soumise à une étude de danger.

Loi n° 05-07 du 19 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 28 avril 2005 relative aux hydrocarbures.⁷

Art. 18. — Toute personne doit, avant d'entreprendre toute activité objet de la présente loi, préparer et soumettre à l'approbation de l'autorité de régulation des hydrocarbures une étude d'impact environnemental et un plan de gestion de l'environnement comprenant obligatoirement la description des mesures de prévention et de gestion des risques environnementaux associés auxdites activités conformément à la législation et à la réglementation en vigueur en matière d'environnement.

L'autorité de régulation des hydrocarbures est chargée de coordonner ces études en liaison avec le ministère chargé de l'environnement et d'obtenir le visa correspondant aux contractants et opérateurs concernés.

Décret exécutif n° 06-198 du 4 Joumada El Oula 1427 correspondant au 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement.

Annexes

Article 1er. En application des dispositions des articles 19, 23 et 24 de la loi n° 03-10 du 19 Jomada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003, susvisée, le présent décret a pour objet de définir la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement et, notamment, les régimes d'autorisation et de déclaration d'exploitation des établissements classés, leurs modalités de délivrance, de suspension et de retrait, ainsi que les conditions et modalités de leur contrôle.

Art. 2. Au sens du présent décret, il est entendu par : Installation classée : toute unité technique fixe dans laquelle interviennent une ou plusieurs activités figurant dans la nomenclature des installations classées telle que fixée par la réglementation en vigueur. Etablissement classé : l'ensemble de la zone d'implantation comportant une ou plusieurs installations classées et qui relève de la responsabilité d'une personne physique ou morale, publique ou privée qui détient, exploite ou fait exploiter l'établissement et les installations classées qui en relèvent.

Décret exécutif n° 15-09 du 23 Rabie El Aouel 1436 correspondant au 14 janvier 2015 fixant les modalités d'approbation des études de dangers spécifiques au secteur des hydrocarbures et leur contenu.

Article 1er. En application des dispositions de l'article 18 (alinéa 9) de la loi n° 05-07 du 19 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 28 avril 2005, modifié et complète, relative aux hydrocarbures, le présent décret a pour objet de fixer les modalités d'approbation des Etudes de dangers spécifiques au secteur des hydrocarbures et leur contenu.

Art. 2. Sans préjudice des dispositions de la réglementation en vigueur relative aux Etablissements classés pour la protection de l'environnement, sont soumis aux dispositions du présent décret, les ouvrages et installations permettant l'exercice des activités : de recherche ; d'exploitation, de transport par canalisation, de stockage, de raffinage et de transformation des hydrocarbures ; ó de stockage et de distribution des produits pétroliers.

Décret exécutif n° 07-144 du 2 Jomada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.

Art. 4. Outre les dispositions prévues par la réglementation en vigueur pour les Etablissements classés pour la protection de l'environnement permettant l'exercice des activités citées à l'article 2 du présent décret, l'Étude de dangers objet du présent décret, doit comporter :

- L'Evaluation de l'accidentologie avec l'analyse du retour d'expérience ;

Les modalités d'organisation et d'intervention en cas d'urgence. L'Etude de dangers relatifs aux activités citées à l'article 2 du présent décret, non régies par la réglementation relative aux installations classées doit comporter : (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 04, 2015)

- Une présentation de l'environnement de l'ouvrage ou de l'installation ;
- Une description de l'ouvrage ou de l'installation ;

Annexes

-
- L'Évaluation de l'accidentologie avec l'analyse du retour d'expérience ;
 - Une identification des dangers et Evaluation des risques d'accident ;
 - Un descriptif des mesures de prévention et de protection pour limiter les conséquences d'un accident majeur ;
 - Un système de gestion de sécurité ;
 - Les modalités d'organisation et d'intervention en cas d'urgence. (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 04, 2015)

Art. 5. La présentation de l'environnement de l'ouvrage ou de l'installation comporte les Éléments suivants :

a) la description de l'environnement de l'ouvrage ou de l'installation comprenant la situation géographique, les données météorologiques, géologiques, hydrographiques et, le cas échéant, son historique ;

b) le recensement des activités, Etablissements voisins, zones, aménagements et ouvrages susceptibles d'être à l'origine, ou d'accroître le risque ou les conséquences, d'un accident majeur et d'effets domino ; c) la description des zones où un accident majeur peut survenir.

