الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أمحمد بوقرة ببومرداس
Université M'Hamed Bougara de Boumerdès
كلية المحروقات والكيمياء
Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie

Département Génie des Procédés Chimiques et Pharmaceutiques

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue d'obtention de diplôme de Master

Spécialité* : *Génie des Procédés

Option* : *Hygiène Sécurité et Environnement (HSE)

Thème

Etude de dangers au niveau du centre de séparation et simulation d'un scénario d'accident par logiciel PHAST

Présenté par :

GHEFFAR Hafidh

SAADI Charaf Eddine

Devant le jury composé de :

M. BEDOUD. K	**MAA**	**Président**
Mme. BENRAHOU. F	**MCB**	**Examinateur**
Mme. BRIKI. M	**MCB**	**Encadrant**

Année universitaire : 2023/2024

Remerciement

Ce travail est l'aboutissement d'un long travail au cours duquel nous avons bénéficié de l'encadrement, et du soutien de plusieurs personnes, à qui nous tenons à dire nos profondément et sincèrement merci.

Tout d'abord et pour la plupart, nous remercions **Allah** Tout-Puissant notre créateur, notre pilier fort, notre source d'inspiration, de sagesse, de connaissance et de compréhension. Il a été la source de notre force tout au long de ce travail.

Nous tenons à remercier tout particulièrement **Dr BRIKI**, notre encadreur pour l'aide inestimable, sa disponibilité et ses encouragements que pour ses conseils, qu'elle nous a apporté afin de mener à bien la mission qu'elle nous a confiée au cours de ce projet. D'emblée elle nous a fait confiance ce qui nous a permis de rapidement m'investir dans notre projet.

Nous exprimons toute notre reconnaissance aux membres de jury pour nous avoir fait l'honneur d'examiner le présent travail. Surtout Monsieur "**K. BADOUD**", d'avoir accepté de présider le jury et Madame "**F. BENRAHOU** ", Enseignants à l'INH.

Nous désirons aussi exprimer nos essentiels remerciements à tout **le personnel de la région HMD** pour les orientations et les conseils.

Nous remercions aussi **nos camarades** de filière Hygiène Sécurité et environnement, et **nos enseignants** ainsi qu'à **tous les étudiants du département.**

Un grand merci à **nos familles** et à **tous nos amis** qui croient et nous font confiance.

Nous voudrions remercier **notre pays** bien-aimé pour la période d'éducation non rémunérée de l'école primaire aux études universitaires.

Enfin, nous exprimons en outre notre gratitude à **toutes les autres personnes** qui nous ont apporté leur aide dans l'élaboration de ce mémoire.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à :

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, départ son amour, son soutien, tous les sacrifices conseils et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privation pour m'aidera avancer dans la vie.

A Dr. "***BRIKI M*** " dont la disponibilité et le savoir faire ne m'ont jamais fait défaut.

A mon Frère, Mes chères sœurs, et toute la famille.

A mon binôme ***Hafidh***, ainsi que sa famille.

A Mes Amis et collègues de la spécialité HSE.

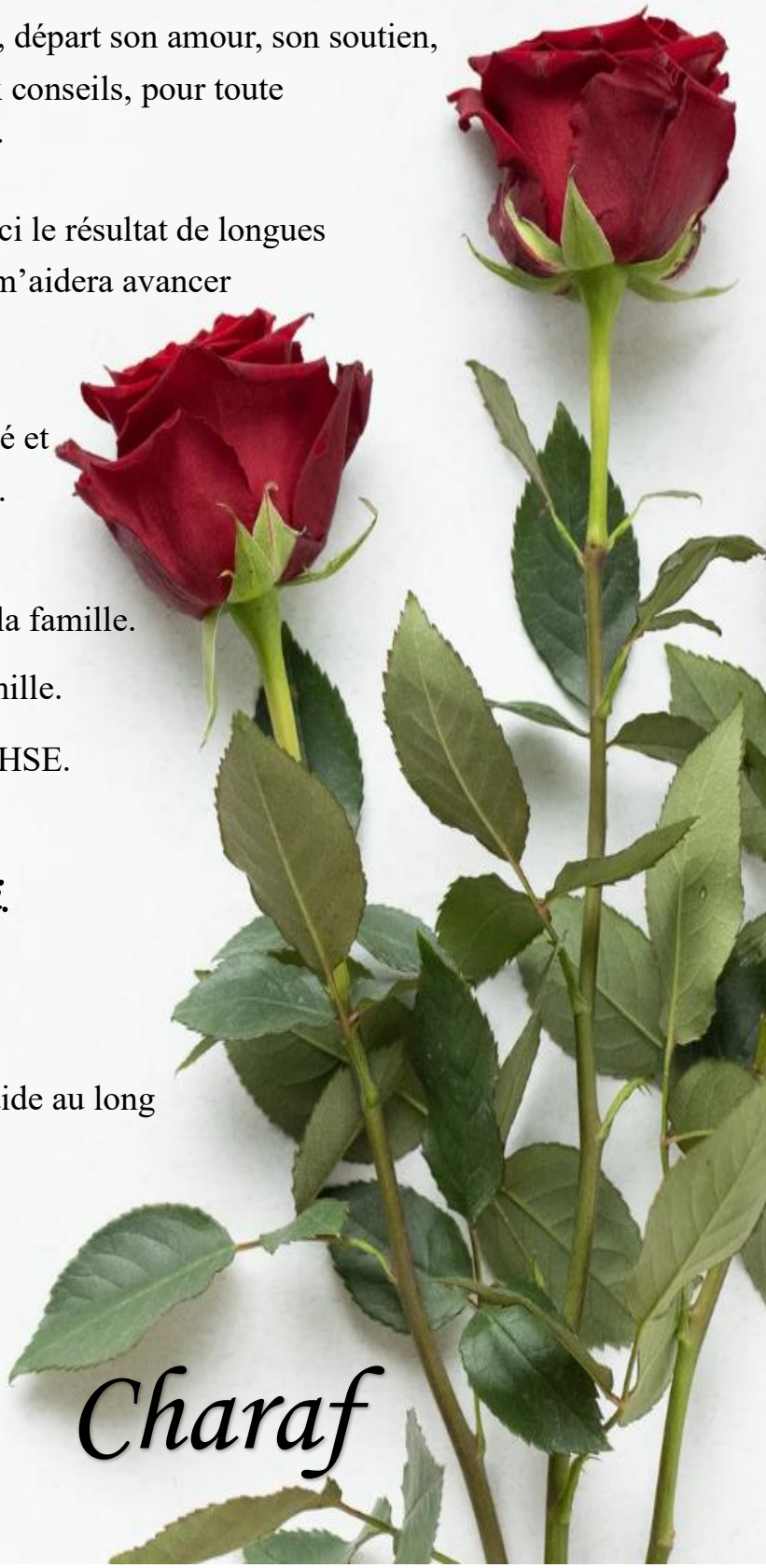
A mes très chers amis et en particulier

Amine, Fethi, Abd alsalam et ***Ali.***

A ceux qui m'aiment

A ceux qui j'aime

En fin, je dédie cette étude à tous qui m'aide au long de ma Recherche.



Charaf

DEDICACES

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

- A ma très **chère** mère **CHERIFA**, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

-A l'âme de mon **Père ALI**, que dieu le tout puissant, l'accueillir en son vaste paradis.

- A ma chère : **épouse RAZIKA**, pour ses encouragements, son soutien, surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.

-A mes chers frères:

RACHID, AHMED, HAMID, RABAH, IBRAHIM.

-A mes chères sœurs : **YAMINA**, **RAZIKA**, **Z'HOUR** et **ZAHIA.**

-A mes enfants : **MERIEM** et **MOHAMED** et tout ma famille.

-A mon **binôme SAADI Charaf Eddine,** ainsi que sa famille.

En fin, je dédie cette étude à tous qui m'aide au long de ma petite Recherche**.**

HAFIDH

Table Des Matiére

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Liste des annexes

Introduction Général.....1

Chapitre I : Déscription du champ d'étude et présentation du système de gestion HSE

1. Présentation de la Société SONATRACH 3
2. Présentation de Centre de séparation et de compression 4
3. Système gestion HSE.....7
   - 3.1 Politique de gestion de la sécurité 8
   - 3.2 Identification et évaluation des risques d'accidents majeurs.....8
   - 3.3 Maitrise des procédés et maitrise d'exploitation 8
   - 3.4 Gestion des sous-traitants 9
     - 3.4.1 Maîtrise des Entreprises Extérieures.....9
     - 3.4.2 Maîtrise des fournisseurs 9
   - 3.5 Gestion des modifications 9
   - 3.6 Planification des situations d'urgence 9
   - 3.7 Plan Interne d'Intervention (PII) 10
   - 3.8 Surveillance des performances 12
   - 3.9 Audit et revue.....12
4. Présentation de la méthodologie d'étude de danger 12
   - 4.1 Définition et Objectifs de l'étude de danger.....12
   - 4.2 Contenu de l'étude de danger 13
     - 4.2.1 Partie descriptive.....14
     - 4.2.2 Partie analytique.....14

Chapitre II Description des phénomènes et des méthodes d'analyse des risques utilisées

1. La définition d'une substance dangereuse et d'un Accident Majeur 16
2. Description des phénomènes dangereux.....16
   - 2.1. Dispersion atmosphérique du nuage.....17
   - 2.2 Le BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion).....17
   - 2.3 UVCE (Vapor Cloud Explosion) 17

2.4 BOIL-OVER....18
2.5 Feu de flaque ou feu de nappe....18
2.6 Feu de chalumeau....18
2.7 Feu de flash....18
2.8 Boule de feu....18
2.9 Cinétique des phénomènes dangereux....18
3. L'étude Accidentologie....19
4. L'arbre des événements....20
5. Logiciel PHAST....21
5.1 Présentation du logiciel PHAST....21
5.2 Substances utilisées....25
5.3 Seuils de référence pour les effets thermiques....26
5.4 Seuils de référence pour les effets de surpression....26
5.5 Paramètres généraux de modélisation....27
6. Méthode de Nœud papillon....27
7. L'analyse et cartographie du risque....30
8. Analyse des impacts économiques et financiers....31

Chapitre III : Etude de Défaillance au niveau du séparateur

1. Présentation de Scénario : Défaillance au niveau du séparateur (production et tampon)....32
1.1 Equipements étudiés dans le scénario....33
1.2 Les systèmes de sécurité de CSC....33
1.2.1 Le système de sécurité FEU et GAZ (F&G....34
1.2.2 Le système de sécurité d'arrêt d'urgence....34
1.3 Densité de population entour le CSC....37
1.4 Données météorologiques....37
2. Analyse des fréquences de défaillance....40
2.1 L'étude accidentologie....40
2.1.1 Casuistique des accidents internes....40
2.1.2 Casuistique des accidents externes....41
2.2 Analyse des causes....43
2.3 Probabilité d'occurrence de l'événement....44
2.4 Fréquence d'occurrence des conséquences....46

3. Analyse des conséquences des évènements....48
3.1 Description des conséquences possibles....48
3.2 Modélisation du phénomène....48
4. Résultats de la simulation....49
4.1 Distances d'effets....49
4.2 Analyse de la cinétique des événements....59
4.3 Etude des effets dominos....59
4.4 Calculer la valeur de criticité....60
4.5 Impact économique et financier....60
.5 Interprétation et discussion des résultats....61
5.1 Adéquation des mesures....61
5.2 Matrice ALARP....64
5.3 Interprétation et discussion....64
Conclusion générale et recommandations....66
Références bibliographie....67
Les ANNEXES....69

Liste des figures

Chapitre I

Figure I. 1: Location géographique de Hassi Messaoud
Figure I. 2: Vue Aérienne De La Région
Figure I. 3: Schéma De Pipeline Du Centre Et De Ses Environs
Figure I. 4: Schéma De Principe Site Un2-1
Figure I. 5: Principes De Fonctionnement De Système Gestion Hse
Figure I. 6: Un schéma du principe de fonctionnement de l'alarme et l'alerte
Figure I. 7: Schéma Général D'organisation
Figure I. 8: Contenu De L'étude De Danger
Figure I. 9: Démarche Utilisé Pour L'étude

Chapitre II

Figure II. 1*:* Les Categories De Dangers
Figure II. 2*:* Typique D'un Arbre D'evenement
Figure II. 3*:* Menu Du Logiciel Phast 7.11
Figure II. 4*:* Schema Descriptive Des Etapes De Simulation Par Logiciel Phast
Figure II. 5*:* Fenetre De Modification Des Parametres D'objet
Figure II. 6*:* Fenetre D'ajustement Des Parametres Des Vents
Figure II. 7*:* Log Window
Figure II. 8*:* Exemple Du L'empreinte Sur Terre Simule Par Phast
Figure II. 9*:* Le Nœud Papillon
Figure II. 10 : Structure Générique D'un Diagramme Bowtie
Figure II. 11 : Schema De Principe Du Processus D'evaluation Et D'acceptation Du Risque

Chapitre III

Figure III. 1: Le Plan De Construction De CSC
Figure III. 2: L'emplacement Des Séparateurs Dans Le CSC
Figure III. 3: « Zones Dangereuses »
Figure III. 4: Les Équipements De Sécurité
Figure III. 5: Rose Des Vents – Répartition Annuelle
Figure III. 6: L'arbre D'evénement De Fréquences D'occurrence De Chaque Conséquence Liée À L'événement
Figure III. 7 : Effets De Surpression D'un UVCE
Figure III. 8 : Les Distances D'effets Thermiques Associées Au Phénomène De Boule De Feu
Figure III. 9 : Les Distances D'effets Thermiques Associées Au Phénomène De Feu De Flaque
Figure III. 10 : Les Distances D'effets Thermiques Associées Au Phénomène De Feu De Chalumeau
Figure III. 11 : Distances Atteintes Par Les Concentrations Caractéristiques D'un Feu De Flash
Figure III. 12 : Schéma De Nœud Papillon
Figure III. 13 : Schéma De Matrice ALARP

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I. 1: Caractéristiques Des Pipelines Au Centre

Chapitre II

Tableau II. 1 : Cinétique Des Phénomènes Dangereuse
Tableau II. 2 : Les Substances Sélectionnées
Tableau II. 3 : Seuils Pour Les Effets Sur L'homme
Tableau II. 4 : Seuils Pour Les Effets Dominos
Tableau II. 5 : Seuils Pour Les Effets Sur L'homme
Tableau II. 6 : Seuils Pour Les Bâtiments Et Les Effets Dominos
Tableau II. 7 : Echelle Des Gravités
Tableau II. 8 : Echelle Des Occurrences
Tableau II. 9 : Niveaux De Risque

Chapitre III

Tableau III. 1 : Les Caractéristiques Du Séparateur Production A/B Et Tampon 402
Tableau III. 2 : Base De Vie Sonatrach Dans La Région De Hassi Messaoud
Tableau III. 3 : Moyennes Mensuelles Des Températures
Tableau III. 4 : Moyennes Mensuelles Des Précipitations
Tableau III. 5 : Humidité Relative Moyenne (%)
Tableau III. 6 : Fréquence Des Vents Selon La Direction Et Leur Vitesse
Tableau III. 7 : Classes De Stabilité Atmosphérique
Tableau III. 8 : Classes De Stabilité Sélectionnées
Tableau III. 9 : Conditions Météorologiques Utilisées Pour La Modélisation
Tableau III. 10 : Répartition En Fonction Du Lieu De L'accident/Incident Et Des Substances
Tableau III. 11 : Répartition Des Accidents/Incidents, En Fonction De Leur Origine (Cause)
Tableau III. 12 : Répartition Des Accidents/Incidents En Fonction De L'équipement Concerné
Tableau III. 13 : Répartition D'accidents/Incidents En Fonction Des Phénomènes Rencontrés
Tableau III. 14 : Répartition D'accidents/Incidents En Fonction De Leurs Conséquences
Tableau III. 15 : Nombre D'accident/Incident Par An Depuis Les Années 1998 À 2014 (HMD)
Tableau III. 16 : Les Principales Raisons De Défaillance
Tableau III. 17 : Probabilités de défaillance dans un équipement sous pression
Tableau III. 18 : Probabilités de défaillance dans une canalisations
Tableau III. 19 : Caractéristiques du ligne étudié
Tableau III. 20 : Fréquences Totales De Défaillance
Tableau III. 21 : Tableau De Fréquence Des Événements Redoutés
Tableau III. 22 : Tableau De Fréquence Des Événements Redoutés
Tableau III. 23 : Tableau De Fréquence Des Événements Redoutés
Tableau III. 24 : Tableau De Fréquence Des Événements Redoutés
Tableau III. 25 : Les Distances D'effets Thermiques Associées Au Phénomène De Boule De Feu
Tableau III. 26 : Les Distances D'effets Thermiques Associées Au Phénomène De Feu De Flaque
Tableau III. 27 : Les Distances D'effets Thermiques Associées Au Phénomène De Feu De Chalumeau
Tableau III. 28 : Les Distances Atteintes Par Les Concentrations Caractéristiques D'un Feu De Flash
Tableau III. 29 : Classification Des Phénomènes Selon Leur Vitesse
Tableau III. 30 : Calcule De Criticité
Tableau III. 31 : Les Résultats Des Analyses Et Du Simulation
Tableau III. 32 : Barrières De Sécurité

Liste des abréviations

ADE : Arbre des événements
ALARP : "As low as reasonably practicable"
ARH : Autorité de régulation des hydrocarbures
ATEX : Atmosphère Explosible
CINA / ZCINA : Centre Industriel Nord à Hassi Messaoud
COS : Commandement des opérations de secours
CPF : Central Process Facilities
CSC : Centre de séparation et de compression
DCS : Distributed control system
DOI : Directeur des opérations internes
DOS : Directeur des opérations de secours
DP : La Division Production
EDD : Etude de danger
ESD : Emergency shut down
HIS : Poste Opérateur
HMD : Hassi Messaoud
HSE : Hygiène et sécurité de l'environnement
ICPE : Installation classée pour la protection de l'environnement
ICS : Incident command système
IPS : Important à la sécurité
PAM : Protocole d'assistance mutuelle
PCO : Post commandement opérationnelle
PCT : Post commandement tactique
PHAST : Participatory Hygiene and Sanitation Transformation
PII : Plan intervention interne
PLC : Programmable logic controller
PNB : Produit national brut
POI : Plan d'Opération Interne
PPI : Plan Particulier d'Intervention
PSD : Système d'arrêt du procédé
SGS : Système gestion de sécurité
SPT : Système de Permis de Travail
UN : Upside Nord

Liste des annexes

ANNEXE A : Plot plan de lot 4 Upside North

ANNEXE B : Synthèse des Principles caractéristiques des méthodes d'analyse des risques.

ANNEXE C.1 : Caractéristiques des substances dangereuses (Ethane)

ANNEXE D.2 : Caractéristiques des substances dangereuses (n-Nonane)

ANNEXE E : Des accidents externe

ANNEXE F : Bowtie (Nœud de papillon)

ANNEXE G : Comment détermine Les seuils d'exposition pour les effets thermiques sur l'homme

Introduction Général

Dans le monde industrialisé d'aujourd'hui, le secteur des carburants occupe la place la plus importante parmi les autres secteurs. L'Algérie attache une grande importance à ce secteur, car les hydrocarbures représentent la majorité des exportations et aussi en raison de son rôle important dans la production et la commercialisation. A l'instar des entreprises algériennes, Sonatrach développe le secteur des hydrocarbures aux plus hauts niveaux afin de rivaliser avec le marché mondial et local.

Le développement du secteur des hydrocarbures est accompagné avec l'augmentation des risques qui y sont associés, ces risques sont gérés pour les réduire ou les éliminer et assurer la continuité des activités.

Après les accidents de FEYSIN (1966), FLEXIBOROUGH(1976), et MIXICO(1984), Les grandes entreprises ont commencé à étudier les risques avant de mettre en œuvre et élaboré des réglementations pour limiter les risques.

Sonatrach a commencé à attacher une grande importance à la sécurité industrielle en menant des études de risques périodiques et en incluant les études de risques parmi ses priorités dans tous ces projets.

Au cours de l'année 2023, Sonatrach a annoncé le lancement du Centre de Séparation et de Compression à Hassi Messaoud, affilié à la direction de la production. Le centre étant à ses débuts, il fait face à des risques inconnus liés à ses équipements et de comment gérer les incidents pouvant être liés au centre ? Pour cela notre travail consiste d'abord à collecter les informations (site…etc.) les rapports et les statistiques d'accidents (Personne et équipements), après tous les documents des événements colletés ont permis de créer un scénario d'accident (Défaillance au niveau du séparateur), ensuite ce scénario a été simuler avec le logiciel PHAST, les résultats ont été présentés selon la méthode de Nœud papillon et la méthode ALARP, en plus d'étudier les impacts économiques. Cela afin de réaliser une étude de danger pour notre scénario. À la fin une analyse et des recommandations ont été proposé afin de mieux gérer les risques.

Pour mieux réaliser ce mémoire, nous avons divisé notre travail en trois Chapitre :

- Le **1ere chapitre** est consacré à présenter le contexte général du système HSE dans la région de Hassi Messaoud.

- Le **2eme chapitre** a pour objectif de présenter les concepts de base liés à l'étude de danger, ainsi que les phénomènes dangereux majeurs, les méthodes d'analyse des risques (ADE, Nœud papillon … etc.), et de présenter le programme de simulation (PHAST). Et comment l'appliquer dans notre étude.

- La **3eme chapitre** est consacré à l'application des méthodes d'analyse cite ci-dessus des risques et la simulation d'un scénario de défaillance d'un séparateur avec le logiciel PHAST. Puis les résultats de la simulation et modélisons de leurs effets, avec des interprétations et une discussion.

La conclusion de ce travail sera une synthèse globale des travaux effectués et des recommandations prises en compte.

Enfin, les résultats obtenus sont perçus comme une référence pour l'étude des risques étant donné que le centre c'est une nouvelle unité.

Chapitre I

Description du champ d'étude et présentation du système de gestion HSE

1. Présentation de la Société SONATRACH

SONATRACH est la compagnie nationale algérienne pour la recherche, la production, le transport par canalisation, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures dérivés. Elle intervient également dans d'autres secteurs tels que la génération électrique, les énergies nouvelles et renouvelables et le dessalement d'eau de mer. Elle exerce ses métiers en Algérie et partout dans le monde où des opportunités se présentent. Elle est la première entreprise du continent africain et occupe une place de premier plan au niveau mondial. Sa production globale (tous produits confondus) est de 230 millions de tep en 2006. Ses activités constituent environ 30% du PNB de l'Algérie. Elle emploie 120.000 personnes dans l'ensemble du Groupe.

SONATRACH est divisé en quatre Activités : Exploration-Production, Transport par Canalisations, Liquéfaction Raffinage & Pétrochimie, et Commercialisation. **La Division Production (DP)** fait partie intégrante de l'Activité Exploration-Production. Les sites de production de la Division Production sont répartis selon les dix Directions Régionales Parmi eux, nous trouvons : **La Direction Régionale de Hassi Messaoud** qui comprenant les sites de Production suivants : CIS, CINA, UTBS, ZCINA, Unités Satellites, El Borma, BBK, Mesdar et nouveau centre HGA (Hassi guattara) UN. Voir figure I.1. [1]

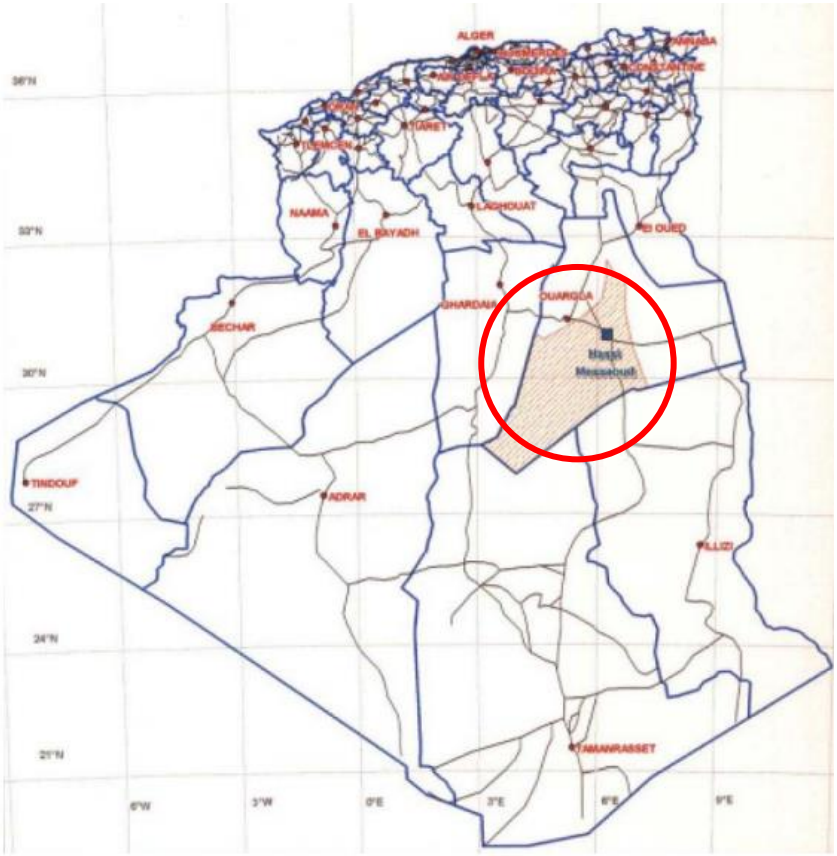


Figure I. 1: Location géographique de Hassi Messaoud

2. Présentation de Centre de séparation et de compression

Après avoir émis le projet de développement du Champ périphérique Nord d'Hassi Messaoud - Lot 4 de Sonatrach DP, Le projet a été implanté dans la région UN (Upside Nord) dans le Grand orientale dans les périphéries de Hassi Messaoud et fait partie de la wilaya d'Ouargla. Le projet couvre :

• la collecte de toute la production venant du champ Nord afin de transférer l'huile vers l'usine existante à CINA (Centre Industriel Nord à Hassi Messaoud) et transmettre le gaz à ZCINA.

