الجمهـــوريـــــة الجزائـــريـــــة الديمقـــراطيـــــة الشـعبيـــة
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التـــعلـــيـــــم العـــــالـــــي والبـــحـــــث العـلمـــي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

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

معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Sécurité Industrielle et Environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle
Spécialité : Sécurité Industrielle et Environnement

Thème

Etude des risques d'inflammation et d'explosion des substances dangereuses

Présenté et soutenu publiquement par :

BENDALI BRAHAM Karim & BOUARICHA Adel

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
MIMOUNI Chahinez	MCA	IMSI	**Présidente**
MECHKEN Karima Amel	MCA	IMSI	**Examinatrice**
TALBI Zahera	MCB	IMSI	**Encadrante**

Année 2025/2026

Etude des risques d'inflammation et d'explosion des substances dangereuses.

RESUME :

Ce travail de fin d'études s'inscrit dans le cadre de la maîtrise des risques industriels au sein du Centre de Traitement des Hydrocarbures Sud (CTH Sud). L'objectif principal de cette étude est d'identifier, d'évaluer et d'analyser les risques d'accidents majeurs susceptibles d'affecter les personnes, les installations et l'environnement. Le bureau d'étude OPTIMUS LPE (Loss Prevention Engineering) nous a chargé de l'établissement d'une partie d'une étude des risques appliquée sur le site industriel de SONATRACH au (CTH Sud) située à la wilaya de Laghouat à Hassi R'mel, L'étude a débuté par une présentation générale de l'installation, de son environnement et des principales unités de procédé. Une analyse des caractéristiques des substances manipulées a ensuite été réalisée afin d'identifier les dangers liés à leur inflammabilité.

Une Analyse Préliminaire des Risques (APR) a été menée afin d'identifier les situations dangereuses, leurs causes et leurs conséquences potentielles. Enfin, les scénarios accidentels les plus significatifs ont été sélectionnés pour une analyse quantitative détaillée où on a calculé les probabilités d'occurrence et la gravité des conséquences de ces scénarios accidentels redoutés.

دراسة مخاطر اشتعال وانفجار المواد الخطرة

ملخص:

يندرج عمل نهاية الدراسة هذا في إطار التحكم في المخاطر الصناعية داخل مركز معالجة المحروقات بالجنوب (CTH Sud) . يكمن الهدف الرئيسي لهذه الدراسة في تحديد، تقييم، وتحليل مخاطر الحوادث الكبرى التي قد تؤثر على الأفراد، المنشآت، والبيئة. كلفنا مكتب تصميم OPTIMUS LPE (Loss Prevention Engineering) بإعداد جزء من دراسة المخاطر المطبقة على موقع SONATRACH الصناعي في (CTH Sud)، الواقع في ولاية الأغواط في حاسي رمل.

وقد استُهلت الدراسة بتقديم عام للمنشأة، بيئتها، ووحدات التصنيع الرئيسية فيها. تلا ذلك إجراء تحليل لخصائص المواد التي يتم التعامل معها، وذلك من أجل تحديد الأخطار المرتبطة بقابليتها للاشتعال.

كما تم إجراء تحليل أولي للمخاطر (APR) بهدف تحديد المواقف الخطرة، أسبابها، وعواقبها المحتملة. وفي النهاية، تم اختيار سيناريوهات الحوادث الأكثر أهمية لإجراء تحليل كمي مفصل، حيث تم حساب احتمالات حدوثها وخطورة عواقب سيناريوهات الحوادث المخيفة هذه.

REMERCIMENT

Avant tout, nous remercions Allah le Tout-Puissant de nous avoir donné la santé, la volonté et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à notre enseignante encadrante, Talbi Zahera, pour son accompagnement, sa disponibilité, ses conseils précieux et son soutien tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous exprimons également notre profonde gratitude à notre ingénieur encadrant, Bendali Braham Abdeldjalil, pour son encadrement, ses orientations pertinentes ainsi que les connaissances et l'expérience qu'il a partagées avec nous durant cette période.

Nos remerciements s'adressent aussi à l'ensemble du personnel du bureau d'études OPTIMUS LPE pour leur accueil chaleureux, leur disponibilité et l'aide apportée tout au long de notre stage.

Nous remercions également tous les enseignants et le personnel administratif de l'institut de maintenance et sécurité industrielle pour la qualité de la formation dispensée et les efforts consentis pour notre réussite.

Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance à nos familles pour leur amour, leur soutien moral et matériel, leur patience ainsi que leurs encouragements constants tout au long de notre parcours universitaire. Leur confiance et leurs sacrifices ont été une source de motivation essentielle dans l'accomplissement de ce travail.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce mémoire et à l'aboutissement de notre projet de fin d'études.

Merci à tous.

DEDICACE

Nous dédions ce modeste travail :

À nos très chers parents, en témoignage de notre profonde gratitude pour leur amour, leurs sacrifices, leurs encouragements et leur soutien indéfectible tout au long de notre parcours universitaire. Que Dieu les protège et les récompense pour tout ce qu'ils ont fait pour nous.

À nos frères et sœurs, pour leur affection, leur soutien moral et leurs encouragements permanents.

À nos familles respectives, pour leur confiance, leur patience et leur présence à nos côtés durant toutes ces années d'études.

À nos amis et camarades, pour les moments de partage, d'entraide et de solidarité qui ont marqué notre parcours.

À nos enseignants, pour leur savoir, leurs conseils et leur contribution à notre formation.

Enfin, à toutes les personnes qui nous ont soutenus, de près ou de loin, et qui ont contribué à la réalisation de ce projet de fin d'études.

SOMMAIRE

REMERCIMENT i
DEDICACE ii
SOMMAIRE iii
LISTE DES FIGURES vii
LISTE DES TABLEAUX viii
LISTE DES ABREVIATIONS ix
INTRODUCTION GENERALE 1
CHAPITRE I : Présentation générale 2
I.1 Introduction : 3
I.2 Objectif : 3
I.3 Champ et limites de l'étude des risques : 3
I.4 Contenue : 3
I.5 Références : 4
I.5.1 Documents de références générales : 4
I.6 Conclusion : 5
CHAPITRE II : Description de l'environnement 6
II.1 Introduction : 7
II.2 Définition et délimitation du site : 7
II.2.1 localisation Administrative : 7
II.2.2 localisations du site : 8
II.3 Géologie et hydrologie : 9
II.3.1 L'Albien : 9
II.3.2 Le Cénomanien : 9
II.3.3 Le Turonien : 10
II.3.4 Le Sénonien : 10
II.3.5 L'Eocène : 10
II.3.6 Le Mio-pliocène : 10
II.4 Hydrologie et hydrogéologie : 11
II.5 Climatologie : 11
II.5.1 Températures : 12
II.5.2 Précipitation : 12
II.5.3 Le vent : 13
II.5.4 Contexte climatologique : 14
II.5.5 Sismicité : 14
II.6 Milieu Biologique : 15

II.6.1 Introduction : 15
II.6.2 Flore : 15
II.6.3 Faune : 16
II.7 Conclusion : 17
CHAPITRE III : Description du champ et ses différence installation 18
III.1 Introduction : 19
III.2 Description du site des installations existante : 19
III.2.1 Localisation : 19
III.2.2 Effectif : 19
III.2.3 Superficie et bâtiments en dur : 19
III.2.4 Historique : 19
III.2.5 Activité du CTH SUD : 20
III.3 Installations process : 20
III.3.1 Les principales installations destinées à la production sont : 20
III.3.2 Equipements représentatifs de l'ensemble des installations : 23
III.3.2.1 Les séparateurs : 23
III.3.2.2 Bacs de stockage : 23
III.4 Utilité : 24
III.5 Système de lutte contre l'incendie : 25
III.6 Conclusion : 25
CHAPITRE IV : Évaluation de l'accidentologie et analyse du retour d'expérience 26
IV.1 Introduction : 27
IV.2 Bases de données et méthodologie sélectionnées : 27
IV.3 Retour d'expérience interne : 27
IV.4 Retour d'expérience externe : 29
IV.4.1 Stockages d'hydrocarbures liquides : 37
IV.4.2 Séparateurs : 38
IV.5 Conclusion : 39
CHAPITRE V : Méthodologie d'identification et d'évaluation des risques d'accident majeurs 40
V.1 Introduction : 41
V.2 Référence aux accidents historiques : 41
V.3 Analyse des risques : 42
V.3.1 Identification des dangers et évaluation des risques : 42
V.4 Evaluation détaillée des risques : 43
V.4.1 Description de la section isolable : 43
V.4.2 Sélection d'une matrice de criticité : 44
V.4.3 Evaluation des fréquences des phénomènes dangereux par la méthode de nœud papillon : 44

V.4.4 Calcul des probabilités des pertes de confinement : 46
V.4.5 Calcule des Fréquences d'occurrence des phénomènes dangereux : 46
V.4.6 Evaluation de la gravité : 46
V.4.6.1 Seuils de référence pour les effets thermiques : 46
V.4.6.2 Seuils de référence pour les effets de surpression : 47
V.4.6.3 Échelle de gravité : 48
V.4.6.4 Modélisation : 49
Modélisation de dispersion des gaz suivi d'un feu de nuage : 50
Modélisation du jet enflammé : 51
Modélisation du feu de nappe : 51
V.4.7 Analyse des conséquences et des impacts : 52
V.4.8 Analyse des effets dominos : 52
V.4.9 Cotation de risque et conclusion : 52
V.5 Conclusion : 52
CHAPITRES VI : IDENTIFICATION DES FACTEURS DE RISQUE 53
VI.1 Introduction : 54
VI.2 Caractérisation des dangers associes aux substances principales : 54
VI.2.1 Description des conséquences des dangers associes aux substances principales : 55
VI.2.1.1 Propriétés des substances inflammables : 55
VI.2.1.2 Propriétés des liquides inflammables stockés dans le site : 56
VI.2.1.3 Conséquences générales des dangers causés par les évènements Impliquant des hydrocarbures : 57
VI.3 Dangers liés aux activités : 58
VI.4 Dangers liés à la maintenance : 58
VI.5 Dangers liés à l'environnement : 59
VI.6 Evaluation préliminaire des risques : 60
CHAPITRES VII : Analyse détaillait des risques 65
VII.1 Introduction : 66
VII.2 Scénario n°1 : Défaillance d'un séparateur FWKO : 66
VII.2.1 Description de l'équipement étudié : 66
VII.2.2 Description des évènements redoutés : 66
VII.2.3 Contrôles, régulation et sécurité en place : 67
VII.2.3.1 Probabilité d'occurrence de l'événement : 68
VII.2.4 Fréquence d'occurrence des conséquences : 68
VII.2.4.1 Fréquence d'occurrence des conséquences -petite fuite- : 68
VII.2.4.2 Fréquence d'occurrence des conséquences -fuite moyenne- : 69
VII.2.4.3 Fréquence d'occurrence des conséquences -grande fuite - : 70
VII.2.5 Analyse des conséquences des évènements : 70
VII.2.5.1 Distances d'effets : 70

VII.2.5.2 Impact sur l'environnement : 75
VII.2.6 Effet dominos : 75
VII.2.7 Cotation de risque et conclusion : 76
VII.3 Scénario n°2 : Défaillance d'un bac de stockage de brut : 77
VII.3.1 Description de l'équipement étudié : 77
VII.3.2 Description des évènements redoutés : 77
VII.3.3 Contrôles, régulation et sécurité en place : 77
VII.3.4 Fréquence d'occurrence des conséquences : 78
VII.3.5 Analyse des conséquences des évènements : 79
VII.3.5.1 Distances d'effets : 79
VII.3.5.2 Impact sur l'environnement : 80
VII.3.6 Effet dominos : 81
VII.3.7 Cotation de risque et conclusion : 81
VII.7 Conclusion : 82
CONCLUSION GENERALE 84
BIBLIOGRAPHIE 86
Annexes 87
1. Annex A : Plan de mass 88
2. Annex B : Piping And Instrumentation Diagram (P&ID) 90
3. Annex C : Rapport PHAST 93

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Positon de Hassi R'mel 7
Figure 2 : centre de traitement d'huile Sud. 8
Figure 3 : Couper géo structurale transversale régionale (wec, 2007) 9
Figure 4 : Géologie de la région d'étude 11
Figure 5 : variation des températures et précipitations mensuelles moyennes a Hassi R'mel 12
Figure 6 : Evolution annuelle des précipitations mensuelles de Hassi R'mel, durant la période allant de 1981 à 2012 12
Figure 7 : Rose des vents de la région Hassi R'mel 13
Figure 8 : Variation des vitesses maximales des vents dans la région de Hassi R'mel durant l'année 2015 source ONM 13
Figure 9 : Diagramme ombrothermique de la région de Hassi R'mel (1982-2012) 14
Figure 10 : Zonage sismique en Algérie (RPA 2024) 15
Figure 11 : ESPECES CARACTERISTIQUES DE LA REGION. 16
Figure 12 : MAMMIFERES TYPIQUES DE LA REGION. 16
Figure 13 : PFD MONTRANT LA SITUATION ACTUELLE DU PROCESS AU NIVEAU DU CTH SUD 22
Figure 14 : Répartition par origine des accidents répertoriés de stockages d'hydrocarbures 37
Figure 15 : Répartition par origine des accidents répertoriés des séparateurs 38
Figure 16 : Méthodes d'identification des accidents majeurs 41
Figure 17 : Résumé de la méthodologie 42
Figure 18 : Exemple d'un nœud papillon 45
Figure 19 : Classes d'inflammabilité, conformément à la règlementation CE n°1272/2008 56
Figure 20 : Arbre des causes 67
Figure 21 : Arbres de conséquences -petite fuite 68
Figure 22 : Arbres de conséquences-fuite moyenne- 69
Figure 23 : Arbres de conséquences-grande fuite- 70
Figure 24 : Effet thermique feu de nappe -PF- 71
Figure 25 : Effet thermique feu de nappe -FM- 71
Figure 26 : Effet thermique feu de nappe -GF- 72
Figure 27 : Effet de surpression UVCE -PF- 72
Figure 28 : Effet de surpression UVCE -FM- 73
Figure 29 : Effet de surpression UVCE -GF 73
Figure 30 : Effet de feu de flash -PF- 74
Figure 31 : Effet de feu de flash -GF-FM- 74
Figure 32 : Arbre des causes 78
Figure 33 : Effet de Radiation / Flaque 79
Figure 34 : Effet de Radiation 80
Figure 35 : Plan de masse CTH SUD 89
Figure 36 : Piping and Instrumentation Diagram-Séparateur FWKO 91
Figure 37 : Piping and Instrumentation Diagram-Bac de stockage 92

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des séparateurs....23
Tableau 2 : Caractéristiques des bacs de stockage....24
Tableau 3 : Accidentologie Interne....28
Tableau 4 : Retour d'expérience externe....29
Tableau 5 : Matrice de risque....44
Tableau 6 : Seuils thermiques des effets sur l'homme....47
Tableau 7 : Seuils thermiques des effets dominos....47
Tableau 8 : Seuils de surpression des effets sur l'homme....47
Tableau 9 : Seuils de surpression des effets dominos....48
Tableau 10 : Échelle de gravité humaine....48
Tableau 11 : Échelle de gravité environnementale....49
Tableau 12 : Conditions météorologiques....51
Tableau 13 : Les propriétés des liquides inflammables stockés dans le site....57
Tableau 14 : Dangers potentiels liés à l'équipement.....58
Tableau 15 : Dangers liés à la maintenance.....59
Tableau 16 : Dangers environnementaux.....59
Tableau 17 : Analyse des risques préliminaire....60
Tableau 18 : Caractéristique de séparateur FWKO....66
Tableau 19: Fréquence de défaillance totale....68
Tableau 20 : Fréquence des événements redoutés -petite fuite-....69
Tableau 21 : Fréquence des événements redoutés- fuite moyenne-....69
Tableau 22 : Fréquence des événements redoutés -grande fuite -....70
Tableau 23 : Distance d'effet de Radiation / Feu de nappe....70
Tableau 24 : Distance d'effet de surpression-VCE-....72
Tableau 25 : Distance d'effet de Feu de Flash....73
Tableau 26 : Matrice d'impact sur l'environnement....75
Tableau 27 : Niveau de risque pour chaque scénario....76
Tableau 28 : Matrice de Criticité finale....76
Tableau 29 : Caractéristiques des bacs de stockage....77
Tableau 30 : Fréquence des événements redoutés....78
Tableau 31 : Distance d'effet de Radiation / Flaque....79
Tableau 32 : Distance d'effet de Radiation....80
Tableau 33 : Matrice d'impact sur l'environnement....81
Tableau 34 : Niveau de risque pour chaque scénario....81
Tableau 35 : Matrice de Criticité....81
Tableau 36 : Matrice de criticité finale....83

LISTE DES ABREVIATIONS

-CTH : Centre de Traitement des Huiles.

-IOGP : International Association of Oil & Gaz producer.

-NFPA : Nationale Fire Protection Association.

-SDI : Système de détection Incendie.

-SSI : Système de Sécurité Incendie.

-NFS : Norme Française Sécurité.

-UTE : Union Technique de L'électricité.

-API : Américain Pétrolien Institut.

-NFC : Norme Française électricité.

-NT : Norme Technique.

-HP/MP : Haute Pression et Moyenne Pression.

-FWKO : Free Water Knock Out.

-UTG : Unité de traitement de gaz.

-MPP : Module Processing plant.

-TAG : Train association gaz.

-CTG : Centre traitement gaz.

-HR : Hassi R'Mel.

-SDS : Station de déshuilage Sud.

-T : Température.

-P : Pression.

-Atm : Atmosphère.

-ARIA : Analyse, Recherche et Information sur les Accidents.

-BARPI : Bureau d’Analyse des Risques et Pollutions Industrielles.

DJB : Djebel Bissa (unité de traitement de gaz).

SCS : Station de Compression Sud.

GPL : Gaz de Pétrole Liquéfié.

PHAST : Process Hazard Analysis Software Tool.

REX : Retour d'Expérience.

APR : Analyse Péliminaire des Risques.

ADR : Analyse Détaillée des Risques.

SDV : Shut Down Valve.

ERC : Événement Redouté Central.

EI : Evènement Initiateurs.

ALARP : As Low As Reasonably Practicable.

LFL : Lower Flammability Limit.

LEL : Lower Explosive Limit.

UFL : Upper Flammability Limit.

UEL : Upper Explosive Limit.

Ppm : Parties Par Million.

VCE : Vapor Cloud Explosion.

HC : Hydrocarbures.

UVCE : Unconfined vapour claude explosion.

PSV : Pressure Safety Valve.

PCV : Pressure Control Valve.

LC : Level Controler.

LOC : lose of continement.

PF : Petite Fuite.

FM : Fuite Moyenne.

GF : Grande Fuite.

FN : feu de nappe.

FF : Feu de Flash.

PE : Pollution environnementale.

SC : Scénarios.

INTRODUCTION GENERALE

L’industrie pétrolière est un secteur stratégique très important pour le développement économique dans l’Algérie. Les installations industrielles pétrolières regroupent l'ensemble des installations utilisées dans les différentes étapes des procédés d'exploitation, production, traitement, stockage et de transport. Néanmoins tels industrie engendrent des procédés a risque élevée.

Chaque étape de tels procédés nécessite une présence permanente des produits dangereux sous forme de gaz, vapeur ou liquide à des conditions de pressions et températures critiques. Caractérisés par des paramètres physico-chimiques où en présence de sources d'énergie, peuvent s'entraîner à une formation d'un phénomène d'inflammation ou d'explosion.

Donc, pour tels sites, une analyse de risque doit être établie pour identifier les sources de danger dans les différentes installations du site et évaluer toute scénario indésirable possible en fonction de sa probabilité d’occurrence et son niveau de gravité sur les l’humain, les installations et l’environnement.

Dans ce cadre du projet de fin d'études, Le bureau d’étude **OPTIMUS LPE (**Loss Prevention Engineering) nous a chargé de l’établissement d’une partie d’une étude des risques appliquée sur le site industriel de **SONATRACH** au Centre de traitement des huiles (CTH Sud) située à la wilaya de Laghouat à Hassi R’mel, cette industrie représente un rôle essentiel de séparation, compression du pétrole brut venant des puits, et de stockage des produits afin de traitement. Les produits résultants issus de traitement sont acheminés à d’autre stations pour subir un traitement complémentaire destiné à l’exploitation.

L'objectif de cette étude est d'identifier les sources de danger du site CTH sud et d'évaluer les scénarios probables afin de connaitre le niveau de risque associé et proposer des mesures à prendre adaptées pour une amélioration continue de la sécurité du site et pour un environnement de travail plus ergonomique et sûr.

CHAPITRE I : Présentation générale

I.1 Introduction :

Dans ce chapitre on présente le champ et limites de l'étude des risques pour définir les différentes installations étudiées et tous ce qui est comme références relative à l'étude de risque.

I.2 Objectif :

Cette étude décrit les dangers de l'installation et les accidents majeurs qui peuvent survenir, leurs causes (internes ou externes), leur nature et leurs conséquences.

Elle décrit également les barrières de prévention et de protection mises en place / prévues sur site et détaille la cohérence et les moyens d'aide-interne ou externe mis en œuvre pour lutter contre les effets d'une éventuelle catastrophe.

Cette étude devrait permettre de mettre en place une approche rationnelle et objective permettant l'évaluation des risques pour les personnes et l'environnement.

I.3 Champ et limites de l'étude des risques :

Les installations couvertes par cette étude sont décrites ci-dessous :

- Zones de séparation
- Bacs de stockage
- Canalisation
- Les utilités

I.4 Contenue :

Cette étude inclut :

- Présentation générale du projet ;
- Description de l'environnement immédiat du projet et voisinage ;
- La description du champ et ses différentes installations ;
- Accidentologie / Retour d'expérience ;
- Description de la méthodologie ;
- L'identification de tous les facteurs de risques ;
- L'analyse des risques et conséquences ;
- Conclusion générale ;

I.5 Références :

I.5.1 Documents de références générales :

Les documents de référence généraux suivants ont été utilisés dans cette étude :

- IOGP Report No N°434-1, March 2019 - Process release frequencies;
- Report N°434 – 6.1, Ignition Probabilités ;
- IOGP 2022 434-03 Storage incident frequencies - IOGP 2022
- Philosophie Sonatrach;
- Les procedure de Sonatrach;
- Etude de danger préexistente– Direction Regional de Hassi R'mel –Zone Sud.

Normes et règles relatives aux moyens de prévention et de lutte contre l'incendie

- NFPA 15 Standard for Water Spray FixedSystems for Fire Protection, 2007 Edition (norme pour les systèmes fixes de pulvérisation d'eau pour la lutte contre l'incendie, éd. 2007) ;
- NFPA 20 Standard for Installation of StationaryPumps for Fire Protection, 2007 Edition (norme pour l'installation de pompes fixes pour la protection anti-incendie, éd. 2007) ;
- NFPA 22 Standard for Water Tanks for Private Fire Protection, 2008 Edition (norme pour les réservoirs d'eau pour la protection anti-incendie privée, éd. 2008) ;
- NFPA 24 Standard for Installation of Private Fire Service Mains and TheirAppurtenances, 2007 Edition (norme pour l'installation des moyens de service anti-incendie privés et leurs accessoires, éd. 2007) ;
- NFPA 59 Utility LP-Gas Plant Code, 2008 Edition (code d'usine des utilités BP-Gaz, éd. 2008) ;
- NFPA 2001 – Standard on Clean Agent Fire ExtinguishingSystems, 2008 Edition (norme sur les agents propres des systèmes d'extinction d'incendie, éd. 2008).

Normes relatives aux systèmes de Détection Incendie (S.D.I / SSI)

- NFPA 72 : Code national d'alarme incendie défini par la norme NFPA 72
- NFS 61-950 relative au matériel de détection incendie : Détecteurs, tableaux de signalisation et organes intermédiaires / novembre 1985 ;
- NFS 61-961 relative aux détecteurs autonomes déclencheurs/sept 1989 ;
- NFS 32-001 relative au signal sonore d'évacuation d'urgence/octobre ;

Normes et règles relatives des installations électriques

Notamment ceux établis et diffusés par l'Union Technique de l'Électricité (UTE), principalement les :

- FS 61-932 relative aux règles d'installations / septembre 1993.
- API RP 505 « Recommended Practice for classification of locations for Electrical equipment in hazardous area
- NFC15-100 - Installations électriques à basse tension ;
- NFC20-010 - Règles communes aux matériels électriques – classifications des degrés de protection procurés par les enveloppes.

Normes et règles relatives à la signalisation et au balisage

- NF X 08-100 relatives aux « couleurs conventionnelles des tuyauteries » ;
- NF X 08-003 "couleurs et signaux de sécurité" ;
- NT 31-02 "signaux de sécurité".

I.6 Conclusion :

Dans ce chapitre, l'objectif, le Champ et limites de l'étude des risques, le contenue ont étaient discutées, ainsi que les références relatives. Dans le chapitre suivent on va détailler la description de l'environnement du site.

CHAPITRE II : Description de l’environnement

II.1 Introduction :

La description de l'environnement constitue une étape primordiale dans la réalisation d'une étude de risques. L'environnement d'une installation industrielle ne se limite pas aux caractéristiques physiques du site, mais englobe également les populations, les infrastructures, les activités économiques et les composantes environnementales présentes à proximité.