Art. 6. La description de l'ouvrage ou de l'installation doit contenir les Éléments suivants :

a) la description des activités et des parties de l'ouvrage ou de l'installation qui peuvent être des sources de risque d'accidents majeurs et des conditions dans lesquelles cet accident majeur pourrait survenir ;

b) la description des procédés et leurs modes opératoires. Ces descriptions doivent être accompagnées de plans, et documents cartographiques (plan synoptique, plan de masse, plan de mouvement, diagramme des flux, plan des canalisations et diagramme de l'instrumentation).

c) La description des substances utilisées : déclaration et inventaire des substances comprenant : l'identification des substances : désignation chimique, désignation dans la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement conformément à la réglementation en vigueur la quantité maximale de substances dangereuses présentes ou susceptibles d'être présentes ; caractéristiques physiques, chimiques, toxicologiques, Écotoxicologiques et indication des dangers, aussi bien immédiats que différés, pour la santé humaine et l'environnement notamment les aquifères ; comportement physique ou chimique dans les conditions normales d'utilisation ou dans les conditions accidentelles prévisibles.

Art. 7. Le demandeur doit présenter dans le cadre de l'Évaluation de l'accidentologie, les résultats de la consultation des bases de données nationales et internationales, recensant les accidents et les incidents passés, impliquant les mêmes substances et/ou les mêmes procédés et/ou les mêmes Equipements, de l'examen des enseignements tirés de ces Évènements et la référence explicite aux mesures spécifiques prises pour éviter ces accidents.

Annexes

Art. 8. L'identification des dangers et l'Evaluation des risques d'accident sont définies par arrêté conjoint du ministre chargé des hydrocarbures, du ministre de l'intérieur et du ministre chargé de l'environnement.

Art. 9. Le descriptif des mesures de prévention et de protection pour limiter les conséquences d'un accident majeur comprend les éléments suivants :

- Le descriptif des paramètres techniques et équipements installés pour la sécurité intégrée des ouvrages et des installations ;
- La description des équipements et dispositifs de sécurité mis en place pour limiter les conséquences d'accidents majeurs pour préserver la santé et la sécurité des personnes, la protection des installations et de l'environnement ;
- La description de toute mesure technique et non technique utiles pour la réduction des conséquences d'un accident majeur.

Art. 10. Le système de gestion de la sécurité, Etabli conformément a l'annexe du présent décret, doit contenir les éléments suivants :

- Organisation et formation ;
- Identification et évaluation des risques ;
- Contrôle des opérations et d'exploitation ;
- Gestion de la sous-traitance ;
- Gestion des modifications ;
- Gestion des situations d'urgence ;
- Surveillance des performances ;
- Contrôle et réexamen.

Art. 11. L'Etude de dangers doit contenir les méthodes d'évaluation des risques utilisées avec une analyse des risques spécifiques aux activités et aux opérations particulières et les mesures d'atténuation y afférentes.

Art. 12. L'autorité de régulation des hydrocarbures peut demander la validation par une tierce expertise quant à la fiabilité des méthodes d'évaluation des risques utilisées et de leurs résultats.

Art. 13. Les modalités d'organisation et d'intervention en cas d'urgence doivent comporter les éléments suivants :

- La description des moyens mobilisables internes et/ou externes de protection et d'intervention ;
- La description de l'organisation de l'alerte et de l'intervention ;
- La description des mesures visant à limiter les risques pour les personnes se trouvant sur le site, y compris la conduite à tenir lors du déclenchement de l'alerte.