• un centre de séparation (CSC) d'une capacité de 36 000 bbl/J.Il est situé à 20 km au Nord de la ville de Hassi Messaoud au niveau d'UN2-1. [2]

Le centre de séparation contient des manifolds, un séparateur de production et tampon, des utilités, des unités de compression et des lignes d'exports

Le site UN2-1 comprend des pipelines entrant et sortant du site. Les pipelines entrants sont principalement ceux ramenant l'huile brut des puits d'extraction. Les pipelines sortant du site permettent d'envoyer l'huile, les eaux huileuses et le gaz vers les usines existantes de Hassi Messaoud (ZCINA et CINA). Le tableau ci-dessous montre les Caractéristiques des pipelines au centre.

Tableau I. 1: Caractéristiques des pipelines au centre

Diamètre (pouce)	Origine – Destination	Produit
Non indiqué	Puits – UN2-1	Brut
8	UN2-1 - CINA	Huile
16	UN2-1 - ZCINA	Gaz
3	UN2-1 - CINA	Eau huileuse

Une carte des détails du site apparaît à l'annexe A. [3]

La vue aérienne (figure I.2) de la région permet de localiser les lignes principales, permettant la connexion avec le manifold du site UN2-1 et le CINA / ZCINA, et le schéma (figure I.3) montre ce qui entoure le centre.

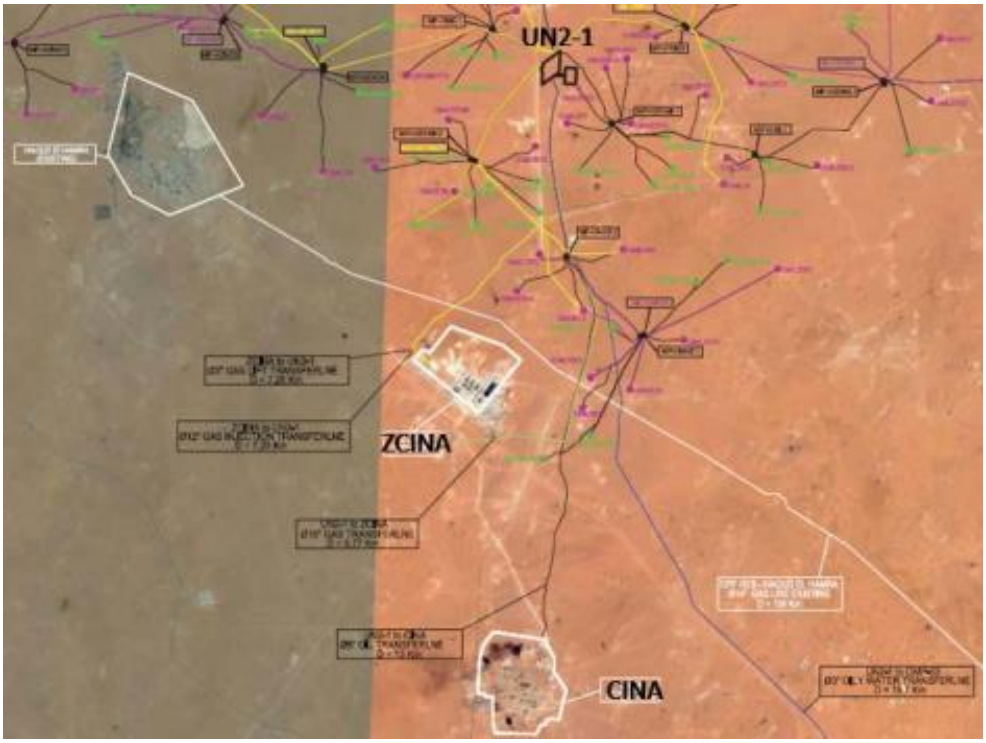


Figure I. 2: vue aérienne de la région [4]

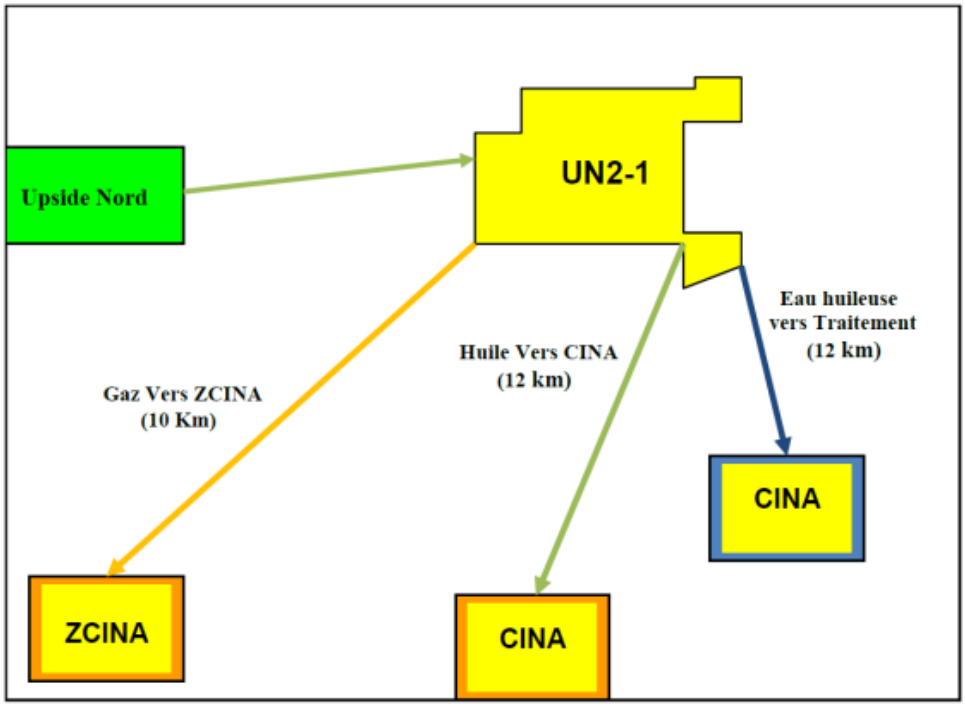


Figure I. 3: Schéma de pipeline du centre et de ses environs.

Le centre de séparation et de compression à l'UN2-1 sera constitué de :

• Deux (02) séparateurs BP triphasiques qui fonctionnent à 7 Bar ;

• Un (01) séparateur tampon biphasique qui fonctionne à 5 Bar ;

• Une pomperie d'expédition de brut vers CINA (3x 50%) ;

• Une station de compression de gaz de flash (3x100%) ;

• Un bassin d'évaporation ;

• Drainage fermé et ouvert ;

• Réseau de torches ;

• Toutes les utilités.

Voir ci-dessous le schéma de principe du développement de l'Upside Nord (CSC) de Hassi-Messaoud : [4]

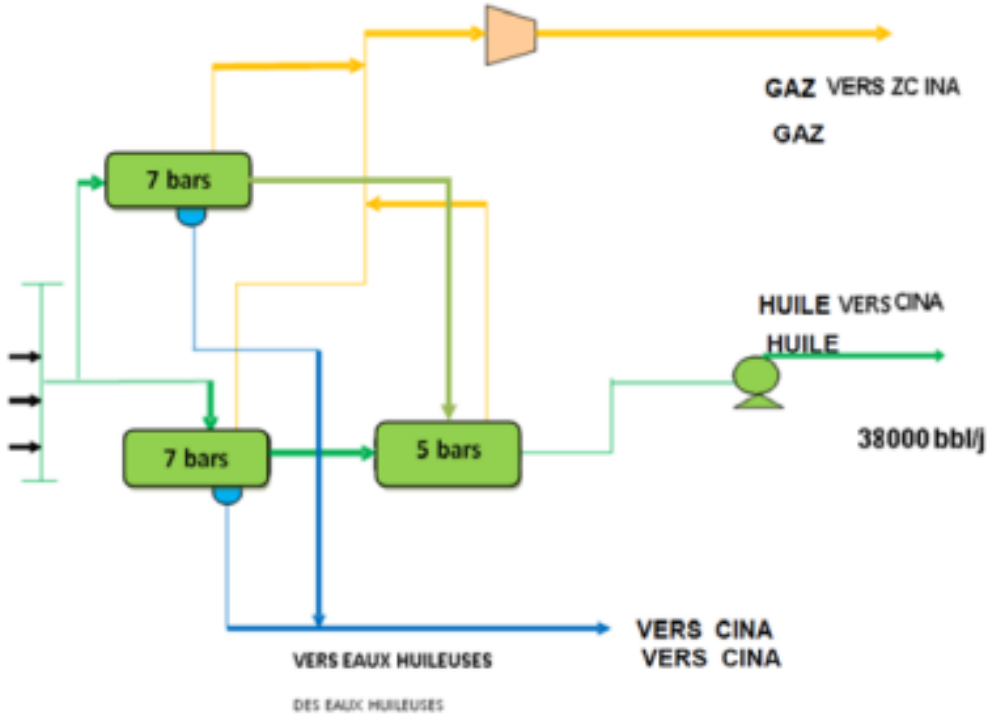


Figure I. 4: Schéma de principe site UN2-1.

3. Système gestion HSE

La Direction Régionale – Hassi Messaoud - de Sonatrach DP reconnaît que le fonctionnement approprié du site exige de se conformer aux plus hauts critères de performances en termes de santé, de sécurité et de respect de l'environnement.

La Direction Régionale – Hassi Messaoud - de Sonatrach DP a établi une série de systèmes, politiques et procédures qui forment le fondement de gestion de la sécurité du groupe. Ceux-ci ont été développés et mis en œuvre avec succès depuis de nombreuses années sur les sites d'exploitation du groupe. Cette section a pour objectif de décrire les systèmes, les politiques et les procédures qui composent le système de gestion de la sécurité. Cette description permettra également de démontrer l'engagement de la direction générale à l'égard des politiques, de présenter les moyens de communication mis en œuvre, d'étudier et de réviser les politiques et ainsi de démontrer qu'un système de gestion de la sécurité adapté et fiable est mis en place.

Le système de gestion HSE (Santé, Sécurité et Environnement) de la Région Hassi Messaoud - de Sonatrach DP constitue le fondement des méthodes d'identification et de résolution de toutes les questions de santé, de sécurité et de respect de l'environnement. Il s'applique à toutes les installations de la DP inclut les entreprises extérieures opérant pour la DP, Direction Régionale d'Hassi Messaoud (Voir figure I.5).

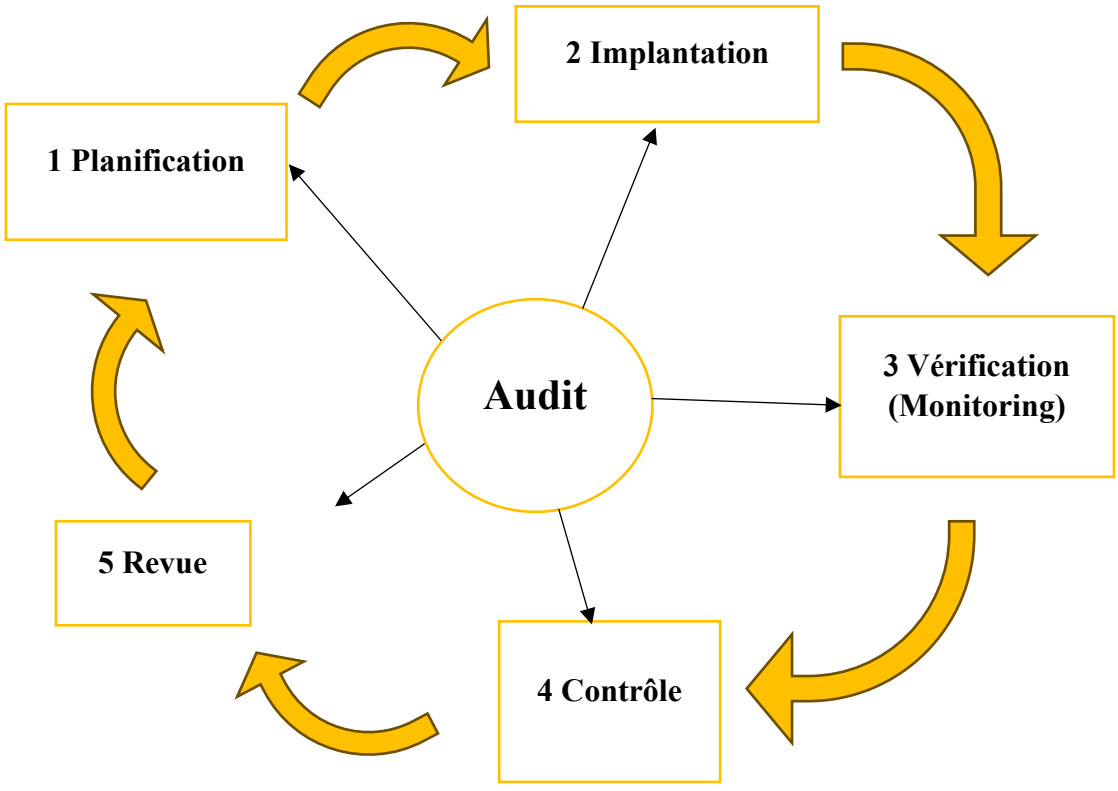


Figure I. 5: Principes de fonctionnement de Système gestion HSE

3.1 Politique de gestion de la sécurité

La Direction Régionale – Hassi Messaoud - de Sonatrach DP a fait sien de la politique du groupe Sonatrach sa propre politique HSE.

L'entreprise dispose d'une déclaration de politique écrite en matière de HSE :

- La Direction Régionale s'assure qu'une politique de prévention est connue par tous les travailleurs.
- La déclaration de politique est affichée à des endroits appropriés.
- La déclaration de politique fait l'objet de communication et de discussion lors de la formation d'induction des nouveaux membres du personnel.
- La politique en matière de sécurité est systématiquement abordée au minimum une fois par an dans les réunions de la direction.

3.2 Identification et évaluation des risques d'accidents majeurs

Les niveaux d'évaluation sont mis en place :

- ✓ La Disponibilité des études de dangers qui ont identifié tous dangers et les risques probables sur l'ensemble des installations et l'ensemble des scénarios d'accidents inhérents sont répertoriés dans des Plans Internes d'Intervention (PII). Ces PII sont utilisés par le personnel de l'intervention pour effectuer des exercices de simulation sur les scénarios de manière régulière chaque semaine.
- ✓ Mise en place de diverses procédures HSE liées aux activités et la participation à l'élaboration des nouvelles procédures.
- ✓ La veille sur le respect et l'application de ces procédures.
- ✓ Des Plans de prévention sont systématiquement mis en place pour les révisions des unités et/ou pour les cas de maintenance d'équipement.
- ✓ Un système d'inspection périodique de prévention couvrant l'ensemble des installations assorti de tableaux de bords pour le suivi des anomalies est mis en place.
- ✓ De même, divers systèmes d'inspections réglementaires sont mis en place pour les équipements régis par la réglementation nationale tels que les Appareils à Pression de Gaz ou de Vapeur, les équipements de manutentions, les équipements électriques.
- ✓ Le Système du Permis de Travail qui est un outil efficace pour l'identification des risques avant chaque travail.

3.3 Maitrise des procédés et maitrise d'exploitation

Le risque d'incidents avec possibilité de dégâts causés aux personnes, à l'environnement ou aux biens est minimisé par l'exercice d'un contrôle sur tous les aspects des opérations de la Direction. La maitrise des procédés englobe la maitrise de la règlementation et des documents, La société garantit une information précoce des nouvelles réglementations grâce à son réseau de partenaires nationaux et internationaux. Et s'assure que toutes les activités du système de gestion de la sécurité sont décrites dans des procédures. Et enfin la maitrise d'exploitation, les procédures d'exploitation y compris la maintenance sont adoptées et mises en application.

Des procédures et des instructions sont mises en place au niveau des sites afin d'assurer un fonctionnement des installations dans des conditions de sécurité optimales. Ces procédures sont des procédures de démarrage, d'exploitation, d'arrêt d'urgence, d'arrêt normal, de maintenance, inspections ...etc.

3.4 Gestion des sous-traitants

3.4.1 Maîtrise des Entreprises Extérieures

L'entreprise s'assure que les entreprises extérieures ne se soumettant pas aux obligations en matière de sécurité soient rejetées. Des audits des entreprises extérieures sont planifiés chaque année afin de contrôler le respect des normes HSE en vigueur chez la Direction.

3.4.2 Maîtrise des fournisseurs

La Direction Régionale HMD - DP Sonatrach sélectionne ses sous-traitants ou ses fournisseurs pour leur capacité à fournir un produit ou un service de façon sécurisée, saine et respectueuse de l'environnement. Les critères de sélection sont détaillés dans la procédure ARH de gestion.

Le respect de certaines normes HSE est essentiel et constitue l'une des conditions de conclusion de tout contrat avec La Direction Régionale HMD - DP Sonatrach.

3.5 Gestion des modifications

Une modification est un changement temporaire ou permanent dans les installations existantes qui génère un changement dans les paramètres d'exploitation. Afin de garantir qu'aucune déviation des paramètres ne soit occasionnée, une étude d'analyse des risques liés à cette modification doit se faire avant de réaliser cette modification que ça soit pour les nouvelles installations ou lors de la réalisation.

3.6 Planification des situations d'urgence

La Direction Régionale de Hassi Messaoud a adapté et mis en place des procédures et plans visant à identifier les scénarii d'accidents et de situations d'urgence suite à une analyse des risques liées aux installations et aux opérations :

- Un plan interne d'intervention est préparé et maintenu. Il détaille l'intervention nécessaire de la part du personnel de la Compagnie en cas d'accident majeur.
- Le protocole d'Assistance Mutuelle (PAM) qui regroupe 22 entreprises du secteur des Hydrocarbures de Hassi Messaoud
- Mise en place d'un Système de Réponse aux Urgences (ICS) inhérent au groupe Sonatrach avec Pole à Hassi Messaoud regroupant toutes les filières Sonatrach situées au Sud Est, avec un Poste de Commandement Tactique (PCT).

- ❖ Entrainement des équipes d'intervention aux scénarii retenus dans les PII sur une base périodique hebdomadaire, ainsi que dans les terrains d'exercices dédiés aux entrainements sur les feux réels.
- ❖ Maintien par le personnel d'intervention en bon état de marche des moyens d'intervention fixes et mobiles (réseaux d'eau anti-incendie, systèmes de protections automatiques, engins et camions de lutte contre l'incendie, la vérification des extincteurs, etc.).
- ❖ Un personnel compétent bien formé sur l'intervention d'urgence dans le cadre du Plan sur site, les premiers soins et la lutte contre les incendies.
- ❖ Le plan d'intervention est testé aux moyens d'exercices réguliers et d'autres moyens appropriés.

3.7 Plan Interne d'Intervention (PII) [4]

Selon l'Article 2 du Décret Exécutif 09-335 du 20 octobre 2009, le Plan Interne d'Intervention (PII) est : « un outil de gestion et de planification des secours et de l'intervention, visant à protéger les travailleurs, la population, les biens et l'environnement, et définissant, au titre de l'installation concernée, l'ensemble des mesures de prévention des risques, les moyens mobilisés à ce titre ainsi que les procédures à mettre en œuvre lors du déclenchement du sinistre. »

Cette section décrit les différents sujets qui feront partie du PII du projet de développement du Champ périphérique Nord d'Hassi Messaoud - Lot 4 de Sonatrach DP. Le PII est réalisé selon les requis de la législation algérienne et les requis internes de Sonatrach.

Le PII, suivant le canevas légal, est constitué de 10 chapitres et d'un groupe d'annexes :

A. Généralités

B. Alarme et alerte

C. Situation géographique

D. Evaluation des risques

E. Recensement des moyens d'intervention

F. Organisation des compétences et missions

G. Organisation des secours

H. Information

I. Interface avec les autres plans

J. Exercices de simulation et mise en œuvre du PII

K. Annexes Techniques

'Alarme et alerte' décrit le plan d'alerte avec les procédures d'alarmes et d'alertes du personnel de l'établissement, des services publics de secoures et des établissements signataires d'une convention d'aide mutuelle. (Voir figure I.6)

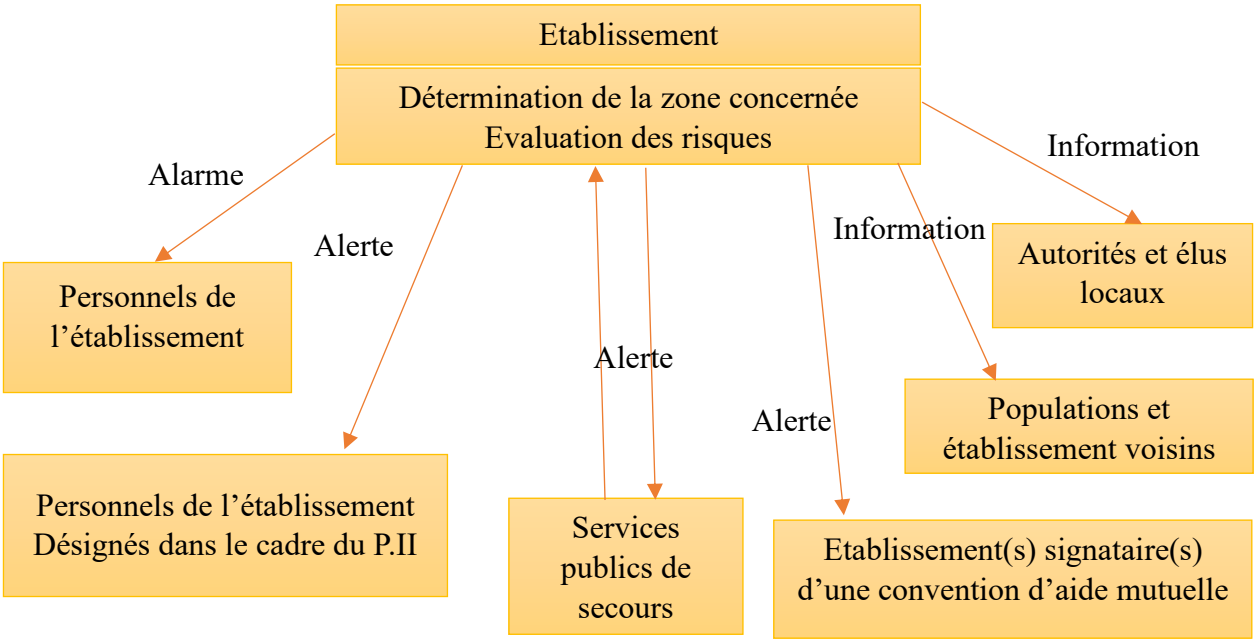


Figure I. 6: Un schéma du principe de fonctionnement de l'alarme et l'alerte

De plus, la procédure d'information des autorités locales, des populations et des établissements voisins, ainsi que les consignes de sécurité.

Le schéma général d'organisation et décrit les mesures d'urgence comme l'alerte des populations, le bouclage du périmètre de sécurité, l'arrêt de la circulation et l'envoi d'un représentant au PCO. Les procédures doivent être telles que décrites dans la figure I.7

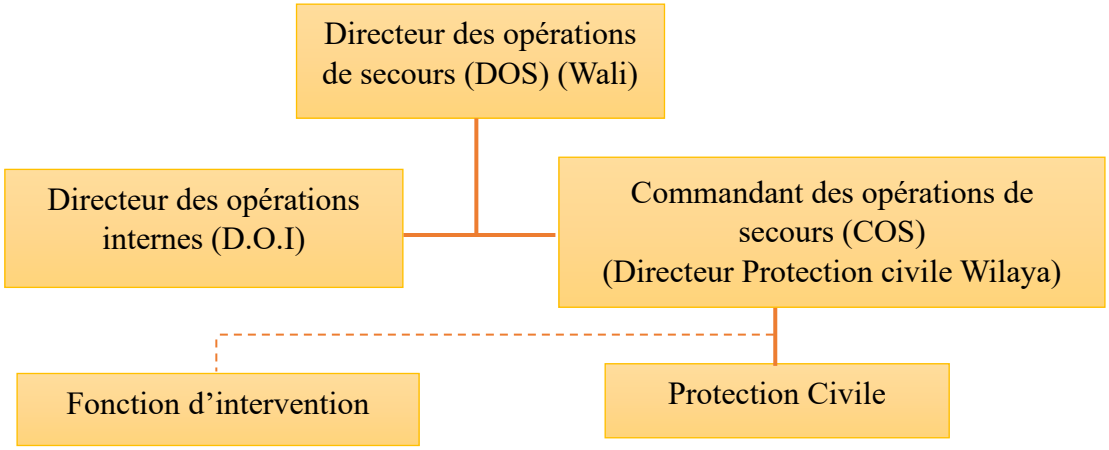


Figure I. 7: Schéma général d'organisation

3.8 Surveillance des performances

Gestion du retour d'expérience via les investigations d'incidents et d'accidents reprend :

- ✓ La politique relatée aux accidents et incidents
- ✓ La procédure de notification
- ✓ La procédure d'enquête d'accidents
- ✓ La procédure de rapportage des dangers ou presque accidents

Gestion du retour d'expérience via les notifications et le rapportage des dangers
Ces procédures incluent, une série de processus propre à chaque site, et sous la responsabilité du service HSE et de l'ensemble via :

- • Signaler et enquête après accidents et incidents.
- • Signaler des actions dangereuses.

3.9 Audit et revue

Le but de l'audit est de s'assurer que le SGS évolue en fonction des besoins de l'entreprise dans le sens de l'amélioration continue.