L'analyse de cet environnement joue un rôle déterminant dans l'évaluation des risques, puisqu'elle influence à la fois les causes potentielles des accidents et l'ampleur de leurs conséquences. En effet, les conditions météorologiques, l'occupation des sols et la répartition des enjeux peuvent favoriser ou limiter la propagation des effets dangereux. De plus, la vulnérabilité des zones exposées varie d'une région à une autre en fonction de la densité de population, de la sensibilité des écosystèmes, de la présence d'infrastructures stratégiques et de la capacité des moyens de prévention et d'intervention disponibles.

Ce chapitre a pour objectif de présenter les principales caractéristiques de l'environnement entourant l'installation étudiée.

II.2 Définition et délimitation du site :

II.2.1 localisation Administrative :

Hassi R'mel est une commune de la wilaya d'Laghouat, Algérie, s'étend sur 3 830 km² située à 47 km au nord-ouest de Berriane la plus grande ville aux alentours et à 110Km du chef-lieu de la wilaya.



Figure 1 : Positon de Hassi R'mel

Située à 770 mètres d’altitude, la ville de Hassi R’mel a pour coordonnées géographiques Latitude : 32° 55’ 41’’ nord Longitude : 3° 16’ 16’’ est.

II.2.2 localisations du site :

C’est un site pétrolier qui se trouve dans le sud de Hassi R’mel qui s’occupe de traitement du pétrole brut où le mélange huile, gaz et eau se transforme en produits exploitables et transportables.



Figure 2 : centre de traitement d'huile Sud.

II.3 Géologie et hydrologie :

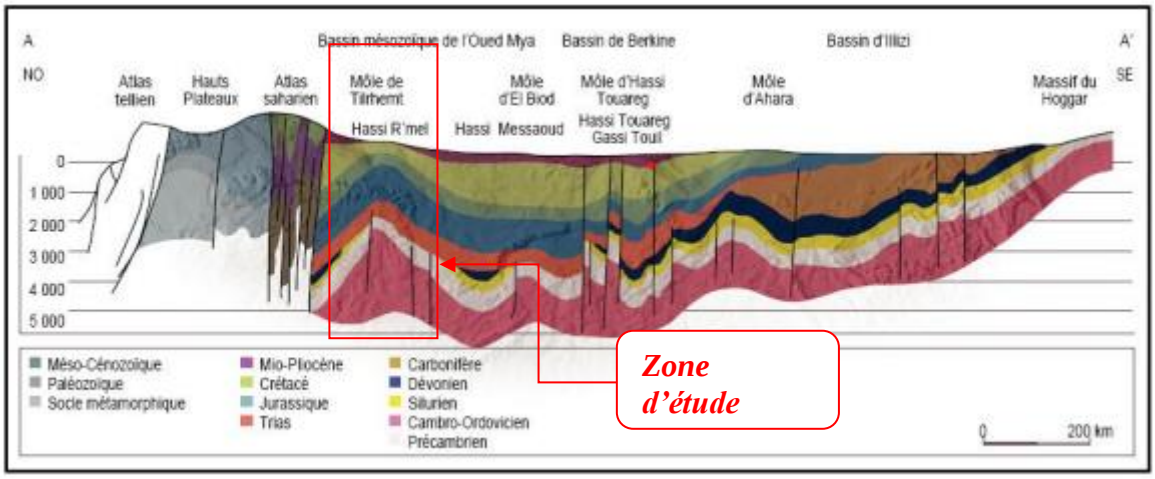


Figure 3 : Couper géo structurale transversale régionale (wec, 2007)

La région d'étude s'intègre dans la partie des falaises et l'ossature des monts d'atlas saharien. Le manque de données géologiques et hydrogéologiques sur ce secteur ne permet pas de donner tous les détails.

Les formations géologiques en place sont exclusivement sédimentaires du turonien de base de calcaires dolomitiques massifs surmontés par des calcaires crayeux blancs et des dolomies à patine foncée en petits bancs et erg plaquettes.

II.3.1 L'Albien :

Il est représenté par des grés argileux, des sables et des Silt stones. Son épaisseur varie de 250 à plus de 400m. Les grés albiens présentent un intérêt hydrogéologique certain. Ils constituent la nappe aquifère la plus importante du continental intercalaire.

II.3.2 Le Cénomanien :

D'épaisseur oscillant entre 60 et 200 m, le Cénomanien est à dominance argileuse et se présente de bas en haut comme suit :

- Des argues versicolores silteuses.
- Une alternance de rares bancs de marne et de gypse.
- Des argiles gypseuses vertes et rouges des calcaires dolomitiques et de dolomies.
- Des dolomies massives en falaises (Corniches) plus ou mains fissurées et caverneuses vers le sommet.

Les argiles de base du cénomanien maintiennent souvent en charge la nappe albienne. De même, elles constituent le substratum imperméable des dolomies et calcaires du sommet du Cénomanien qui sort en relation avec la nappe du Turonien.

II.3.3 Le Turonien :

Le Turonien est entièrement carbonaté. Il forme les falaises et l'ossature des monts de l'Atlas saharien et même de la plateforme saharienne (chebka du m'Zab). Il est constitué, à la base de calcaires dolomitiques massifs surmontés par des calcaires crayeux blancs et des dolomies à patine foncée en petits bancs et erg plaquettes.

Son épaisseur varie de 50 à 120 m. à l'affleurement il est plus ou moins érodé. Ces sédiments sont fortement fissures et les figures de dissolution (typiques du karst) sont nombreuses.

II.3.4 Le Sénonien :

Son épaisseur varie de 15 à 120m, il est fortement érodé et est constitué en gros de trois ensembles :

- Ensemble1 : une série argileuse plus ou moins riche en évaporites (Anhydrite, sel) avec des bancs de dolomies et de calcaires. Dans certains secteurs, cette série n'a pas été reconnue (Pas de dépôt). Quand elle existe et qu'elle n'est pas érodée, elle forme le toit de ta nappe aquifère Turonienne et contribue localement à sa miss en charge.
- Ensemble2 : une série dolomitique blanchâtre.
- Ensemble3 : une série carbonates (calcaires et dolomies).

Les bancs de calcaires et de dolomies peuvent constituer des aquifères de moindre importance que les réservoirs du Turonien et de l'Albien.

Là où la série argileuse de base est inexistante et là où te sénonien constitue un aquifères celui-ci est en continuités hydraulique avec la nappe du Turonien.

II.3.5 L'Eocène :

Il est représenté par des calcaires blancs à silex à passer d'argilites.

II.3.6 Le Mio-pliocène :

Quand il existe, il est discordant sur les formations antérieures sous-jacentes. Il hétérogène et constitué d'argiles, de niveaux de calcaires, degrés et de calcaires gréseux.

Localement le Moi-pliocène est aquifère mais ses eaux Sont de qualité médiocre.

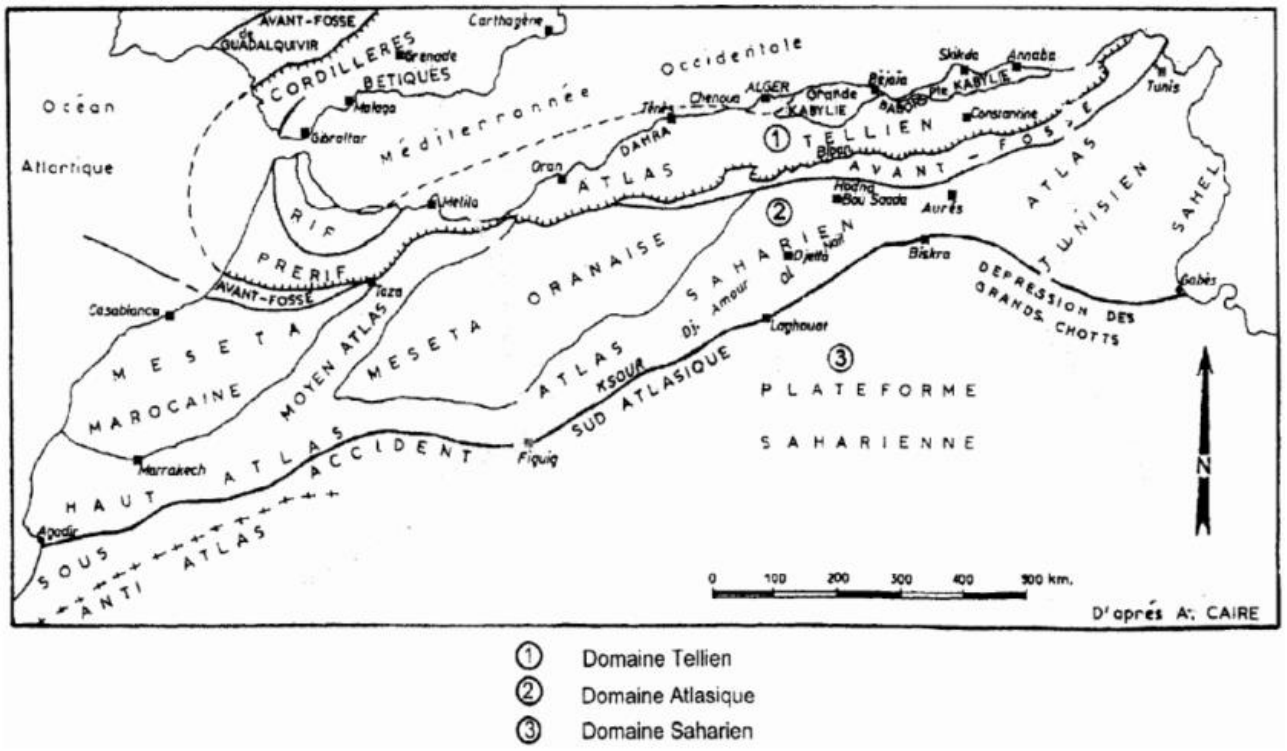


Figure 4 : Géologie de la région d'étude

II.4 Hydrologie et hydrogéologie :

La wilaya est caractérisée par une pluviométrie partout inférieure à 200 mm marquée par une diminution Nord-Sud. L'évaporation est intense et représente près de 95% des précipitations. Le ruissellement moyen annuel caractérisant Oued M'Zi (talweg principal du bassin le plus important de la wilaya de par sa superficie, sa position centrale et ses ressources) provient pour une part importante des crues. Il est compris entre 9 et 13.10^6 M^3 soit seulement 1 à 1,5% des précipitations. Les principaux Oued de la région sont : Oued M'zi, Oued Touil et Oued Medsous.

Aucun niveau de la nappe phréatique n'a été décelé sur le site durant l'opération des sondages, du moins jusqu'à une profondeur de 11 mètres. D'autre part le réseau hydrographique est marqué sur le terrain par des petits cours d'eau traversant le site, formant des drains pour les plateaux limitrophes, ils se convergent vers les lits d'oued, situé non loin du site de la centrale.

II.5 Climatologie :

Dans la région des Hauts Plateaux, le climat est de type saharien et aride. La pluviométrie varie entre 150 mm au Centre et 50 mm au Sud. L'analyse des différentes données climatiques de Laghouat révèle un milieu soumis à des conditions extrêmes. Cette région subit deux périodes défavorables : un hiver froid et rigoureux et un été chaud accompagnée de vents de sable, d'où la limitation de l'activité de la vie végétative avec un total variant de 33 à 50 jours de pluie par ans, les gelées sont

fréquentes et tardives et une moyenne annuelle de 53 jours de tempête et une journée de grêle par ans, et les vents fréquents et modérés à dominance NO.

II.5.1 Températures :

Sur la base de plus 30 années d'enregistrement, les températures mensuelles moyennes varient de 40.1°C pour les mois chauds de l'été (juillet) à 2.7 et 3.2°C pour les plus froids (décembre et janvier). La figure suivante illustre la variation annuelle des températures durant la période allant de 1981 à 2012 de la région de Hassi R'mel.

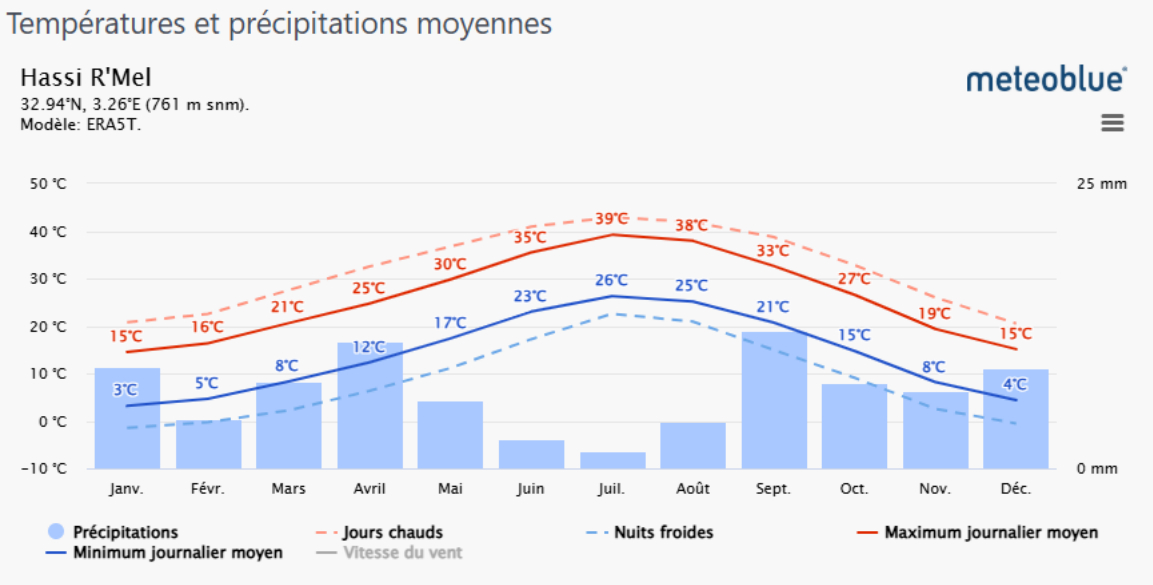


Figure 5 : variation des températures et précipitations mensuelles moyennes a Hassi R'mel

II.5.2 Précipitation :

Ci-dessous est illustrée la fluctuation des hauteurs de précipitations enregistrées au niveau de la région de Hassi R'mel durant une période de plus de 30 années, nous permettant de faire ressortir une pauvreté en terme précipitations qui caractérisent la saison estivale et automnale, avec un maximum de 12mm au mois d'Octobre et un cumul annuel moyen de 110 mm.

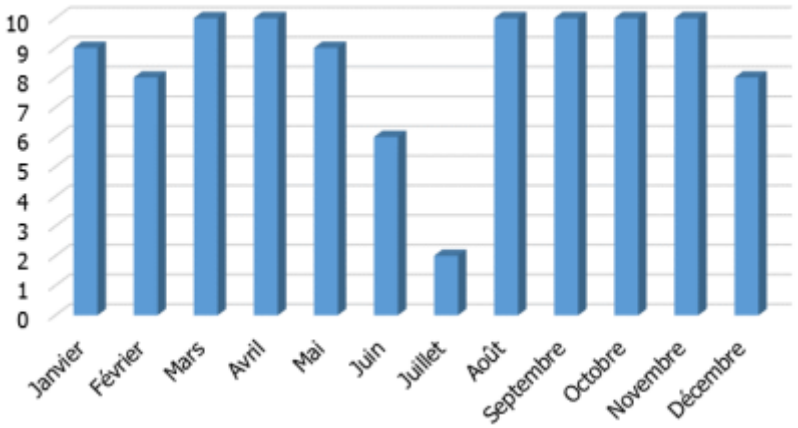


Figure 6 : Evolution annuelle des précipitations mensuelles de Hassi R'mel, durant la période allant de 1981 à 2012

II.5.3 Le vent :

Le siroco souffle 65-70 jours par an à partir de mois de Mai et cause de graves préjudices aux cultures, il est fréquent du côté Nord et Ouest, généralement en Juillet sur les hautes terres du Nord et de l'Ouest, Ainsi que dans les mois de Juin et Juillet sur les basses terres. Le Chehili venant du Sud provoque certaines dégât, dessèchements, ces vents sont souvent violents et leur vitesse varie de 15 à 30m/s soit 58 à 108 Km/h et de direction Sud-ouest avec une fréquence de 687 heures/mois. Pour les vents soufflant E, S et SW ils sont moins fréquents et caractérisent plus la période estivale.

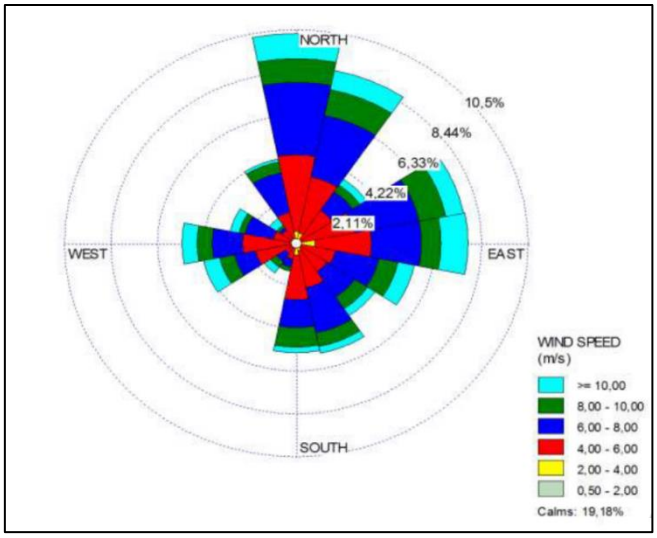


Figure 7 : Rose des vents de la région Hassi R'mel

Les vitesses maximales des vents enregistrés durant l'année 2015, représentées dans la figure suivante, font ressortir des vitesses maximales atteignant les 20 m/s soit 72 km/h enregistrées au mois d'octobre.

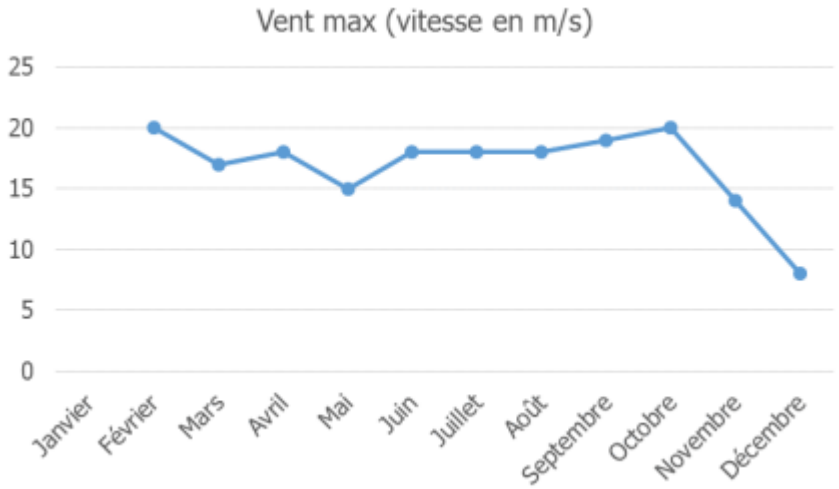


Figure 8 : Variation des vitesses maximales des vents dans la région de Hassi R'mel durant l'année 2015 source ONM

II.5.4 Contexte climatologique :

Tous les facteurs climatiques suscités ont une influence directe ou indirecte sur le comportement des polluants dans l'atmosphère (dispersion, demi-vie, etc.).Le climat de Hassi R'mel est dit tempéré chaud. L'hiver se caractérise par des précipitations bien plus importantes qu'en été. D'après Köppen

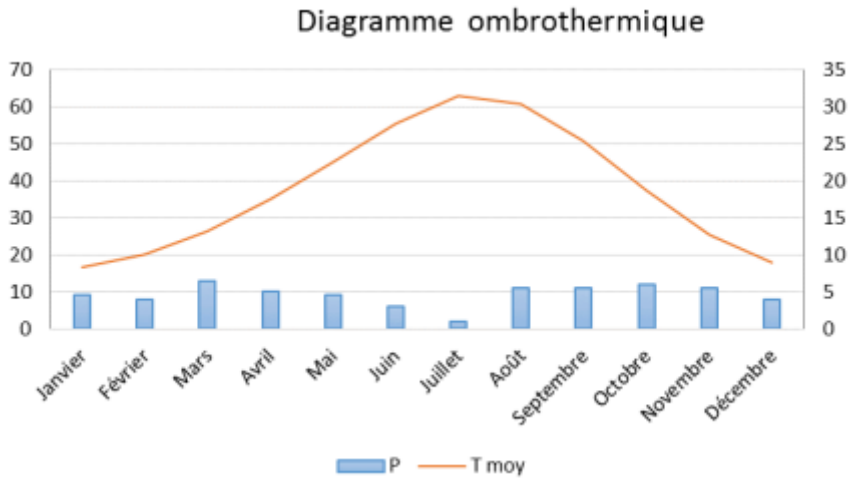


Figure 9 : Diagramme ombrothermique de la région de Hassi R'mel (1982-2012)

et Geiger, le climat y est classé Csa. La température moyenne annuelle est de 17.8 °C. Sur l'année, la précipitation moyenne est de 866 mm.

Le climat de la région, comme toutes les régions sud du pays, se caractérise par une période sèche qui s'étale sur toute l'année, avec une sécheresse accentuée durant la période estivale.

II.5.5 Sismicité :

L'Algérie du Nord est caractérisée par une sismicité qui est causée par l'affrontement des plaques africaine et eurasiatique : Cette sismicité se matérialise généralement par des séismes modérés à faibles quoique parfois des séismes violents puissent se produire. Ces séismes génèrent bien souvent des catastrophes à savoir les séismes d'El Asnam du 10/10/1980, et de Boumerdes du 21/05/2003.

Le territoire Algérien est divisé en cinq régions sismiques :

- Zone III : Sismicité élevée
- Zone II a et II b : Sismicité moyenne
- Zone I : Sismicité faible
- Zone 0 : Sismicité négligeable

Le site étudié est situé dans la wilaya de Laghouat pour laquelle le Règlement Parasismique Algérien établi en 2003 définit le degré de sismicité en zone I (Faible sismicité). La carte de la figure ci-dessous montre la répartition, suivant la classification sismique établie en 2003, des zones selon leur degré sismique propre.

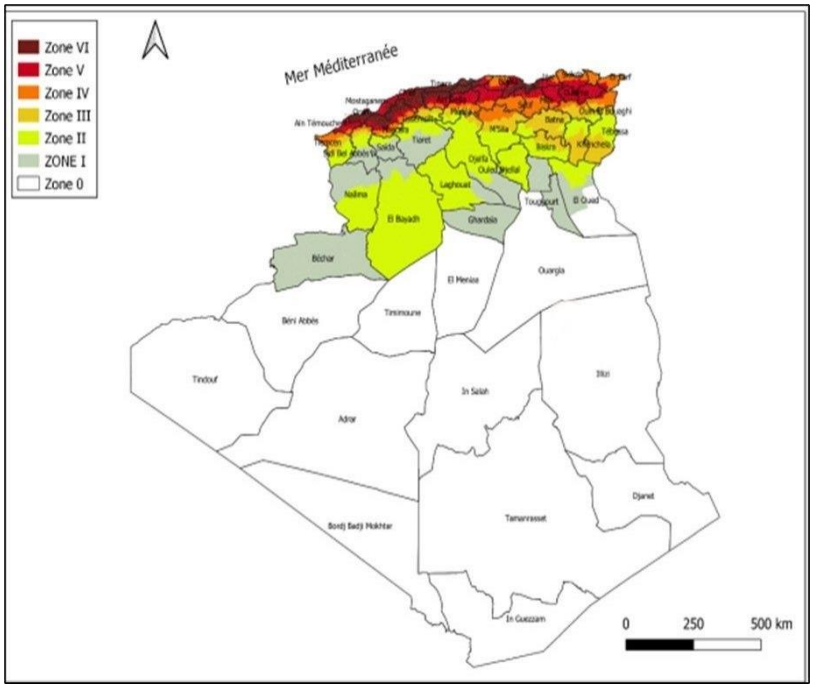


Figure 10 : Zonage sismique en Algérie (RPA 2024)

II.6 Milieu Biologique :

II.6.1 Introduction :

Le milieu biologique de la région de Hassi R'mel est défini par une limitation du développement de la biodiversité à cause des facteurs climatiques de thème saharien qui se caractérise avec une pluviométrie faible, une amplitude thermique considérable et un environnement semi-aride.
Les espèces vivantes dans cette région se caractérisent par une résistance au manque hydrique, au sol pauvre de nutriments et aux vents fréquents.

II.6.2 Flore :

La flore de la région de Hassi R'mel est caractérisée par une adaptation au sol sableux et caillouteux et à des conditions extrêmes de sécheresse comme la plus trouvé, les espèces Xérophytes. La présence de telles végétations limite des phénomènes indésirables comme l'érosion.
Parmi les espèces qu'on peut trouver :

- *Ephedra alata*
- *Aristida plumosa*
- *Calligonum azel*
- *Retama retam*

Ephedra alata



Aristida plumosa





Calligonum azel



Retama retam

Figure 11 : ESPECES CARACTERISTIQUES DE LA REGION.

II.6.3 Faune :

La faune de cette région est adaptée stress hydrique et à la chaleur.

Parmi les catégories d'animaux potentiellement présentes :

- Mammifères : (Fennec, Lièvre, Hérisson, Chacal et certains rongeurs)
- Reptiles : (Serpents, Lézards…etc.)
- Oiseaux : (Moineau, Rapaces, Corbeau et certaines espèces migratrices saisonnières)
- Insectes et arthropodes : (Scorpions, Fourmis, Criquets, Coléoptères)



Fennec



serpent



scorpion

Figure 12 : MAMMIFERES TYPIQUES DE LA REGION.

II.7 Conclusion :

La connaissance détaillée de l'environnement constitue un élément essentiel de l'étude de risques, puisqu'elle permet d'apprécier les enjeux exposés, d'évaluer leur vulnérabilité et de disposer d'une base solide pour l'analyse des scénarios accidentels et de leurs conséquences dans les chapitres suivants.

Dans ce chapitre, une définition et délimitation du site, la localisation, Géologie et hydrologie, climatologie, séismicité ont étaient discutées, ainsi que le milieu biologique. Dans le chapitre suivent on va détailler description du champ et ses différence installation.

CHAPITRE III : Description du champ et ses différentes installations

III.1 Introduction :

Après avoir définie l'environnement entouré du site, on peut maintenant décrire l'environnement au sein du site. La description des installations permet de mettre en évidence les éléments susceptibles d'être à l'origine d'événements accidentels, tandis que la délimitation du champ d'étude vise à définir les équipements, les systèmes et les activités pris en compte dans l'analyse des risques.

III.2 Description du site des installations existante :

III.2.1 Localisation :

Le site se trouve à environ 50 km au sud de Hassi-R'mel.

Le voisinage immédiat se décrit comme suit :

- Au Nord : La voie d'accès au site rejoint la route d'accès au site depuis Hassi R'mel.
- A l'Est : La Station de Déshuilage Sud (SDS) ;
- Au Sud : La zone de torches horizontales (une moyenne pression et une haute pression).
- A l'Ouest : L'Unité de Traitement de Gaz HR Sud.

III.2.2 Effectif :

Le site emploie un total de 10 personnes. Il fonctionne en continu 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7.

III.2.3 Superficie et bâtiments en dur :

Le site a une superficie totale clôturée d'environ 15 000 m².
Les bâtiments en dur occupent une superficie d'environ 700 m2, à savoir :

- Un bâtiment technique avec une salle de contrôle.
- Un abri pour la maintenance.

III.2.4 Historique :

Le site a été mis en service en 1991. En 1995, une nouvelle batterie de séparation haute pression / moyenne pression (HP/MP) a été mise en service, suivie en 2005 de l'unité FWKO, puis en 2008 du dessaleur. À partir de l'an 2000, les gaz associés haute pression ont été comprimés par l'Unité de Traitement de Gaz (UTG), rattachée au complexe HR-sud, avant d'être acheminés vers le Module 2 pour y être traités.

III.2.5 Activité du CTH SUD :

La fonction du CTH est de recevoir la production des puits de pétrole, de séparer l'effluent de puits dans trois séparateurs (un séparateur horizontal tri-phasique FWKO, un séparateur horizontal tri phasique haute pression et un séparateur horizontal triphasique moyenne pression), de dessaler l'huile et d'expédier l'effluent de puits (après transit dans deux (2) bacs de stockage tampon de brut d'une capacité individuelle d'environ 500 m3) vers le module MPP-0 d'Hassi R'mel Centre. La capacité de traitement et d'expédition du brut du site est d'environ 720 m3/j.

Le gaz associé séparé au niveau des séparateurs FWKO et haute pression est récupéré, envoyé vers la TAG de récupération de gaz associé du CTG HR-Sud adjacent à ce site. Par contre le gaz associé séparé au niveau du séparateur moyenne pression et des deux (2) bacs de stockage tampon de brut est torché au niveau des torches horizontales moyenne et basse pression respectivement. Par ailleurs, une fraction du gaz produit est utilisée pour le contrôle de l'instrumentation sur site.

Les eaux de production séparées du brut dans les séparateurs et les bacs de stockage tampon de brut sont envoyées vers la Station de Déshuilage Sud (SDS), adjacente au site. En cas d'indisponibilité de la station de déshuilage, les eaux huileuses sont envoyées vers un bourbier de collecte des eaux huileuses, anciennement utilisé.

III.3 Installations process :

III.3.1 Les principales installations destinées à la production sont :

- Un manifold d'entrée d'hydrocarbure brut comprenant 16 lignes de brut.
- Une zone de séparation d'huile comportant un séparateur horizontal triphasique FWKO, un séparateur horizontal triphasique haute pression et un séparateur horizontal triphasique moyenne pression, placés sur un massif en béton avec fosses de récupération.
- Une unité de dessalage composée d'un dessaleur électrique, une chaudière gaz d'eau, un échangeur.
- Une zone de stockage tampon du brut comprenant trois bacs de stockage tampon de brut d'une capacité individuelle de 1 000 m3, placés dans une cuvette de rétention étanche.
- Une zone d'expédition composée de (2) deux électropompes DRESSER d'une capacité individuelle de 60 m3/h et (ii) d'une pompe à gaz DORBUN d'une capacité de 380 m3/h, placées sur une dalle en béton.
- Une zone de test composée d'un séparateur horizontal de test et de deux bacs test horizontaux et cylindriques de stockage d'huile d'une capacité individuelle de 100 m3, placés dans une cuvette de rétention étanche.

- Un ballon Slug catcher pour éliminer les gouttelettes de liquides dans le gaz expédié vers le compresseur de HR-Sud.
- Un réseau anti-incendie composé de deux bacs verticaux et cylindriques d'eau anti-incendie d'une capacité nominale de 500 m3, deux pompes (une électrique et un diesel) et quatre réserves d'émulseur d'une capacité unitaire de 2 500 litres.
- Un bourbier étanche de collecte des eaux huileuses (utilisé en cas d'indisponibilité de la station de déshuilage sud)

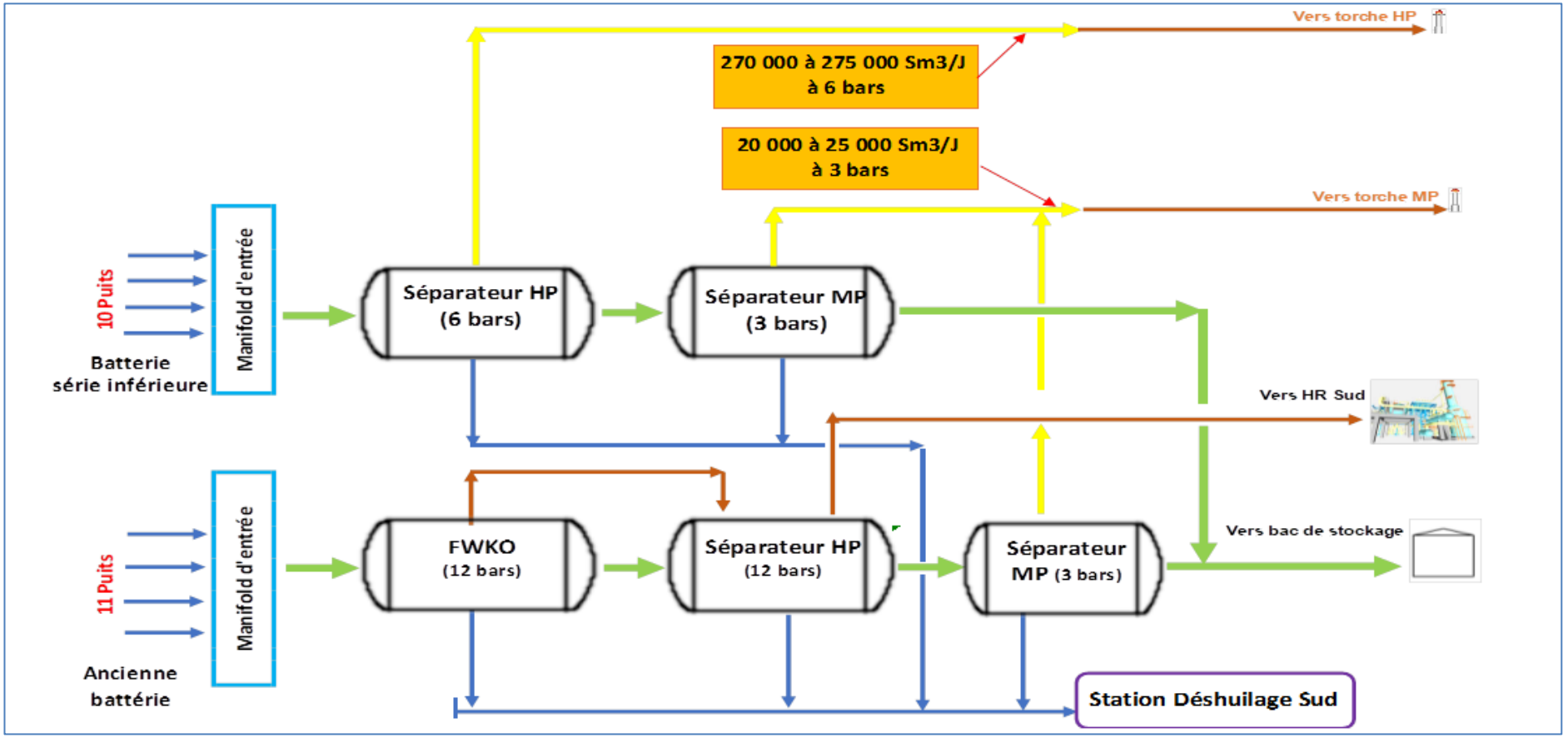


Figure 13 : PFD MONTRANT LA SITUATION ACTUELLE DU PROCESS AU NIVEAU DU CTH SUD

III.3.2 Equipements représentatifs de l'ensemble des installations :

III.3.2.1 Les séparateurs :

Les séparateurs HP et MP sont présents au sein de toutes les unités de Hassi R'mel Zone Sud. Ils reçoivent le pétrole brut ou gaz brut directement des puits et en séparent les composants par différence de densité. Ce sont des ballons sous pression fonctionnant en série. La séparation du brut brute ou du gaz brut est une séparation physique qui se réalise par gravité dans ces équipements horizontaux. Ils séparent l'eau et le gaz du brut par action de gravité. L'eau étant plus lourde que le brut, un système interne de séparation par débordement permet d'éliminer une partie importante de l'eau présente dans le brut arrivant des puits. Les caractéristiques des ballons représentatifs pour chacune des unités sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Caractéristiques des séparateurs

	FWKO	HP	MP
T service (°C)	40	35,9	30,8
P service (bara)	13	6	3
T design(°C)	74,4	-10/58	-10/58
P design (bara)	21,65	48,5	16,2
Volume (m^3)	64	23,1	5,9

III.3.2.2 Bacs de stockage :

De nombreux bacs de stockage sont présents sur la zone de production de Hassi R'mel Zone Sud à la fois sur le centre de traitement d'huile (CTH Sud). Le stockage est assuré par des bacs de stockage à toit fixe, reliés à l'atmosphère par des évents pour éviter le collapsage ou l'explosion des bacs lors des opérations de vidange et de remplissage. L'alimentation, ou la vidange, se fait via un manifold de collecte et de distribution. Les bacs sont situés dans des zones de rétention. Les caractéristiques du bac de stockage représentatif de chaque site sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Caractéristiques des bacs de stockage

Caractéristiques	Bacs de stockage
Type de bac	Bac de stockage à toit fixe avec évent à l'atmosphère
Substance	Brut
T service (°C)	20
P service (bara)	Atm
P calcul (bara)	-
Volume (m^3)	500
Diamètre (m)	8
Hauteur (m)	10

III.4 Utilité :

Les utilités pour les besoins de la production sont :

- Quatre (4) scrubbers du gaz instrument localisés au niveau de la zone de séparation.
- Un groupe électrogène de secours de 250 kVa, alimenté par un bac aérien horizontal et rectangulaire de gasoil d'une capacité de 50 m3.
- Une chaudière gaz.
- Une unité d'injection de désémulsifiant en service composée de deux bâches métalliques de désémulsifiant d'une capacité individuelle de 50 litres, une pompe manuelle de transfert de produits et quatre électropompes d'injection de désémulsifiant. L'injection de désémulsifiant est située au niveau du manifold d'entrée, à l'entrée du séparateur haute pression et à l'entrée du dessaleur.
- Quatre (4) bacs aériens horizontaux et rectangulaires d'eau de service d'une capacité individuelle de 50 m3.
- Un bâtiment technique composé d'une salle de contrôle, une armoire électrique, deux armoires de batteries 24V et neuf armoires de commande à distance

III.5 Système de lutte contre l'incendie :

- Bacs d'eau d’incendie : 200 m3 (04 bacs de 50 m3 chacun)
- Pomperie :

- 01 pompe électrique de 100 m3/h
- 01 pompe Diesel de 100 m3/h

- Réseau d'incendie banalisé avec celui de HR Sud et comportant :

- Poteaux d’incendie : 8

- Moyens mobiles

- 01 unité à mousse de 1000 Litres

L’ensemble de ces moyens de lutte contre l’incendie présents sur les différentes unités peut également être utilisé pour le réseau de collecte.

III.6 Conclusion :

Ce chapitre a présenté les principales caractéristiques des installations étudiées, leurs conditions d’exploitation ainsi que les équipements essentiels qui les composent. Cette description a permis de mieux comprendre le fonctionnement de l’unité et d’identifier les éléments critiques liés à la sécurité.

Les informations recueillies constituent une base importante pour la suite de l’étude, en facilitant l’identification des dangers, l’élaboration des scénarios accidentels et l’évaluation de leurs conséquences potentielles. Dans le chapitre suivent on va détailler Évaluation de l’accidentologie et analyse du retour d’expérience.

CHAPITRE IV : Évaluation de l’accidentologie et analyse du retour d’expérience

IV.1 Introduction :

Le but de l'analyse des accidents interne dans le cadre d'une étude de risque est d'analyser les accidents impliquant une substance dangereuse ayant déjà eu lieu sur le site et d'en tirer un retour sur expérience spécifique pour le projet afin d'éviter que de tels événements ne se reproduisent à l'avenir.

IV.2 Bases de données et méthodologie sélectionnées :

Les accidents passés décrits dans l'analyse sont liés aux activités de production, transport et pompage des hydrocarbures liquides. Les bases de données utilisées pour identifier les accidents pouvant survenir sont les suivantes :

• Base de données ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents).

ARIA est une base de données française maintenue à jour par le BARPI (Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles – Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement). Depuis 1992, le Bureau a récolté des données relatives aux évènements passés, survenus dans des installations industrielles en France et à l'étranger. Plusieurs accidents majeurs, s'étant produits avant 1992, sont également inclus dans cette base de données.

IV.3 Retour d'expérience interne :

Sur le site, plusieurs accident, incidents ont eu leu. Les principaux incidents sont résumés sur le tableau suivant :

Tableau 3 : Accidentologie Interne

N°	Année	Unité	Incident/accident	Equipement	Origine	Conséquences	Substances
1	1991	DJB	Ligne d'injection de glycol des Échangeurs gaz/gaz arrachée de ses attaches et éjectée à plusieurs mètres	Echangeur/Aéroréfrigérant	Défaillance Équipement	Pollution	Gaz
2	2005	MPP2	Dégagement de fumée	Pompe/Compresseur	Opératoire	Incendie	Brut
3	2005	SCS	Début feu sur évent vapeur d'huile	Inconnu	Opératoire	Incendie	Brut
4	2009	MPP2	Ligne torche incendier par liquide enflammé	Torche	Opératoire	Incendie	Condensat
5	2010	MPP2	Fuite importante du condensât chaud	Echangeur/Aéroréfrigérant	Défaillance Équipement	Pollution	Condensat
6	2010	SCS	Feu sur reniflard des machines 241et 242	Pompe/Compresseur	Défaillance Équipement	Incendie	Brut
7	2010	SCS	Feu sur la conduite de retour d'huile vers la caisse HAX	Pipe	Opératoire	Incendie	Brut

IV.4 Retour d’expérience externe :

Tableau 4 : Retour d’expérience externe

N°	An	Lieu	Domaine	Substance	Phénomène	Causes	Conséquences	Lieu	Equipement	Résumé
01	1998	Equateur	Transport par conduite	Pétrole	Incendie	Extérieure	Fatalités	Transport par conduite	Oléoduc	A la suite de pluies torrentielles liées au phénomène climatique El Nino, un glissement de terrain provoque la rupture d'un oléoduc à une douzaine de km du terminal portuaire de 500 km, acheminant le pétrole de l'Amazonie vers la côte Pacifique. Environ 2 500 m³ de pétrole se déversent dans les rivières et dans l'océan ; une explosion et l'incendie qui suit, détruisent 160 habitations. L'incendie se propage jusqu'aux quais du port, mais épargne la raffinerie et un gazoduc. Des vagues de feu de 10 m sont observées. Sept personnes sont tuées, 110 autres sont blessés dont 40 brûlées à 50 %, 40 ont disparus et 600 personnes sont évacuées. L'intervention qui dure 6 h, est contrariée par un manque d'eau à la suite de la rupture des canalisations.

02	1998	Turquie	Transport par conduite	Pétrole	Incendie	Non Com.	Pollution	Transport par conduite	Oléoduc	Sur l'oléoduc reliant la côte méditerranéenne à Kirikkale, du pétrole s'épanche par une petite fissure et prend feu. Il n'y a aucune victime. Les dommages sur l'environnement boisé sont limités.
03	1998	Colombie	Transport par conduite	Pétrole	Fuite	Attentats / Sabotage / Vandalisme	Dégâts matériels	Zone de Stockage	Station de pompage	Des rebelles bombardent une canalisation d'une station de pompage de pétrole 2 h après la reprise de l'activité. Seulement 21 280 m³ de pétrole sont restés dans le réservoir.
04	1998	Etats-Unis	Transport par conduite	Pétrole	Fuite	Extérieure	Pollution	Transport par conduite	Pipeline	Une fuite de 400 m³ de pétrole se produit sur un pipeline alimenté par une raffinerie. La nappe d'hydrocarbures s'étale sur 6 km. L'ancre d'un bateau pourrait à l'origine de cette pollution.
05	1998	Afrique du Sud	Transport par conduite	Pétrole	Fuite	Equipement	Pollution	Transport par conduite	Vanne / joint / bride / Equipement Associé	A la suite de la fermeture intempestive d'une vanne et d'une protection insuffisante contre les surpressions, un coup de bélier sort un oléoduc de ses supports sur 400 m et endommage les brides. Du pétrole se déverse sur le sol. La surveillance de l'ouvrage est renforcée.
06	1999	Liban	Transport par conduite	Pétrole	Fuite	Extérieure	Pollution	Transport par conduite	Pipeline	A la suite de la perforation d'un pipeline ancien par un tracteur, du pétrole se déverse dans des champs cultivés d'olives et de blé et menace de contaminer les eaux souterraines. Des militaires,

										la protection civile interviennent pour contenir la fuite. Un expert nommé par le ministère de l'environnement évalue l'étendue des dégâts.
07	1999	Canada	Transport par conduite	Pétrole	Fuite	Equipement	Pollution	Transport par conduite	Pipeline	Un pipeline transportant du pétrole brut se rompt et répand quelques milliers de l de produit dans une zone rurale. La société dépêche sur place des équipes de nettoyage.
08	2000	Etats-Unis	Commerce de gros de combustible	Pétrole	Explosion	Non Com.	Dégâts matériels	Zone de Stockage	Tank/réservoir/ Bouteille	Deux réservoirs explosent et trois autres prennent feu dans une unité de stockage de pétrole brut. Il n'y a pas d'habitation à proximité, les risques sont donc limités. Chaque réservoir contient entre 30 et 60 m^3. Les conséquences sur l'environnement ne sont pas connues. Les autorités effectuent une enquête.
09	2000	Russie	Transport par conduite	Gaz naturel	Explosion	Equipement	Dégâts matériels	Conduite	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.

10	2000	Nigeria	Transport par conduite	Pétrole	Explosion	Attentats / Sabotage / Vandalise	Fatalités	Transport par conduite	Pipeline	Un pipeline endommagé laisse fuir du pétrole et explose. Le feu qui suit est difficile à maîtriser .24 heures après, aucun pompier n'était encore présent sur les lieux. Ce type d'accident est si fréquent que les pompiers renoncent à intervenir. La pratique habituelle consiste à couper le flot de pétrole et à laisser le foyer s'épuiser. Près de 300 personnes sont mortes et une centaine est gravement blessée. L'explosion a détruit les cultures et les maisons dans un rayon de 2 km. Une enquête est effectuée mais apparemment le pipeline aurait été percé une première fois puis la population se serait à son tour précipitée pour bénéficier de la fuite. C'est alors que l'ignition se serait produite engendrant l'explosion du pipe. La responsabilité de la compagnie serait engagée : une fuite aurait été laissée pendant plusieurs mois. Une semaine après, alors que l'incendie est quasiment éteint, un nouvel incendie avec des flammes de 8 m de haut se produit sans faire de victime.
11	2000	Nigeria	Transport par conduite	Pétrole	Incendie	Attentats / Sabotage / Vandalise	Fatalités	Transport par conduite	Pipeline	Un nouvel acte de sabotage sur un pipeline de pétrole intervient dans cette zone géographique : l'explosion et l'incendie qui suivent ravagent un village. Un pont est détruit et toute une zone (3 km de long) est atteinte. Le

										bilan des victimes éventuelles n'est pas connu. Plusieurs heures après le début du sinistre, les secours et les services techniques des entreprises concernées luttent pour éteindre le feu. Une ligne haute tension est également prise dans le feu et toute une région se retrouve privée de courant.
12	2001	France	Entreposage et stockage	Pétrole	Fuite	Travaux	Pollution	Transport par conduite	Canalisation	Dans le port du HAVRE, l'ouverture d'une canalisation dans une station de déballastage cause un début de pollution dans le bassin Théophile Ducrocq. La quantité échappée est inconnue. Le polluant est constitué d'eau de lavage des cuves des pétroliers (pétrole brut + gasoil + essence). Des irisations diffuses s'étendent entre 300 et 1 000 m de la côte. A l'intérieur du port, la pollution est beaucoup moins dense et seules quelques traces noires subsistent. Des barrages flottants sont mis en place.
13	2000	Etats-Unis	Transport par conduite	GPL	Explosion	Travaux	Dégâts matériels	Transport par conduite	Canalisation	Un engin de terrassement endommage une canalisation de propane (liquéfié) de 15 cm de diamètre. Le gaz s'échappe puis explose (UVCE). La déflagration est ressentie à 4 km. Une flamme de 70 à 100 m de haut est observée. Le jour suivant, elle fait encore 7 à 10 m. Plusieurs fermes voisines sont endommagées. Le conducteur de l'engin qui a pu s'enfuir, est indemne. Les autorités

										doivent fermer une vanne à 7 km en amont et une seconde à 15 km pour parvenir à contrôler le sinistre.
14	1999	Turquie	Commerce de gros de combustibles	GPL	Explosion	Equipement	Blessés	Zone de Stockage	Vanne / joint/ bride / Equipement Associé	A la suite d'une avarie sur une pompe hydraulique utilisée pour éprouver des réservoirs de 115 m^3, un sous-traitant termine son opération en utilisant une bouteille d'oxygène comprimé. Une vanne cède sous un réservoir en cours d'épreuve et percute une canalisation raccordée à un réservoir voisin. Une fuite de gaz liquéfié s'enflamme et le réservoir explose (BLEVE) 20 min plus tard. Environ 1/3 du cigare est projeté contre le pied d'une sphère sur un terrain voisin, en bousculant le $3^{ème}$ et $4^{ème}$ réservoir. Deux personnes sont tuées, 6 autres sont blessées. Les dommages matériels sont limités au site.
15	1999	Panama	Commerce de gros de combustible	Pétrole	Fuite	Erreur Humaine	Pollution	Zone de Stockage	Tank/réservoir/ bouteille	A la suite d'une négligence de la part d'ouvriers sur un réservoir d'un terminal Pétrolier, une fuite de 160 m^3 de pétrole se répand dans la baie de MANZANILLO par la rivière de BRAZOS BROOKS. Des barrages flottants sont mis en place.
16	1999	Pakistan	Commerce de gros de combustible	Pétrole	Incendie	Erreur Humaine	Fatalités	Chargement /déchargement	Tank/réservoir/ bouteille	Un incendie se déclare dans un dépôt de pétrole lors du déchargement de kérosène provenant de 2 tankers, vers un

										réservoir souterrain du dépôt. Un ouvrier est tué et 4 autres sont sérieusement brûlés. Un mégot de cigarette jeté par un ouvrier serait à l'origine de l'incendie qui s'est immédiatement propagé à l'ensemble du dépôt prenant au piège les 5 employés. 8 casernes de pompiers interviennent et mettront 2 h pour maîtriser le sinistre.
17	1998	France	Raffinage & Stockage	Brut	Incendie (Feu de toit)	Externe (Foudre)	Dégâts matériels, impact environnemental,	Dépôt de pétrole	Réservoir à toit flottant	Le 15 avril 1998, lors d'un violent orage, la foudre frappe un réservoir de stockage de pétrole brut de 50 000 m³ équipé d'un toit flottant. Un incendie se déclare immédiatement au niveau du joint d'étanchéité périphérique du toit (feu de couronne). Le système d'extinction fixe à mousse du réservoir est endommagé ou inefficace. Les sapeurs-pompiers interviennent avec de grands moyens de mousse. Après plusieurs heures d'efforts, le feu est maîtrisé. L'incident met en évidence l'importance de la maintenance des systèmes de protection contre la foudre (shunts électriques).
18	2006	France	Commerce de gros de combustibles	GPL	Fuite	Equipement	Aucune	Zone de production /d'exploitation	Vanne / joint / bride / Equipement Associé	Dans un dépôt de gaz de pétrole liquéfié, une fuite se produit sur un flexible du circuit d'air comprimé de contrôle commande d'une station de

										production et de distribution d'air butané. Cette fuite, en sortie des compresseurs, provoque une baisse de pression puis, à 4h15, la mise en sécurité de la station par arrêt des groupes de production. La partie gaz de la station (butane et air butané) n'est pas à l'origine de cet incident. L'exploitant procède au remplacement du flexible endommagé et après vérification de l'état du process, la station redémarre à 5h20, permettant la production d'air butané et la ré- alimentation de l'ensemble du réseau. Pendant l'arrêt de la production, le maintien de la fourniture de gaz a pu être assuré pour 13 000 clients grâce à la réserve "gazométrique" du réseau, mais l'alimentation en gaz a de l'être interrompue pour 1 200 clients. A 11 h, l'ensemble du réseau est opérationnel.
19	2003	France	Transport par conduite	Pétrole	Fuite	Electrique	Station de pompage	Station de pompage	Station de pompage	L'arrêt intempestif (perte électrique) des opérations de pompage génère un coup de bélier entrainant des vibrations à l'origine de la rupture d'un piquage de purge sur un bac.