• des contrôles
• des audits
• des inspections
• des révisions

Les actions entreprises sont suivies en étroite collaboration avec les structures sur les sites afin d'améliorer constamment les conditions d'exploitation et de production en matière de sécurité et de santé au travail.

4. Présentation de la méthodologie d'étude de danger

4.1 Définition et Objectifs de l'étude de danger

L'étude de dangers précise les risques auxquels l'installation peut exposer, directement ou indirectement, que la cause soit interne ou externe à l'installation. En tant que de besoin, cette étude donne lieu à une analyse de risques qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents selon une méthodologie qu'elle explicite. Elle définit et justifie les mesures spécifiques visant à diminuer les chances et les conséquences de ces accidents.

L'étude de danger est notamment obligatoire pour les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Elle a ainsi les objectifs suivants :

- ✓ Identifier les cibles et les enjeux liés au site intégrant l'exploitation.
- ✓ Identifier les sources d'agression internes et externes et leur potentiel de dangers
- ✓ Réduire les potentiels de danger et évaluer la performance des barrières de sécurité Évaluer des risques inhérents au site et identifier les scénarios d'accident possibles.
- ✓ Coter les scénarios d'accident selon la probabilité d'occurrence, la cinétique (dans le développement et la propagation), ainsi que l'intensité qui définiront la gravité de l'accident.

- ✓ Caractériser et classer les différents phénomènes d'accidents en tenant compte de l'efficacité des mesures de prévention et de protection.
- ✓ Identifier les scénarios critiques et étudier leurs comportements (calculs et évaluation des effets d'un incendie, d'une explosion, etc.)

4.2 Contenu de l'étude de danger

L'étude de danger doit contenu les éléments suivants (voir figure I.8) :

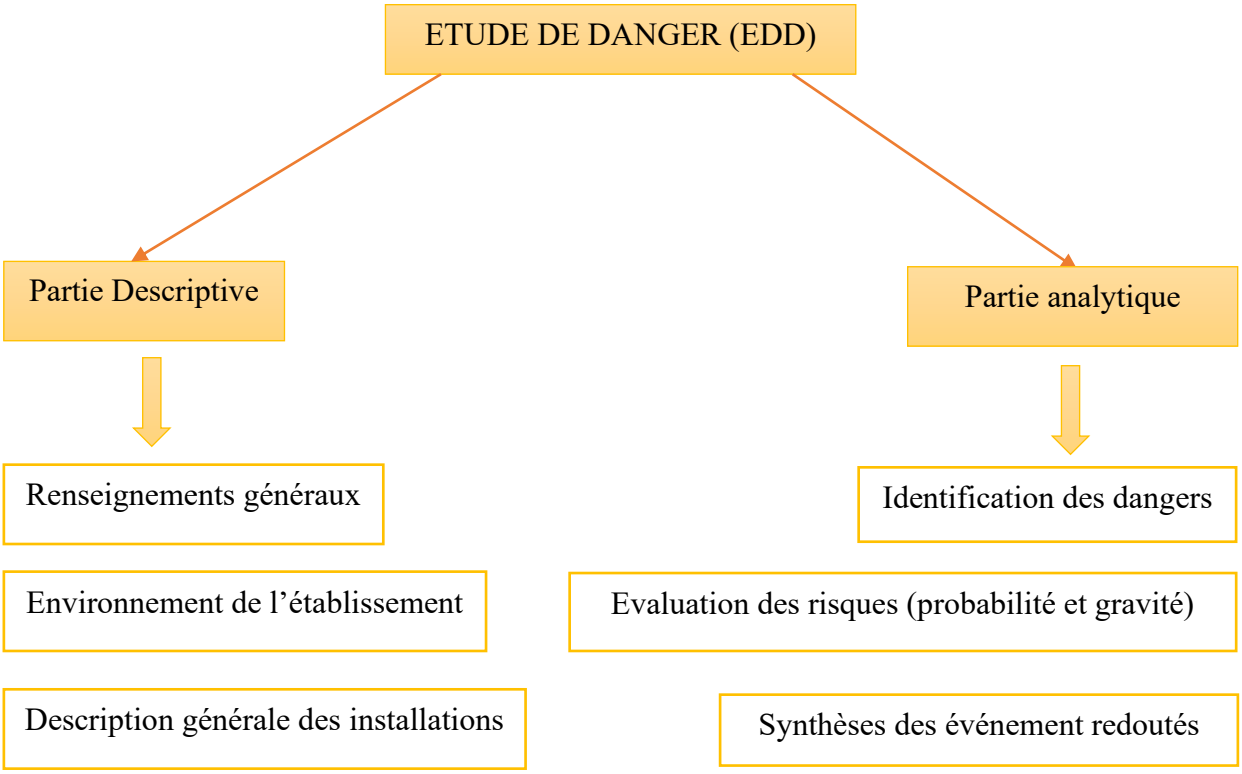


Figure I. 8: Contenu de l'étude de danger

4.2.1 Partie descriptive

Cette partie doit contenir les informations suivantes :

Des renseignements généraux suivantes :

- ✓ Identification et implantation du champ
- ✓ Textes législatifs et réglementaires pour la classification de l'entreprise et pour l'élaboration de l'étude de danger

L'environnement de l'établissement :

- ✓ Données météorologiques : Température, Insolation, Régime des vents, Stabilité de l'air
- ✓ Données géologiques et Données topographique.
- ✓ Population

Description générale des installations :

- ✓ Emplacement des séparateurs.
- ✓ Caractéristique des séparateurs : Dimension, Pression, Température et Débit

4.2.2 Partie analytique

Il existe un grand plusieurs d'outil ou méthodes dédiés à l'identification des dangers et des risques associés à un procédé pu une installation. Les méthodes les plus utilisées sont :

- ➢ Analyse par HAZOP (hazard operability)
- ➢ La méthode what if ?
- ➢ Analyse préliminaire des risques APR.
- ➢ Analyses des modes de défaillance de leur effet et de leur criticité (AMDEC)
- ➢ Analyse par arbre de défaillances
- ➢ Analyse par arbre des évènements
- ➢ QRA
- ➢ LOPA
- ➢ Analyse par nœud de papillons.
- ➢ Accidentologie

Pour plus de détails sur ces méthodes, voir l'Annexe B. [5]

Chacune de méthodes citées ci-dessus répond à des objectifs bien précis. Ainsi la combinaison entre plusieurs méthodes d'analyses s'avère indispensable pour élaborer une étude de danger complète et détaillée. Sur ce, la démarche suivante est utilisée dans notre étude (voir figure I.9).

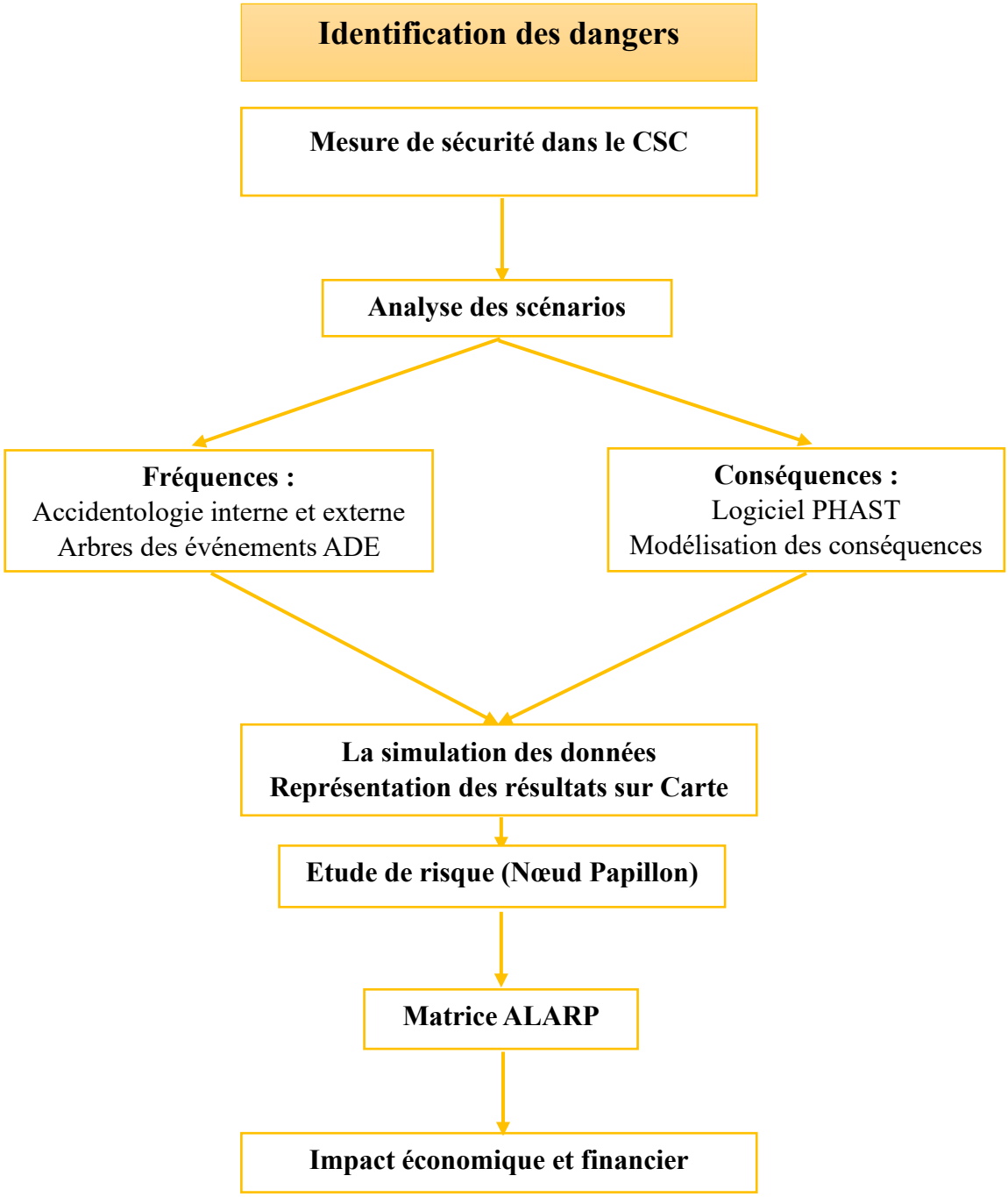


Figure I. 9: Démarche utilisé pour l'étude

Chapitre II

Description des phénomènes et des méthodes d'analyse des risques utilisées

Dans ce chapitre, des définitions et des explications détaillées, des méthodes utilisées dans notre mémoire.

1. La définition d'une substance dangereuse et d'un Accident Majeur

Une substance est considérée comme dangereuse si elle est définie comme suit : « chaque substance, mélange ou préparation présent sous forme de matière première, de produits, de sous-produits intermédiaires, y compris ceux dont il est raisonnable de penser qu'ils sont générés en cas d'accidents, avec un danger ou une propriété intrinsèque ou d'une situation physique pouvant provoquer des dommages pour la santé humaine et/ou l'environnement. » Les catégories de dangers suivants peuvent être identifiées : (voir figure II.1). [6]

- (Très) Toxique pour l'homme
- Comburante
- (Très) Explosive
- Inflammable
- Extrêmement / Facilement inflammable
- Réagit violemment avec l'eau
- (Très) toxique pour l'environnement

Figure II. 1: Les catégories de dangers

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

- Du point de vue de la sécurité, potentiellement causer des blessures graves ou des effets importants sur la santé
- Du point de vue environnemental, créer une pollution importante externe au site.

2. Description des phénomènes dangereux

Dans cette section, nous exposerons les phénomènes les plus significatifs qui peuvent être associés à notre objet d'étude. Nous allons d'abord analyser les bases théoriques qui expliquent ces phénomènes. Par la suite, nous examinerons les conséquences de ces phénomènes, en examinant leur apparition dans des situations réelles et les répercussions qu'ils ont sur les individus et les sociétés. [7]

2.1. Dispersion atmosphérique du nuage

La dispersion atmosphérique d'un nuage, engendrée par la mise à l'atmosphère sous la forme d'un jet de produit initialement sous pression, est un phénomène qui a fait l'objet de nombreuses investigations (études théoriques et études expérimentales). La maîtrise de la géométrie du nuage et de sa dérive dans le temps, est nécessaire pour déterminer les distances "aux concentrations à risques", par rapport au point de rejet du produit. Pour le cas des gaz inflammables, la zone dangereuse du nuage (nuage formé par un mélange d'air et de produit) correspond à la zone dans laquelle la concentration du gaz est comprise entre la Limite Supérieure d'Inflammabilité (L.S.I.) et la Limite Inférieure d'Inflammabilité (L.I.I.).

C'est dans toute cette zone que le nuage risque de s'enflammer et que l'inflammation risque de générer des surpressions. Un certain nombre de logiciels de dispersion, dont PHAST, ont été mis au point pour caractériser la forme du nuage et pour déterminer les profils de concentration par rapport à la source d'alimentation du nuage. Les facteurs influençant la dispersion atmosphérique sont : Conditions météorologiques/Vent/Stabilité atmosphérique/Température/Précipitations.

2.2 Le BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)

Le terme générique de BLEVE provient de l'expression Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (« Vaporisation explosive d'un liquide surchauffé »). Le BLEVE est un événement particulièrement redouté sur les stockages de produits liquéfiés.

Par définition, le BLEVE consiste en une vaporisation violente à caractère explosif consécutive à la rupture d'un réservoir contenant un liquide à une température significativement supérieure à sa température normale d'ébullition à la pression atmosphérique. Défini d'une autre manière, le BLEVE est une explosion résultant d'une vaporisation « quasi instantanée » ayant pour conséquence de générer une onde de souffle. Les effets d'un BLEVE sur l'environnement se manifestent généralement de trois manières :

- Effet de pression : propagation d'une onde de surpression
- Effets missiles : projection de fragments à des distances parfois importantes
- Effets thermiques : dans le cas d'un BLEVE de gaz liquéfié inflammable, rayonnement de la boule de feu.

Il y a deux **types du BLEVE :** La transformation qui se produit en-dessous de la température limite de surchauffe à pression atmosphérique, est généralement appelée «BLEVE froid ». La transformation qui se produit au-dessus de la température limite de surchauffe à pression atmosphérique, est généralement appelée « BLEVE chaud ».

2.3 UVCE (Vapor Cloud Explosion)

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

2.4 BOIL-OVER

Le phénomène de "boil over" (ou débordement par ébullition) se produit lorsqu'un incendie affectant un réservoir de stockage de liquide inflammable provoque une ébullition violente et soudaine du liquide contenu, entraînant une éjection massive de ce liquide enflammé. Ce phénomène est particulièrement dangereux et peut avoir des conséquences catastrophiques.

2.5 Feu de flaque ou feu de nappe

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

2.6 Feu de chalumeau

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

2.7 Feu de flash

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

2.8 Boule de feu

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

2.9 Cinétique des phénomènes dangereux

Le tableau II.1 récapitule les événements initiateurs et les différents délais génériques pour les phénomènes dangereux de type inflammables. En fonction des différents délais, des moyens d'évacuation, de diminution de la gravité ou d'intervention pour empêcher le phénomène dangereux de se réaliser pourront être considérés dans l'étude du scénario. Une classification des familles a été adoptée pour chaque phénomène.

Tableau II. 1 : Cinétique des phénomènes dangereuse [4]

Phénomènes dangereux	Evénement initiateur	Durée pré-accidentelle	Délai d'occurrence	Durée d'exposition	Famille du phénomène
UVCE	Perte de confinement	Immédiat	Plusieurs secondes	Quelques millisecondes	Très rapide
Feu Flash	Perte de confinement	Immédiat	Plusieurs secondes	Plusieurs secondes	Très rapide
Feu de flaque	Perte de confinement	Immédiat à plusieurs minutes	Immédiat	Plusieurs secondes	Long mais immédiat
Feu chalumeau	Perte de confinement	Immédiat à plusieurs minutes	Immédiat	Plusieurs secondes	Long mais immédiat
Boule de Feu	Feu externe	Plusieurs minutes	Immédiat	Plusieurs secondes	Rapide mais retardé
BLEVE chaud	Feu externe	Environ 10 minutes	Immédiat	Quelques millisecondes	Rapide mais retardé
BLEVE froid	Perte de confinement	Environ 10 minutes	Immédiat	Quelques millisecondes	Rapide mais retardé
Boil-over	Feu de bac	Plusieurs heures	Immédiat	Plusieurs secondes	Rapide mais très retardé

3. L'étude Accidentologie

L'étude accidentologie est cruciale pour évaluer les risques en raison de :

- Elle permet d'identifier a priori les incidents ou accidents susceptibles de se produire à partir :

  - ✓ Des accidents ou incidents s'étant déjà produits sur le site étudie,
  - ✓ Des accidents survenus sur des installations comparables à celles étudiées.

- Elle met en lumière les causes les plus fréquentes d'accidents et donne des renseignements précieux concernant les performances de certaines barrières de sécurité.

- Elle constitue une base de travail pertinente pour l'analyse des risques en groupe de travail qui devra identifier a priori des scenarios d'accidents.

Cette analyse porte à la fois sur les incidents et accidents survenus sur les installations étudiées ou sur des installations similaires.

4. L'arbre des événements

❖ Historique et domaine d'application

L'analyse par arbre d'évènements a été développée au début des années 1970 pour l'estimation du risque lié aux centrales nucléaires à eau légère. Son utilisation s'est étendue à d'autres secteurs d'activité.

Cette méthode s'applique sur des sous-systèmes bien déterminés. Elle permet d'estimer les probabilités d'occurrence de séquences accidentelles à condition de disposer de la probabilité d'occurrence de l'évènement initial et de la probabilité de défaillance des barrières de sécurité.

Cette méthode est aussi utilisée dans le domaine de l'analyse après accidents en vue d'expliquer les conséquences observées résultant d'une défaillance du système.

❖ Principe

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 évènement initiateur ou d'une défaillance d'origine, l'analyse par arbre d'évènements permet donc d'estimer le dérivé 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... Ces dispositifs peuvent concerner aussi bien des moyens automatiques qu'humains.

❖ Déroulement

La démarche généralement retenue pour réaliser une analyse par arbre d'évènements est la suivante :

- Définir l'évènement initiateur à considérer,

- Identifier les fonctions de sécurité prévues pour y faire face,

- Construire l'arbre,

- Décrire et exploiter les séquences d'évènements identifiées.

Cette détermination des probabilités pour un arbre d'évènements réduit est expliquée dans la Figure II.2 [9].

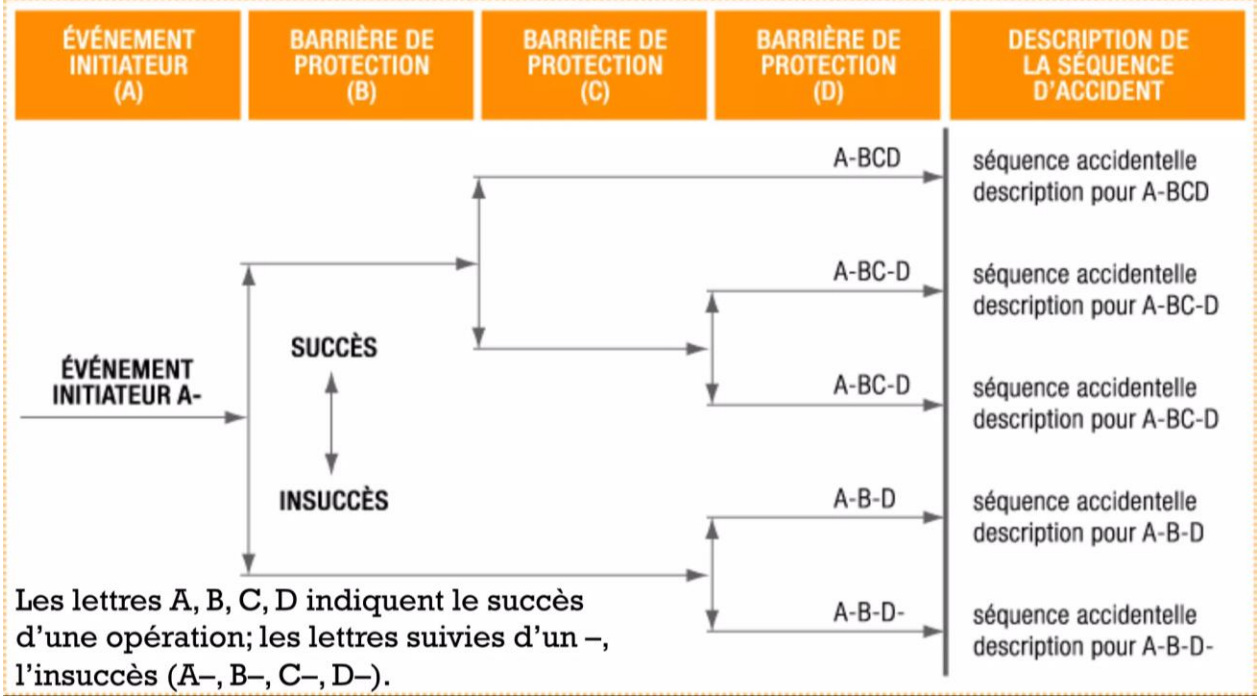


Figure II. 2: Typique d'un arbre d'évènement

❖ **Limites et avantages**

L'analyse par arbre d'évènements est une méthode qui permet d'examiner, à partir d'un évènement initiateur, l'enchainement des évènements pouvant conduire ou non à un accident potentiel. Elle trouve ainsi une utilité toute particulière pour l'étude de l'architecture des moyens de sécurité (prévention, protection, intervention) existants ou pouvant être envisages sur un site.

Cette méthode peut s'avérer lourde à mettre en œuvre. En conséquence, il faut définir avec discernement l'évènement initiateur qui fera l'objet de cette analyse [8].

5. Logiciel PHAST

5.1 Présentation du logiciel PHAST

Le logiciel PHAST (Process Hazard Analysis Software Tool) permet de simuler la dispersion atmosphérique des nuages de gaz dans l'air, il modélise ainsi les conséquences des scénarios d'accident les plus répandus. Il est commercialisé par la société DNV (det norske versitas) dont les propriétés thermodynamiques utilisées sont issues de la banque de données DIPPR (Design Institute for Physical Properties). [10]

Ce type de simulation s'avère très utile l'hors l'élaboration de l'étude de danger, il permet selon la réglementation algérienne de calculer les périmètres de sécurité autour des établissements industriels à risques. (Voir figure II.3) :

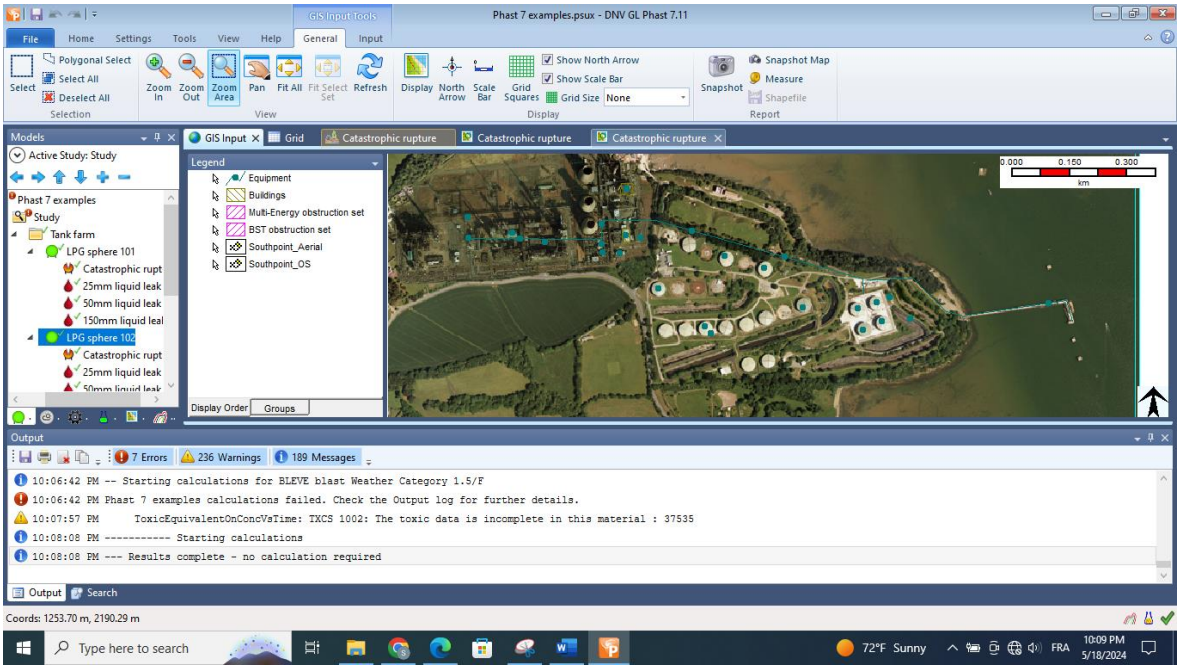


Figure II. 3: Menu du logiciel PHAST 7.11

La simulation avec le logiciel se fait en coordinat avec trois grands blocs (figures II.4) :

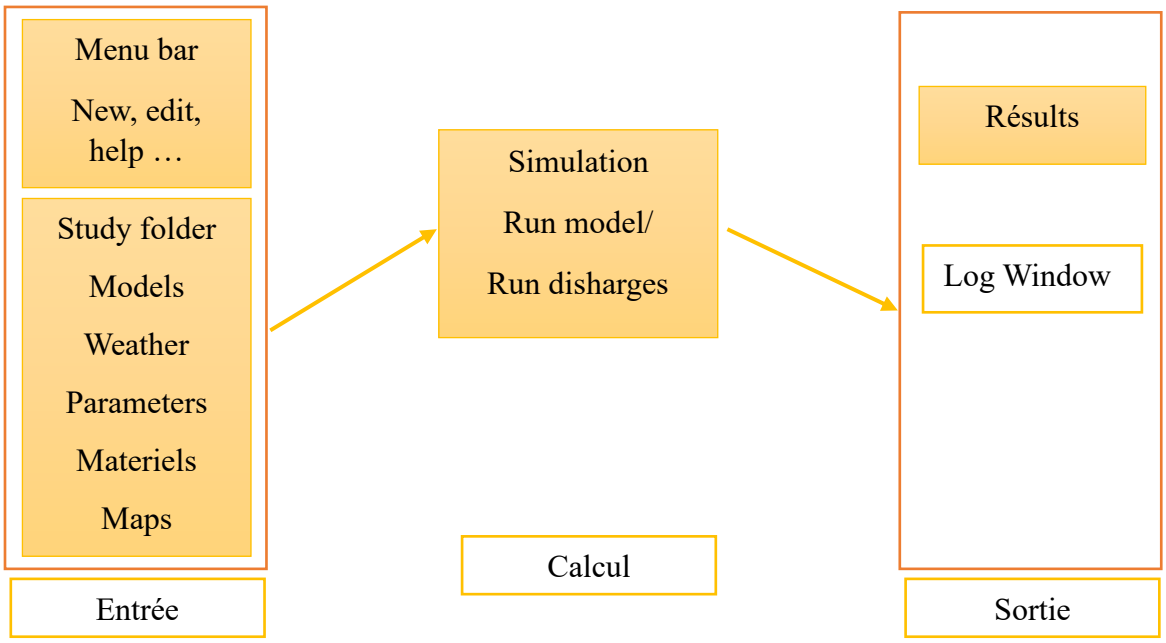


Figure II. 4: Schéma descriptive des étapes de simulation par logiciel PHAST

l'entrée (le choix de type d'équipement, la gestion des dossiers…), **calcul** (exécution des modèles) et **sortie** (affichage des résultats sous forme de map, graphes et rapports)

- **Paramètres d'entrée**

Menu bar : Cette fenêtre dispose de plusieurs onglets permettant de créer de nouveaux projets, d'éditer des projets existants, de modifier l'affichage des résultats et d'accéder au document technique du logiciel.