La casuistique externe des accidents est donc essentielle. Une analyse des accidents/incidents externes mettant en cause les substances et le process rencontrés au niveau du champ CTH SUD est donc réalisée afin d'avoir une vue globale des causes et des conséquences possibles d'accidents majeurs.

Afin de sélectionner les accidents pertinents par rapport aux installations présentes sur le Champ CTH SUD, les recherches ont été effectuées sur les équipements suivants :

- Séparateurs
- Stockages d'hydrocarbures

IV.4.1 Stockages d'hydrocarbures liquides :

Concernant les stockages d'hydrocarbures liquides, la consultation de la base de données ARIA recense 19 cas qui présentent un intérêt dans l'analyse de l'accidentologie. Les stockages à toit fixe et flottant sont pris en compte, car ils peuvent être apparentés aux installations du site CTH SUD. La répartition par origine des 19 événements répertoriés est la suivante :

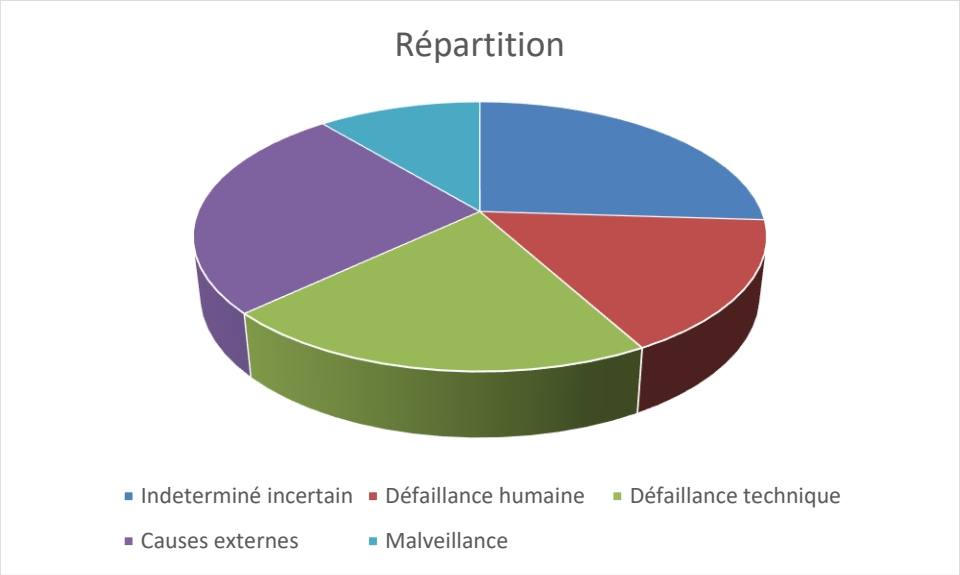


Figure 14 : Répartition par origine des accidents répertoriés de stockages d'hydrocarbures

La cause d'accidents la plus fréquente (26% des cas) est la cause externe qui regroupe des origines variées comme le séisme, les inondations, la foudre. Les défauts de matériel, défauts de conception ou bien défauts liés à une approche sécuritaire insuffisante arrivent en seconde position avec environ 21% des cas. Peu après viennent les erreurs humaines et les malveillances.

Les principales conséquences sont liées aux déversements d'hydrocarbures : pollution, incendie, explosion… Ces accidents causent généralement des dégâts matériels importants.

Pour limiter les impacts des déversements d'hydrocarbures, les réservoirs sont équipés de bacs de rétention et un système de drainage des effluents huileux relié à un déshuileur est mis en place.

IV.4.2 Séparateurs :

Concernant les séparateurs, l'analyse du retour d'expérience issue des bases de données a permis d'identifier un ensemble d'accidents pertinents impliquant des récipients sous pression et des séparateurs huile/gaz dans des installations pétrolières et gazières.

La répartition par origine des événements recensés met en évidence que :

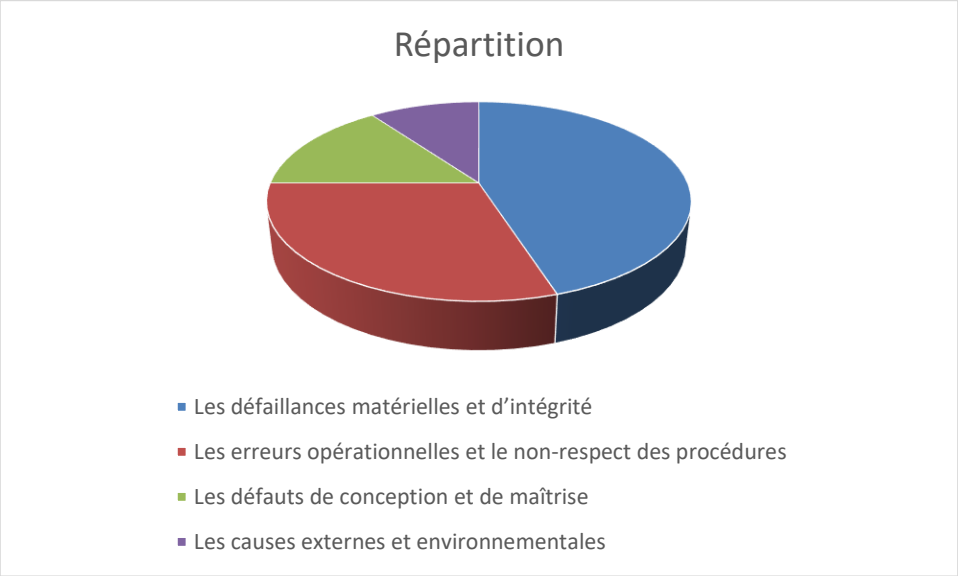


Figure 15 : Répartition par origine des accidents répertoriés des séparateurs

La cause d'accidents la plus fréquente pour les séparateurs demeure donc les défaillances d'équipements et d'intégrité mécanique, notamment la corrosion interne, les défauts d'étanchéité, la défaillance des soupapes de sécurité et les dysfonctionnements de l'instrumentation de contrôle (niveau et pression). Plusieurs accidents recensés dans les bases font état de surpressions de séparateurs dues à une accumulation de liquides ou à une défaillance du système de régulation, conduisant à des rejets d'hydrocarbures, incendies ou explosions de récipients sous pression.

Les erreurs de conduite du procédé, le non-respect des procédures d'exploitation ainsi que les phases transitoires (démarrage, arrêt, maintenance) constituent la seconde cause majeure d'accidents sur ce type d'équipement dans les installations oil & gas.

Les principales conséquences associées aux accidents impliquant des séparateurs sont :

- Rejets de gaz et d'hydrocarbures liquides ;
- Incendies (jet fire / pool fire).
- Explosions de récipients sous pression ;
- Pollution environnementale (sol et air).

IV.5 Conclusion :

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

- La défaillance de vannes, de brides, etc.
- La corrosion de ligne entraînant des fissures
- Les travaux de maintenance
- Les travaux sur les équipements
- Les agressions externes
- Les erreurs humaines
- Les surpressions/dépressions
- La malveillance.

CHAPITRE V : Méthodologie d'identification et d'évaluation des risques d'accident majeurs

V.1 Introduction :

Ce chapitre présente la méthodologie utilisée pour l'identification et l'évaluation des risques d'accidents majeurs de l'installation étudiée. Cette méthodologie s'appuie sur l'analyse des données techniques disponibles ainsi que sur l'exploitation du retour d'expérience issu des accidents et incidents passés à travers différentes bases de données spécialisées. Ces informations permettent d'identifier les événements redoutés, de mieux comprendre leurs causes et leurs conséquences, et de construire des scénarios représentatifs pour l'analyse des risques.

Il décrit également les données d'entrée utilisées pour les simulations réalisées avec le logiciel PHAST et les seuils de référence retenus pour l'évaluation des effets thermiques, de surpression, afin d'estimer les conséquences potentielles des scénarios accidentels étudiés.

Les différentes méthodes utilisées pour identifier les accidents majeurs sont :

- La casuistique
- L'analyse des risques

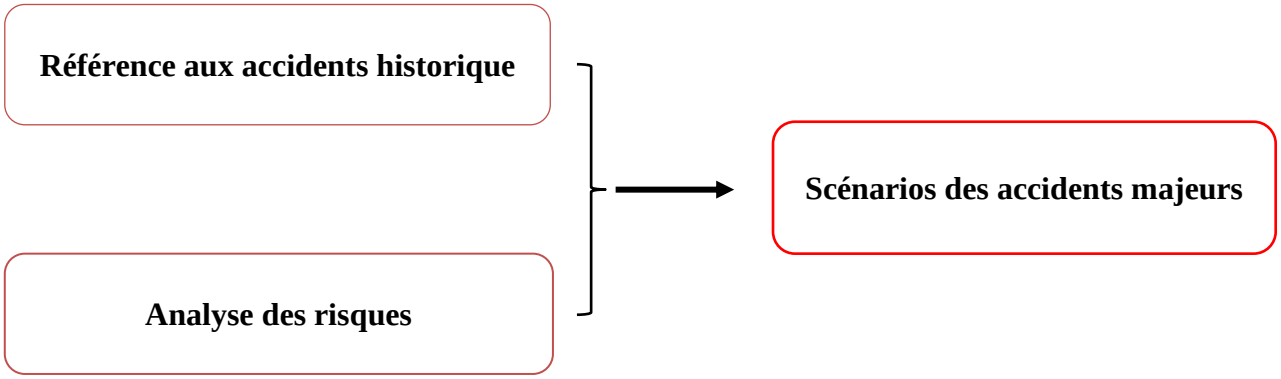


Figure 16 : Méthodes d'identification des accidents majeurs

Ces différentes méthodes sont décrites de manière générale aux points suivants.

V.2 Référence aux accidents historiques :

Toute analyse de risque doit se nourrir de l'expérience passée comme point de départ à l'identification des dangers.

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

Les conclusions des différentes méthodes d'analyse des risques appliquées au site ont été regroupées afin de définir la liste des différents scénarios d'accidents majeurs applicables sur le site.

L'analyse des accidents et incidents est disponible dans le chapitre IV.

V.3 Analyse des risques :

Pour la partie Analyse des risques, L'approche utilisée dans le cadre de cette étude de risque est résumée dans le schéma suivant.

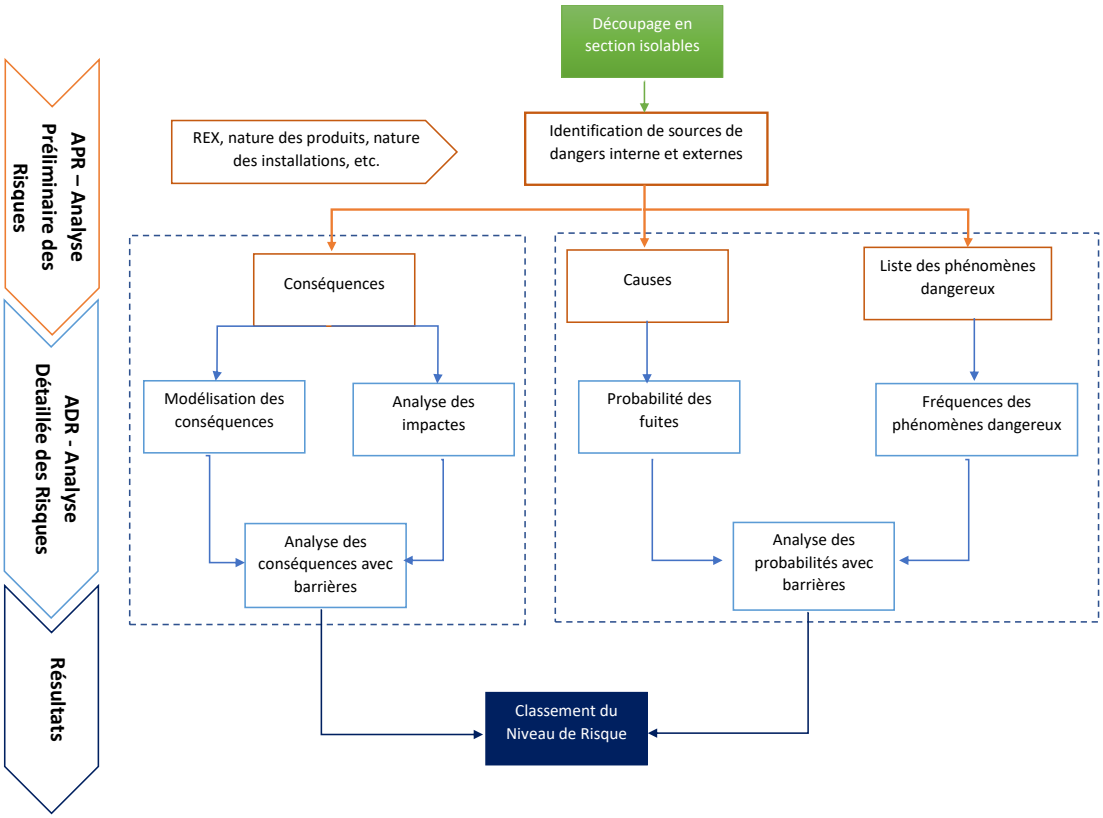


Figure 17 : Résumé de la méthodologie.

V.3.1 Identification des dangers et évaluation des risques :

Le processus d'identification des dangers et d'évaluation des risques adoptés dans cette étude de risque est résumé comme suit :

Division Des Installations En Sections Isolables :

L'objectif de cette étape est de diviser les installations en sections pour pouvoir identifier les risques majeurs dans chaque section. Une section isolable peut contenir un ou un ensemble d'équipements entre deux vannes d'isolation d'urgence (SDV) et En cas d'absence de SDV, un sectionnement par des vannes automatiques est considéré pour la section isolable, et une marge de temps est ajoutée dans la modélisation des phénomènes.

Lorsque plusieurs flux sont impliqués dans une même section isolable, le flux le plus conservateur est retenu en termes de conditions opératoires (pression, température …).

Identification des dangers et évaluation préliminaire.

La première étape dans le processus d'évaluation du risque est d'identifier les dangers potentiels et les évènements critiques qui peuvent donner lieu à un accident majeur de façon directe ou par effet domino. Cette identification est réalisée via une analyse préliminaire des Risques (APR) mais aussi sur le retour d'expérience en analysant l'accidentologie des sites et installations similaires. L'APR permit d'identifier les phénomènes dangereux qui peuvent se manifester dans chaque section isolable, les causes éventuelles et les conséquences possibles ainsi que les barrières de sécurité nécessaires pour le contrôle du risque, mais de façon qualitative :

- Que peut-il arriver à site ? Quelle est la probabilité de survenance des dégâts ?
- Quelles sont les conséquences pour les personnes, les installations et l'environnement lorsqu'un événement indésirable se produit ?
- Le risque est-il acceptable et, le cas échéant, quelles sont les mesures nécessaires pour atteindre un niveau de risque acceptable ?

Dans le but de répondre à ces questions, la clé de l'étude de risque et sa raison d'être, cette partie de la présente Étude de risque est basée sur un processus en plusieurs phases.

1. Identification des dangers sur le site.
2. Création de la liste d'accidents majeurs pouvant survenir sur le site pour chaque section isolable ;
3. Extraction des scénarios enveloppes d'accidents majeurs ;

Le tableau APR est disponible sur le Tab n°19

V.4 Evaluation détaillée des risques :

V.4.1 Description de la section isolable :

Pour chaque section isolable, une description des phénomènes dangereux redoutés est faite pour faire ressortir les phénomènes sur lesquels l'analyse sera faite. Les évènements initiateurs et intermédiaires pouvant conduire jusqu'à l'évènement redouté central sont repris sur un graphe (partie gauche du nœud de papillon).

Pour chaque section isolable, les barrières de prévention et de protection sont décrites dans la partie Contrôles, régulation et sécurité en place. Ces barrières sont représentées sur le nœud de papillon pour chaque section isolable. L'objectif est de mettre en place les barrières qui peuvent soit empêcher la séquence dangereuse ou l'arrêter ou réduire les conséquences en cas de perte de confinement. La

mise en place de ses barrières est importante pour les considérer dans le calcul du niveau de risque (Probabilité et Gravité).

V.4.2 Sélection d'une matrice de criticité :

Le niveau de risque associé aux accidents majeurs est déterminé en croisant la probabilité d'occurrence avec la gravité des conséquences sur le personnel, l'environnement et les installations. Cette matrice de risque se compose de trois zones principales : la zone acceptable, où le risque est faible où le maintien des dispositifs de sécurité existent suffit ; la zone ALARP, où le risque est tolérable mais doit être réduit autant que raisonnablement possible ; et la zone inacceptable, où le risque est trop élevé et nécessite des actions correctives immédiates avant toute poursuite d'activité. Selon la Matrice de Risque ci-dessous :

Tableau 5 : Matrice de risque

Fréquence annuelle					
Gravité	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
	10^{-6}à 10^{-4}/an	**10^{-4}à 10^{-3}/an**	**10^{-3} à 10^{-1} /an**	**10^{-1}à 1 /an**	**> 1/an**
	Rare	**Peu fréquent**	**Possible**	**Probable**	**Fréquent**
1					
2					
3					
4					
5					

V.4.3 Evaluation des fréquences des phénomènes dangereux par la méthode de nœud papillon :

La méthode du nœud papillon (Bow Ties) et l'arbre des événements ont été utilisés pour évaluer la fréquence des dangers. La méthodologie nœud papillon (Bow Ties) est une méthode d'analyse de risques inductive et déductive. Il est utilisé pour :

Démontrer la maîtrise des risques en présentant les mesures et actions de sécurité (ou barrières de sécurité) dans la séquence des scénarios d'accidents étudiés.

Le « nœud papillon » est basé sur :

La recherche, par représentation graphique, de toutes les combinaisons d'événements pouvant entraîner un danger.

Puis, prévoir des mesures supplémentaires (liées à la conception, aux opérations, etc.) contre la séquence d'événements dangereux.

Cette représentation graphique est basée sur la combinaison de l'arbre des défauts et de l'arbre des événements, comme suite :

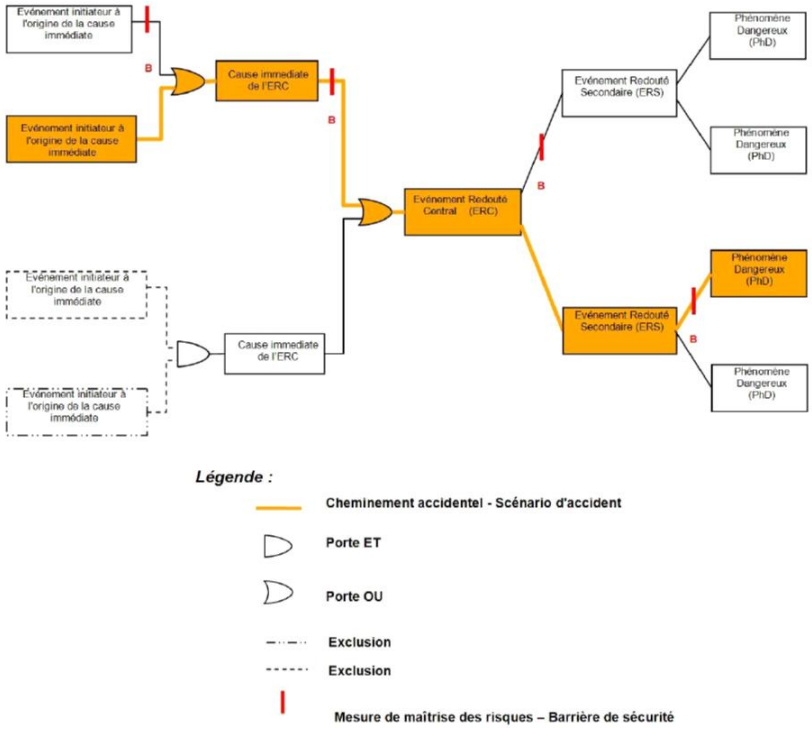


Figure 18 : Exemple d'un nœud papillon

La partie gauche du nœud papillon est reliée à l'arbre des défauts et a pour but d'identifier les causes de la situation dangereuse (appelée « Événement Redouté Central » (ERC) sur la figure ci-dessus). Ces causes sont considérées comme Événements Initiateurs (EI).

La partie droite du nœud papillon, après l'événement redouté central, est liée à un arbre d'événements et vise à déterminer les conséquences de l'évènement redouté central et en particulier les phénomènes physiques associés.

Cette représentation graphique montre chaque chemin, de l'échec jusqu'aux effets majeurs liés au même évènement redouté central.

Des événements initiateurs particuliers, comme l'exclusion, peuvent être présentés dans le nœud papillon avec des lignes pointillées, comme le montre la figure ci-dessus.

Les barrières de sécurité sont représentées à l'intérieur du nœud papillon par une barre verticale pour montrer qu'elles servent à empêcher la réalisation de la séquence du scénario d'accident.

Les barres rouges symbolisent les mesures ou barrières de sécurité (mesures techniques et/ou organisationnelles). Les nœuds papillons présentent également les effets des phénomènes dangereux répertoriés (effets de surpression, effets thermiques...) et les barrières atténuant ces effets.

V.4.4 Calcul des probabilités des pertes de confinement :

Le calcul des probabilités de pertes de confinement des équipement surpression Pour des petites, moyennes et grandes fuites est fait avec le guide de données de fréquence des défaillances pour les rapports de sécurité (**Handbook Failure Frequencies 2009**) pour les bacs de stockage atmosphérique, le calcul de la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux a été réalisé directement, sans passer par l'étape préalable d'évaluation des pertes de confinement. Ce guide se base sur des données historiques d'un certain nombre d'équipements représentatifs dans le domaine Oil & Gas.

Pour les équipements sous pression, les probabilités de fuites sont considérées directement sur l'événement redouté central. Pour les conduites, le calcule est réalisé en considérant la langueur de chaque section de pipe. Les résultats sont repris dans des tableaux pour chaque scénario.

Cette partie est disponible dans le chapitre VII de chaque scénario.

V.4.5 Calcule des Fréquences d'occurrence des phénomènes dangereux :

Le calcul des fréquences d'occurrence des phénomènes dangereux pour les équipements sous pression, où on a utilisé le **Handbook Failure Frequencies 2009** pour ramener les valeurs de probabilité d'ignition et les valeurs d'avoir une explosion flash fire.

La multiplication de la probabilité de perte de confinement par la probabilité des différentes considérations (ignition immédiate, retardée, explosion, etc.) permet d'évaluer la fréquence d'apparition de chaque phénomène dangereux. Par ailleurs, le calcul des probabilités des phénomène dangereux du bac de stockage est fait avec le guide **IOGP 434-03« Risk Assessment Data Directory – Storage Incident Frequencies » (édition 2022).**

Cette partie est disponible dans le chapitre VII de chaque scénario.

N.B : Les phénomènes dangereux ayant une probabilité d'occurrence inférieure à 1x10-6 ne seront pas considérés vu la probabilité très faible de leur manifestation.

V.4.6 Evaluation de la gravité :

V.4.6.1 Seuils de référence pour les effets thermiques :

Pour les effets thermiques, les seuils suivants sont utilisés :

Tableau 6 : Seuils thermiques des effets sur l'homme

Seuils pour les effets sur l'homme	
Seuils	**Justifications**
3 kW/m^2	L'accident peut affecter des personnes sensibles ou non averties
5 kW/m^2	Conséquences graves, directes ou indirectes, immédiates ou à long terme
8 kW/m^2	1% de fatalité après 20s pour des personnes non protégées

Les seuils d'exposition pour les effets thermiques sur l'homme ont été déterminés en considérant une exposition de 20 secondes.

Tableau 7 : Seuils thermiques des effets dominos

Seuils pour les effets dominos	
Seuils	**Justifications**
8 kW/m^2	Dégâts aux installations non protégées

V.4.6.2 Seuils de référence pour les effets de surpression :

Pour les effets de surpression, les seuils suivants sont utilisés :

Tableau 8 : Seuils de surpression des effets sur l'homme

Seuils pour les effets sur l'homme	
Seuils	**Justifications**
50 mbar	**SEI :** Seuil des effets irréversibles délimitant la zone des dangers significatifs pour la vie humaine.
140 mbar	**SEL :** Seuil des premiers effets létaux délimitant la zone des dangers graves pour la vie humaine (1 %).
200 mbar	**SELS :** Seuil des effets létaux significatifs délimitant la zone des dangers graves pour la vie humaine (5%).

Tableau 9 : Seuils de surpression des effets dominos

Seuils pour les effets dominos	
Seuils	**Justifications**
200 mbar	Seuil des effets domino.

V.4.6.3 Échelle de gravité :

La gravité est évaluée grâce à l'échelle qualitative et quantitative ci-dessous pour les dégâts humains, environnementaux et matériels.

Pour l'échelle de gravité humaine le nombre de personnes exposées aux différents seuils d'effets définit le niveau de sévérité.

L'échelle de sévérité de l'exposition humaine considérée par l'analyse détaillée de risques est basée sur la réglementation française (circulaire du 10 mai 2010) et se présente comme suit.

Tableau 10 : Échelle de gravité humaine

Niveau de gravité	Personnel
5. Désastreux	**Plusieurs mors2 et plus**
4.Catastrophique	**01 mors / Plusieurs handicap permanent**
3. Important	**01 handicape / Plusieurs blessures grave**
2. Sérieux	**01 blessée grave / plusieurs PS**
1. Modéré	**PS pour une seul personne**

Pour la gravité environnementale, les niveaux de gravité correspondent à des niveaux de pollutions décrits dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Échelle de gravité environnementale

Niveau de gravité	Pollution
1 – Mineur	Impact mineur
2 – Modéré	Pollution modérée
3 – Majeur	Impact significatif
4 –Catastrophique	Impact important externe au site avec conséquences réversibles
5 – Désastreux	Impact majeur externe au site avec conséquences durables

En s'appuyant sur cette matrice, une gravité « 1 - Mineure » est attribuée aux scénarios dont le rejet est entièrement gazeux. Une gravité « 2 - Modérée » est attribuée aux scénarios dont le rejet est mixte ou entièrement liquide et aux scénarios dont le(s) point(s) de fuite se situe(nt) sur une zone sur rétention et une gravité « 3 - Majeure » aux scénarios des zones qui ne sont pas sur rétention, par exemple les pipelines.

Pour la gravité matérielle, les niveaux de gravité correspondent à échelles de coûts décrits dans le tableau suivant. Cette échelle elle est basée sur l'estimation des coûts des équipements du site étudié ainsi que sur l'impact sur la production.

V.4.6.4 Modélisation :

Les conséquences de la perte de confinement ont été modélisées à l'aide du logiciel PHAST v8.23. Les données d'entrée utilisées dans chaque cas de modélisation sont présentées dans les notes de calcul incluses dans le rapport.

Le modèle « fuite » est utilisé pour les fuites ou les ruptures de conduite (selon la taille du rejet) pour les jets de feu, les nappes de feu et les feux éclairs.

Les paramètres et les hypothèses suivants ont été retenus pour la modélisation des dangers :

- Matériau :

La composition du brut du client n'était pas disponible donc on a pris le cas défavorable avec une simulation de brut par la composition N-octane.

- Orientation et hauteur de rejet :

L'orientation de tous les rejets est supposée être horizontale dans la modélisation PHAST et la hauteur représentative des rejets est de 1 m (sauf cas particuliers).

- Tailles de fuite :

Pour les équipements surpression les événements critiques centraux identifiés dans le cadre de cette étude sont fondés sur trois tailles de rejets différentes pour les fuites du procédé :

- Petit (10 mm) ;
- Moyen (50 mm) ;
- Grand (150 mm).

Pour le bac de stockage une rupture catastrophique de bac pour le scénario de feu de cuvette.

Modélisation de dispersion des gaz suivi d'un feu de nuage :

Caractéristiques du phénomène dangereux :

Toutes les modélisations de dispersion sont effectuées en utilisant PHAST, qui tient compte à la fois de l'évaporation directe du rejet, ainsi que de l'évaporation de la nappe. Le résultat sera obtenu en simulant la dispersion du nuage de gaz en utilisant la concentration égale à la Limite Inférieure d'Inflammabilité (LII ou LFL pour Lower Flammability Limit).

Pour chaque seuil étudié, la zone d'effet liée à un nuage est supposée être située dans un secteur angulaire horizontal de 60° afin de prendre en compte ces événements. L'angle le plus conservateur en termes de dommages est donc choisi pour l'évaluation de la gravité.

Si un rejet n'est pas enflammé immédiatement, le gaz peut se disperser sur une grande distance avant de rencontrer une source d'ignition. Cela se traduira par un feu de nuage qui est fatal à toute personne présente dans l'enveloppe du feu de nuage. Les distances d'effets seront obtenues en utilisant les résultats de la dispersion à la LII.

Les vapeurs inflammables, après perte de confinement et évaporation du pétrole brut, vont normalement se propager dans la direction du vent. Si ce nuage de gaz trouve une source d'ignition avant d'être dispersé en dessous de sa limite inférieure d'inflammabilité, il est probable qu'un feu de nuage se produise. Il est possible que la flamme revienne à la source du rejet. Toute personne prise dans un feu de nuage est susceptible de souffrir de brûlures mortelles. Modélisation de dispersion des gaz suivi d'un VCE.

Conditions météorologiques :

Deux conditions météorologiques représentatives, considérées comme les plus fréquentes ou les plus dangereuses, sont utilisées pour la modélisation des conséquences.

Tableau 12 : Conditions météorologiques

Vitesse du vent	5 m/s	1,5 m/s
Classe de stabilité	Neutre (D)	Très stable (F)
Température atmosphérique	35°C	35°C
Température de surface	35°C	35°C
Rayonnement solaire (kW/m^2)	1	1

Modélisation du jet enflammé :

Caractéristiques du phénomène dangereux :

Un jet enflammé est une flamme de diffusion agitée qui provient de la combustion d'un produit émis en continu avec une quantité significative, dans une ou plusieurs directions spécifiques. Les jets enflammés peuvent provenir de l'émission de produits gazeux ou de produits liquides flashant (biphasique). Ils correspondent à l'allumage immédiat de la phase gaz relâchée.

Modélisation du feu de nappe :

Caractéristiques du phénomène dangereux :

Les feux de nappe peuvent se produire quand une quantité importante de liquide est émise et enflammée. Un feu de nappe peut aussi se produire sur la surface d'un liquide inflammable déversé sur de l'eau ou sur un sol rigide. Les paramètres importants qui peuvent être envisagés quand le feu de nappe est pris en compte sont : la vitesse de combustion, la taille de la nappe, la hauteur de la flamme, l'inclinaison de la flamme (en fonction de la vitesse du vent), la puissance d'émission de la surface de flamme, le facteur de vue géométrique, la transmissivité atmosphérique et le transfert de chaleur.

Les scénarios représentatifs pour la modélisation des feux de nappes sont effectués à l'aide de PHAST. La gravité maximale des feux de nappe sera basée sur ces distances d'effets.

V.4.7 Analyse des conséquences et des impacts :

L'analyse des conséquences des phénomènes dangereux retenus tient compte de l'intensité et la vulnérabilité du site :

• L'intensité est obtenue par la modélisation des conséquences par le Logiciel PHAST 8.23

• L'analyse de la vulnérabilité est réalisée par l'analyse de la zone touchée par les conséquences.

Cette partie est disponible dans la partie VII.2.5/VII.3.5 de chaque scénario.

Les impacts des effets des phénomènes dangereux retenus sont ensuite analysés pour déterminer le niveau de gravité selon la matrice retenue (Voir matrice de risque). Les zones affectées par les différents niveaux d'intensité retenus seront passées en revue afin de statuer sur le niveau de gravité.

V.4.8 Analyse des effets dominos :

Une analyse des effets dominos est réalisée pour chaque scénario pour évaluer la zone éventuellement affectée par un incendie ou une explosion avec la possibilité d'avoir une escalade de l'incident vers la zone voisine.

Cette partie est disponible dans la partie VII.2.6/VII.3.6 de chaque scénario.

V.4.9 Cotation de risque et conclusion :

Le niveau de risque pour chaque phénomène dangereux est déterminé en considérant la fréquence d'occurrence du phénomène, son intensité et les impacts selon la vulnérabilité de (s) la zone (s) affectée (s). En fonction du résultat, le niveau de risque initial sera classé comme acceptable, ALARP ou inacceptable.

Cette partie est disponible dans la partie VII.2.7/VII.3.7 de chaque scénario.

V.5 Conclusion :

Ce chapitre a présenté la méthodologie adoptée pour l'identification et l'évaluation des risques d'accidents majeurs, en s'appuyant sur des références, des bases de données et des critères d'évaluation reconnus. Les données utilisées pour la modélisation sous PHAST ainsi que les seuils de référence des différents effets ont également été définis. Cette démarche constitue la base de l'analyse des scénarios accidentels et de l'évaluation de leurs impacts potentiels sur les personnes, les installations et l'environnement.

CHAPITRES VI : IDENTIFICATION DES FACTEURS DE RISQUE

VI.1 Introduction :

Ce chapitre présente l'identification des facteurs de risque au niveau du CTH Sud en mettant l'accent sur la caractérisation des substances utilisées et leurs dangers associés, notamment l'inflammabilité, la volatilité. Il aborde également les risques liés aux opérations de maintenance, à l'alimentation électrique (sources d'ignition) ainsi qu'aux effets de l'environnement sur les scénarios accidentels.
Une analyse préliminaire des risques (APR) est également présentée sous forme de tableau.

VI.2 Caractérisation des dangers associes aux substances principales :

La caractérisation des dangers associés aux substances principales retrouvée à CTH-SUD est basée sur la prise en compte de facteurs tels que les propriétés physiques et chimiques des matériaux manipulés.
Dans ce but, toutes les substances présentent ou pouvant être présents en grandes quantités (par exemple : Huile Brute, Gasoil, Huile de lubrification, etc.…) représentant un risque pour la sécurité du personnel ou l'environnement ont été analysés.

Huile brute

Huile brute constitue le point d'entrée et est un mélange de composés hydrocarbonés y compris :

- Hydrocarbures légers
  - Méthane
  - Éthane
- GPL et hydrocarbures plus lourds, composants des condensats
  - Propane
  - i-butane et -butane
  - i-pentane et n-pentane
  - Hydrocarbures plus lourds C6 à C12+
  - Hydrocarbures poly aromatiques : benzène, toluène, xylène
- Autres composants, impuretés
  - Azote
  - CO_2
  - H_2O

Le site ne contient pas de H2S.

Inhibiteur de corrosion

L'inhibiteur de corrosion est injecté dans les canalisations à partir des puits en exploitation pour protéger les pipes en acier au carbone (dirigés vers la station de pompage) contre la corrosion. Un dispositif d'injectif de produit chimique est installé au niveau de chaque puits avec une pompe de dosage, réglée à un débit proportionnel à la quantité d'eau produite par puits.

Gasoil

Au niveau du site, Ce carburant est stocké à des températures inférieures à son point d'éclair (> 56°C) ; son ignition est très peu probable. Selon la fiche des données de sécurité, le gasoil est incompatible avec les agents oxydants, les acides forts, les bases fortes et les halogènes.

VI.2.1 Description des conséquences des dangers associes aux substances principales :

VI.2.1.1 Propriétés des substances inflammables :

Les principaux paramètres relatifs à l'inflammabilité des substances principales sont résumés ci-dessous.

Limites d'inflammabilité (ou d'explosives)

Lorsqu'ils sont mélangés avec l'oxygène de l'air, les gaz ou vapeurs dégagés par des liquides inflammables sont inflammables dans les limites d'une plage de concentration définie. Ces limites sont généralement exprimées en % par volume dans l'air à la température ambiante et à la pression atmosphérique.

Ces limites le sont :

LFL : Lower Flammability Limit (Limite d'inflammabilité inférieure) (ou LEL : Lower Explosive Limit (Limite inférieure d'explosivité))

UFL : Upper Flammability Limit (Limite supérieure d'inflammabilité) (ou UEL : Upper Explosive Limit (Limite supérieure d'explosivité)

Température d'auto-inflammation

Il s'agit de la température la plus basse d'une surface chaude à laquelle, dans certaines conditions spécifiques, peut se produire l'inflammation d'une substance inflammable sous forme de mélange de gaz ou de vapeur avec l'air. Les températures d'auto-inflammation dépendent de la pression ou de la composition du mélange inflammable

Point d'éclair (pour les liquides)

C'est la température minimale à partir de laquelle un liquide dégage suffisamment de vapeur inflammable pour former un mélange avec l'air, qui peut être enflammé par contact avec une surface chaude, une étincelle ou une flamme.

Le point d'éclair sert notamment à classer les liquides inflammables. Le règlement CE n°1272/2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges (règlement CLP) définit trois classes d'inflammabilité comme suit.

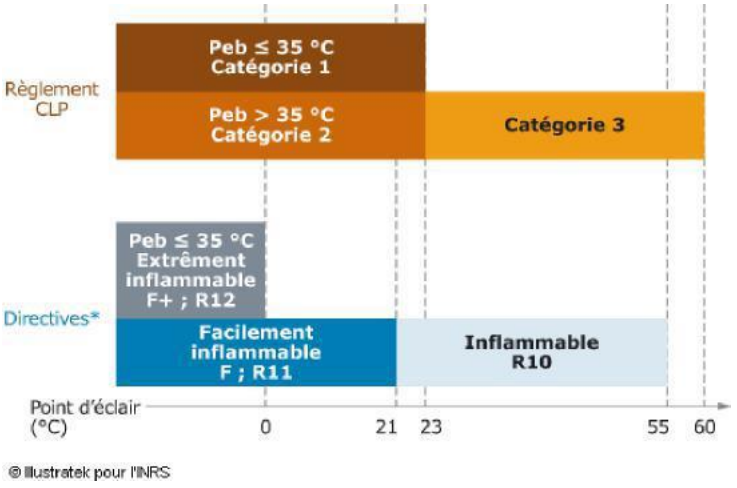


Figure 19 : Classes d'inflammabilité, conformément à la règlementation CE n°1272/2008

Ces trois catégories sont distinctes de celles définies par les directives 67/548/CEE (Substances dangereuses) et 1999/45/CE (relatives aux préparations dangereuses) modifiées, comme indiqué ci-dessous :

Liquides extrêmement inflammables : Point d'éclair < 0°C

Pression de vapeur à 35°C > 0°C

Liquides inflammables - 1ère catégorie : Point d'éclair < 55°C

Liquides inflammables - 2ème catégorie : 55°C ≤ point d'éclair < 100°C

Liquides légèrement inflammables : point d'éclair ≥ 100°C

VI.2.1.2 Propriétés des liquides inflammables stockés dans le site :

Les propriétés des liquides inflammables stockés dans le site sont décrites dans le tableau suivant :

Tableau 13 : Les propriétés des liquides inflammables stockés dans le site.

Nom du produit	***Point d'éclair (°C)***	***Limites d'inflammabilité***		***Température d'ébullition à 1 atm (°C)***	***Densité du liquide (kg/m3)***
		LFL (ppm)	***UFL (ppm)***		
Gasoil	> 56	Non applicable	Non applicable	180–360	850-880
Brut	> 55	Non applicable	Non applicable	141–462	Non applicable

Il convient de noter que les propriétés d'inflammabilité de l'huile brute varient en fonction du GOR, la température, la phase de traitement, etc.

VI.2.1.3 Conséquences générales des dangers causés par les évènements Impliquant des hydrocarbures :

Lorsqu'un rejet d'hydrocarbures s'enflamme, divers événements possibles impliquant un incendie et/ou une explosion peut se produire. Ce résultat dépend de plusieurs facteurs, dont la composition du mélange dégagement, le taux de rejet et la phase (liquide/gaz), que l'inflammation soit instantanée ou retardée, ainsi que l'environnement (par exemple : le degré de congestion, etc.).
Les différents résultats possibles et leurs caractéristiques sont présentés ci-dessous :

Jet enflammé

Un incendie sous forme de jet est une flamme à diffusion turbulente résultant de la combustion d'un carburant rejeté en continu avec une impulsion significative dans une direction ou des directions particulières. Ce type d'incendie peut survenir à la suite de rejets de liquides gazeux, de liquides à tension de vapeur élevée (deux phases) et de liquides purs. Les flux de chaleur importants vers des objets affectés ou submergés peuvent entraîner une défaillance structurale ou une défaillance de la cuve ou de la tuyauterie et, éventuellement, une intensification supplémentaire. Les rayonnements de chaleur peuvent également être létaux pour le personnel.

Feu de nappe (liquides d'hydrocarbures)

Un feu de nappe d'hydrocarbures liquides rejetés lors d'une éruption ou en provenance d'équipements tels que des réservoirs et des tuyaux. Les nappes de feu peuvent être mortelles pour le personnel et endommager les équipements submergés par l'incendie. Une Feu de nappe impliquant du pétrole génère un panache de fumée, mais peut également être mortelle pour le personnel ou affecter les fonctions de sécurité.

Feu de nuage

Un incendie se propageant à travers un nuage de gaz. Les incendies éclairs peuvent être létaux pour quiconque est submergé par l'incendie, mais il est peu probable qu'ils endommagent les structures en acier.

Explosion ou VCE (explosion d'un nuage de vapeur)

L'explosion d'un nuage de vapeur est la conséquence d'un rejet de matière inflammable dans l'atmosphère, d'une phase de dispersion subséquente et, après un certain délai, d'une inflammation du nuage de vapeur. Le nuage de gaz brûlant développe des surpressions élevées qui sont susceptibles d'entraîner la mort ou des blessures graves pour quiconque est présent dans la zone touchée et peuvent aussi gravement endommager les structures en acier.

VI.3 Dangers liés aux activités :

Plusieurs systèmes au cours de la phase de production sont susceptibles de mener à une perte de confinement. Le tableau ci-dessous définit les principaux équipements.

Tableau 14 : Dangers potentiels liés à l'équipement.

Équipement	Causes potentielles	Principaux potentiels de dangers
Pompes	Fatigue, vibration, corrosion, défaut de matériel, défaut de refroidissement…	Perte de confinement Incendie
Pipeline / Piping	Fatigue, corrosion, coup de bélier, arrachement, défaut de matériel…	Perte de confinement Rupture totale
Vannes, soupapes et brides	Blocage, corrosion, défaut de matériel, fatigue…	Perte de confinement
Réservoirs	Défaut de matériel, fatigue, corrosion	Perte de confinement

VI.4 Dangers liés à la maintenance :

Les activités de maintenance au niveau du site peuvent être nombreuses sur les installations pour garantir de bonnes conditions opératoires et limiter l'apparition de situations dangereuses. Néanmoins, ces activités sont susceptibles de générer des dangers. Les facteurs de danger sont principalement attribués à des comportements dangereux, des insuffisances de formation, problème de moyens, de temps ou autres conditions défavorables à la sécurité.

Tableau 15 : Dangers liés à la maintenance.

Activité de maintenance	Exemples de situations dangereuses
Sablage et peinture	Fatigue des canalisations
Déplacements dans le site	Choc, accident de circulation
Diverses activités de maintenance et Travaux d'inspection	Ouverture de capacité avec risque de perte de confinement, mauvais serrage, erreurs dans les remplacements des pièces, inhibition des systèmes de sécurité, etc.
Travaux de terrassement (au droit des installations enterrées)	Endommagement canalisation enterrée par engin de chantier

VI.5 Dangers liés à l'environnement :

Les principaux dangers environnementaux dans la région sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 16 : Dangers environnementaux.

Dangers environnementaux	Exemples de situations dangereuses	Conception de l'installation
Températures extrêmes	Augmentation de pression dans les Pipelines / pompes, etc. avec risque de fuite	Conception intégrant des variations entre -5°C et 55°C.
Crue due à de fortes pluies localement ou dans les zones avoisinantes	Fondation des Installations/ Pipelines / routes / infrastructures endommagées avec un risque de fuite.	Conception en accord avec les codes et standards. Approbation par CTC.
Tempête de sable	Faible visibilité menant à des accidents de la circulation et décès. Fausse détection F&G.	Moyens de communication pour chaque véhicule. Plan de gestion du trafic.
Activité sismique	Endommagement des installations et fondation avec risque d'incendie et explosion à la suite d'une rupture de la structure.	Zone non sismique. Conception selon code. Intégrité structurelle. Approbation CTC.
Foudre	Endommagement des installations avec risque d'incendie et explosion.	Pare foudre séparé et dédié, et mise à la terre des systèmes pour les équipements et les bâtiments.

VI.6 Evaluation préliminaire des risques :

Afin d'identifier de manière systématique les situations dangereuses susceptibles de se produire au sein du CTH Sud, une Analyse Préliminaire des Risques (APR) a été réalisée dans ce tableau ci-dessous :

Tableau 17 : Analyse des risques préliminaire

Numéro de zone	Zone	Système	Événements redoutés	Causes	Conséquences	Niveau de probabilité	Niveau de gravité	Niveau de risque	Mesures de prévention	Niveau de probabilité'	Mesures de protection	Niveau de gravité'	Niveau de risque'
Scénario N°01	Manifolds	Manifolds	Fuite de HC liquide au niveau du manifold	Perte de confinement à la suite des problèmes de corrosion, érosion, surpression, choc mécanique lors des travaux ou autres agression externe, sabotage ou effet domino, fuite sur bride ou vanne etc..	Pollution HC, Feu Flash, feu de nappe, UVCE	3	4	**H**	-Inspection règlementaire et mesure d'épaisseur -PSV installer au niveau du manifold HP -Alarme haute pression -Injection d'inhibiteur de corrosion à travers les puits et manifold -Procédure de permis de travail et d'isolation -Contrôle d'accès au niveau du CTH	2	-Protection anti-incendie -Détecteur Feu et Gaz -Suivie de pression - Tournées d'inspections et monitoring routinières et à travers la salle de contrôle	3	M
Scénario N°02	Ancienne batterie	FWKO Ancienne batterie	Fuite d'hydrocarbure liquide au niveau de Séparateur FWKO	Perte de confinement suite aux problèmes de corrosion érosion, fuite sur bride, vanne, piping, surpression, choc mécanique ou autre agression externe, ou effet domino.	Pollution HC liquide, Feu de nappe, Feu de Flash, UVCE	4	5	**H**	-Inspection règlementaire chaque 3 ans et test hydrostatique chaque 10 ans -suivi de pression et régulation via PCV101 -PSV 501A/501B	3	Protection anti-incendie -Détecteur Feu et Gaz -Suivi de niveau via LC 501/502 - Tournées d'inspections et monitoring routinières et à travers la salle de contrôle	4	H

Numéro de zone	Zone	Système	Événements redoutés	Causes	Conséquences	Niveau de probabilité	Niveau de gravité	Niveau de risque	Mesures de prévention	Niveau de probabilité'	Mesures de protection	Niveau de gravité'	Niveau de risque'
									-Injection d'inhibiteur de corrosion -Procédure de permis de travail et d'isolation -Contrôle d'accès au niveau du CTH				
Scénario N°03	Zone de séparation	Séparateur HP Ancienne batterie	Fuite d'hydrocarbure liquide au niveau de séparateur HP	Perte de confinement suite aux problèmes de corrosion érosion, fuite sur bride, vanne, piping, surpression, choc mécanique ou autre agression externe, ou effet domino.	Pollution HC liquide, Feu de nappe, Feu de Flash, UVCE	4	5	**H**	-Inspection règlementaire chaque 3 ans et test hydrostatique chaque 10 ans -Alarme haute pression -PSV -Injection d'inhibiteur de corrosion -Procédure de permis de travail et d'isolation -Contrôle d'accès au niveau du CTH	3	Protection anti-incendie -Détecteur Feu et Gaz -Suivie de pression -Suivi de niveau - Tournées d'inspections et monitoring routinières et à travers la salle de contrôle	4	H

Numéro de zone	Zone	Système	Événements redoutés	Causes	Conséquences	Niveau de probabilité	Niveau de gravité	Niveau de risque	Mesures de prévention	Niveau de probabilité'	Mesures de protection	Niveau de gravité'	Niveau de risque'
Scénario N°04	Zone de séparation	Séparateur MP Ancienne batterie	Fuite d'hydrocarbure liquide au niveau de séparateur MP	Perte de confinement suite aux problèmes de corrosion érosion, fuite sur bride, vanne, piping, surpression, choc mécanique ou autre agression externe, ou effet domino.	Pollution HC liquide, Feu de nappe, Feu de Flash, UVCE	3	4	**H**	-Inspection règlementaire chaque 3 ans et test hydrostatique chaque 10 ans -Alarme haute pression -PSV -Injection d'inhibiteur de corrosion -Procédure de permis de travail et d'isolation -Contrôle d'accès au niveau du CTH	2	Protection anti-incendie -Détecteur Feu et Gaz -Suivie de pression -Suivi de niveau - Tournées d'inspections et monitoring routinières et a travers la salle de contrôle	3	M
Scénario N°05	Zone de séparation	Séparateur HP Batterie série inférieure	Fuite d'hydrocarbure liquide au niveau de séparateur HP	Perte de confinement suite aux problèmes de corrosion érosion, fuite sur bride, vanne, piping, surpression, choc mécanique ou autre agression externe, ou effet domino.	Pollution HC liquide, Feu de nappe, Feu de Flash, UVCE	4	5	**H**	-Inspection règlementaire chaque 3 ans et test hydrostatique chaque 10 ans -Alarme haute pression -PSV -Injection d'inhibiteur de corrosion -Procédure de permis de travail et d'isolation -Contrôle d'accès au niveau du CTH	3	Protection anti-incendie -Détecteur Feu et Gaz -Suivie de pression -Suivi de niveau - Tournées d'inspections et monitoring routinières et a travers la salle de contrôle	5	H
Scénario N°06	Zone de séparation	Séparateur MP Batterie série inférieure	Fuite d'hydrocarbure liquide au niveau de séparateur MP	Perte de confinement suite aux problèmes de corrosion érosion, fuite sur bride, vanne,	Pollution HC liquide, Feu de nappe, Feu de Flash, UVCE	3	4	**H**	-Inspection règlementaire chaque 3 ans et test hydrostatique chaque 10 ans	2	Protection anti-incendie -Détecteur Feu et Gaz -Suivie de pression	3	M

Numéro de zone	Zone	Système	Événements redoutés	Causes	Conséquences	Niveau de probabilité	Niveau de gravité	Niveau de risque	Mesures de prévention	Niveau de probabilité'	Mesures de protection	Niveau de gravité'	Niveau de risque'
				piping, surpression, choc mécanique ou autre agression externe, ou effet domino.					-Alarme haute pression PSV -Injection d'inhibiteur de corrosion -Procédure de permis de travail et d'isolation -Contrôle d'accès au niveau du CTH		-Suivi de niveau - Tournées d'inspections et monitoring routinières et a travers la salle de contrôle		
	Zone de séparation	Unité de dessalage	Hors service depuis la construction du CTH										
Scénario N°07	Zone de séparation vers zone de stockage	Ligne de transfert vers bac de stockage	Fuite d'hydrocarbure liquide au niveau du Bac de stockage	Perte de confinement suite aux problèmes de corrosion érosion, fuite sur bride, vanne, pipe, surpression, choc mécanique ou autre agression externe, ou effet domino.	Pollution HC liquide, Feu de nappe,	3	4	**H**	-Vérification des épaisseurs de la conduite, -Injection d'inhibiteur de corrosion -Permis de travail, et circulation etc.	2	Protection anti-incendie -Détecteur Feu et Gaz - Tournées d'inspections et monitoring routinières et à travers la salle de contrôle	3	M
Scénario N°08	Zone de stockage de brut	Bac de stockage T-01A/B	Fuite d'hydrocarbure liquide au niveau du Bac de stockage	Fuite sur bride, fuite sur les robes ou fond du bac, corrosion, surpression, dépression, effets dominos, foudre, débordement, déséquilibre du bac à la suite de problème de fondation etc.	Pollution HC liquide, Feu de cuvette,	3	5	**H**	-Inspection règlementaire. -contrôle du niveau -Safety hatch (emergency vent sur le bac) -Protection cathodique et anodiques du bac -Système de permis de travail -Système de protection foudre	2	-Détection feu et gaz -Cuvette de rétention. -contrôle très bas niveau -Contrôle du niveau haute pression -réseau anti incendie et Couronne de refroidissement -moyens	4	H

Numéro de zone	Zone	Système	Événements redoutés	Causes	Conséquences	Niveau de probabilité	Niveau de gravité	Niveau de risque	Mesures de prévention	Niveau de probabilité'	Mesures de protection	Niveau de gravité'	Niveau de risque'
									-Contrôle d'accès au niveau du CTH		d'extinction avec mousse -Ronde d'inspection au niveau du CTH		
Scénario N°09	Stockage de gasoil	Station gasoil	Fuite de gasoil	Corrosion, Choc mécanique, fuite sur brides ou flexibles fuite sur fond du bac ou sur les parois, débordement lors du dépotage, surpression, implosion.	Pollution, feu de cuvette	3	3	M	Mesure d'épaisseur sur les parois -présence humaine lors du dépotage. - PSV -Inspection du flexible de chargement Permis de travail avec procédure de dépotages, - Le bac est doté d'un évent de respiration	2	-Détection feu and gaz -Moyen de lutte contre l'incendie fixe et mobile - Cuvette de rétention	2	L

CHAPITRES VII : Analyse détaillait des risques

VII.1 Introduction :

Dans le chapitre précédent, plusieurs scénarios de risques ont été identifiés au niveau de l'unité étudiée. Toutefois, en raison du grand nombre de scénarios recensés, l'analyse détaillée a été limitée aux situations les plus critiques, présentant des niveaux de risque élevés.