Models Window : Elle permet de définir l'objet de l'étude et son environnement en passant par les onglets suivants :

Models : Cette onglet permet d'ajouter ou modifier différents types d'objets à savoir : long pipe ligne, pressure Vessel, atmospheric storage tank (voir figure II.5). Chaque objet contient des paramètres à ajuster tel que :

- Type de fluide qui véhicule la pipe ou la capacité

- Les conditions de température et de pression du fluide.

- La géométrie de l'objet : élévation, longueur, diamètre intérieur et débit massique.

- Positionnement de la fuite et système de sécurité en cas d'excès de débit …

Weather : Les données du vent sont introduites dans cet onglet y compris les vitesses du vent et la stabilité Pasquil Les détails viendront plus tard.

Materials : On peut ajouter des matériaux qui existent dans la bibliothèque du logiciel à savoir méthane, propane, butane, N-Octane etc. On peut également créer des mixtures de matériaux comme le cas de brut.

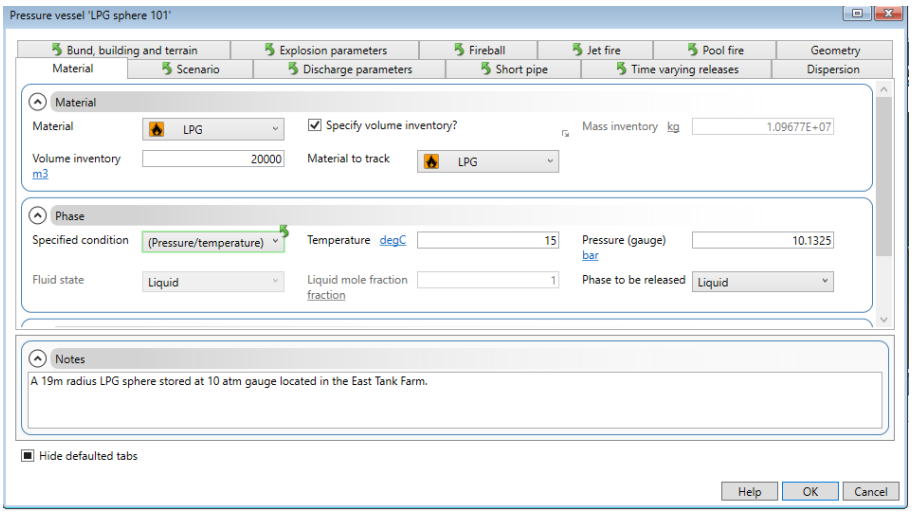


Figure II. 5: Fenêtre de modification des paramètres d'objet

Paramètre : Dans cet onglet on ajuste les paramètres des différents modèles mathématiques utilisés dans la simulation telle que : stabilité Pasquil, dispersion, décharge, nappe de feu (pool fire), feu de chalumeau (jet fire) et boule de feu (fireball). [6]

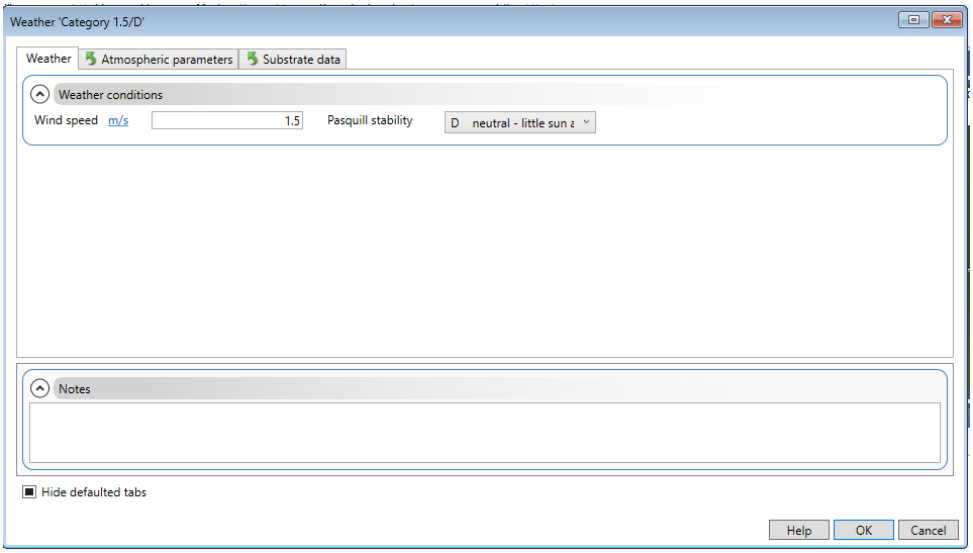


Figure II. 6: Fenêtre d'ajustement des paramètres des vents

MAP : L'insertion de la carte se fait en amont de la simulation pour préciser l'emplacement des objets (pipeline, manifold et puits). Pour avoir une meilleure précision de positionnement, la carte doit être géo-référencé dont l'extension est de geotif.

- **Paramètre de sortie**

Log Window : Logarithmic window est une fenêtre logarithmique affiche d'une façon chronologique les différentes étapes de simulation et les messages d'erreurs.

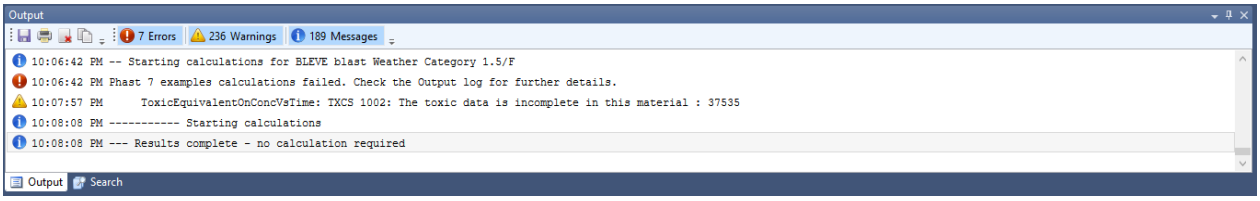


Figure II. 7: Log Window

Reculs window : Cette fenêtre va nous fournir les résultats de la simulation à savoir le rayon d'impact pour chaque scénario : UVCE, Jet fire, Pool fire, l'empreinte sur terre de la dispersion des nuages gazeux (voir figure II.8).

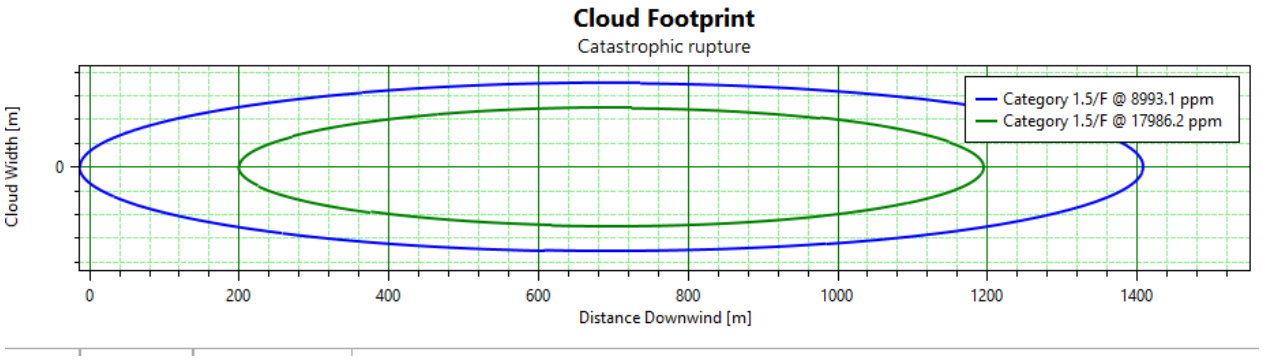


Figure II. 8: Exemple du l'empreinte sur terre simulé par PHAST

5.2 Substances utilisées

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

• Choisir le composant dominant dans le mélange et modéliser la substance uniquement avec ce composant.

• Choisir un composant pur dans la base de données dont les propriétés ressemblent à celles du mélange.

• Choisir le composant dominant dans le mélange et ajuster ses propriétés physiques afin de prendre en compte l'effet des autres composants.

Pour l'ensemble des mélanges étudiés dans cette étude, un composé pur a été sélectionné pour représenter les mélanges. Le composé a été choisi pour se rapprocher au plus des propriétés physiques, chimiques, inflammables et toxicologiques du mélange représenté.

L'huile brute est un mélange d'hydrocarbures, allant du méthane à des composés lourds (C15+). La composition de l'huile est différente à chaque gisement voire à chaque puits. Pour représenter un mélange très hétérogène comme l'huile brute, l'approche sélectionnée reprend deux substances pures différentes.

Les fractions légères de l'huile brute sont représentées par un composé gazeux à température et à pression normale. Ce choix permet de modéliser les feux chalumeaux, les UVCE (Vapour Cloud Explosion) et les feux flashes, plus typiques des gaz. Les fractions les plus lourdes de l'huile sont représentées par un composé liquide pur, permettant de simuler les feux de flaques notamment.

Le choix de ces deux substances pures (Ethane – n-Nonane) permet d'être représentatif pour les conséquences faisant intervenir majoritairement la phase vapeur ou au contraire la phase liquide. En fonction des compositions des flux proposés dans les Process Flow Diagrams et les Heat & Material Balances, cette sélection est réalisée sur le poids moléculaires moyens des phases liquides et gazeuses dans les équipements représentatifs de chaque scénario. Les substances représentatives sélectionnées sont reprises ci-dessous :

Tableau II. 2 : Les substances sélectionnées

Scénario	Substances	Phase gaz	Phase liquide
Défaillance de séparateur	Huile Brute	Ethane	n-Nonane

Pour plus de détails sur chaque substance chimique, voir l'annexe C. [11]

Par définition, l'huile stabilisée est de l'huile brute dont les fractions légères ont été dégazées. Seules les fractions les moins volatiles de l'huile brute sont encore présentes dans le mélange. Les modèles utilisés sont donc identiques mais présentant des proportions vapeurs / liquides différentes.

5.3 Seuils de référence pour les effets thermiques

Les seuils thermiques suivants sont utilisés pour quantifier et mesurer les effets d'un accident majeur sur l'homme et les effets dominos possibles sur les structures. [12]

Tableau II. 3 : Seuils pour les effets sur l'homme

Seuils	Justifications
2,5 Kw/m^2	L'accident peut affecter des personnes sensibles ou non averties
6,4 Kw/m^2	Conséquences graves, directes ou indirectes, immédiate ou à long terme.
10 kW/m^2	1% de fatalité après 20s pour des personnes non protégées

Comment les seuils d'exposition pour les effets thermiques sur l'homme ont été déterminés, voir l'annexe G

Tableau II. 4 : Seuils pour les effets dominos

Seuils	Justifications
8 kW/m^2	Dégâts aux installations non protégées
32 kW/m^2	Dégâts aux installations protégées

5.4 Seuils de référence pour les effets de surpression

Les seuils de surpression suivants pour quantifier et discuter des effets d'un accident majeur sur l'homme et les effets dominos possibles sur les bâtiments : [12]

Tableau II. 5 : Seuils pour les effets sur l'homme

Seuils	Justifications
25 mbar	Dommages graves
50 mbar	Dommages irréversibles

Tableau II. 6 : Seuils pour les bâtiments et les effets dominos

Seuils	Justifications
70 mbar	Dommages aux bâtiments
160 mbar	Premiers dégâts aux structures (effet domino)

5.5 Paramètres généraux de modélisation

La hauteur de calcul des effets a été définie à 1 mètre.

Le calcul de la masse inflammable utilise 100% de la LII comme valeur inférieure limite pour la masse inflammable.

6. Méthode de Nœud papillon

La notion de risque est généralement expliquée à l'aide d'un diagramme communément appelé le nœud papillon. Le nœud papillon est un outil qui combine un arbre de défaillance avec un arbre d'évènements. Il est représenté de la manière suivante : [13]

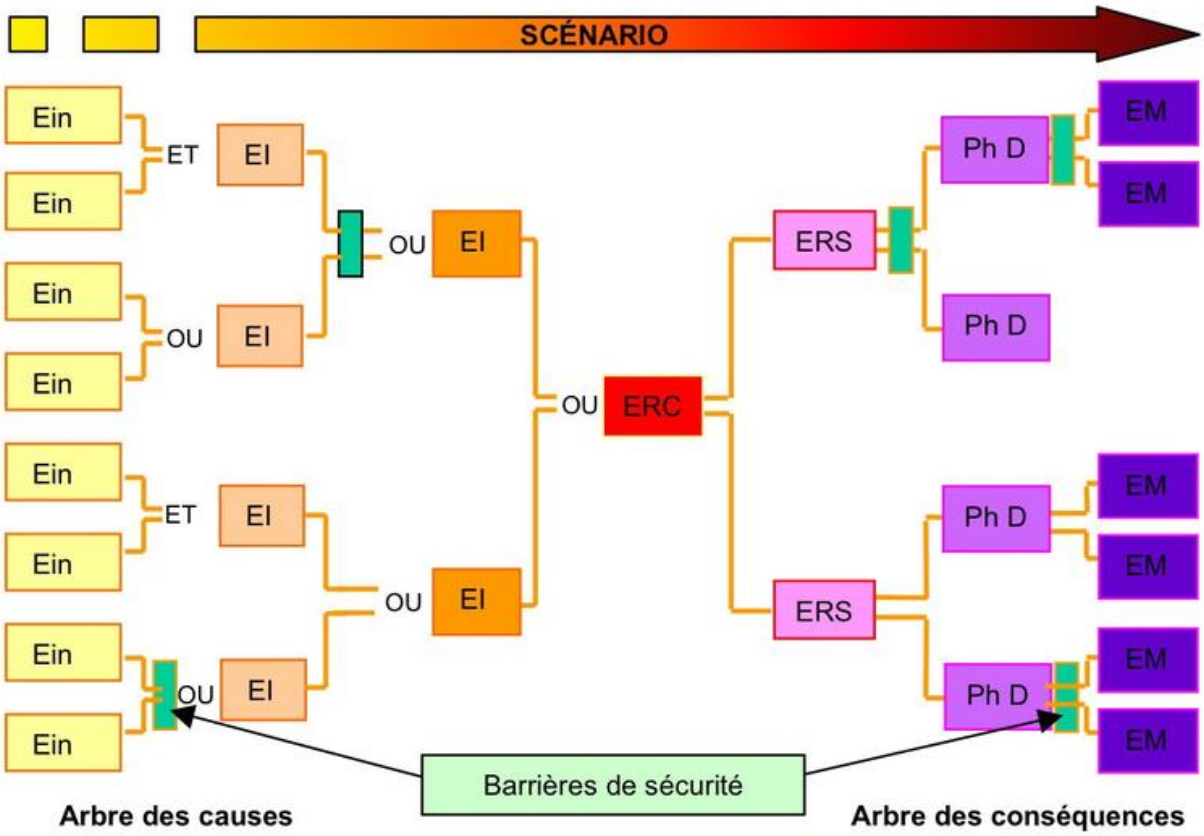


Figure II. 9: Le nœud papillon

Le point central du nœud papillon (ERC), appelé évènement central, désigne généralement une perte de confinement ou une perte d'intégrité physique. La partie gauche du nœud papillon s'apparente à un arbre des causes avec (EIn) c'est événement indésirable (exemple le surremplissages) et (EI) est événement initiateur (exemple la corrosion) tandis que la partie droite s'attache à déterminer les conséquences de l'évènement redouté central avec le ERS (évènement redouté secondaire) et le (PhD) c'est la phénomène dangereux (exemple chute, incendie…etc) et le (EM) représente les effets majeurs (effets liteaux ou irréversibles … etc).[18]

Les barrières de sécurité de la gouache ces pour la préventive et la droite pour la protective.[19]

- **Modèle simplifié**

la méthode de nœud papillon (en anglais Bowtie) peut être résumé pour qu'il relie directement l'élément indésirable à l'événement redouté central puis le relie directement aux phénomènes dangereux, tout en prenant en compte les barrières de sécurité.. (Figure II.10) [14]

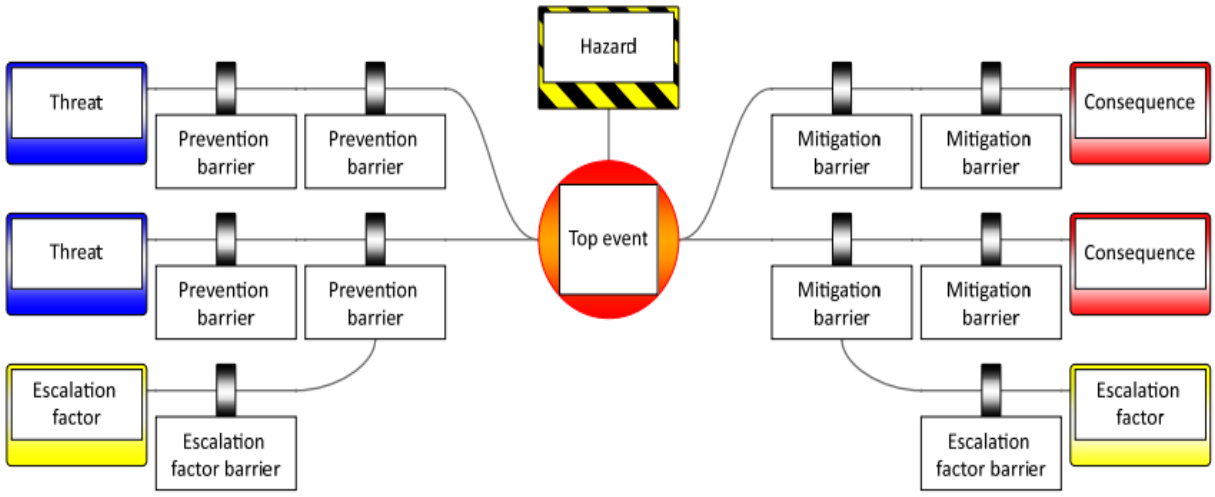


Figure II. 10 : Structure générique d'un diagramme Bowtie

Cet outil permet de démontrer avec efficacité la bonne maîtrise des risques en présentant clairement l'action de barrières de sécurité sur le déroulement d'un accident. [17]

Les classes de gravité et de probabilité sont décrites en détails ci-après.

Tableau II. 7 : Echelle des gravités

Gravité	Les impacts sur l'homme, l'environnement et la production
1 Mineur	• Pas d'effet irréversible • Impact mineur sur l'Environnement • < 4 h d'arrêt de production
2 Significative	• Effets irréversibles • Impact modéré sur l'Environnement • < 1 j d'arrêt de production
3 Importante	• Effet létal possible sur une personne et incapacité permanente unique • Impact significatif sur l'Environnement • < 1 semaine d'arrêt de production
4 Majeure	• Effet létal possible sur une personne et incapacité permanente multiple • Impact important, des effets réversibles sur l'Environnement • < 1 mois d'arrêt de production
5 Désastreux	• Plusieurs décès • Impact majeur en dehors du site avec des conséquences long terme sur l'installation. • > 1 mois d'arrêt de production

Tableau II. 8 : Echelle des occurrences

Probabilité	Fréquence(/an)	Description
1 Fort probable	>10E-2	Scénario particulier s'est produit quelque part dans l'industrie dans ce domaine spécifique ou dans un processus similaire ou est susceptible de se produire plus d'une fois durant la durée de vie du site
2 Probable	10E-2 – 10E-3	Scénario particulier est probable de se produire quelque part dans l'industrie dans une installation similaire.
3 Possible	10E-3 – 10E-4	Scénario particulier pourrait se produire quelque part dans l'industrie dans une installation similaire.
4 Improbable	10E-4 – 10E-5	Scénario particulier est peu probable de se produire grâce aux mesures correctives, mais le scénario s'est produit historiquement dans ce type d'installation quelque part dans l'industrie
5 Rare	> 10E-5	Scénario plausible mais il n'y a pas d'expérience historique de l'industrie pour suggérer que ce scénario se produira.

7. L'analyse et cartographie du risque

L'analyse des risques est un cheminement méthodique qui est décrit schématiquement dans la figure ci-dessous :

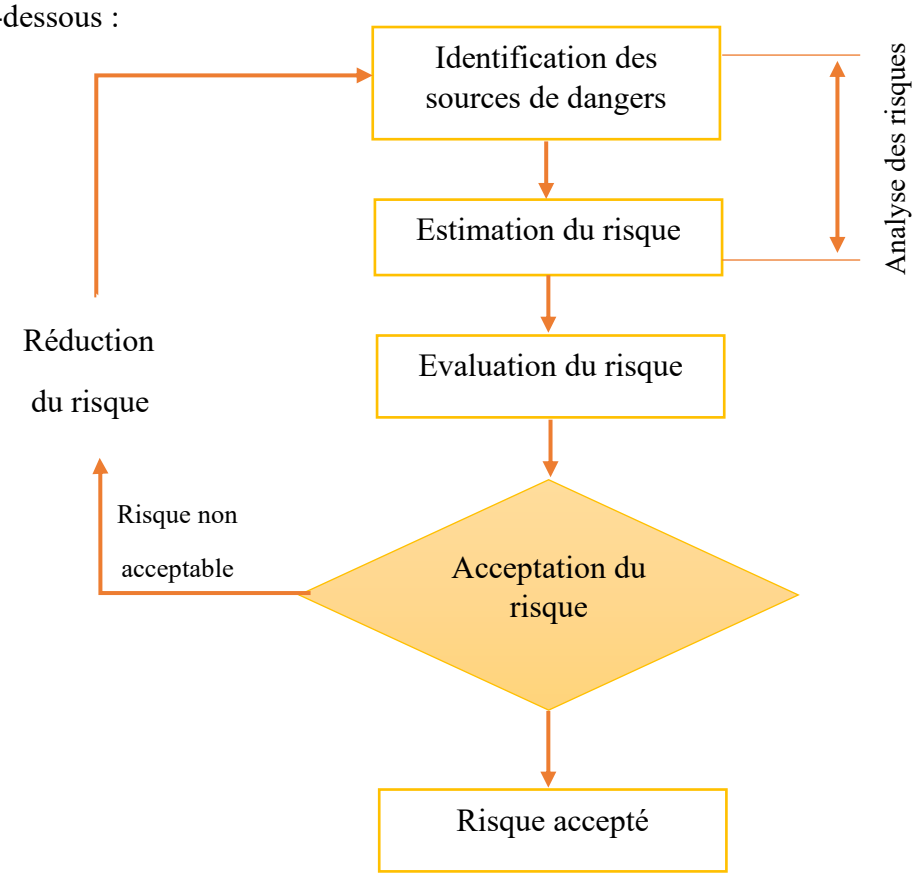


Figure II. 11: Schéma de principe du processus d'évaluation et d'acceptation du risque

- « **ALARP** » est l'abréviation de "as low as reasonably practicable". Raisonnablement réalisable implique de peser un risque par rapport aux problèmes, au temps et à l'argent nécessaires pour le contrôler. Ainsi, ALARP décrit le niveau auquel nous nous attendons à voir les risques sur le lieu de travail maîtrisés. [5]

On a la criticité = la gravité × La probabilité.

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

La probabilité s'estime en termes de fréquence d'occurrences d'un événement et s'étend de 1 « Très Improbable » (Fréquence < 10-5/an) à 5 « Très probable » (Fréquence >10-2/an).

L'échelle de gravité s'étend également de 1 à 5, 1 étant le moins grave et 5 le plus grave.

Elle prend en compte quatre types de critères à savoir : personnel, public, environnement et production.

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

• Les risques Acceptables (en vert)

• Les risques ALARP (en jaune)

• Les risques Inacceptables (en rouge).

Tableau II. 9 : Niveaux de risque

Classification de risque	Description
	Acceptable
	ALARP
	Inacceptable

8. Analyse des impacts économiques et financiers

Pour calculer l'impact économique sur le centre, nous calculons la valeur de la production perdue pendant la période de panne en plus de la période de réparation.