Le présent chapitre est consacré à l'analyse détaillée de ces scénarios sélectionnés à l'aide d'une modélisation avec logiciel PHAST. Cette analyse permet de calculer la probabilité d'occurrence ainsi que la gravité des conséquences associées à chaque événement redouté.

Enfin, les résultats obtenus serviront à établir une matrice de risques finale adaptée à l'étude, permettant de hiérarchiser les risques et d'identifier les priorités en matière de prévention et de maîtrise.

VII.2 Scénario n°1 : Défaillance d'un séparateur FWKO :

VII.2.1 Description de l'équipement étudié :

Le FWKO réceptionne le flux de brut. Dans ce séparateur, le gaz de charge subit une détente. La séparation de l'eau, du gaz et du brut se fait par différence de densité. L'eau est envoyée vers le bourbier, le gaz et le brut sont traités par la suite par d'autres séparateurs.

Les caractéristiques principales de ce séparateur sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Tableau 18 : Caractéristique de séparateur FWKO

Caractéristiques	FWKO
Type d'installation	Séparateur
Substance	Gaz / Brut
T service (°C)	40
P service (bara)	13
P design (bara)	23.2
P épreuve (bara)	23.2
Volume (m^3)	64

VII.2.2 Description des évènements redoutés :

L'évènement redouté étudié concerne une perte de confinement au niveau séparateur FWKO, provoquant la perte de confinement d'une quantité importante d'hydrocarbure liquide. Les phénomènes dangereux redoutés sont :

- Un feu de nappe précoce en cas d'ignition à la source.
- En cas de dispersion, il y aura

- Formation d’un nuage inflammable pour la phase gazeuse qui engendrera :
  - Une explosion (UVCE)
  - Feu flash
- Un feu de nappe retardé pour la phase liquide en cas d’ignition retardée.

Une dispersion et contamination environnemental en cas de non ignition.

VII.2.3 Contrôles, régulation et sécurité en place :

Les mesures de prévention/protection sont présentes dans la zone de l’équipement :

1-Protection anti-incendie

2- Procédure de permis de travail et d’isolation

3-Tournées d’inspections et monitoring routinières et à travers la salle de contrôle

4- Inspection règlementaire

5-Injection d’inhibiteur de corrosion

6- Détecteur Feu et Gaz avec

7- suivi de pression et régulation via PCV101

8-PSV 501A/501B

9- Contrôle d’accès au niveau du CTH

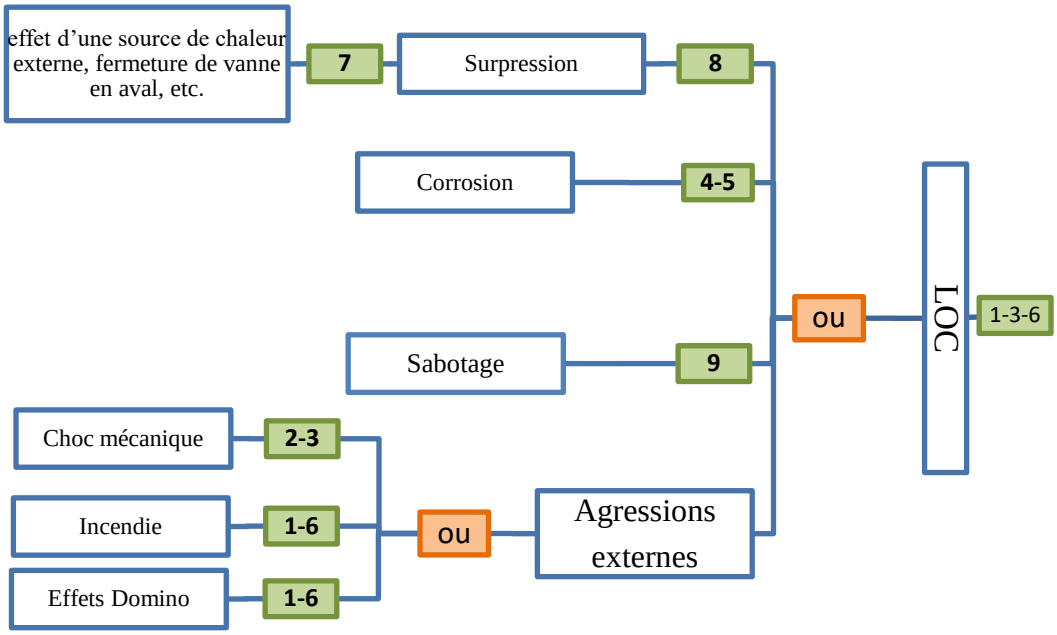


Figure 20 : Arbre des causes

VII.2.3.1 Probabilité d'occurrence de l'événement :

Les calculs des fréquences génériques de défaillance sont basés sur des données extraites du Leak Frequencies IOGP 2019. Qui se base sur des données historiques d'un certain nombre d'équipement représentatifs dans le domaine d'industrie Oil & Gas.

Tableau 19: Fréquence de défaillance totale

Type de défaillance	Fréquence de défaillance [/an]
Petite fuite (<10mm)	4,13E-03
Fuite moyenne (10<D<50mm)	6,53E-04
Grande fuite > 50	2,07E-04
Total	4,99E-03

VII.2.4 Fréquence d'occurrence des conséquences :

L'arbre des conséquences repris ci-après donne les fréquences d'occurrence de chaque conséquence liée à l'événement. Ces fréquences d'occurrences d'événements sont basées sur les fréquences de fuites calculées ci-dessus et sur les probabilités d'ignition et d'explosion tirées du Handbook Failure Frequencies 2009 (source : Handboek Kanscijfers 2009, Belgian Government, LNE Department, Environment, Nature and Energy Policy Unit, Safety reporting Division, Edition May 2009). Ces probabilités dépendent de la nature du produit libéré et de l'ampleur de la perte de confinement.

VII.2.4.1 Fréquence d'occurrence des conséquences -petite fuite- :

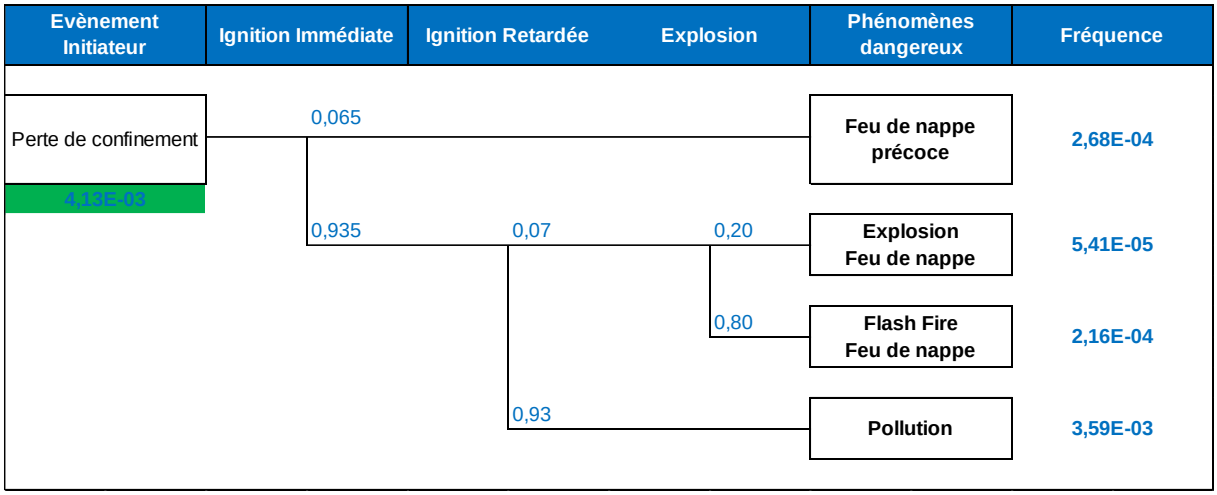


Figure 21 : Arbres de conséquences -petite fuite

Tableau 20 : Fréquence des événements redoutés -petite fuite-

Scénario	Phénomène dangereux	Fréquence (/an)	Selon la matrice de Criticité
SC01-PF-FN	Feu de nappe	5,39E-04	B
SC01-PF-UVCE	UVCE	5,41E-05	A
SC01-PF-FF	Feu flash	2,16E-04	B
SC01-PF-PE	Pollution environnementale	3,59E-03	C

VII.2.4.2 Fréquence d'occurrence des conséquences -fuite moyenne- :

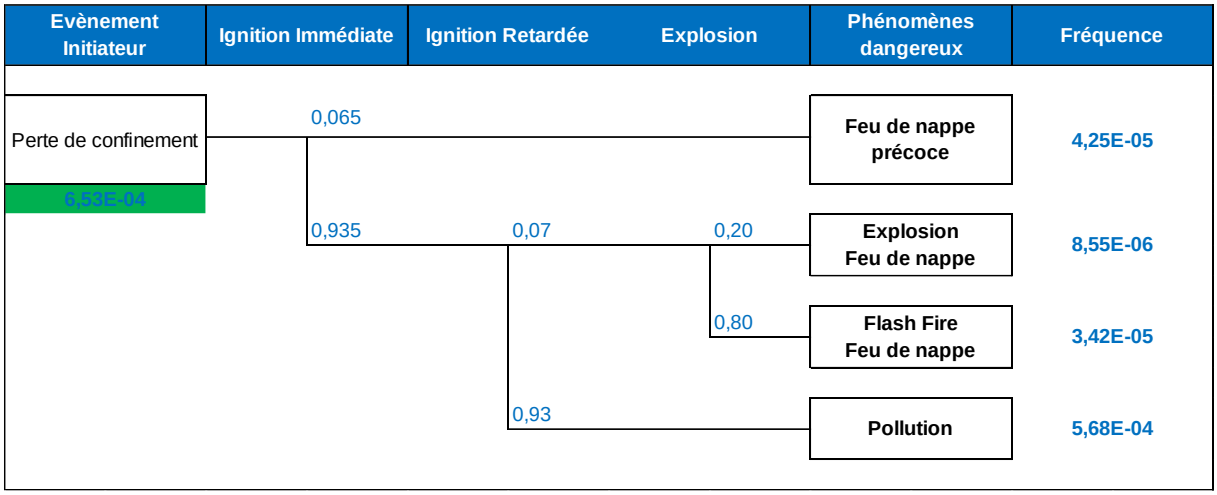


Figure 22 : Arbres de conséquences-fuite moyenne-

Tableau 21 : Fréquence des événements redoutés- fuite moyenne-

Scénario	Phénomène dangereux	Fréquence (/an)	Selon la matrice de Criticité
SC01-FM-FN	Feu de nappe	8,52E-05	**A**
SC01-FM-UVCE	UVCE	8,55E-06	**A**
SC01-FM-FF	Feu flash	3,42E-05	**A**
SC01-FM-PE	Pollution environnementale	5,68E-04	**B**

VII.2.4.3 Fréquence d'occurrence des conséquences -grande fuite - :

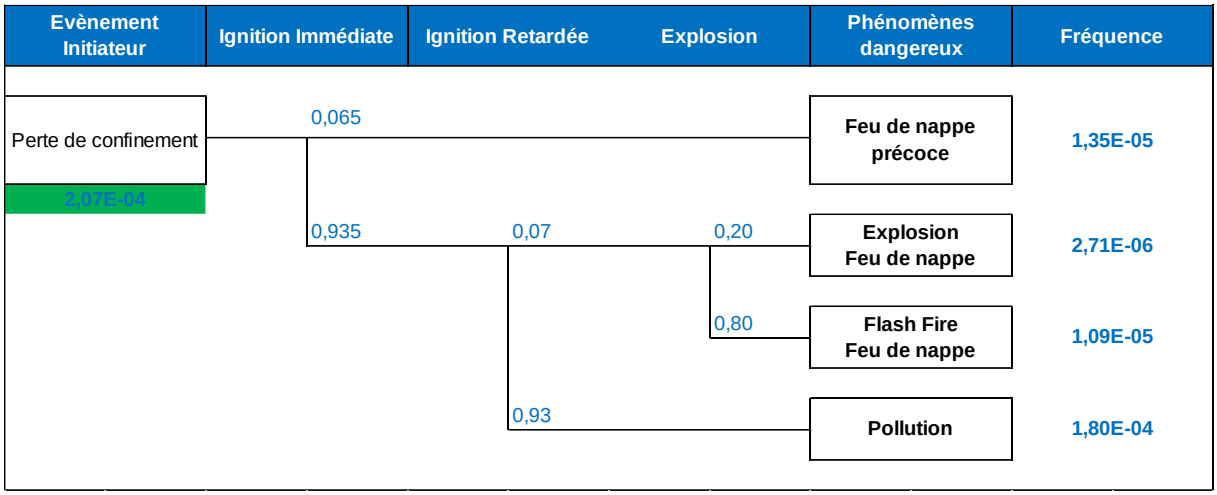


Figure 23 : Arbres de conséquences-grande fuite-

Tableau 22 : Fréquence des événements redoutés -grande fuite -

Scénario	Phénomène dangereux	Fréquence (/an)	Selon la matrice de Criticité
SC01-GF-FN	Feu de nappe	2,70E-05	**A**
SC01-GF-UVCE	UVCE	2,71E-06	**A**
SC01-GF-FF	Feu flash	1,09E-05	**A**
SC01-GF-PE	Pollution environnementale	1,80E-04	**B**

VII.2.5 Analyse des conséquences des évènements :

Ces modélisations seront effectuées à l'aide du logiciel PHAST 8.23. Le choix des substances caractéristiques a été détaillé dans les hypothèses générales de modélisation.

VII.2.5.1 Distances d'effets :

A. Feu de de nappe :

Tableau 23 : Distance d'effet de Radiation / Feu de nappe

Radiation (kW/m²)	Distances d'effets en mètres par taille de fuite					
	Petite fuite		Fuite Moyenne		Grande fuite	
	1.5F	5D	1.5F	5D	1.5F	5D
3	86,2055	82,5592	196,08	210,663	221,474	240,395
5	72,0367	72,323	162,999	178,872	187,345	206,985
8	61,8745	62,774	139,409	151,646	163,008	178,407

- **Petite fuite :**

Les effets thermiques de 5 kW/m², générés par un feu de nappe issu d'une petite fuite, impactent l'ensemble de la zone de séparation. Toutefois, la zone occupée par le personnel, notamment la salle de contrôle et les bureaux, n'est pas exposée à ce niveau de flux thermique.

Par conséquent, une seule victime potentielle est estimée, correspondant à un opérateur présent sur la zone du site. La gravité de l'événement est donc évaluée au niveau G4.

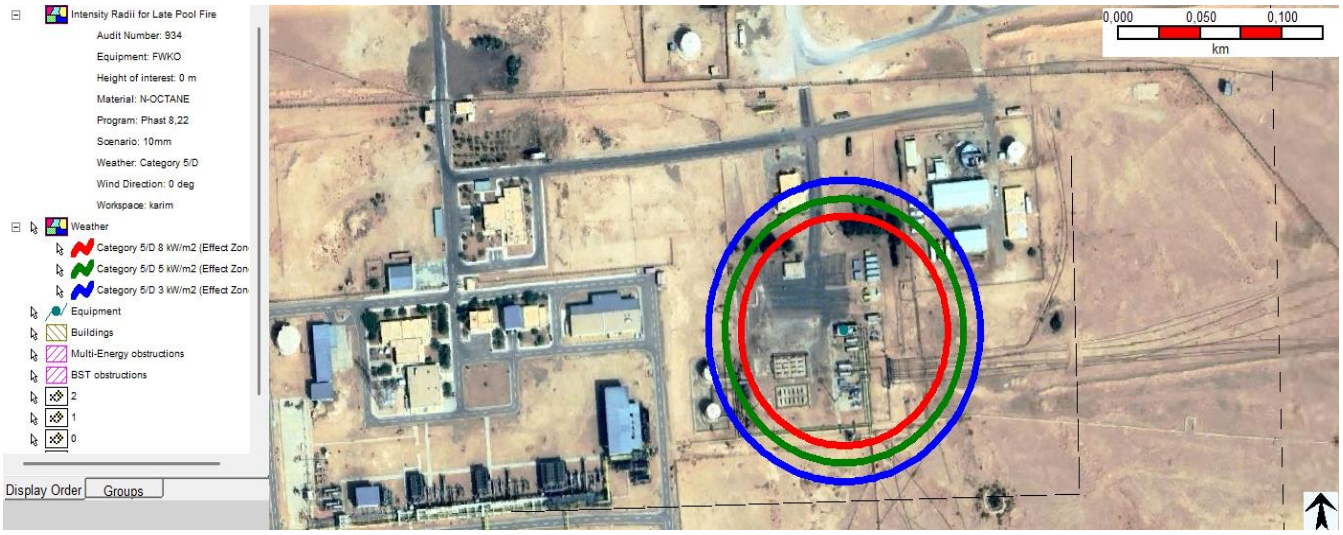


Figure 24 : Effet thermique feu de nappe -PF-

- **Fuite moyenne :**

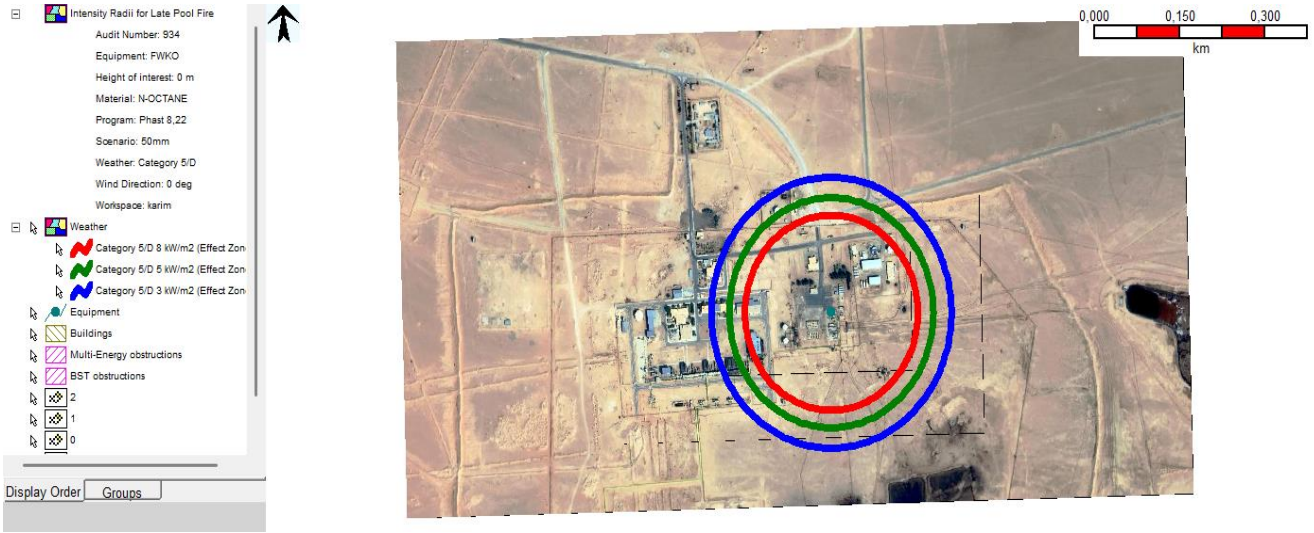


Figure 25 : Effet thermique feu de nappe -FM-

- **Grande fuite :**

Les effets thermiques de 5 kW/m², générés par un feu de nappe issu d'une fuite moyenne ou grande fuite, s'étendent à l'ensemble du site. Ils peuvent également atteindre les zones occupées par le personnel, notamment la salle de contrôle et les bureaux, même les installations voisines.

Dans ce scénario, plusieurs victimes potentielles sont à considérer. La gravité de l'événement est donc évaluée au niveau maximal G5.

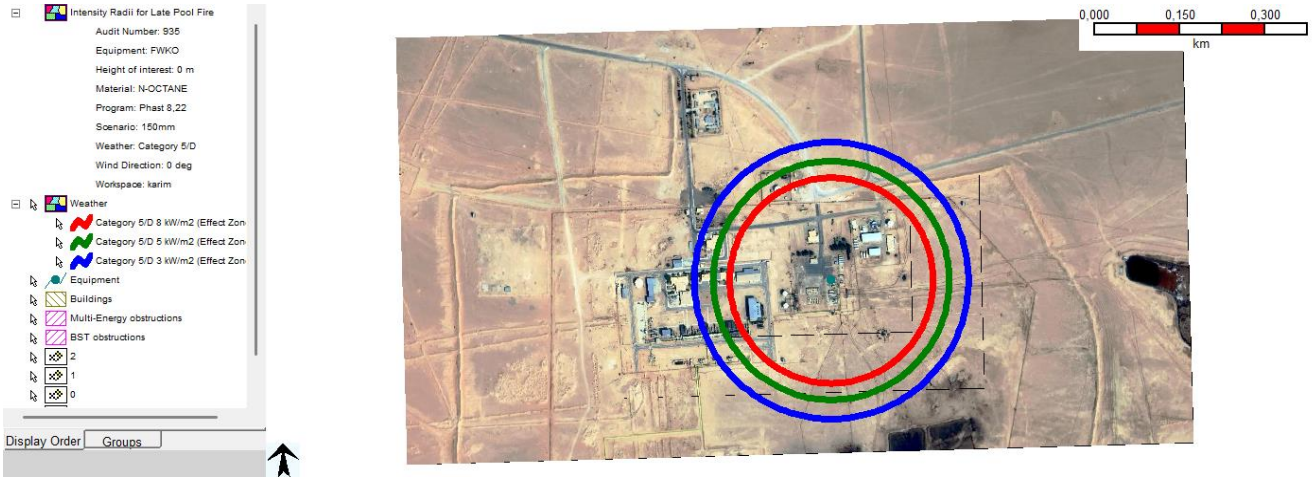


Figure 26 : Effet thermique feu de nappe -GF-

B. VCE :

Tableau 24 : Distance d'effet de surpression-VCE-

Surpressions (mbar)	Distances d'effets en mètres par taille de fuite					
	Petite fuite		Fuite Moyenne		Grande fuite	
	1.5F	5D	1.5F	5D	1.5F	5D
50	75,1309	68,0905	149,675	192,666	195,748	207,29
140	29,9703	27,1618	59,7066	76,8559	78,0854	82,6894
200	18,6391	16,8924	37,1327	47,7982	48,5628	51,4261

- **Petite fuite :**

Les effets de surpression supérieurs à 140 mbar, générés par un UVCE à partir d'une petite fuite, sont limités à la zone de séparation. Dans ce cas, une seule victime potentielle est estimée, correspondant à la présence d'un employé dans cette zone.

La gravité de l'événement est donc évaluée au niveau G4.



Figure 27 : Effet de surpression UVCE -PF-

- **Fuite moyenne :**

Les effets de surpression de 140 mbar, générés par un UVCE à partir d'une fuite moyenne, s'étendent à l'ensemble du site, y compris les zones occupées par le personnel telles que la salle de contrôle et les bureaux.
Dans ce scénario, plusieurs victimes potentielles sont à considérer, et la gravité de l'événement est donc évaluée au niveau G5.



Figure 28 : Effet de surpression UVCE -FM-

- **Grande fuite :**

Les effets de surpression de 140 mbar, générés par une fuite importante à l'origine d'un UVCE, s'étendent à l'ensemble du site et peuvent également impacter les installations voisines.
Dans ce scénario, plusieurs victimes potentielles sont à considérer. La gravité de l'événement est donc évaluée au niveau G5.

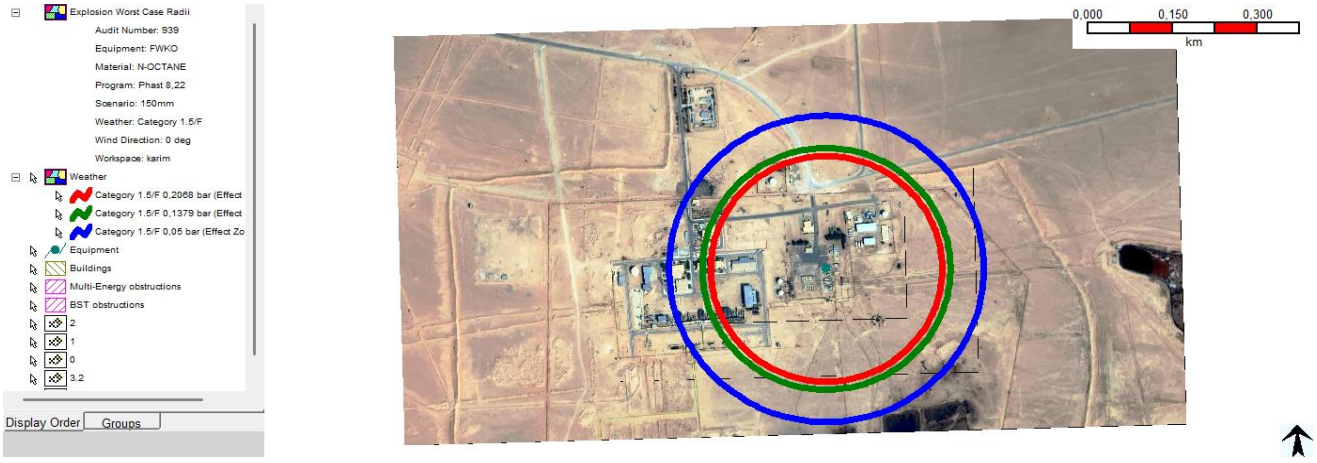


Figure 29 : Effet de surpression UVCE -GF

C. Feu de flash :

Tableau 25 : Distance d'effet de Feu de Flash

Concentration	Distances d'effets en mètres par taille de fuite					
	Petite fuite		Fuite Moyenne		Grande fuite	
	3F	5D	3F	5D	3F	5D
LII	20,643	19,0885	55,1955	56,4241	102,617	96,785
LSI	/	/	20,266	20,1373	57,3191	65,7176

- **Petite fuite :**

Dans le cas d'un feu de flash lié à une petite fuite, la zone inflammable reste limitée, la distance jusqu'à la limite inférieure d'inflammabilité étant faible. L'étendue du nuage inflammable demeure donc réduite.

Les conséquences restent limitées et la gravité de l'événement est évaluée au niveau G2.

- **Fuite moyenne :**



Figure 30 : Effet de feu de flash -PF-

- **Grande fuite :**

L'effet thermique issu d'un feu de flash, associé à une fuite moyenne ou la grande fuite, peut atteindre les bâtiments occupés par le personnel. Toutefois, en raison de la cinétique très rapide du phénomène et du rôle partiellement protecteur des structures (murs, cloisons, …), l'exposition effective du personnel peut être atténuée.

Ainsi, bien que des personnes puissent être concernées dans les zones bâties, la gravité de l'événement est évaluée au niveau G4.



Figure 31 : Effet de feu de flash -GF-FM-

VII.2.5.2 Impact sur l'environnement :

La matrice ci-dessous présente l'analyse des conséquences sur l'environnement, en prenant en compte la probabilité totale des fuites. On peut notamment expliquer cela, par le principe que les phénomènes dangereux, tels que le flash fire, VCE ou encore le feu de nappe, ont un impact sur l'environnement.

Tableau 26 : Matrice d'impact sur l'environnement

		Fréquence annuelle				
		A	**B**	**C**	**D**	**E**
Conséquences	**1**					
	2			**SC01-PF-PE**		
	3		**SC01-FM-PE SC01-GF-PE**			
	4					
	5					

VII.2.6 Effet dominos :

L'analyse suivant est établie selon le seuil de référence 8 kW/m² pour l'effet thermique 200mbar pour l'effet surpression :

-Feu de nappe :

- **Petite fuite :**

On voie que l'effet thermique atteint toute sauf la nouvelle salle de contrôle et les 2 bac de stockage.

- **Fuite Moyenne et Grande Fuite :**

On voie que l'effet thermique endommage tout le centre, la station de traitement des huiles ainsi qu'une partie de l'unité à proximité des bacs sur la gauche. Par effet de la grande fuite, l'unité opposé après l'intersection est aussi touchée.

-VCE :

- **Petite Fuite :**

On voie que l'effet de surpression endommage tous les séparateurs et les installations de zone d'utilité autour.

- **Fuite Moyenne :**

On voie que l'effet de surpression cause une catastrophe au niveau de site CTH SUD et endommage aussi les établissements voisins incluent la station de traitement des huiles et la nouvelle salle de contrôle.

- **Grand Fuite :**

On voie que l'effet de surpression cause une catastrophe au niveau de site CTH SUD et endommage aussi tous les établissements voisins

VII.2.7 Cotation de risque et conclusion :

En tenant compte des moyens de prévention et de protection en place, on aura pour ce scénario :

Tableau 27 : Niveau de risque pour chaque scénario

Le scénario	Probabilité	Gravité	Criticité
SC01-PF-FN	B	G4	ALARP
SC01-PF-UVCE	A	G4	ALARP
SC01-PF-FF	B	G2	Acceptable
SC01-FM-FN	A	G5	ALARP
SC01-FM-UVCE	A	G5	ALARP
SC01-FM-FF	A	G4	ALARP
SC01-GF-FN	A	G5	ALARP
SC01-GF-UVCE	A	G5	ALARP
SC01-GF-FF	A	G4	ALARP

Tableau 28 : Matrice de Criticité finale

		Fréquence annuelle				
		A	**B**	**C**	**D**	**E**
Conséquences	**1**					
	2		**SC01-PF-FF**			
	3					
	4	SC01-PF-UVCE SC01-FM-FF SC01-GF-FF	SC01-PF-FN			
	5	SC01-FM-FN SC01-FM-UVCE SC01-GF-FN SC01-GF-UVCE				

VII.3 Scénario n°2 : Défaillance d'un bac de stockage de brut :

VII.3.1 Description de l'équipement étudié :

Les caractéristiques des bacs sont reprises dans le tableau suivant.

Tableau 29 : Caractéristiques des bacs de stockage

Caractéristiques	Bacs de stockage
Type de bac	Bac de stockage à toit fixe avec évent à l'atmosphère
Substance	Brut
T service (°C)	20
P service (bara)	Atm
P calcul (bara)	-
Volume (m^3)	500
Diamètre (m)	8
Hauteur (m)	10

VII.3.2 Description des évènements redoutés :

L'évènement redouté étudié concerne une perte de confinement au niveau de bac de stockage brut T-01A/B, provoquant la perte de confinement d'une quantité importante de brut. Les phénomènes dangereux redoutés sont :

- Un feu de cuvette en cas d'ignition immédiate ou retardée.
- Un feu de toit
- Une dispersion et contamination environnemental en cas de non ignition.

VII.3.3 Contrôles, régulation et sécurité en place :

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

1. Protection anti-incendie (Couronne de refroidissement)
2.Système de permis de travail
3. Ronde d'inspection au niveau du CTH
4.Inspections règlementaires
5. Détection Feu & Gaz
6. Extinction avec mousse
7.Cuvette de rétention avec 110% de volume du bac
8.Contrôle de niveau
9. Safety hatch (emergency vent sur le bac)

10. Protection cathodique et anodiques du bac
11. Contrôle d'accès au niveau du CTH
12. Système de protection foudre

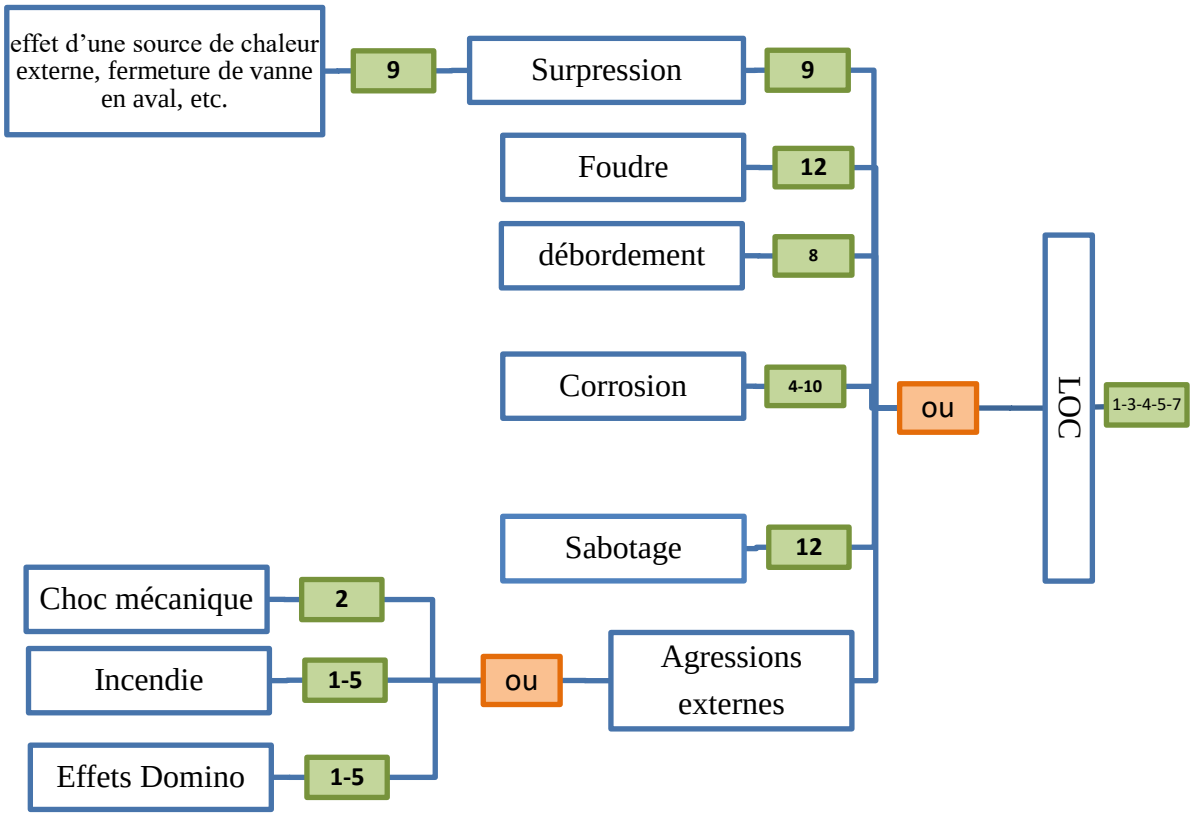


Figure 32 : Arbre des causes

VII.3.4 Fréquence d'occurrence des conséquences :

Le calcul de la probabilité des événements redoutés a été réalisé sur la base des fréquences d'occurrence dans le rapport **IOGP 434-03 « Risk Assessment Data Directory – Storage Incident Frequencies » (édition 2022).** Les fréquences associées aux scénarios de feu de cuvette et de feu de toit ont été retenues directement.

Tableau 30 : Fréquence des événements redoutés

Scénario	Phénomène dangereux	Fréquence (/an)	Selon la matrice de Criticité
Sc03-fc	Feu de cuvette	1.13 E-05	**A**
Sc-03-ft	Feu de toit	2.10 E-05	**A**

VII.3.5 Analyse des conséquences des évènements :

VII.3.5.1 Distances d'effets :

A. Feu de cuvette :

Tableau 31 : Distance d'effet de Radiation / Flaque

Radiation (kW/m²)	Distances d'effets	
	1.5F	5D
3	62,9375	63,4936
5	49,7072	50,6723
8	40,1746	40,7717

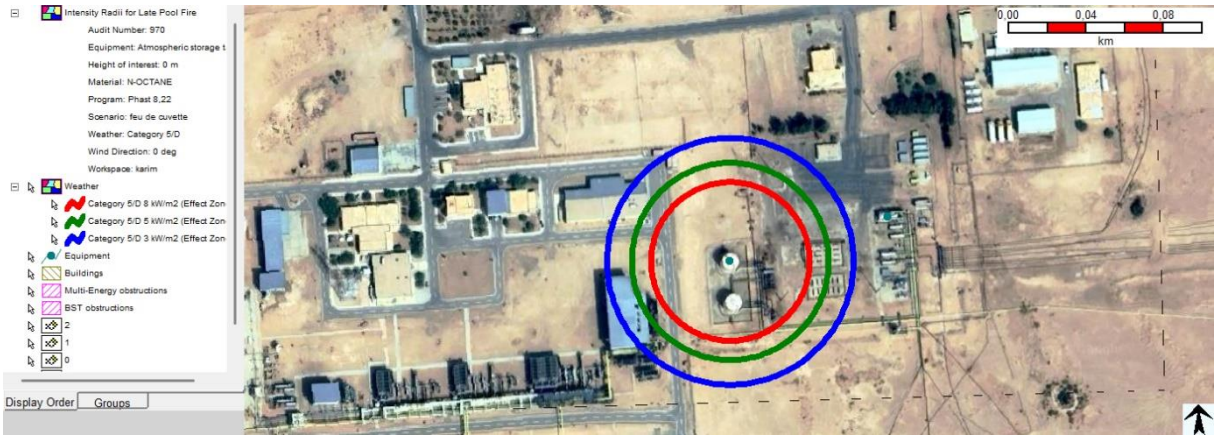


Figure 33 : Effet de Radiation / Flaque

B. Feu de toit :

Tableau 32 : Distance d'effet de Radiation

Radiation (kW/m²)	Distances d'effets	
	1.5F	5D
3	33,8016	35,7148
5	26,9298	29,2653
8	21,297	24,7242



Figure 34 : Effet de Radiation

L'analyse des conséquences montre que les distances d'effet thermique de 5 kW/m² associées aux scénarios de feu de cuvette et de feu de toit restent limitées à la zone de stockage et la canalisation adjacente, Ces effets n'atteignent pas les zones occupées en permanence par le personnel. En conséquence, le nombre potentiel de victimes est estimé à une seule fatalité, ce qui conduit à retenir un niveau de gravité G4 pour les deux scénarios étudiés.

VII.3.5.2 Impact sur l'environnement :

Le scénario de pollution environnementale présente une probabilité d'occurrence faible. La cuvette de rétention mise en place autour du stockage assure le confinement des éventuels déversements et réduit significativement le risque de dispersion du produit vers les milieux environnants. Au regard de ces dispositions et sur la base d'une analyse qualitative, ce scénario est retenu avec une criticité de niveau A3.

Tableau 33 : Matrice d'impact sur l'environnement

		Fréquence annuelle				
		A	**B**	**C**	**D**	**E**
Conséquences	**1**					
	2					
	3	SC02-PE				
	4					
	5					

VII.3.6 Effet dominos :

L'analyse suivant est établie selon le seuil de référence 8 kW/m² :

Feu de cuvette :

On voie que l'effet thermique endommage les deux bacs de stockage, et atteint une petite partie de la zone utilité du site.

-Feu de toit :

On voie que l'effet thermique endommage seulement les deux bacs de stockage.

VII.3.7 Cotation de risque et conclusion :

En tenant compte des moyens de prévention et de protection en place, on aura pour ce scénario :

Tableau 34 : Niveau de risque pour chaque scénario

Scénario	Phénomène	Probabilité	Gravité	Criticité
Sc-03-fc	Feu de cuvette	A	4	ALARP
Sc-03-ft	Feu de toit	A	4	ALARP

Tableau 35 : Matrice de Criticité

		Fréquence annuelle				
		A	**B**	**C**	**D**	**E**
Conséquences	**1**					
	2					
	3					
	4	**Sc-03-fc** **Sc-03-ft**				
	5					

VII.7 Conclusion :

Dans ce chapitre une analyse détaillée a été faite sur deux équipement, un séparateur FWKO considéré comme équipement sous pression et un bac de stockage de brut pour son grand inventaire. Cette étude inclue 15 événements indésirables avec les causes potentiels, les conséquences ainsi que les systèmes de sécurité existants.

L'évaluation des scénarios redouté du séparateur et du bac de stockage nous a permis d'identifier l'ampleur des effets de surpression et effets thermiques ainsi que l'impact de ces scénarios accidentels sur l'environnement et l'effet domino sachant que la salle de contrôle est considérée à proximité de l'ampleur de ces effets issue des événement accidentels.

En effet, 12 scénarios ont été résulté de l'analyse détaillé du séparateur, 3 d'eux sont liée à la dispersion et contamination environnemental en cas de non ignition. Par ailleurs, 3 scénarios ont été résulté de l'analyse détaillé du bac de stockage, un de ces trois scénarios est liée aussi à l'impact environnementale.

L'exploitation de la matrice des risques révèle que la majorité des scénarios étudiés se situent dans la zone ALARP, indiquant un niveau de risque tolérables sous réserve du maintien des mesures de sécurité et de l'amélioration continue des dispositifs existants. Ainsi qu'on voie que la gravité est significativement élevée néo moins la probabilité est faibles. Une politique de maitrise des risques est toujours recommandé pour une amélioration continue et pour plus de continuité de la production.

Cette étude s'est limitée à ces deux scénarios considérés comme les plus représentatifs et les plus critiques, elle ne couvre donc pas l'ensemble des situations accidentelles possibles au sein de l'installation. Néanmoins, elle fournit une vision globale du niveau de risque associé aux équipements étudiés et met en évidence l'importance des mesures de maîtrise mises en œuvre.

En fin, on a réalisé une matrice finale qui récapitule toutes les matrices précédentes :

Tableau 36 : Matrice de criticité finale

		Fréquence annuelle				
		A	**B**	**C**	**D**	**E**
Conséquences	**1**					
	2		**SC01-PF-FF**	**SC01-PF-PE**		
	3	**SC02-PE**	**SC01-FM-PE SC01-GF-PE**			
	4	**SC01-PF-UVCE SC01-FM-FF SC01-GF-FF Sc03-fc Sc-03-ft**	**SC01-PF-FN**			
	5	**SC01-FM-FN SC01-FM-UVCE SC01-GF-FN SC01-GF-UVCE**				

CONCLUSION GENERALE

Dans ce projet de fin d'étude, Le bureau d'étude OPTIMUS LPE (Loss Prevention Engineering) nous a chargé de l'établissement d'une partie d'une étude des risques à SONATRACH au sein de site centre de traitement des huiles (CTH Sud). L'objective a été d'identifier les phénomènes d'inflammation et d'explosion dans le site, évaluer les conséquences sur l'effective, les installations et l'environnement, proposer des mesures de prévention et de protection adapté au situation défavorable pour réduire le niveau de risque.

De plus, dans la partie théorique une description de l'environnement de l'intérieure comme installation et autour du site a été faite pour améliorer la précision de l'étude. On a aussi récapitulé les retours d'expérience de tels sites (REX) pour bien évaluer les phénomènes accidentels majeurs tels le jet fire, feu de nappe, UVCE etc……

Par ailleurs, dans la partie pratique, une analyse qualitative a été établie pour identifier toute scénario accidentels potentielle afin de les évaluer dans une analyse détaillée en prenant les scénarios défavorables de deux équipements, de séparateur nommé FWKO et de bac de stockage brut. Une évaluation de conséquence est après réaliser pour bien définir les effets directe et effet domino des événement accidentels susceptibles.

En effet, le niveau de probabilité résultant est généralement faible tandis que la gravité reste élevée a cause de la quantité et la volatilité des hydrocarbures relâché en cas de perte de confinement. Donc le niveau de risque le plus élevée et dominant est le niveau ALARP (As Low As Reasonably Practicable) ce qui signifie un risque tolérable avec la nécessité de la présence des mesures de sécurité adéquates définie comme les barrières de maitrise des risques.

Ainsi, un renforcement de barrières de prévention et protection est recommandé par la planification des inspections périodique et la maintenance préventive, l'Amélioration de contrôle d'intégrité des équipements, le respect des procédures d'exploitation de maintenance et les plans d'intervention en cas d'urgence et la formation du personnel. Toute ces barrières sont recommandées dans le cadre de la continuité de production du site et ça amélioration continue.

En outre, il est aussi recommandé d'établir un plan de zonage ATEX (atmosphères explosives) pour identifier toute zone susceptible d'être une atmosphère explosive où on doit imposer la porte des équipement adéquats à cette atmosphère et toute mesures qui aident à la métrises des sources

d’ignition. Cette démarche consiste à la réduction des probabilités d’occurrence des événement accidentels dangereux et améliorer la sécurité globale du site.

Par ailleurs, la gravité des conséquences reste élevée à cause de la quantité et la volatilité des hydrocarbures contenue dans les équipements. Il est fortement recommandé d’équiper ces installations de vannes de sectionnement d’urgence (ESDV). Ces vannes permettront d’isoler automatiquement les équipements en cas de détection d’anomalie ou d’activation manuelle d’un arrêt d’urgence, limitant ainsi les quantités relâchées, réduisant l’ampleur des conséquences et améliorant l’efficacité de l’intervention en cas de situations accidentelles.

En fin, cette étude a permis de mettre en évidence l’importance d’une démarche proactive de gestion des risques industriels. L’application des recommandations proposées contribuera à renforcer la maîtrise des risques majeurs, à améliorer la protection des personnes et des biens, et à garantir un niveau de sécurité conforme aux exigences de l’industrie des hydrocarbures.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Vincotte International Algerie,Spa, November 2015, Etude de dangers Centrale électrique ISCC Hassi R'Mel LAGHOUAT.

[2] DNV.GL, SONATRACH,11 mai 2020, Etude de danger-Direction Régionale de Hassi R'Mel-Zone Sud.

[3] BARPI, 2026. Base de données ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents). Ministère de la Transition écologique. [En ligne]. Disponible sur : https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr (consulté le 14/04/2026)

[4] SONATRACH. Référentiel HSE – Gestion et évaluation des risques. Algérie

[5] République Française, Arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la vulnérabilité des éléments dans les études de dangers, disponible sur : www.legifrance.gouv.fr

[6] SONATRACH. Référentiel HSE – Gestion et évaluation des risques. Algérie

[7] Arrêté du 29/09/05 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation

[8] INERIS, 2008.Ministère chargé de l'environnement. Guide méthodologique : Appréciation de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées.

[8] NFPA 15 Standard for Water Spray FixedSystems for Fire Protection, 2007 Edition (norme pour les systèmes fixes de pulvérisation d'eau pour la lutte contre l'incendie, éd. 2007) ;

[9] NFPA 20 Standard for Installation of StationaryPumps for Fire Protection, 2007 Edition (norme pour l'installation de pompes fixes pour la protection anti-incendie, éd. 2007) ;

[10] NFPA 22 Standard for Water Tanks for Private Fire Protection, 2008 Edition (norme pour les réservoirs d'eau pour la protection anti-incendie privée, éd. 2008) ;

[11] NFPA 24 Standard for Installation of Private Fire Service Mains and TheirAppurtenances, 2007 Edition (norme pour l'installation des moyens de service anti-incendie privés et leurs accessoires, éd. 2007) ;

[12] NFPA 59 Utility LP-Gas Plant Code, 2008 Edition (code d'usine des utilités BP-Gaz, éd. 2008) ;

[13] NFPA 2001 – Standard on Clean Agent Fire ExtinguishingSystems, 2008 Edition (norme sur les agents propres des systèmes d'extinction d'incendie, éd. 2008).

[14] Florian Marc, Benoit Sallé, Jean -Michel Petit, octobre 2011, Activité de nettoyage à sec utilisant des solvants combustibles (prévention et protection contre les risques incendie et explosion), Département expertise et conseils techniques, INRS Paris.