Chapitre III

Etude de Défaillance au niveau du séparateur

1. Présentation de Scénario : Défaillance au niveau du séparateur (production et tampon)

L'application d'étude de dangers (EDD) dans le centre de séparation et de compression à l'UN2-1 étudie les potentiels d'accidents majeurs pouvant survenir sur le site pour les équipements liés au projet de réalisation d'un centre de séparation et de compression à l'UN2-1. L'évènement redouté étudié dans ce travail concerne la défaillance du séparateur provoquant la perte de confinement d'une quantité importante d'hydrocarbures gazeux ou liquide. Les phénomènes dangereux redoutés sont un feu chalumeau, une boule de feu et un feu de flaque en cas d'ignition à la source. En cas de dispersion, il y aura formation d'un nuage inflammable qui engendrera une explosion (UVCE) ou un feu flash en cas d'ignition retardée. Le manifold d'entrée CSC envoie les flux de liquide vers le séparateur de production UN21-VA-20-401**A/B**, qui sépare l'eau, le gaz et l'huile. Voir figures III.1/III.2

Figure III. 1: le plan de construction de CSC

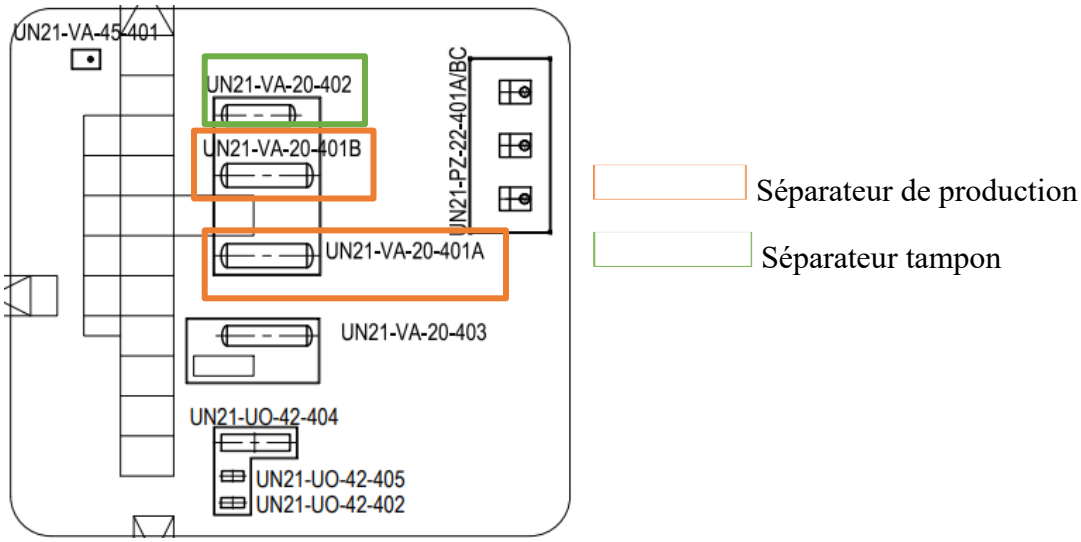


Figure III. 2: l'emplacement des séparateurs dans le CSC

1.1 Equipements étudiés dans le scénario

Ce scénario étudie la défaillance d'un séparateur (production ou tampon) ainsi que la ligne d'alimentation et les lignes aval des séparateur (ligne huile jusqu'à la vanne de sortie, ligne gaz jusqu'aux vannes de sortie).

L'huile sortant du séparateur A/B est envoyé vers le séparateur tampon UN21-VA-20-**402** avant d'être envoyé vers CINA. Le gaz sort des séparateurs production / tampon pour être envoyé vers les compresseurs. L'eau libre séparée dans les séparateurs production est envoyée vers le dégazeur avant d'être envoyé vers CINA. Les caractéristiques du séparateur sont présentés dans les tableaux suivant : [2]

Tableau III. 1 : Les caractéristiques du séparateur production A/B et tampon 402

Caractéristique		UN21-VA-20-401**A/B**	UN21-VA-20-**402**
Type d'installation		Ballon sous pression	Ballon sous pression
Substance		Gaz/huile/brut/eau	Gaz/huile/brut/eau
Volume opératoire (m^3)		118.8	73.6
P service (bar)		7	5
T service (°C)		40	40
Densité gaz (kg/m3)		9.28	7.62
Densité liquide (kg/m3)		718.97	719.59
Alimentation (Flux 1)	Diamètre ligne (inch)	30	10
	Longueur (m)	5	40
Sortie huile (Flux 3A)	Diamètre ligne (inch)	10	12
	Longueur (m)	40	<10
	Débit (kg/h)	179 792	178 929
Sortie gaz (Flux 2A)	Diamètre ligne (inch)	24	3
	Longueur (m)	<10	<10
	Débit (kg/h)	218 518	862

Le gaz sort des séparateurs production / tampon pour être envoyé vers les compresseurs.

L'eau libre séparée dans les séparateurs production est envoyée vers le dégazeur avant d'être envoyé vers CINA.

1.2 Les systèmes de sécurité de CSC

Tout d'abord, un Plan d'Opération Interne (POI) est mis en place pour les unités CSC et aussi un Plan Particulier d'Intervention (PPI) sur le site, la commande et l'installation des équipements de traitement sont gérées par un concept de sécurité. L'une des fonctions principales de la discipline d'instrumentation est le contrôle de la sécurité des procédés qui s'appuie principalement sur deux systèmes : [15]

- Le système de sécurité Feu et Gaz.
- Le système de sécurité d'arrêt d'urgence.

1.2.1 Le système de sécurité FEU et GAZ (F&G) : Ce système assure deux fonctions :

- Fonction de la détection Feu & Gaz.
- Fonction de la protection contre les incendies.

Il est composé principalement des :

- Equipements du champ : détecteurs, vannes, pompes anti-incendie.
- Contrôleurs logiques programmables : PLC.
- Interfaces opérateurs de supervision : HIS.

Le système F&G doit intégrer au minimum les actions suivantes :

- Alerter le personnel : Alarmes visuelles et sonores.
- Activer le système anti-incendie : déluge, poudre, CO2.
- Arrêter la ventilation.
- Initier le système : ESD.

1.2.2 Le système de sécurité d'arrêt d'urgence : Deux types de dispositifs d'arrêt d'urgence sont disponibles pour assurer une gestion sécurisée de l'installation centrale de traitement (CPF), des satellites et des têtes de puits :

- Système d'arrêt d'urgence : ESD.
- Système d'arrêt du procédé : PSD.

A. **Le système d'arrêt d'urgence (ESD)** : Son rôle est d'arrêter et isoler une partie, ou bien la totalité des installations dans le cas d'une détection de feu ou de gaz confirmée. Le système ESD est également actionner par un bouton-poussoir manuel en fonction de la décision de l'opérateur. Le rôle du système ESD est :

- Protection de la vie du personnel.
- Protection des installations.
- Protection de l'environnement.
- Maintien de la production.

Il est composé principalement des :

- Equipements du champ : vannes ESDV, boutons d'arrêt d'urgence, relais électrique.
- Contrôleurs logiques programmables : PLC.
- Interfaces opérateurs de supervision : HIS.

Pour atteindre ses fonctions, le système ESD doit intégrer les actions suivantes :

- Isolation entre les zones d'incendie par l'arrêt d'urgence au moyen des vannes ESDV.
- Arrêter des équipements : pompes, compresseurs, ventilateurs de refroidissement.
- Dans certains cas, coupure de l'alimentation électrique.

B. Le système d'arrêt du procédé (PSD) : est géré par son système de contrôle et de commandes (DCS). Son rôle est d'effectuer des arrêts de faibles niveaux de l'équipement de traitement en cas de déviation mineure des variables du procédé en dehors des limites prédéfinies.

En plus des systèmes mentionnés ci-dessus, le site contient les mesures de sécurité suivante :

➢ Les installations ont également été divisées en « zones dangereuses » dont l'objectif est d'assurer que des sources d'inflammation ne sont pas présentes dans les zones où une ATmosphère EXplosible peut se former (classement ATEX).

➢ Parmi de travail et de circulation

➢ Des analyses 3D de l'emplacement

➢ L'utilisation d'un inhibiteur de corrosion.

(La Figure III.3 montre les zones de dangers dans le cetre). [4]

- Zone géographique A en bleu : Zone Manifold Amont (Sous Manifolds)
- Zone géographique B en rouge : Zone du Site UN2-1 (Manifold d'entrée, Séparation et Compression)
- Zone géographique C en vert : Zone des Lignes d'expédition (Huile/Gaz)

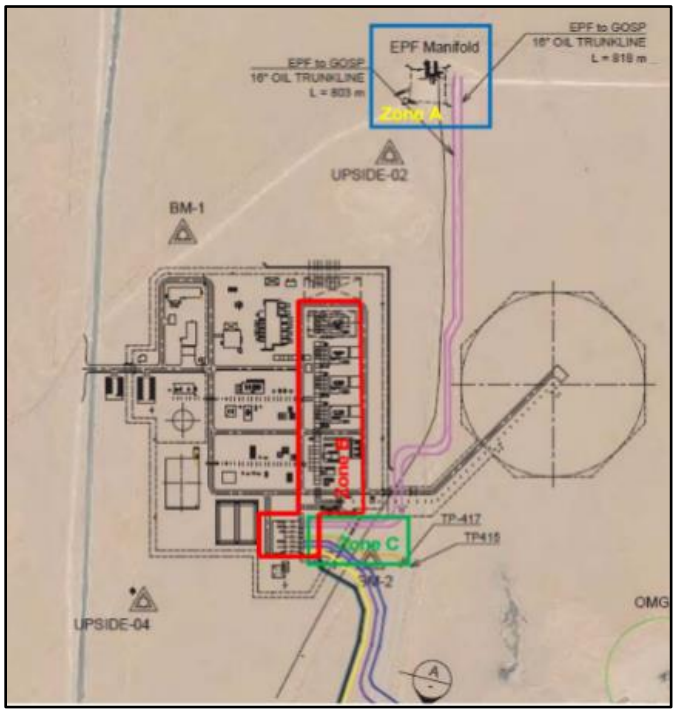


Figure III. 3: « zones dangereuses »

Figure III.4 montre les photos des équipements de sécurité du CSC

Détecteur de fumer : sa fonction principale est de signaler l'incendie dès ses premières fumées afin d'y remédier avant que les dégâts s'élargissent.

Détecteur de fumer

Le système déluge : a pour objectif de délivrer une grande quantité d'eau. Une vanne s'ouvre et libère l'eau qui parcourt le réseau de tuyauterie. L'eau est directement projetée sur l'équipement à protéger en cas de départ de feu

Système déluge

Détecteur de gaz

Détecteur de feu

La détection feu (incendie) et gaz : utilisée comme moyen de protection actif contre des événements accidentels graves pouvant conduire jusqu'à la destruction partielle ou totale d'une installation, d'un bâtiment ou d'un site industriel. Mais la détection peut également permettre de sauver des vies et préserver un environnement

ESDV (Emergency shut down valve)

ESDV : une vanne de coupure d'urgence (Emergency Shut Down Valve) est de permettre l'arrêt rapide et sécurisé du flux de fluides dans un système en cas d'urgence. En isolant la section problématique, l'ESDV aide à prévenir les situations dangereuses, limitant ainsi les risques d'explosions, d'incendies, ou d'autres incidents catastrophiques. Elle protège à la fois les installations, les personnes à proximité, Protection des Infrastructure, Prévention des Pertes de Produit et Réduction des Temps d'Arrêt.

Figure III. 4: les équipements de sécurité

1.3 Densité de population entour le CSC

Le site UN2-1 n'est occupé que par le personnel du site composé en majorité de travailleurs de SONATRACH – DP et du personnel des entreprises sous-traitantes.

Le nombre d'employés Sonatrach sur le centre de séparation UN2-1 est de 27 agents. Le taux de présence continue est en réalité inférieur puisque le personnel est soumis au système de travail en rotation 4/4 (4 semaines de présence suivie de 4 semaines de récupération pour chaque employé). En incluant les sous-traitants et le personnel de sécurité, un maximum de 50 personnes peut être présents sur le site en opérations normales.

Les bases de vie SONATRACH, regroupant les logements et les commodités des travailleurs, voir tableau III.2.[2]

La ville de Hassi Messaoud, comprenant environ 50 000 personnes, est située à environ 20 km au Sud du site UN2-1. Les établissements les plus proches du site se trouvent à environ 4 kilomètres.

Aucune zone d'habitat n'est située dans un rayon de 3 kilomètres autour du site pour être particulièrement observées sur une cartographie dans le cadre de l'analyse des zones d'effets des accidents sur site.

Tableau III. 2 : Base de vie SONATRACH dans la région de Hassi Messaoud

Base de vie SH	Localisation	Capacités
Base de vie 24/02	Située à 18 km au Sud du centre de séparation UN2-1, cette base regroupe 53 % de l'effectif global de la région.	2052
Base de vie IRARA	Située à 26 km au Sud-Est du centre de séparation UN2-1, cette base regroupe 44% de l'effectif global de la région.	1705

NB : Aucune de ces bases de vie n'est située dans un rayon de 3 kilomètres autour du site.

1.4 Données météorologiques

La zone d'étude présente un climat désertique se caractérisant par des précipitations annuelles inférieures à 50 mm et par une évaporation intense. Les conditions climatiques sont dues à la situation bioclimatique de la région par rapport à la zone tempérée du Nord, qui fait que les précipitations y sont peu fréquentes. Le bas Sahara incluant la région de Hassi Messaoud touche à la zone hyperaride par les chaleurs accrues de l'été qui provoquent un dessèchement et une évaporation maximale. [2]

- **Température**

La température de l'air est un facteur fondamental ayant une grande influence sur le bilan hydrique du fait qu'il conditionne l'évaporation et l'évapotranspiration réelle de toute la région de Hassi Messaoud. D'après le Tableau III. 3, le maximum des moyennes mensuelles est atteint au mois de Juillet avec une température de 35°C et le minimum au mois de Janvier avec une température de 10°C. Les mois les plus chauds sont les mois de juin, juillet et août. Les températures peuvent être extrêmes en été, pouvant atteindre des températures proches de 50°C. La différence est très importante avec les nuits hivernales, durant lesquelles la température peut descendre en dessous de 0°C.

Tableau III. 3 : Moyennes mensuelles des températures

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Tm(°C)	14.35	15.01	21.32	26.43	31.55	37.99	39.93	38.75	34.59	29.23	21.56	15.78
Tm(°C)	6.3	7.35	12.65	17.75	22.05	28	30.4	29.95	25.8	20.55	14.15	7.05

- **Pluviométrie**

Dans les régions sahariennes les pluies sont rares et aléatoires. Le tableau suivant présente les précipitations moyennes mensuelles. Le tableau suivant présente les précipitations moyennes mensuelles dans la région HMD. Les précipitations sont peu importantes.

Tableau III. 4 : Moyennes mensuelles des précipitations

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
PP(mm)	3.385	3.68	4.475	5.015	2.365	1.775	1.615	1.725	3.94	1.83	1.34	1.325

- **Humidité relative de l'air**

Les valeurs de l'humidité relative de la région de Hassi Messaoud sont relativement homogènes. Juillet est le mois le plus sec par contre Janvier est le mois le plus humide. Pendant la période hivernale l'humidité relative de l'air atteint un maximum de 62.40 % et un minimum de 22.10 % durant la saison estivale. Voir le tableau suivant :

Tableau III. 5 : Humidité relative moyenne (%)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Humidité (%)	57.6	48.7	37.1	32.4	27.9	26.7	22.1	25.4	35.3	42	52.6	62.4

- **Régime des vents**

Les vitesses du vent les plus fréquentes sont celles qui sont comprises entre 1 et 6 m/s. Les chances d'avoir des vents de vitesse supérieure ou égale à 7 m/s sont faibles. En automne, les vents sont de secteur Est à Sud-est, ils sont faibles à modéré dans plus de 70% des jours. En hiver, les vents sont de secteur Est à Sud-est, moitié des jours les vents sont soit calmes, soit modérés. Au printemps, le vent souffle dans plus de 70% des jours à des vitesses qui peuvent atteindre 11 m/s. L'été est la saison où les vents sont très fréquents de direction Est à Sud-est, ils sont généralement faibles à moyens. Les vents forts sont rares Le tableau ci-dessous développe la répartition des vents en fonction de leur direction en se basant sur les relevés de vents de 1978 à 2008 à Hassi Messaoud.

Tableau III. 6 : Fréquence des vents selon la direction et leur vitesse

Moyenne annuelle (% vents)								
Vitesse des vents	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
1 à 6 m/s	9	8	7	3.75	5	3.75	2	2
6 à 11 m/s	6	5	5.5	1	2.75	1.75	0.5	3
> 11 m/s	0.75	0.25	0	0	0.25	0.25	0	0.25
Total	15.75	13.25	12.5	4.75	8	5.75	2.5	5.25

Les roses des vents présentées ici (figure III.5) reprennent la distribution moyenne des vents durant toute l'année en dehors des vents calmes qui représentent 32%.

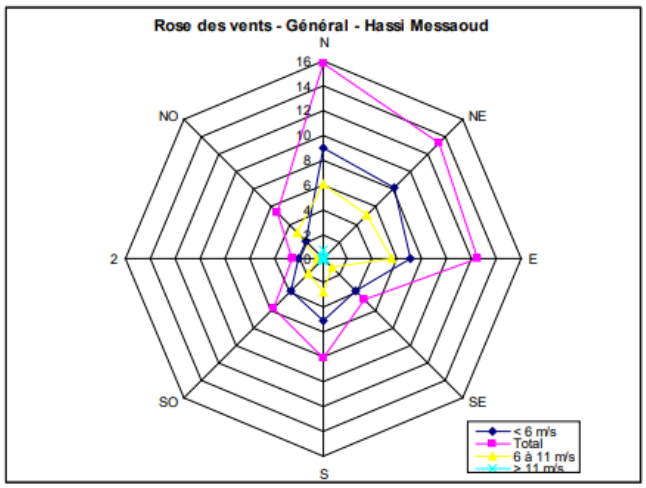


Figure III. 5: Rose des vents – Répartition annuelle

- **Stabilité de l'air**

La stabilité atmosphérique est souvent décrite à l'aide de l'échelle de Pasquill. On distingue ainsi 6 classes de stabilité allant des atmosphères très instables (A, B), aux atmosphères très stables (E, F), en passant par des atmosphères neutres (C, D).

Tableau III. 7 : Classes de stabilité atmosphérique

Classe	Stabilité	Commentaire
A	Très instable	Ensoleillé et vent faible
B	Instable	Semblable à A avec moins de soleil ou plus de vent
C	Modérément instable	Nuageux et assez venteux ou ensoleillé et vent faible
D	Neutre	Peu de soleil et vent fort ou temps couvert/nuit
E	Modérément stable	Semblable à D avec ciel moins couvert et nuit moins venteuse
F	Stable	Nuit avec ciel modérément nuageux et vent faible/modéré

Les conditions de stabilité diffèrent selon le moment d'observation. Ainsi on choisira des classes de stabilité caractéristiques des jours et des nuits ainsi que de la saison (été ou hiver).

Les classes de stabilité suivantes ont été retenues :

Tableau III. 8 : Classes de stabilité sélectionnées

Période	Classe
Jour été	C
Nuit hiver	F

L'analyse des différents paramètres climatiques (température, précipitation, évaporation, etc.), ainsi que leurs répartitions dans le temps et l'espace permettent de conclure que notre zone d'étude est caractérisée par un climat typiquement saharien, avec des précipitations faibles, une température moyenne de 23.36°C, et une humidité relativement faible de 35.18 %.

L'insolation atteint son maximum à 349 heures au mois de Juillet et son minimum au mois de Février avec 219 heures.

Pour simuler les conséquences d'un accident majeur au niveau du projet HMD UN, nous avons défini 2 conditions météorologiques représentatives du climat général de la région d'Hassi Messaoud dans le tableau suivant :

Tableau III. 9 : Conditions météorologiques utilisées pour la modélisation

Condition	Vitesse de vent (m/s)	Stabilité de l'air	Humidité (%)	Température de l'air (°C)
Eté jour	6	C	22	40
Hiver Nuit	2	F	60	6

Les classes de stabilité atmosphérique de type Pasquill sont déterminées en fonction des vitesses de vent, de l'ensoleillement et des conditions générales de l'atmosphère au niveau du site.

2. Analyse des fréquences de défaillance

Cette étude a débuté par la présentation de l'accidentologie des incidents passés.

2.1 L'étude accidentologie

Cette 'étude est distinguée en deux types : le premier type concerne la quantification des incidents internes et le second la quantification des incidents survenus à l'extérieur du site.

2.1.1 Casuistique des accidents internes

Le but de la casuistique interne dans le cadre d'une étude de danger est d'analyser les accidents impliquant une substance dangereuse ayant déjà eu lieu sur le site et d'en tirer un retour sur expérience qui devrait permettre d'éviter que de tels 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 préventions adéquates. Ce projet concerne un nouveau centre de séparation et de compression (aucune activité actuelle à cet endroit) et les réseaux de pipelines associés, il n'y a pas donc pas d'incidents internes à analyser.

2.1.2 Casuistique des accidents externes

Une analyse des accidents/incidents externes mettant en cause les substances et le process rencontrés sur le centre de séparation et de compression à l'UN2-1 est donnée par la suite. Cette analyse permettra d'avoir une vue globale des causes et des conséquences possibles d'accidents majeurs. Durant ces dernières années, un certain nombre d'accidents/incidents impliquant les substances suivantes sous conditions normales se sont produits à travers le monde. Une sélection de différents accidents/incidents externes mettant en cause les substances suivantes a été constituée à partir de la banque de données ARIA6. Les critères de sélection furent : [4]

Gaz naturel | Pétrole | Transport par conduite | Autres activités extractives | Activités de soutien à l'extraction d'hydrocarbures | Extraction de pétrole brut | Extraction de gaz naturel | Commerce de gros de combustibles | Stockage | Production et distribution de combustibles gazeux | Raffinage du pétrole

Parmi ces raisons, les tableaux ci-dessous sont présentés pour classer les accidents en Fonction du lieu / Fonction de leur origine /Fonction des équipements concernés / Fonction du phénomène de départ / Fonction du temps.

On remarque à l'analyse des résultats repris dans ce Tableau III.10, que les accidents/incidents ont principalement lieu au niveau des transports par conduite de pétrole ou gaz (61%) suivi de la zone d'exploitation/production (39%).

Tableau III. 10 : Répartition en fonction du lieu de l'accident/incident et des substances

	Gaz naturel [acc/an]	Pétrole [acc/an]
Transport par conduite	16	54
Zone de production/d'exploitation	20	24

Ce Tableau III.11 permet de mettre en évidence l'importance des facteurs mécaniques (défaillance d'un équipement (22%), du facteur des travaux (10%), erreur humaine (19%) sur l'origine des accidents/incidents, hors facteurs externes.

Tableau III. 11 : Répartition des accidents/incidents, en fonction de leur origine (cause)

Causes	Gaz naturel [acc/an]	Pétrole [acc/an]
Corrosion	2	10
Electrique	3	2
Equipement	5	19
Erreur humaine	3	14
Maintenance	3	19
Travaux	8	3
Autres	8	16

Ce Tableau III.12 dénombre les équipements les plus touchés sont les équipements qui transportent les produits (canalisations, Pipeline, Oléoduc) soit 54% des équipements, les réservoirs 14% et les unités de traitements avec 9%.

Tableau III. 12 : Répartition des accidents/incidents en fonction de l'équipement concerné

Equipement	Total [acc/an]
Canalisation	80
Pompe / Compresseur	5
Puits	12
Station de pompage	6
Tank/réservoir/bouteille	24
Unité de traitement	16
Vanne / joint / bride / Equip. Associé	7
Station de compression	2
Autres	18

Le Tableau III.13, montre que dans 54% des cas, les accidents/incidents ont pour principale phénomène de départ une fuite et 18% une explosion.

Tableau III. 13 : Répartition d'accidents/incidents en fonction des phénomènes rencontrés

Phénomènes rencontrés	Total [acc/an]
Explosion	40
Fuite	82
Incendie	48

Le Tableau III.14 montre que dans 50,5% des cas, les accidents/incidents ont pour principale conséquence la pollution suivie par les dégâts matériels (46%). Il faut quand même préciser que 11% des accidents ont pour conséquence une ou plusieurs fatalités.

Nous avons classé chaque accident selon le degré d'occurrence de plus grave ; (Fatalités > Blessés > Pollution > Dégâts matériel).

Tableau III. 14 : Répartition d'accidents/incidents en fonction de leurs conséquences

Conséquence	Degré d'occurrence
Fatalités	11%
Blessés	46%
Pollutions	50.5%
Dégâts matériels	14.2%

Le Tableau III.15 dénombre les données des accidents ayant eu lieu lors de la période 1998 à 2014 dans la division de production de Hassi Messaoud. L'analyse qui est faite ici met en évidence les principales sources de dangers pouvant être à l'origine d'un accident sur le centre de séparation et de compression à l'UN2-1.

Tableau III. 15 : Nombre d'accident/incident par an depuis les années 1998 à 2014 (HMD)

Année	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Total	13	20	12	7	10	9	3	5	9	5	9	15	11	17	15	5	0

Pour les incidents globaux similaires au notre scénario. Il y a un tableau à l'annexe D qui montre certains accidents externes.

2.2 Analyse des causes

Lors de l'évaluation préliminaire des risques, et tout particulièrement certaines causes qui sont les plus fréquentes sont pris en considération telle que :

• La corrosion de ligne entraînant des fissures.

• Les travaux de maintenance.

• Les surremplissages de réservoir ou fuite sur le système de chargement.

• Les travaux sur les équipements

• Les agressions externes

• Les erreurs humaines (Non-respect des procédures/consignes)

• Les surpressions/dépressions

L'historique des accidents/incidents conduit à poursuivre ce travail et de maitriser les risques à un niveau acceptable. Par exemple :

Fuite limitée ou étendue suite à une défaillance mécanique, une suppression ou lors des travaux.

Incendie suite à l'ignition d'une flaque de pétrole ou d'une fuite de gaz causée par une défaillance mécanique ou lors de travaux et de maintenance.

Explosion suite à l'ignition d'une flaque de pétrole ou d'une fuite de gaz causée par une défaillance mécanique, une suppression/dépression, des travaux maintenance ou une agression externe.

Les causes potentielles de défaillance d'équipement dans CSC sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau III. 16 : les principales raisons de défaillance

Couses de défaillance pour les équipements sous pression	Couses de défaillance pour les lignes	Autres raisons
Fuite externe	Fuite externe	Les agressions externes
Rupture suite a surpression	Bouchage	Les erreurs humaines
Défaillances mécaniques	Déformation	Surremplissages
Corrosion	Les soudures des conduites	
	Un objet à l'intérieur	
	Corrosion	

2.3 Probabilité d'occurrence de l'événement

Les calculs des fréquences génériques de défaillance sont basés sur des données extraites du Handbook Risk Calculations 2017. Le Handbook Risk Calculations se base sur des données historiques d'un certains nombres d'équipement représentatifs.

Le Tableau III.17 on a donné les probabilités de défaillance suivantes pour un équipement sous pression : [6]

Tableau III. 17 : Probabilités de défaillance dans un équipement sous pression

Type de défaillance	Diamètre équivalente	Fréquence de défaillance [/équipement/an]
		Installation de procédé et autres
Petite fuite $0.1 < d \leq 10$ mm	$d_{éq} = 10$ mm	$1.1\ 10^{-4}$
Fuite moyenne $10 < d \leq 50$ mm	$d_{éq} = 25$ mm	$2\ 10^{-5}$
Grande fuite $50 < d \leq D$ max	$d_{éq} = D_{Lmax}$	$1.1\ 10^{-5}$
Rupture	/	$6.4\ 10^{-6}$
Total	/	$1.47\ 10^{-4}$

Avec $D_{éq}$: diamètre équivalent. D_{Lmax} : diamètre de la plus grande connexion.

Le Tableau III.18 donne les probabilités de défaillance suivantes pour une ligne aérienne :

Tableau III. 18 : Probabilités de défaillance dans une canalisations

Canalisations aériennes		
Type de défaillance	Diamètre équivalente	Fréquence de défaillance [/équipement/an] Installation de procédé et autres
Petite fuite 0.1 < d ≤ 10 mm	$d_{éq}$ = 0.1 D	2.8 10-7 L/D
Fuite moyenne 10 < d ≤ 50 mm	$d_{éq}$ = 0.15 D	1.2 10-7 L/D
Grande fuite 50 < d ≤ D max	$d_{éq}$ = 0.36 D	5 10-8 L/D
Rupture		2.2 10-8 L/D
Total		4.72 10-7 L/D

Avec L= longueur (m) (au moins 10 m) et D= diamètre intérieur (m)

Les lignes recensées dans le Tableau III.19 sont les lignes avec une longueur >10m :

Tableau III. 19 : Caractéristiques du ligne étudié

Ligne	D (m)	L (m)	L / D
Sortie huile vers séparateur tampon	0.254	40	157
Total			157

Notre scénario contient trois séparateurs (deux séparateurs de production et un séparateur tampon) et des canalisations. Pour calculer la valeur de fréquence de défaillance totale, nous combinons la valeur de défaillance du séparateur avec la valeur de défaillance de la canalisation. Nous utilisons l'équation suivante pour calculer la fréquence totale : [7]

$$D_{Totale} = D_{équipements} \times N°_{équipements} + D_{\text{Canalisation aérienne}} \times \frac{L}{D}$$

Avec : D_{Total} : Fréquences de défaillance totales
$D_{équipements}$: Fréquence de défaillance d'équipement sous pression
$N°_{équipements}$: Numbers d'équipement sous pression (les 3 séparateurs)
$D_{Canalisation\ aérienne}$: Fréquence de défaillance de Canalisation aérienne

Les fréquences de défaillances obtenues sont présentées dans le Tableau III.20 :

Tableau III. 20 : Fréquences totales de défaillance

Fréquences totales	
Type de défaillance	Fréquence de défaillance [/an]
Petite fuite	$3.74\ 10^{-4}$
Fuite moyenne	$7.89\ 10^{-5}$
Grande fuite	$4.09\ 10^{-5}$
Rupture	$2.27\ 10^{-5}$
Total	$2.17\ 10^{-4}$

2.4 Fréquence d'occurrence des conséquences

La Figure III.6 est l'arbre d'Evénement, elle représente les fréquences d'occurrences de chaque conséquence liée à l'événement. Ces fréquences d'occurrences d'événements sont basées sur les fréquences de fuites calculées ci-dessus et sur les probabilités d'ignition et d'explosion tirées du Handbook Risk Calculations 2017. Ces probabilités dépendent de la nature du produit libéré et de l'ampleur de la perte de confinement. Les résultats de l'étude ont révélé :

En excluant les événements ayant une fréquence d'occurrence trop rare, c'est-à-dire inférieure à 10-6 par an, on obtient le tableau de fréquence des événements redoutés suivants (Tableau III.21).

Tableau III. 21 : Tableau de fréquence des événements redoutés

Phénomène dangereux	Fréquence (/an)	Selon l'échelle des occurrences
UVCE	7,0E-06	1
Boule de feu	4,5E-06	1
Feu de flaque	1,5E-04	3
Feu chalumeau	1,2E-04	3
Feu flash	2,3E-05	2
Pollution environnemental	3,6E-04	3

NB : Les phénomènes dangereux ayant une fréquence d'occurrence inférieure au seuil d'acceptabilité (<10-6/an) sont jugés négligeables et seules les conséquences des phénomènes inflammables avec une fréquence supérieure à ce seuil seront étudiés dans la suite de cette étude.

Analyse probabiliste du BLEVE

Le BLEVE 'chaud' engendré par un incendie enveloppe autour du séparateur, n'est pas redouté en vue de la composition des produits contenus dans l'équipement et non favorable à un BLEVE (partiellement déjà gazeux et partiellement non vaporisable même à haute température) et à une conception ne permettant pas un isolement total du séparateur et permettant donc une évacuation de la pression en cas de montée en température suite à une exposition à un incendie.

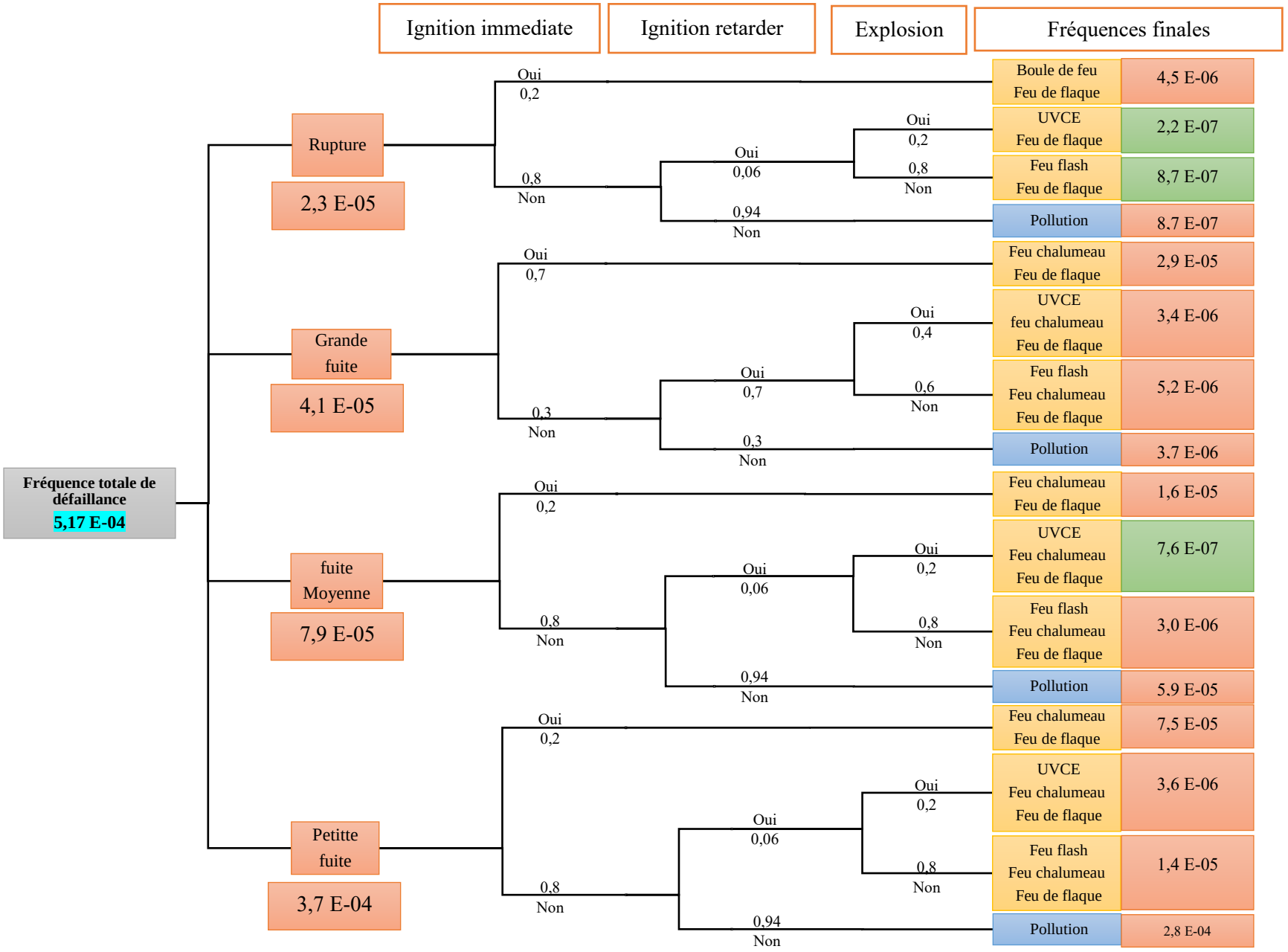


Figure III. 6: L'arbre d'Evénement de fréquences d'occurrence de chaque conséquence liée à l'événement

3. Analyse des conséquences des évènements

En utilisant le programme PHAST 7.11, nous avons effectué une simulation des résultats de l'arbre d'événements.

Nb : Le choix des substances caractéristiques a été détaillé dans les hypothèses générales de modélisation.

3.1 Description des conséquences possibles

Tous les accidents possibles peuvent être classifiés selon les effets physiques qu'ils provoquent. Ils sont répertoriés dans le tableau qui suit (Tableau III.22).

Tableau III. 22 : Tableau de fréquence des événements redoutés

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

3.2 Modélisation du phénomène

Pour représenter l'ensemble de la section étudiée, les fuites liquides et gazeuses sont modélisées de façon conservatrice. Comme expliqué dans les hypothèses générales, l'inventaire considéré et le temps de fuite sont calculés pour chaque taille de fuite sur base des conditions opératoires, du volume de la section représentative du scénario, du débit opératoire, du débit de décharge des différentes fuites considérées (calculé via les modules de calcul du software Phast) et temps de fermeture des vannes d'isolement. Les conditions opératoires considérées pour le modèle sont 40°C et 7bar. Le débit opératoire dans l'équipement représentatif est de 179 792kg/h pour la phase liquide d'hydrocarbures et de 218 518 kg/h pour la phase gaz d'hydrocarbure.

Pour les fuites liquides, la section de l'équipement représentatif, est considéré, de manière conservative, remplie à 50% de liquide d'une densité de 718 kg/m3. Pour les fuites gaz, elle est considérée remplie à 100% de gaz d'une densité de 9 kg/m3.

Le n-Nonane est considéré représentatif de la fraction liquide. Le poids moléculaire représentatif du gaz étant de 29 kmol/kg, et l'éthane est considéré comme représentatif des fractions vapeurs.

Concernant le séparateur et les canalisations pour le scénario étudié, les caractéristiques des différentes fuites sont reprises ci-dessous (Tableau III.23).

Tableau III. 23 : Tableau de fréquence des événements redoutés

Fuite	Débit fuite (kg/s)	Temps de fuite considéré (s)	Inventaire relâché (kg)
Liquide			
Rupture catastrophique	Fuite instantanée		117495,5
Grande	1040,1	120,0	124816,1
Moyenne	9,9	1800,0	17820,0
Petite	1,6	1800,0	2880,0
Gaz			
Rupture catastrophique	Fuite instantanée		2941,5
Grande	92,2	120,0	11058,8
Moyenne	0,8	1800,0	1368,0
Petite	0,1	1800,0	216,0

La hauteur de relâchement a été définie de manière majorante à 1 mètre avec une direction de rejet horizontale pour la phase gaz et vers le bas pour la phase liquide.

4. Résultats de la simulation

4.1 Distances d'effets

Les effets pour les différentes conséquences sont repris dans les tableaux (III.24, III.25, III.26, III.27. III.28) et sur les figures (III.7, III.8, III.9, III.10, III.11) ci-dessous. Pour chaque conséquence, seules les conditions météos donnant les zones d'effet les plus vastes sont représentées.

- **UVCE**

Le Tableau III.24 ci-dessous reprennent les effets de surpression d'un UVCE.

Tableau III. 24 : Tableau de fréquence des événements redoutés

Surpressions (mbar)	Distances d'effets en mètres par taille de fuite							
	Petite fuite		Moyenne		Grande		Rupture	
	Jour été	Nuit hiver	Jour été	Nuit hiver	Jour été	Nuit hiver	Jour été	Nuit hiver
25	NA	NA	Accepté car Fréquence < 10-6 /an		200	208	Accepté car Fréquence < 10-6 /an	
50	NA	NA			112	116		
70	NA	NA			86	89		
160	NA	NA			50	51		

Les cercles de conséquence de surpression d'un UVCE sont illustrés ci-après (Figure III.7)

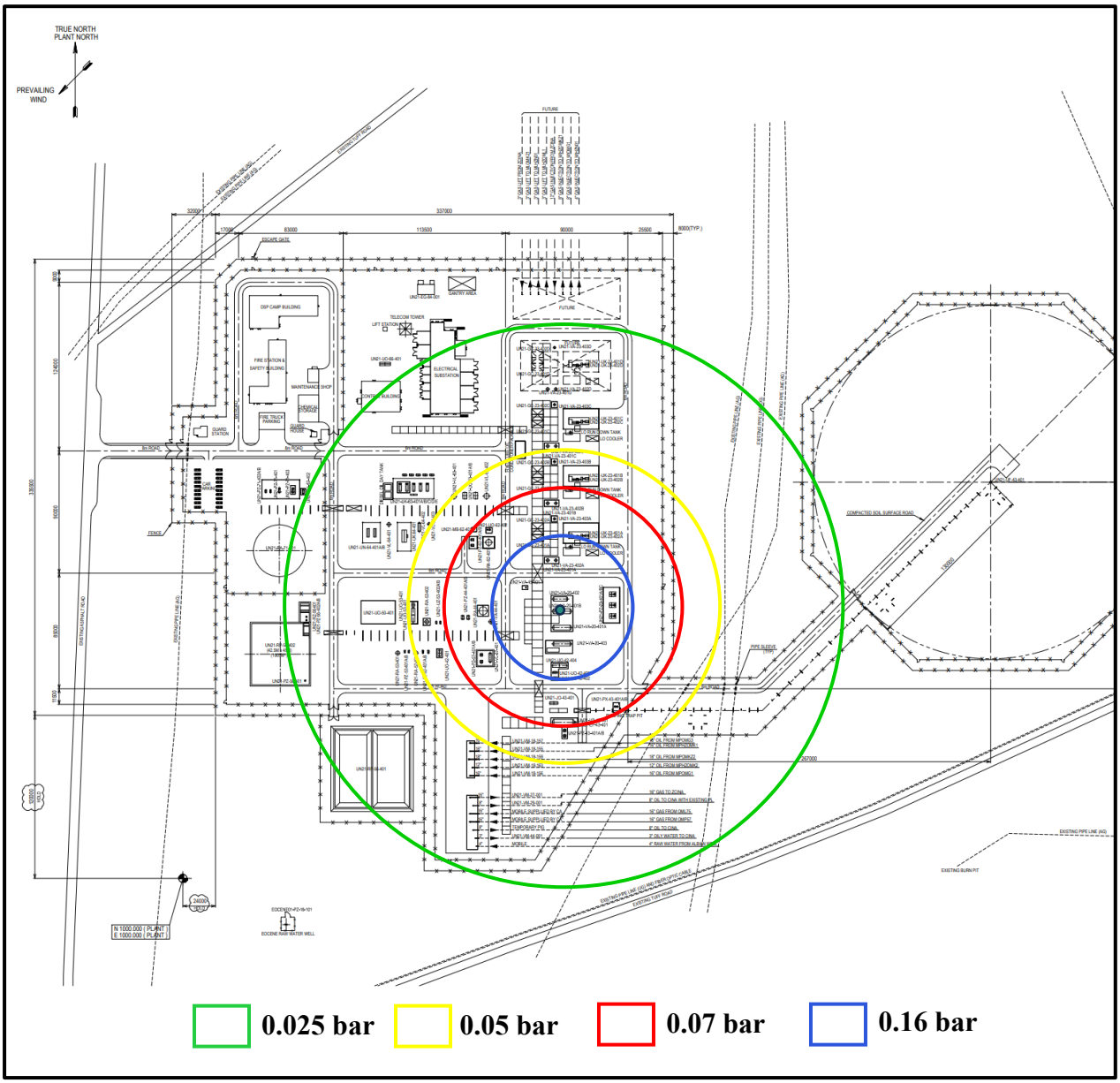


Figure III. 7 : Effets de surpression d'un UVCE

Les conséquences les plus importantes provoquées par un UVCE peuvent donc atteindre :

• Aucune population externe ni site voisin (25 mbar)

• Les bâtiments peuplés : La salle de contrôle, ni aucun autre bâtiment peuplé n'est touché par le seuil de dégâts aux bâtiments (70 mbar)

• L'ensemble de la section de séparation peut être touchée, provoquant des effets dominos.

- Selon les classes de conséquences d'échelle de gravité on a les impacts suivants :

→ Pas de bâtiment peuplé touché G2

→ Pas de public touché G1

→ Section détruite G3

La gravité du scénario de surpression d'un UVCE est donc équivalente à une classe G3.

➢ **Boule de feu**

Le tableau suivant (Tableau III.25) reprend les distances d'effets thermiques (en m) associées au phénomène de boule de feu, d'une durée de 6,8 secondes.

Tableau III. 25 : les distances d'effets thermiques associées au phénomène de boule de feu

Radiation (kW/m²)	Distances d'effets en mètres	
	Rupture catastrophique	
	Jour été	Nuit hiver
2,5	302	319
6,4	184	194
10	141	149
Effets domino		
8	162	171
32	43	50

Les cercles de conséquence de phénomène de boule de feu sont illustrés ci-après (figure III.8) :

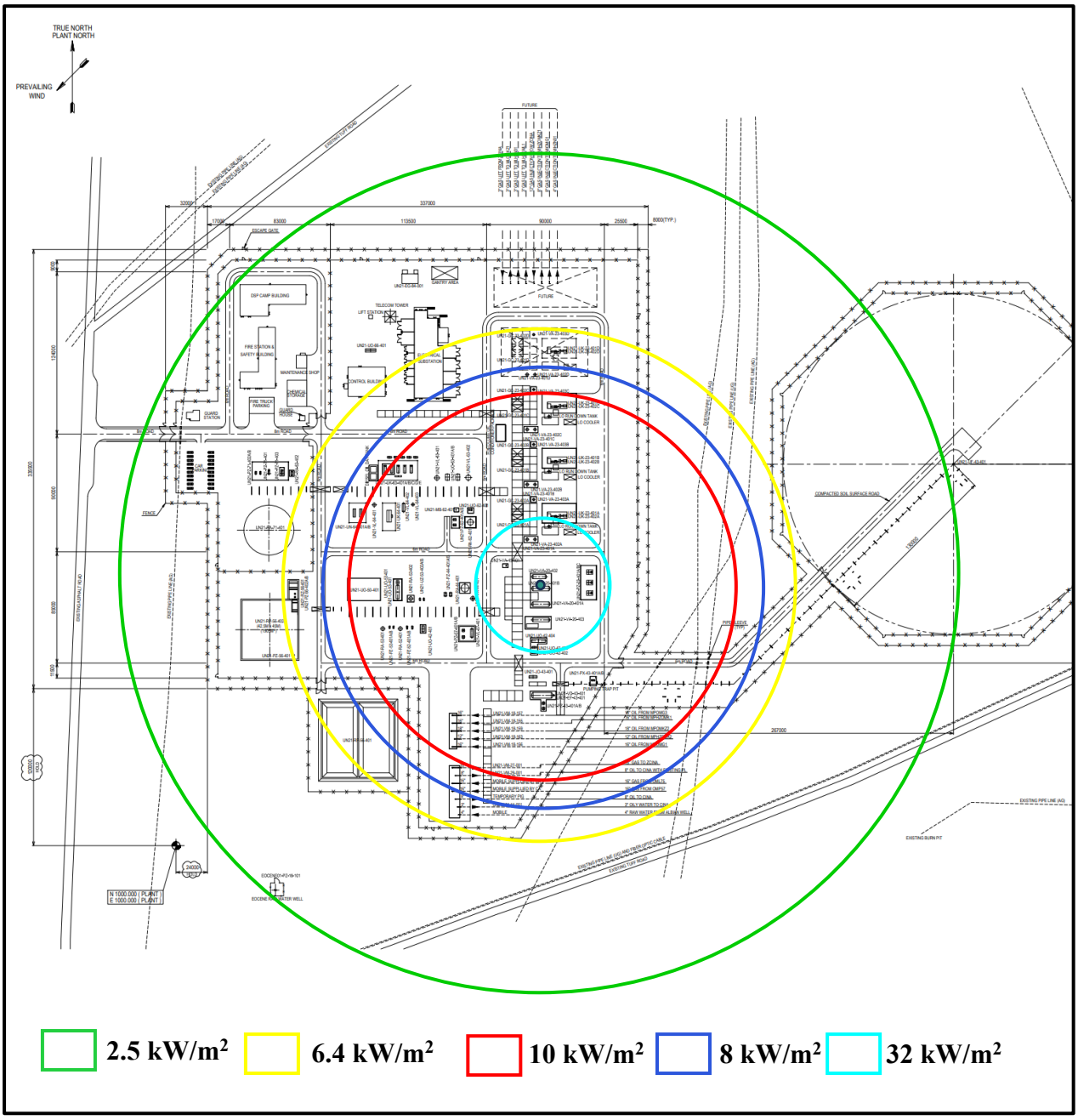


Figure III. 8 : les distances d'effets thermiques associées au phénomène de boule de feu

Les conséquences les plus importantes provoquées par une boule de feu peuvent donc atteindre :

• La salle de contrôle du site pour les dommages graves (6,4 kW/m²)

• Une grande partie des installations du site (8 kW/m²)

Remarque : aucune population externe ni site voisin (2,5 kW/m²)

En vue de la durée faible du phénomène, les personnes dans les bâtiments sont considérées comme protégées mais le phénomène peut endommager gravement le site.