[15] Cover Illustration : Conceptual use of hydrogen in a power plant.
Suggested Citation : Rowan, S. ; Kim, D. ; Belarbi, Z. ; Wells, A. ; Hill, D. ; Dutta, B. ; Bayham, S. ; Bergen, M. ; Chorpening, B. Hydrogen Safety Review for Gas Turbines. SOFC, and High Temperature Hydrogen Production ; DOE.NETL-2022.3329 ; NETL Technical Report Series; U.S. Department of Energy, National Energy Technology Laboratory: Morgantown, WV, 30 mars 2023.

[16] Armorine. (2021). Fiche de données de sécurité : Gasoil.

[17] Handboek Kanscijfers 2009, Belgian Government, LNE Department, Environment, Nature and Energy Policy Unit, Safety reporting Division, Edition May 2009.

[18] International Association of Oil & Gas Producers (IOGP), *Risk Assessment Data Directory – Storage Incident Frequencies*, Report No. 434-03, Version 2.0, Londres, Royaume-Uni, août 2022,

Annexes

1. Annex A : Plan de mass

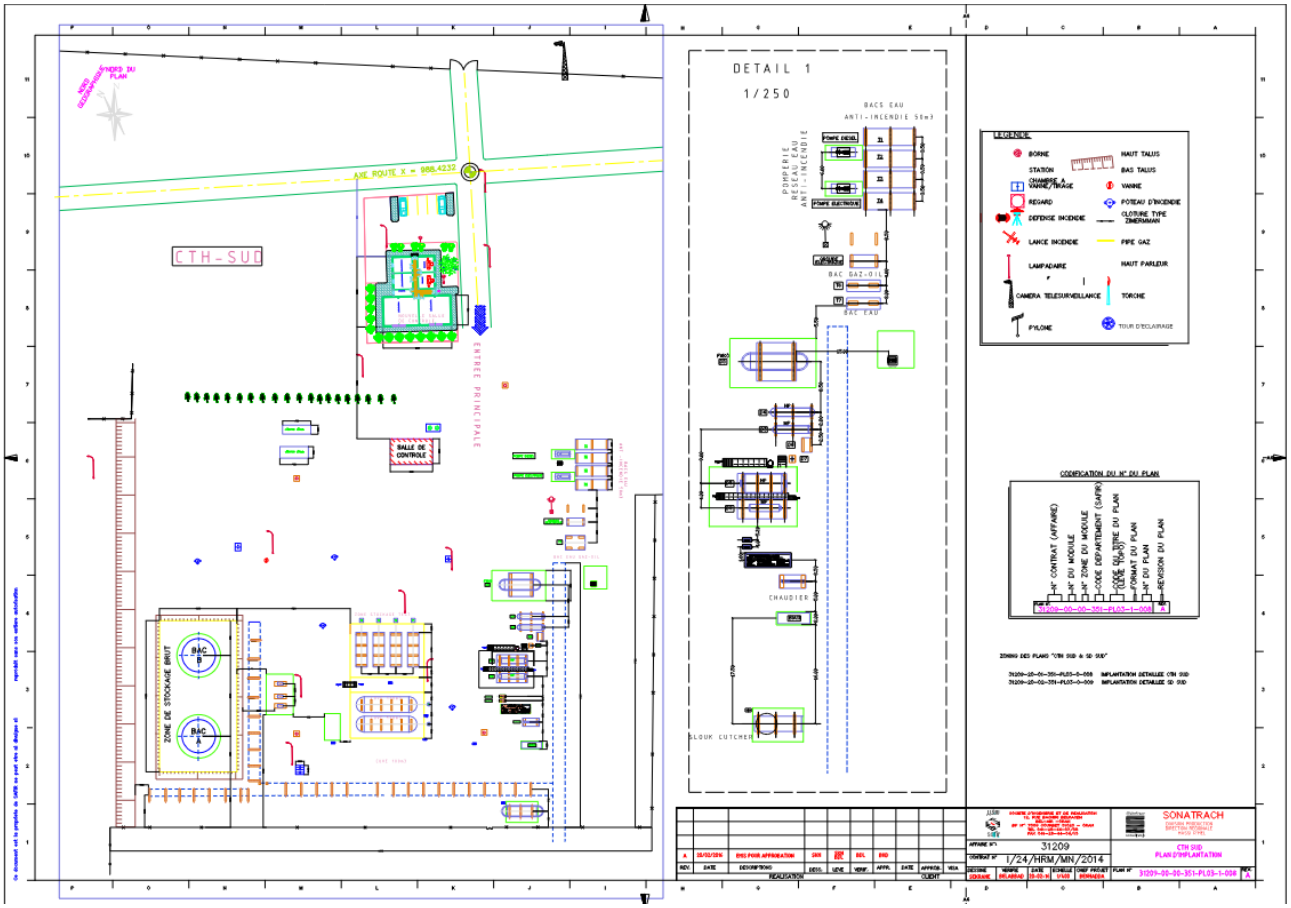


Figure 35 : Plan de masse CTH SUD

2. Annex B : Piping And Instrumentation Diagram (P&ID)

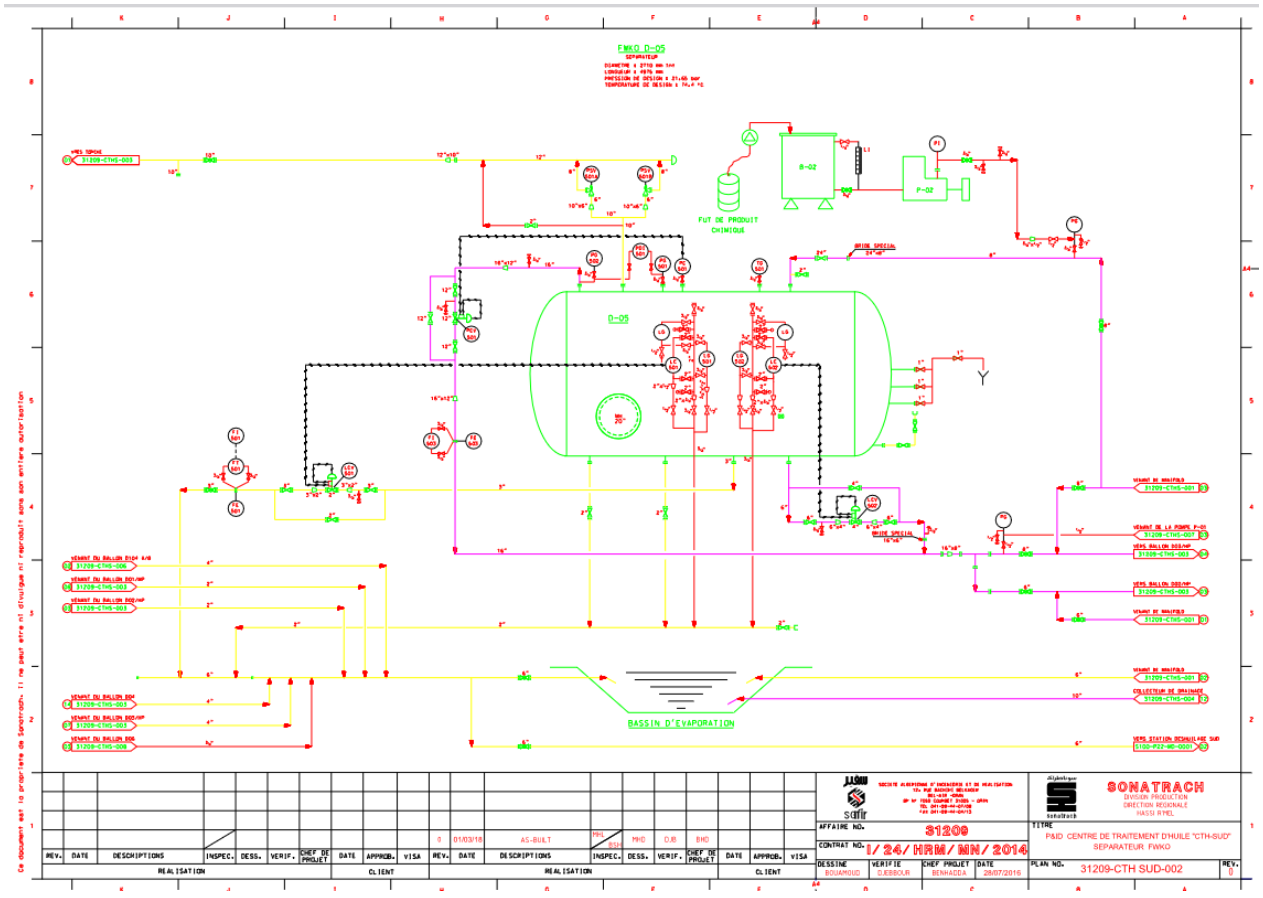


Figure 36 : Piping and Instrumentation Diagram-Séparateur FWKO

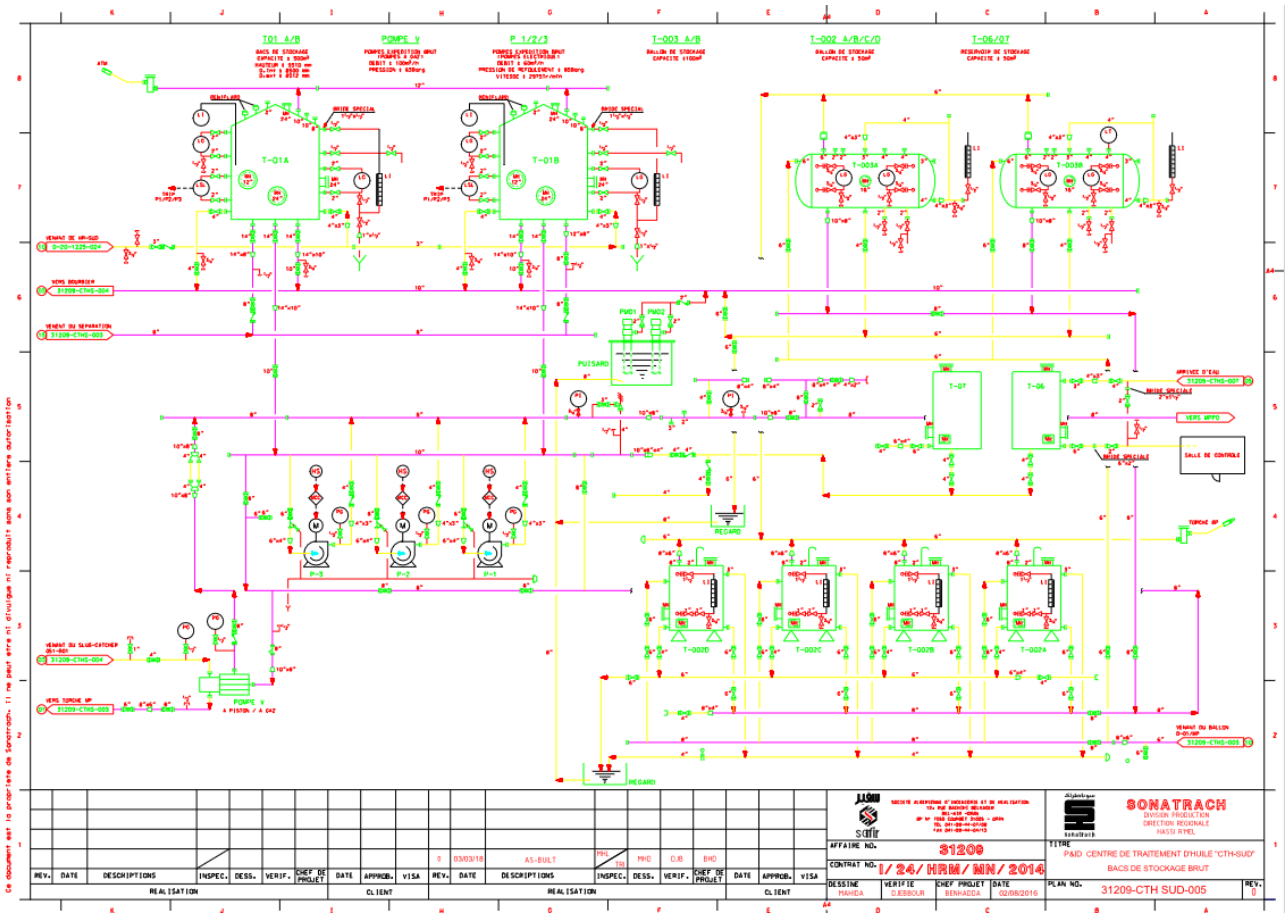


Figure 37 : Piping and Instrumentation Diagram-Bac de stockage

3. Annex C : Rapport PHAST

Consequence Summary Report

Workspace : CTH Sud

Study : Study Summary Basis

These tables will only report global values set in the parameters. Values that are modified in the study tree will not be reported.

The report is context sensitive, and filters up to the study level. You willl need to generate multiple summary reports if you have multiple studies in your workspace.

Discharge Results (after atmospheric expansion)

Path	Scenario	Weather	Peak Flowrate [kg/s]	Temperature [degC]	Liquid mass fraction in material [fraction]	Droplet diameter [um]	Expanded diameter [m]	Velocity [m/s]	End time of release [s]
Study\FWKO	10mm	Category 1.5/F	2,14637	39,6958	1	45,1789	0,00774597	66,2549	3600
		Category 5/D	2,14637	39,6958	1	45,1789	0,00774597	66,2549	3600
	50mm	Category 1.5/F	53,6592	39,6958	1	45,1789	0,0387298	66,2549	819,644
		Category 5/D	53,6592	39,6958	1	45,1789	0,0387298	66,2549	819,644
	150mm	Category 1.5/F	482,933	39,6958	1	45,1789	0,11619	66,2549	91,0716
		Category 5/D	482,933	39,6958	1	45,1789	0,11619	66,2549	91,0716

Dispersion Results

Input dispersion parameters

Core averaging time	18,75	s
Flammable averaging time	18,75	s
Toxic averaging time	600	s
Height of interest	0	m

Distance downwind to defined concentrations

The reported concentration of interest is defined at the scenario

Path	Scenario	Weather	Distance to UFL [m]	Distance to LFL [m]	Distance to LFL fraction [m]
Study\FWKO	10mm	Category 1.5/F	n/a	20,643	34,7403
		Category 5/D	n/a	19,0885	37,8159
	50mm	Category 1.5/F	20,266	55,1955	87,2048
		Category 5/D	20,1373	56,4241	100,911
	150mm	Category 1.5/F	57,3191	102,617	181,353
		Category 5/D	65,7176	96,785	230,597

Jet Fire Results

Distance downwind to defined radiation levels

The reported radiations are defined in the parameters

Path	Scenario	Weather	Flame length [m]	Distance downwind to intensity level 1 (3 kW/m2) [m]	Distance downwind to intensity level 2 (5 kW/m2) [m]	Distance downwind to intensity level 3 (8 kW/m2) [m]
Study\FWKO	10mm	Category 1.5/F	20,1621	42,9155	37,4815	33,4316
		Category 5/D	14,6397	39,2054	33,4761	29,2367
	50mm	Category 1.5/F	55,9493	128,214	111,348	98,828
		Category 5/D	44,5595	130,617	110,769	96,2509
	150mm	Category 1.5/F	112,684	272,838	235,708	208,534
		Category 5/D	86,7053	248,706	211,526	184,198

Early Pool Fire Results

Distance downwind to defined radiation levels

The reported radiations are defined in the parameters

Path	Scenario	Weather	Pool diameter [m]	Distance downwind to intensity level 1 (3 kW/m2) [m]	Distance downwind to intensity level 2 (5 kW/m2) [m]	Distance downwind to intensity level 3 (8 kW/m2) [m]
Study\FWKO	10mm	Category 1.5/F	4,80569	41,5445	37,118	33,6317
		Category 5/D	3,30871	48,9133	45,8599	43,4753
	50mm	Category 1.5/F	28,3218	89,9476	78,4318	69,9844
		Category 5/D	27,7083	100,86	90,1928	80,5459
	150mm	Category 1.5/F	87,9685	184,079	157,561	138,654
		Category 5/D	87,3407	200,28	174,309	152,256

Late Pool Fire Results

Distance downwind to defined radiation levels

The reported radiations are defined in the parameters

Path	Scenario	Weather	Pool diameter [m]	Distance downwind to intensity level 1 (3 kW/m2) [m]	Distance downwind to intensity level 2 (5 kW/m2) [m]	Distance downwind to intensity level 3 (8 kW/m2) [m]
Study\FWKO	10mm	Category 1.5/F	39,8951	86,2055	72,0367	61,8745
		Category 5/D	26,1654	82,5592	72,323	62,774
	50mm	Category 1.5/F	115,432	196,08	162,999	139,409
		Category 5/D	111,853	210,663	178,872	151,646
	150mm	Category 1.5/F	119,967	221,474	187,345	163,008
		Category 5/D	118,881	240,395	206,985	178,407

Flash Fire Results

Distance downwind to defined concentrations

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

Path	Scenario	Weather	Distance downwind to LFL [m]	Distance downwind to LFL Fraction [m]
Study\FWKO	10mm	Category 1.5/F	20,643	34,7403
		Category 5/D	19,0885	37,8159
	50mm	Category 1.5/F	55,1955	87,2048
		Category 5/D	56,4241	100,911
	150mm	Category 1.5/F	102,617	181,353
		Category 5/D	96,785	230,597

Maximum distance to LFL fraction at any height

Path	Scenario	Weather	Max flash fire distance [m]	Height of the max flash fire distance [m]	Time [s]
Study\FWKO	10mm	Category 1.5/F	34,8206	0	3400,19
		Category 5/D	38,345	0,126069	3564,53
	50mm	Category 1.5/F	86,3588	0	746,086
		Category 5/D	100,759	0	798,885
	150mm	Category 1.5/F	180,591	0	91,0716
		Category 5/D	229,98	0	81,9644

Explosion Results

Explosion scenarios for worst-case maximum downwind distance to defined overpressures. These results are produced during the consequence run and depend on the precise setting of the scenario. These results may be quite different to the explosion results calculated during the risk or effects modelling as these will depend on the obstructed regions defined on the map. The reported overpressures are defined in the explosion parameters

Path	Scenario	Weather	Overpressure level [bar]	Maximum distance [m]	Diameter [m]
Study\FWKO	10mm	Category 1.5/F	0,05 0,1379 0,2068	67,5655 44,9851 39,3195	75,1309 29,9703 18,6391
		Category 5/D	0,05 0,1379 0,2068	64,0452 43,5809 38,4462	68,0905 27,1618 16,8924
	50mm	Category 1.5/F	0,05 0,1379 0,2068	154,838 109,853 98,5663	149,675 59,7066 37,1327
		Category 5/D	0,05 0,1379 0,2068	196,333 138,428 123,899	192,666 76,8559 47,7982
	150mm	Category 1.5/F	0,05 0,1379 0,2068	277,874 219,043 204,281	195,748 78,0854 48,5628
		Category 5/D	0,05 0,1379 0,2068	323,645 261,345 245,713	207,29 82,6894 51,4261

Supplementary data for worst-case explosion scenarios

Path	Scenario	Weather	Overpressure level [bar]	Explosion flammable mass [kg]	Ignition time [s]	Ignition source [m]	Cloud centre [m]	Explosion centre [m]
Study\FWKO	10mm	Category 1.5/F	0,05 0,1379 0,2068	3,04776 3,04776 3,04776	47,0787 47,0787 47,0787	30 30 30	13,0125 13,0125 13,0125	30 30 30
		Category 5/D	0,05 0,1379 0,2068	2,26873 2,26873 2,26873	5,97858 5,97858 5,97858	30 30 30	13,3342 13,3342 13,3342	30 30 30
	50mm	Category 1.5/F	0,05 0,1379 0,2068	24,0977 24,0977 24,0977	73,3929 73,3929 73,3929	80 80 80	27,4776 27,4776 27,4776	80 80 80
		Category 5/D	0,05 0,1379 0,2068	51,3973 51,3973 51,3973	561,263 561,263 561,263	100 100 100	34,6383 34,6383 34,6383	100 100 100
	150mm	Category 1.5/F	0,05 0,1379 0,2068	53,9037 53,9037 53,9037	88,2465 88,2465 88,2465	180 180 180	55,0838 55,0838 55,0838	180 180 180
		Category 5/D	0,05 0,1379 0,2068	64,0115 64,0115 64,0115	36,8538 36,8538 36,8538	220 220 220	57,0905 57,0905 57,0905	220 220 220

Consequence Summary Report

Workspace : CTH Sud

Study : Study Summary Basis

These tables will only report global values set in the parameters. Values that are modified in the study tree will not be reported.

The report is context sensitive, and filters up to the study level. You willl need to generate multiple summary reports if you have multiple studies in your workspace.

Discharge Results (after atmospheric expansion)

Path	Scenario	Weather	Temperature [degC]	Liquid mass fraction in material [fraction]	Droplet diameter [um]	Velocity [m/s]
Study\Atmospheric storage tank	feu de cuvette	Category 1.5/F	34,9923	1	10000	2,13268
		Category 5/D	34,9923	1	10000	2,13268
	feu de toit	Category 1.5/F	34,9923	1	10000	2,13268
		Category 5/D	34,9923	1	10000	2,13268

Dispersion Results

Input dispersion parameters

Core averaging time	18,75	s
Flammable averaging time	18,75	s
Toxic averaging time	600	s
Height of interest	0	m

Distance downwind to defined concentrations

The reported concentration of interest is defined at the scenario

Path	Scenario	Weather	Distance to UFL [m]	Distance to LFL [m]	Distance to LFL fraction [m]
Study\Atmospheric storage tank	feu de cuvette	Category 1.5/F	10,4438	22,7044	34,8637
		Category 5/D	13,2585	30,3901	52,7887
	feu de toit	Category 1.5/F	15,2191	109,657	157,247
		Category 5/D	15,7192	113,62	175,557

Early Pool Fire Results

Distance downwind to defined radiation levels

The reported radiations are defined in the parameters

Late Pool Fire Results

Distance downwind to defined radiation levels

The reported radiations are defined in the parameters

Path	Scenario	Weather	Pool diameter [m]	Distance downwind to intensity level 1 (3 kW/m2) [m]	Distance downwind to intensity level 2 (5 kW/m2) [m]	Distance downwind to intensity level 3 (8 kW/m2) [m]
Study\Atmospheric storage tank	feu de cuvette	Category 1.5/F	36,0468	62,9375	49,7072	40,1746
		Category 5/D	36,0382	63,4936	50,6723	40,7717
	feu de toit	Category 1.5/F	9,80216	33,8016	26,9298	21,297
		Category 5/D	9,80034	35,7148	29,2653	24,7242

Flash Fire Results

Distance downwind to defined concentrations

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

Path	Scenario	Weather	Distance downwind to LFL [m]	Distance downwind to LFL Fraction [m]
Study\Atmospheric storage tank	feu de cuvette	Category 1.5/F	22,7044	34,8637
		Category 5/D	30,3901	52,7887
	feu de toit	Category 1.5/F	109,657	157,247
		Category 5/D	113,62	175,557

Maximum distance to LFL fraction at any height

Path	Scenario	Weather	Max flash fire distance [m]	Height of the max flash fire distance [m]	Time [s]
Study\Atmospheric storage tank	feu de cuvette	Category 1.5/F	34,8498	0	45,731
		Category 5/D	50,5766	0	13,1913
	feu de toit	Category 1.5/F	141,422	0	61,3805
		Category 5/D	157,263	0	29,6734

Explosion Results

Explosion scenarios for worst-case maximum downwind distance to defined overpressures. These results are produced during the consequence run and depend on the precise setting of the scenario. These results may be quite different to the explosion results calculated during the risk or effects modelling as these will depend on the obstructed regions defined on the map.

The reported overpressures are defined in the explosion parameters

Path	Scenario	Weather	Overpressure level [bar]	Maximum distance [m]	Diameter [m]
Study\Atmospheric storage tank	feu de cuvette	Category 1.5/F	0,05 0,1379 0,2068	67,7823 40,6247 37,5206	95,5645 41,2494 15,0412
		Category 5/D	0,05 0,1379 0,2068	60,7232 42,0333 39,0221	81,4464 24,0667 18,0443
	feu de toit	Category 1.5/F	0,05 0,1379 0,2068	155,311 135,405 134,053	110,623 10,8108 8,10553
		Category 5/D	0,05 0,1379 0,2068	165,453 140,635 137,973	130,907 21,2691 15,9468

Supplementary data for worst-case explosion scenarios

Path	Scenario	Weather	Overpressure level [bar]	Explosion flammable mass [kg]	Ignition time [s]	Ignition source [m]	Cloud centre [m]	Explosion centre [m]
Study\Atmospheric storage tank	feu de cuvette	Category 1.5/F	0,05 0,1379 0,2068	14,8578 14,8578 1,70916	5,85602 5,85602 24,9879	20 20 30	6,31379 6,31379 17,9446	20 20 30
		Category 5/D	0,05 0,1379 0,2068	9,19773 2,95088 2,95088	2,06783 5,39881 5,39881	20 30 30	8,27788 20,255 20,255	20 30 30
	feu de toit	Category 1.5/F	0,05 0,1379 0,2068	23,0461 0,267471 0,267471	27,8043 49,619 49,619	100 130 130	82,1276 19,1906 19,1906	100 130 130
		Category 5/D	0,05 0,1379 0,2068	38,1899 2,03682 2,03682	15,2463 22,2988 22,2988	100 130 130	81,3879 63,7909 63,7909	100 130 130