- Selon les classes de conséquences d'échelle de gravité ont constatés les impacts suivants :

→ Moins de 10 personnes dans la zone d'effets irréversible G2

→ Pas de population touchée G1

→ Dégât important sur l'ensemble des équipements entrée, séparation, compression G4

La gravité du scénario de phénomène de boule de feu est donc équivalente à une classe G4

➢ Feu de flaque

Le tableau III.26 reprend les distances d'effets thermiques (en m) associées au phénomène de feu de flaque. Les cercles de conséquence de phénomène de feu de flaque sont illustrés dans la figure III.9 :

Tableau III. 26 : les distances d'effets thermiques associées au phénomène de feu de flaque

Radiation (kW/m²)	Distances d'effets en mètres par taille de fuite							
	Petite fuite		Moyenne		Grande		Rupture	
	Jour été	Nuit hiver	Jour été	Nuit hiver	Jour été	Nuit hiver	Jour été	Nuit hiver
2.5	72	75	143	140	364	322	327	281
6.4	59	51	99	91	253	215	218	177
10	54	38	71	68	185	166	151	129
Effets dominos								
8	56	44	84	78	213	188	180	151
32	34	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

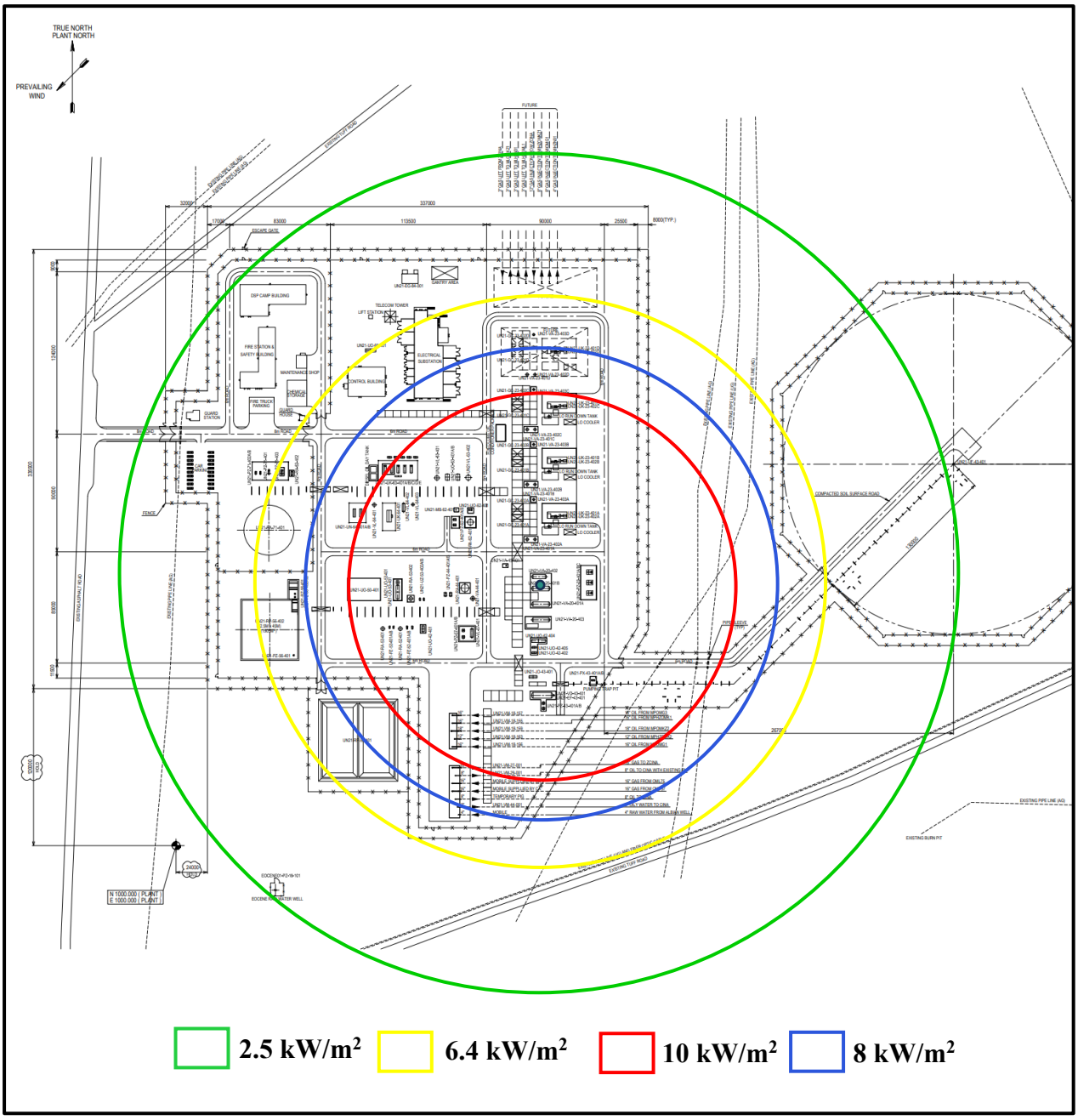


Figure III. 9 : Les distances d'effets thermiques associées au phénomène de feu de flaque

Les conséquences les plus importantes provoquées par un feu de flaque peuvent atteindre :

• La salle de contrôle, elle-peut être partiellement touchée par le seuil de dégâts irréversible (6.4kW/m²), les accès à la salle ne sont pas touchés et elle pourra donc être évacuée

• L'ensemble des équipements, qui peuvent être touché (8 kW/m²) mais aucun deux n'est dans le cercle de 32 kW/m² et pourront être efficacement protégés par les moyens d'intervention.

- Selon la classification précédente de conséquences d'échelle de gravité nous avons les impacts suivants :

→ Pas de bâtiment touché, moins de 10 personnes dans la zone d'effets irréversible G2

→ Zone d'effet réversible touche la route mais pas de population fixe G2

→ Dégât important sur l'ensemble des équipements process ne pouvant être protégés rapidement G4

La gravité du scénario de phénomène de feu de flaque est donc équivalente à une classe G4.

Remarque : aucune population externe ni site voisin (2.5kW/m)

- **Feu de chalumeau**

Le tableau III.27 reprend les distances d'effets thermiques (en m) associées au phénomène de feu de chalumeau. Les cercles de conséquence de phénomène de feu de chalumeau sont illustrés ci-après (Figure III.10) :

Tableau III. 27 : les distances d'effets thermiques associées au phénomène de feu de chalumeau

Radiation (kW/m²)	Distances d'effets en mètres par taille de fuite					
	Petite fuite		Moyenne		Grande	
	Jour été	Nuit hiver	Jour été	Nuit hiver	Jour été	Nuit hiver
2.5	5	5	15	15	176	186
6.4	NA	NA	13	13	139	140
10	NA	NA	12	12	126	124
Effets dominos						
8	NA	NA	12	12	132	131
32	NA	NA	NA	NA	100	91

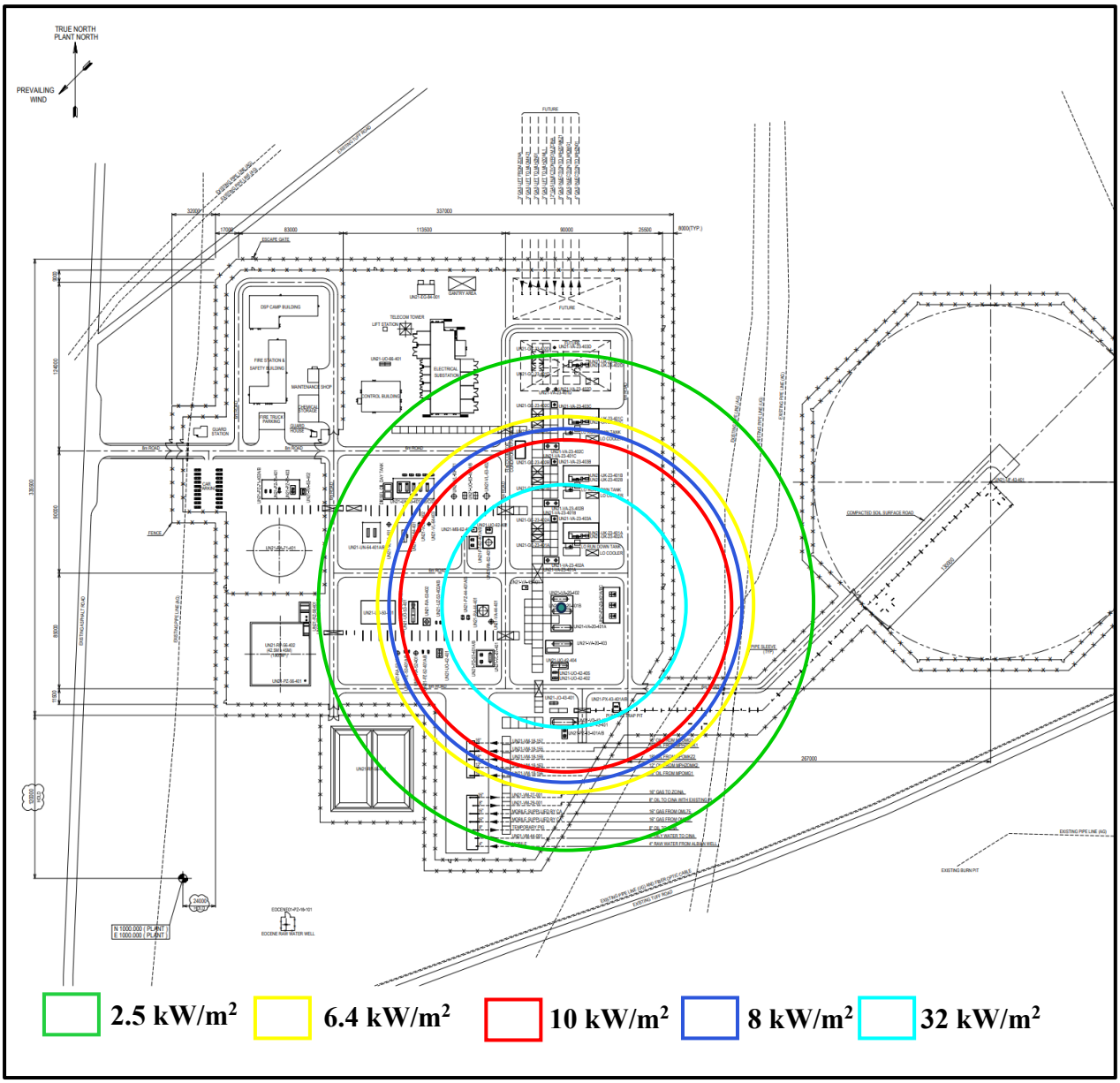


Figure III. 10 : les distances d'effets thermiques associées au phénomène de feu de chalumeau

Les conséquences les plus importantes provoquées par un feu de chalumeau peuvent atteindre :

• L'ensemble des équipements de séparation, de manifold ou les sections de compressions A et B peuvent être touchés (8 kW/m² et 32 kW/m²) et ne pourront donc pas être protégés par l'activation de moyen d'intervention.

Remarque : aucune population externe ni site voisin (2.5kW/m²) et les bâtiments peuplés ne peuvent pas être touché par le seuil de dégâts irréversible (6.4kW/m²), l'entrée principale n'est pas touchée aussi.

→ Selon la classe de conséquences d'échelle de gravité nous avons conclus les impacts suivants :

→ Pas de bâtiment touché, moins de 10 personnes dans la zone d'effets irréversible G2

→ Pas de population touchée G1

→ Dégât important sur l'ensemble des équipements entrée, séparation, compression G4

La gravité du scénario est donc équivalente à une classe G4.

- **Feu de flash**

Le tableau suivant indique les distances atteintes par les concentrations caractéristiques d'un feu flash, soit la Limite Inférieure d'Inflammabilité. Les cercles de conséquence de phénomène feu flash sont illustrés dans la Figure III.11 :

Tableau III. 28 : les distances atteintes par les concentrations caractéristiques d'un feu de flash

Concentration	Distances d'effets en mètres par taille de fuite							
	Petite fuite		Moyenne		Grande		Rupture	
	Jour été	Nuit hiver	Jour été	Nuit hiver	Jour été	Nuit hiver	Jour été	Nuit hiver
LII	2	3	6	6	114	106	Accepté car Fréquence $<10^{-6}$ /an	
½ LII	4	5	10	12	287	246		

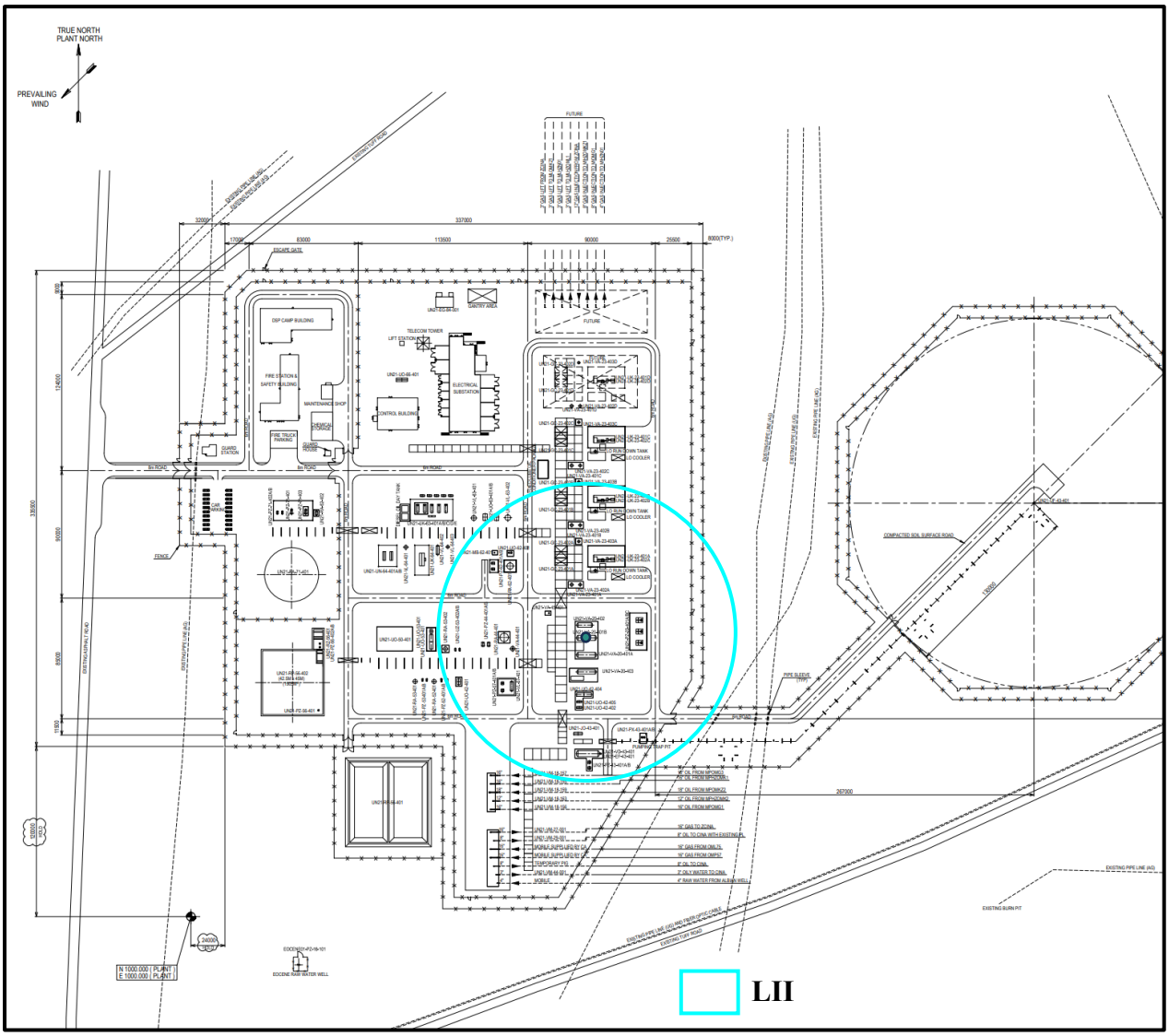


Figure III. 11 : Distances atteintes par les concentrations caractéristiques d'un feu de flash

La simulation montre que l'effet du rayonnement thermique en cas de feu flash est limité, et que l'effet létal est dimensionné par la distance atteinte par la LII (Limite Inférieure d'Inflammabilité). En effet, toute personne se trouvant sur le parcours des gaz brûlés est susceptible de subir un effet létal (par contact direct avec le front de flamme) avec une probabilité élevée, et toute personne se trouvant en dehors du nuage inflammable ne peut pas subir d'effet thermique létal.

- Selon les classes de conséquences d'échelle de gravité on a les impacts suivants :

→ Pas de bâtiment touché G2
→ Pas de public sur site G1
→ Pas d'impact G1

La gravité du scénario est donc équivalente à une classe G2.

4.2 Analyse de la cinétique des événements

Chaque phénomène dangereux est caractérisé par une cinétique d'enchaînement des événements bien spécifique. En fonction de cette cinétique, l'impact de l'événement et nos possibilités de limiter celui-ci peut être plus ou moins important. L'impact des phénomènes longs mais immédiats peut ainsi être généralement réduit en appliquant les méthodes d'évacuation et de protection adéquates.

La cinétique des phénomènes possibles est reprise dans le Tableau III.29 ci-dessous.

Tableau III. 29 : Classification des phénomènes selon leur vitesse

Phénomènes dangereux	Famille du phénomène
UVCE	Très rapide
Boule de feu	Très rapide
Feu chalumeau	Long mais immédiat
Feu Flash	Très rapide
Feu de flaque	Long mais immédiat

4.3 Etude des effets dominos

Pour les effets de surpression (UVCE), la zone d'effet correspondant au seuil de 160 mbar porte à une distance de 51 m. Ce phénomène pourrait dès lors engendrer des effets dommageables sur les manifolds. Les effets dominos se caractériseront par une défaillance mécanique des installations touchées. Il est possible d'avoir plusieurs fuites au niveau des équipements touchés, suivi par l'inflammation immédiate des substances combustibles relâchées. [16]

La zone d'effet liée à un feu de flaque sera fortement dépendante de l'emplacement et de l'évolution de la flaque. Le seuil d'effets de dégâts aux équipements protégés (32 kW/m2) n'est pas atteint et le seuil d'effets de dégâts aux équipements non protégés (8 kW/m2) atteint l'entièreté des équipements du site. Le site GOSP peut donc être détruit par effet domino mais ceux si peuvent être limité en cas d'intervention efficace (moyens mobiles ou fixes).

Les effets liés au feu chalumeau dépendront fortement de la direction du chalumeau. Dans ce scénario, les effets de radiations thermiques maximum atteignent le seuil de dégâts aux structures (32 kW/m2) jusqu'à 100 mètres, le seuil d'effets de dégâts aux équipements non protégés (8 kW/m2) atteint 131 mètres. Les équipements les plus exposés sont évidemment ceux situés dans la direction de la fuite. En intervenant rapidement pour arrêter l'alimentation de la fuite (détection gaz/feu avec coupure des alimentations), il est toutefois possible de limiter fortement la durée du feu chalumeau.

Si la durée du feu de chalumeau est suffisamment courte, les équipements ne subiront pas d'effet dommageable notoire. Dans le cas contraire, l'effet domino se caractérisera par une fuite au niveau de l'équipement touché, suivi par l'inflammation immédiate du combustible relâché.

Les systèmes de détection gaz/feu avec coupure automatique de l'alimentation du séparateur, les protections incendie mobiles au niveau du séparateur permettront de lutter efficacement contre les effets dominos potentiels.

Pour le Feu Flash, l'expérience montre que l'effet du rayonnement thermique est limité. Aucun effet domino ne peut être directement provoqué par un feu flash.

Sur site, les fuites seront collectées dans le système de drain fermé et l'ensemble des hydrocarbures pourront être contrôlé et rapidement récupéré et nettoyé. Les scénarios les plus importants, suite à un rejet accidentel d'hydrocarbures, seront les fumées générées par un feu ou par la torche du procédé, la dispersion de produits gazeux ou de produits imbrûlés.

On peut estimer que les risques environnementaux pour la faune et la flore seront d'autant plus limités (et minorants de ceux de l'homme). Aucunes zones naturelles vulnérables ne sont classées dans les environs. De manière générale, lors d'une calamité sévère, des hydrocarbures liquides peuvent être en contact avec des eaux superficielles et provoquer une pollution importante. Toutefois, vu les conditions atmosphériques locales, aucune eau superficielle n'est présente, les risques seront donc limités. Donc L'impact maximal d'une pollution est mineur, soit une gravité G2.

4.4 Calculer la valeur de criticité

D'après les résultats de simulation et d'analyses des phénomènes, on conclut dans le Tableau III.30 ci-dessous la valeur de la criticité :

Tableau III. 30 : Calcule de criticité

Phénomène	Probabilité	Gravité	Criticité
UVCE	1	3	3
Boule de feu	1	4	4
Feu de flaque	3	4	12
Feu chalumeau	3	4	12
Feu flash	2	2	4
Pollution	3	2	6

4.5 Impact économique et financier

Il est évident que le coût exact d'un accident est très dépendant des circonstances de celui-ci et ne peut être évalué précisément, néanmoins l'approche proposée ci-dessous permet de dégager un ordre de grandeur réaliste des coûts d'un incident. Ces coûts sont évalués en considérant :

Le coût de la perte de production en cas d'accident Le coût de la perte de production est quantifié sur base de la capacité de production journalière.

Le centre vise une production d'huile de 36 000 barils par jour. Le prix actuel du baril d'huile est de +/- 79 USD. [20]

En cas de défaillance d'un séparateur, les évènements redoutés pour les équipements et infrastructures du site sont un incendie et un UVCE. Ces phénomènes peuvent impacter les finances ou l'économie du site. Il n'y a pas d'impact sur les finances ou l'économie international prévu.

L'impact financier et économique potentiel est estimé à la perte de la totalité du site et à la perte de production associée sur une durée de 6 mois. Cette période est jugée nécessaire pour mener l'investigation, débarrasser la zone des équipements endommagés et la reconstruction avant de pouvoir redémarrer.
On calcule avec la relation suivante :

$$I = \delta \times \mathrm{Pr} \times 30 \times T$$

Avec :
I : valeur d'impact financier et économique potentiel
δ : Production d'huile barils par jour (36000).
Pr : Le prix actuel du baril d'huile (+/- 79 USD).
T : durée de perte de production (6 mois).

Donc le coût journalier de perte de production est donc estimé à 2,844 MM USD. La perte mensuelle est estimée à 85,320 MM USD et pour 6 moins, il est estimé à 511,92 MM USD

Le coût de reconstruction des équipements en cas d'accident A ce stade, le cout du projet global n'est pas défini. Toutefois au regard de la surface du site et du nombre réduit des équipements procédés, dès lors qu'un accident majeur se produit, l'ensemble des équipements procédés incontournables seraient endommagés par les effets de surpression (seuil de 160 mbar) ou les effets thermiques (32 kW/m2). Par conséquent, le cout du scénario d'accident majeur est le cout du site.

5. Interprétation et discussion des résultats

5.1 Adéquation des mesures

Pour montrer l'Adéquation des mesures on a résumé les résultats des analyses et du simulation sur le tableau suivant (Tableau III.31) :

Tableau III. 31 : les résultats des analyses et du simulation

Défaillance au niveau du séparateur			
EIn	**Ec**	**EI**	**ERC**
Fuite interne Mauvaise régulation Erreur humaine Un départ d'incendie ou explosion Augmentation de débit d'entrée Température élevée Polluants atmosphériques Risques géologiques Violations de la sécurité Choc mécanique externes	/	Surpression Surremplissages Corrosion/érosion Impact externe	Pert de confinement

ERS	PhD	EM
Fuite Rupture	UVCE Boule de feu Feu de nappe Feu de chalumeau Feu de flash Pollution	Dommages sur les personnes (blessures, Décès …) Dommages sur les équipements Dommage sur l'environnement Effets thermiques Effets missiles Effets toxique

L'ensemble des mesures de prévention et de protection pertinentes pour ce scénario ont été reprises dans le tableau suivants (III.32) et nous avons choisi un numéro (1.2…) / lettre (A.B…) pour chaque mesure afin de la représenter facilement dans le schéma de nœud papillon.

Tableau III. 32 : Barrières de sécurité

Barrières de Prevention	Barrières de Protection
Peinture anti corrosion 1 Inhibiteur de corrosion 2 Coupure automatique 3 Chaîne de sécurité (détection et asservissement) 4 Analyse 3D du l'emplacement 5 Permit de travail / de circulation 6 Soupape de sécurité 7 Programme d'inspection 8 Sélection des matériaux 9 Venne de décharge vers la torche 10 Formation 11 Système déluge 12	Vannes de sectionnement automatique ESDV A Moyen d'intervention et le PII B Procédures générales d'urgence (alerte, mobilisation…tec) C Détection feu / gaz D Médecine clinique sur site E

Une représentation du model de Bowtie est donnée en annexe E.

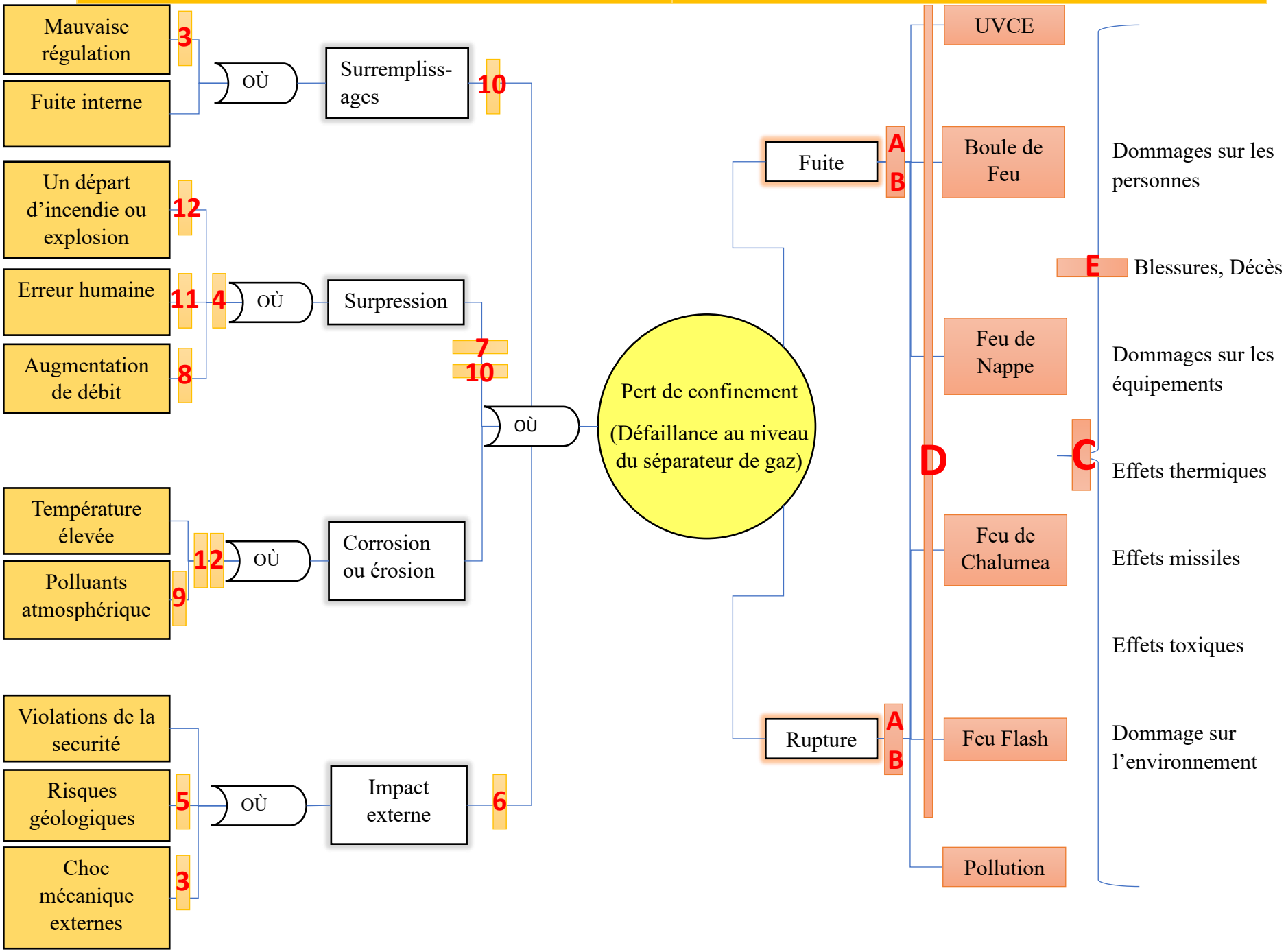


Figure III. 12 : Schéma de nœud papillon

5.2 Matrice ALARP

Après les résultats obtenus nous pouvons créer la matrice suivante :

Gravité						
	5					
	4	Boule de feu		Feu de flaque / Feu chalumeau		
	3	UVCE				
	2		Feu flash	Pollution		
	1					
		1	2	3	4	5
		Probabilité				

Figure III. 13 : Schéma de matrice ALARP

5.3 Interprétation et discussion

L'utilisation du logiciel PHAST facilite la modélisation et donne des résultats réels et fiables sur les risques présentés par l'installation. Les modélisations sont effectuées à l'aide du logiciel PHAST, et cela nous a montré un groupe de risques majeurs qui pourraient survenir, tels que UVCE, Boule de feu… etc. Pour prévenir la survenue d'accidents majeurs, les industriels réalisent des analyses de risques. Le retour d'expérience permet de mettre en évidence le fait que les accidents industriels majeurs sont généralement la conséquence d'un enchaînement d'événements indésirables combiné à des défaillances de barrières de sécurité. Le nœud papillon permet de répondre à ce besoin en fournissant une arborescence détaillée capable d'expliciter le déroulement chronologique d'un accident.

La méthode du nœud papillon est un très bon argument en tant que tel, représentant les causalités et les conséquences d'un éventuel évènement. Elle nous permet d'avoir une vue d'ensemble sur le processus d'un accident et ainsi modéliser la nécessité des barrières et leur champ d'action pour éviter un évènement indésirable. Nous avons vu à partir des résultats que la présence de barrières de sécurité réduit la fréquence des incidents et peut les empêcher de se produire.

L'instructions et l'inspection peut réduire la valeur des erreurs humaines et La présence d'un plan de prévention interne réduit la valeur des conséquences dangereuses.

D'après les résultats des risques lié au phénomène de UVCE est jugé ALARP. La fréquence d'occurrence d'un UVCE est relativement faible (7.0 10-6/an). La salle de contrôle, ni aucun autre bâtiment peuplé n'est touché par le seuil de dégâts aux bâtiments (70 mbar). Le seuil de 160 mbar, atteint l'ensemble de la section de séparation. Des effets dominos sont donc possibles. Le risque lié au phénomène de boule de feu est jugé ALARP sur base de la fréquence d'occurrence (4.5 10-6/an) et de l'étendue de la zone d'effets. La zone d'effet de ce phénomène extrêmement rapide s'étend sur une grande partie du site et touche la salle de contrôle. Toutefois, vu de la durée faible du phénomène, les personnes dans les bâtiments sont considérées comme protégées mais le phénomène peut endommager gravement le site.

Le risque lié au phénomène de feu de flaque est jugé ALARP sur base de la fréquence d'occurrence relativement élevée (1.5 10-4/an) et de l'étendue de la zone d'effet qui touche notamment la salle de contrôle. Les effets liés à ce phénomène seront toutefois fortement dépendants de l'évolution de la flaque. Ceux-ci devraient être rapidement identifié grâce notamment aux détecteurs gaz et feu qui équipent la zone des séparateurs ce qui permettra d'intervenir de manière efficace au niveau du site de production à l'aide des moyens de protection mobiles disponibles.

Le risque lié au phénomène de feu de chalumeau est jugé ALARP sur base de sa fréquence d'occurrence relativement élevée de 1.2 10-4/an et de la portée des effets. Le seuil de dégâts irréversibles ne touche pas des bâtiments peuplés ni l'entrée principale. L'ensemble des équipements de séparation, de manifold ou les sections de compressions A et B peuvent être touchée (8 kW/m² et 32 kW/m²)

Le risque lié au phénomène de feu flash est jugé ALARP. Le phénomène a une fréquence d'occurrence relativement modérée (2.3 10-5/an). Aucune population ou bâtiment peuplé n'est touché Toutefois, vu la courte durée de ce phénomène, il ne devrait pas impacter de personnes situées à l'intérieur.

Suite aux explications ci-dessus le scénario est donc redoutable et redouté, avec un niveau de risque ALARP.

La classification actuelle du scénario (ALARP) signifie que la sécurité du site doit être améliorée si cela est possible à des coûts raisonnables sans altérer la viabilité du site. Des mesures additionnelles peuvent être développées sur base des propositions des propositions des analyses accidentologie et ADE.

Conclusion générale et recommandations

Les séparateurs utilisés dans les grandes industries sont des équipements stratégiques, coûtent cher et sont sujets de multitudes de risques dont l'incendie et l'explosion sont les plus redoutable. Dans le but de la maîtrise de ces risques, nous avons mené une étude d'analyse de risque sur des séparateur au sein de centre séparation et compression d'Hassi Messaoud.

Pour l'étude fonctionnelle, nous définissons les principales causes par l'accidentologie, et l'arbre d'événements aussi, nous avons utilisé logiciel de simulation PHAST, qui nous a permis de comprendre les phénomènes redoutés de chaque scénario possible ainsi que d'estimer les risques d'apparition de défaillance ainsi que les conséquences à travers la méthode de nœud papillon et élaborer un plan pour les actions correctives nécessaires.

A l'issue de l'étude de dangers relative au le centre séparation et compression, à travers notre étude d'un scénario de défaillance de séparateur, nous avons constaté que l'évènement redouté se situent à un niveau de risque « ALARP ». Cependant, les mesures de protection et de prévention économiquement viables et pouvant être appliquées aux événements ALARP doivent être implémentés pour limiter le risque.

Il s'agit principalement de résultats liés à la géographie des alentours du site, qui ne présente que très peu de population extérieure proche. Toutefois, si aucun scénario ne présente un risque inacceptable, il est nécessaire d'appliquer toutes les mesures de risque viables d'un point de vue économique et acceptables d'un point de vue technique afin de minimiser le risque autant que possible.

La mise en place de mesures de réduction du risque est nécessaire pour assurer un niveau de sécurité optimal, c'est-à-dire :

• assurer le suivi des développements urbains dans les environs des installations industrielles, qui pourrait augmenter le niveau de risque (ex : extension de la zone d'habitation ou industrielle tel que les parcs et les ateliers mécaniques)

• assurer les intégrités des puits (prise d'épaisseurs, pression dans l'annulaire, cimentation…) pour anticiper et limiter les effets.

• Étudier la possibilité de prévoir un autre séparateur de secours en cas de panne du séparateur principal.

Références bibliographie

[1] : Document Sonatrach : - Réalisations 2022 de Sonatrach.

[2] : Document Sonatrach : - Projet Upside Nord Hassi Messaoud établit par S.Itano , 2020.

[3] : Document Sonatrach : - Plot plan for lot 4 de Hassi Messaoud.

[4] : Document Sonatrach : - Plan d'intervention interne PII préparé par S.Itano , 2021.

[5] : AOUDI Chems Eddine, KARKOUR Aimen << Analyse du risque industriel cas du bac de stockage d'ammoniac T-101 et pipeline FERTIAL-ANNABA >>, Université Badji Mokhtar, Annaba, 2020.

[6] : Liver << RISK CALCULATIONS MANUAL >> traduction du document << Handboek Risicoberekeningen >>, Department OMGEVING, 2017.

[7] : MESSADH Abdallah << Etude de défaillance des barrières de sécurité d'un ballon de séparation haute pression et des phénomènes dangereux associés Cas de SONATRACH DP TFT >>, École Nationale Polytechnique, Alger, 2016.

[8] : AMROUS Djamila Nesrine << Analyse par la méthode Nœud Papillon : Cas du séparateur primaire « Slug catcher » du Groupement Berkine – El Merk.>>, École Nationale Polytechnique, Alger, 2015.

[9] : Diapositive de cours << Management des Risques >>, Ibtissam El HASSANI, 2015.

[10] : Doucment DNV : - RELEASE NOTEs de Phast Version 7.1

[11] : FICHES DE DONNEES DE SECURITE << Propane >>, << n,Nonane >>, conformément au Règlement (CE), 2010.

[12] : DJELDJEL Amina << Simulation avec le logiciel PHAST des effets d'explosion au niveau du poste gaz de la centrale électrique TG de TIARET >>, >>, École Nationale Polytechnique, Alger, 2016.

[13] : DOULDJAMEL Nadia << Processus d'identification des dangers et gestion des risques avec présentation de la méthode BowTie. >>, Université Saad Dahleb, Blida, 2016.

[14] : Jonas Aust, Dirk Pons << Article: A Systematic Methodology for Developing Bowtie in Risk Assessment: Application to Borescope Inspection >>, University of Canterbury, Christchurch 8041, New Zealand, 2020.

[15] : ABID Imad Eddine << Une nouvelle installation de ligne concentrique d'eau diluant au puits QB-83 et QB-99 Au niveau de l'organisation Ourhoud >>, Université Kasdi Merbah , Ouargla, 2020.

[16] : Etude des dangers, Cooperative Conglomentre TEREOS,

[17] : Site: Wolterskluwer, << The bowtie method >>, URL: https://www.wolterskluwer.com/en/solutions/enablon/bowtie/expert-insights/barrier-based-risk-management-knowledge-base/the-bowtie-method

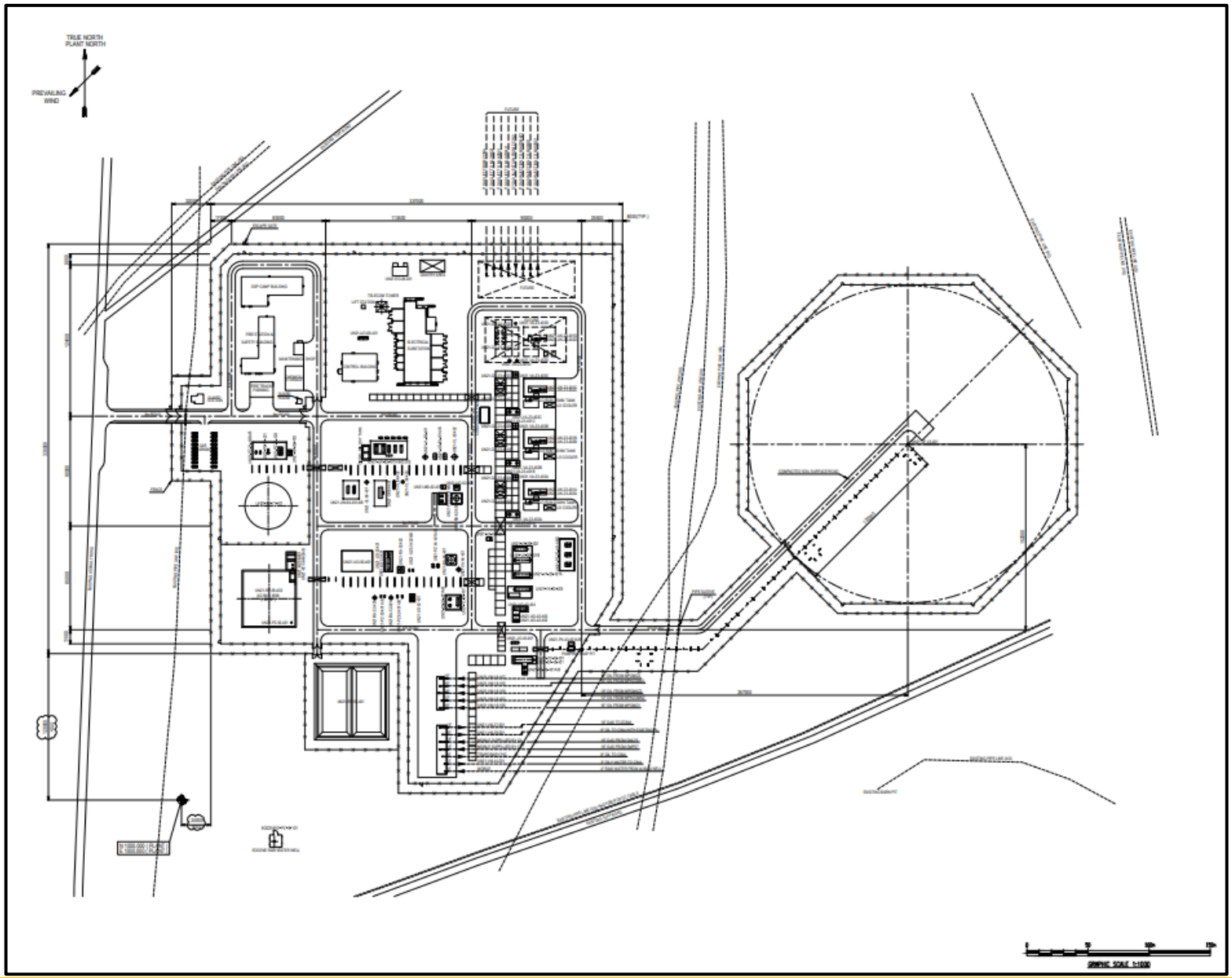
[18] : Site: Ressources unit, << Méthode Nœud Papillon >>, URL: **http://ressources.unit.eu/cours/cyberrisques/etage_3_aurelie/co/Module_Etage_3_synthese_75.html**

[19] : Site: Guide de pratique professionnelle, << La représentation des résultats par l'approche nœud papillon >>, Ordre des ingénieurs du Québec, Kanda, 2011. URL: **https://gpp.oiq.qc.ca/La_representation_des_resultats_par_l_approche_noeud_papillon.htm**

[20] : Site: Boursorama, URL: https://www.boursorama.com/bourse/indices/cours/8xBRN/

Les ANNEXES

ANNEXE A : Plot plan de lot 4 Upside North



ANNEXE B : Synthèse des Principles caractéristiques des méthodes d'analyse des risques.

Méthode	Type d'industrie	Facilité de mise en œuvre	Niveau d'intégration	Remarque	Intégré une analyse de vulnérabilité des enjeux externe pour l'évaluation des conséquences
Méthodes classique inductives (recherche des conséquences d'un événement)					
APR	Tous types d'installation simple	1	Installation		Implicite
AMDEC	Système technique processus discrets	2	Sous-système	Nécessite une décompostions poussé du Sous-système	Non
HAZOP	Système technique thermo-hydrauliques	3	Sous-système	Nécessite une décompostions poussé du Sous-système	Non
WHAT-IF	Tous types d'installation simple, systèmes techniques	2	Installation ou Sous-système	Nécessite une décompostions poussé du Sous-système	Non
AdE	Tous	3	Sous-système	Utile pour une visualisation et une analyse systématique des conséquences de dysfonctionnements des barriéres	Non
Méthodes classique déductives (recherche des causes d'un événement)					
AdD	Tous	3	Sous-système	Souvent mais pas obligatoirement construit suite a une APR, AMDEC ou HAZOP	Non
Méthodes classique mixtes (inductive et déductive)					
Nœud de papillon	Tous	3	Sous-système	Le nœud de papillon est un assemblage inspiré d'un AdE et un AdD	Non
Méthodes intégrées					
LOPA	Industries des procédés	4	Site	Utilise les AdD et AdE	Non
QRA	Tous	4	Site	Utilise des données génériques	Oui

ANNEXE C.1 : Caractéristiques des substances dangereuses (Ethane)

Les différents tableaux qui suivent reprennent les principales propriétés des substances considérées comme dangereuses.

Ethane		
Autres noms		
La formule chimique	C_2H_6	
Le Numéro CAS	74-84-0	
Les Propriétés Physiques		
Poids moléculaire	30,1	g/mol
Point d'ébullition	-89	°C
Point de fusion	-183	°C
Tension de vapeur (a 20°C)	38500	Mbar
Densité relative de la vapeur saturée dans l'air (20°C)	1,04	Réf air = 1
Densité relative eau (20°C)	0,4	Réf eau = 1
Solubilité dans l'eau	Insoluble	g/100ml
Chaleur de combustion	47400	kj/kg
Limites d'explosivité (LEL%-UEL%)	2,7 – 12,5	vol% - vol%
Température d'auto-inflammation	515	°C
Point d'éclair	Gaz combustible	°C
Energie minimale d'ignition	0,24	mJ
Etat	Gazeux	
Les propriétés toxicologiques		
IDLH	-	ppm
LC50, rat, 4h	-	mg/l
LD50, rat, orale	-	mg/kg
Indices NFPA	1 4 0	Nh Nf Nr
Les propriétés aquatoxiques		
Pas d'information disponible sur la substance		
Les phrases de risques	R12	

ANNEXE D.2 : Caractéristiques des substances dangereuses (n-Nonane)

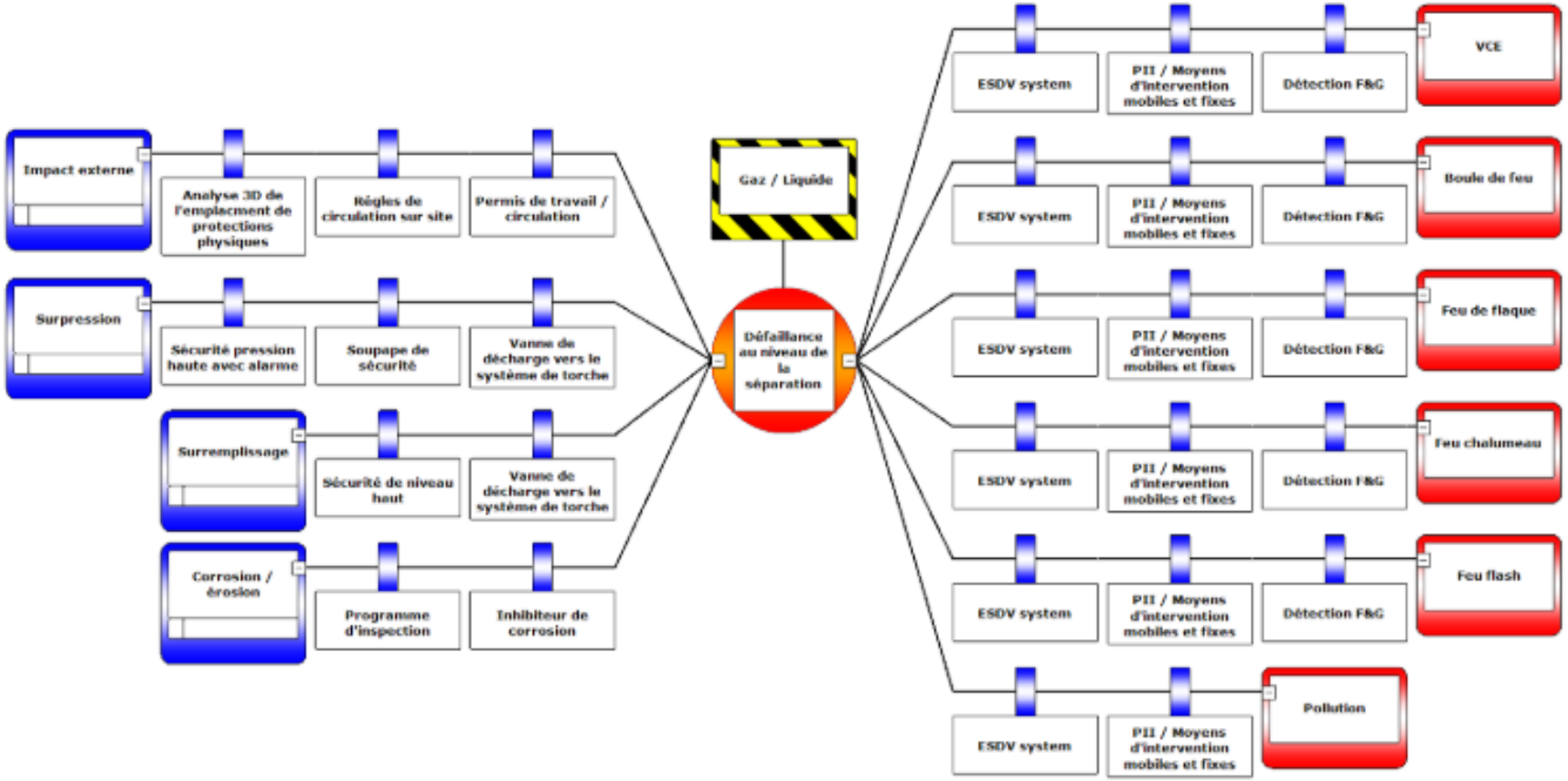
n-Nonane		
Autres noms		
La formule chimique	C_9H_{20}	
Le Numéro CAS	111-84-2	
Les Propriétés Physiques		
Poids moléculaire	128.26	g/mol
Point d'ébullition	150,82	°C
Point de fusion	-53,7	°C
Tension de vapeur (a 20°C)	430	Pa
Densité relative de la vapeur saturée dans l'air (20°C)	4,41	Réf air = 1
Densité relative eau (20°C)	0,718	Réf eau = 4
Solubilité dans l'eau	Insoluble	g/100ml
Chaleur de combustion		kj/kg
Limites d'explosivité (LEL%-UEL%)	0,8 – 2,9	vol% - vol%
Température d'auto-inflammation	205	°C
Point d'éclair	31	°C
Energie minimale d'ignition	0,24	mJ
Etat	Liquide	
Les propriétés toxicologiques		
IDLH	-	ppm
LC50, rat, 4h	-	mg/l
LD50, rat, orale	-	mg/kg
Indices NFPA	1 3 0	Nh Nf Nr
Les propriétés aquatoxiques		
Pas d'information disponible sur la substance		
Les phrases de risques	R12	

ANNEXE E : Des accidents externe

An	Lieu	Domaine	Subs	Phénomène	Causes	Conséquences	Equipement	Résumé
1998	Etats-Unis	Transport par conduite	Gaz naturel	Incendie	Météo	Blessés	Station de compression	Dans une station de compression de gaz naturel, la foudre est probablement à l'origine d'un incendie qui a initié plusieurs explosions. Une boule de feu se forme à plus de 100 m de hauteur. Cinq personnes, dont plusieurs pompiers, sont blessées et une demi-douzaine de maisons est endommagée. Les habitants sont évacués dans un rayon de 3,5 km. Les 3 gazoducs alimentant toute la Floride doivent être coupés, entraînant l'arrêt ou la réduction d'activité de nombreuses d'entreprises.
2000	Russie	Transport par conduite	Gaz naturel	Explosion	Equipement	Dégats matériels	Canalisation	Une canalisation de gaz naturel explose. L'alimentation de la ligne est coupée dans la région concernée. L'explosion s'est produite dans une zone de marécages très peu peuplée. La raison de l'accident n'est pas encore parfaitement connue mais un problème technique est évoqué par les exploitants. L'alimentation de la zone restera coupée le temps que les équipes d'intervention puissent rétablir la circulation du gaz. La durée des travaux est estimée à 1 semaine.

2000	Canada	Transport par conduite	Gaz naturel	Fuite	Maintenance	Pollution	Canalisation	Une canalisation de section 42 pouces transportant du gaz naturel se rompt pendant un test de pression. Les autorités indiquent que l'alimentation en gaz a été rapidement coupée, les effets sur l'environnement sont donc considérés comme nuls.
2002	Indonésie	Extraction de pétrole brut	Gaz naturel	Explosion	Non Com	Blessés	Puits	Une explosion suivie d'un incendie se produit sur un puits de pétrole. Le bilan est de 6 blessés parmi le personnel. L'explosion intervient pendant une phase de forage d'un nouveau puits. La stratégie du personnel d'exploitation est de laisser brûler la fuite de gaz.
2005	France	Transport par conduite	Gaz naturel	Incendie	Autres	Dégats matériels	Station de compression	Un feu dans une station de recompression de gaz naturel transporté par gazoduc est détecté à distance par le centre de contrôle de Nantes. Le POI est déclenché (niveau 2 de l'alerte). La mise en oeuvre de l'extinction automatique par du CO2 arrête la propagation. Lors de l'ouverture du caisson de la turbine par le personnel du site, une reprise de flammes est stoppée à l'aide d'un extincteur portatif. Les pompiers sont toutefois alertés. L'incendie est éteint vers 17h. Un arrosage du groupe est maintenu momentanément. La station est arrêtée de 3 à 4 h, une perturbation du terminal de distribution est envisagée pour lel lendemain. L'incendie résulterait de l'inflammation d'huile de lubrification au niveau de la garniture d'une turbine entraînant un des compresseurs.

ANNEXE F : Bowtie (Nœud de papillon)



ANNEXE G : Comment détermine Les seuils d'exposition pour les effets thermiques sur l'homme

Les seuils d'exposition pour les effets thermiques sur l'homme ont été déterminés en considérant une exposition de 20 secondes. Pour des boules de feu ayant une durée inférieure à 20 secondes, les seuils d'exposition doivent être recalculés. La formule de calcul du flux thermique équivalent aux seuils normalement utilisés est donnée ci-dessous :

$$I = (S) \times (\frac{20}{t})^{3/4}$$

Avec I le nouveau seuil, S l'ancien seuil et t la durée d'exposition en secondes.

Le seuil de 70 mbar correspond au seuil dimensionnant pour les bâtiments de type B1 (structure légère) selon la norme API RP 752. L'objectifs de l'EDD étant l'analyse du risque pour les populations externes principalement, le positionnement des bâtiments sur le site sont réalisés en détail dans les analyses FHA et QRA du site permettant la prise en compte intégrée des différents scénarios redoutés et de leurs fréquences d'occurrence respectives.