



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

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد  
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed  
-----  
معهد الصيانة والأمن الصناعي  
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

**Département de Sécurité Industrielle et Environnement (DSIE)**

## MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

**Filière :** Hygiène et Sécurité Industrielle

**Spécialité :** Sécurité Industrielle et Environnement

**Thème :**

**Identification et évaluation de la performance des EIPS**

**Présenté et soutenu publiquement par :**

Graine Amine

et

Kerroum Slimane

**Devant le jury composé de :**

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Mr. NADJI Mohamed El Amine	MAA	IMSI	<b>Président</b>
Mr. GUETARNI Islam Hadj Mohamed	MCB	IMSI	<b>Encadreur</b>
Mme. MOULESSHOUL Atika	MCB	IMSI	<b>Examineur</b>

**Année 2020/2021**

# **Remerciement :**

Nous remercions 'الله' qui nous a donné le courage pour achever ce modeste travail, ainsi que nos parents et toutes nos familles qui nous ont apporté le soutien nécessaire et leurs réconforts durant toute la période de nos études.

Je voudrais ensuite adresser toutes ma gratitude à l'encadreur de ce mémoire, Mr Guetarni Islam Hadj Mohamed, enseignant à l'institut de maintenance et de sécurité industrielle, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter nos réflexions.

Mes remerciements s'adressent ensuite aux membres du jury qui nous ont fait l'honneur de participer à notre soutenance.

Mes remerciements très particuliers à nos enseignants du département, pour les efforts qu'ils ont fournis durant notre cursus afin de mes amener jusqu'au bout de la formation.

On remercie tous le personnel rencontré lors des recherches effectuées et qui ont accepté de répondre à nos questions avec une grande compréhension et générosité.

Enfin nous aimerions remercier tous nos amis et nos collègues pour leur amitié, leur soutien, et à toute personne ayant contribué à la réalisation de ce travail, et tous ceux qui se sont intéressés à notre mémoire.

**Graine Amine** 

**Kerroum Slimane** 



## **Dédicace :**

Je dédie ce modeste de travail à mes chers parents qui sont la source de ma réussite.

A mon cher petit frère que j'aime beaucoup et à qui je souhaite toute la réussite et le bonheur du monde.

A mon cher grand père رحمه الله.

A mon encadreur Mr Guetarni Islam Hadj Mohamed, enseignant à l'institut de maintenance et de sécurité industrielle.

A mon binôme Kerroum Slimane que je considère comme un frère, sans lui rien n'aurait pu être accomplie de notre mission.

A mes chers amis (e) qui ont marqué les différents périodes de ma vie :

Ismail, Abderraouf, Meziane, Oussama, Karim, Hichem, Abdou Meziane, Khalil, Ilyes, Manel, Chahinez, Halima...

Ainsi qu'à tout être cher dont son soutien m'a été bénéfique, en espérant être à la hauteur de leurs attentes.

**Graine Amine** 

## **Dédicace :**

À toi ma Mère qui as marché à mes cotes avec attention, avec ton amour présent, toi qui m'as appris à aimer et à vivre heureux, à toi mon soleil qui éclaire ma vie.

À toi mon père. Vous, qui m'avez accompagnée au cours de la vie, vous m'avez partagé les foies et les chagrins, vous m'avez donné le sourire.

À vous mon frère. Au nom de l'amitié, un sentiment qu'on ne doit jamais oublier, au nom de tous les amis qui respirent la vie, que j'ai vécu avec eux mes plus belles histoires. A vous tous je dédie ce mémoire.

**Kerroum Slimane** 

# Identification et évaluation de la performance des EIPS

## Résumé :

Au niveau des complexes pétroliers les scénarios catastrophiques sont considérés comme un risque majeur qui menace l'industrie. L'occurrence de ces scénarios est due généralement suite à la perte de confinement d'une quantité importante d'hydrocarbures liquides. La libération accidentelle de brut constitue un scénario d'accident majeur pouvant conduire à des distances d'effets importantes, à cet effet il est nécessaire de mettre en œuvre de mesures importantes en matière de prévention des accidents et de protection des personnes, environnement et installations.

Ce travail, présente une étude par arbre d'événements pour déterminer les scénarios catastrophiques par la suite une étude plus approfondie par simulation Phast a été établie selon plusieurs brèches de fuite et différentes conditions météorologiques pour mieux analyser l'impact de chaque scénario catastrophique afin de mieux comprendre qu'elle philosophie d'installation des barrières de sécurité doit être envisagée.

À la fin de notre étude nous avons établi un nœud de papillon à l'aide du logiciel BowtieXP afin de mettre en place les barrières de sécurité nécessaires ainsi qu'une évaluation de ces dernières.

**Mots clés :** Hydrocarbure liquides, Le brut, Arbre d'événements, Barrières de sécurité, Nœud de papillon

# Identification and performance evaluation of EIPS

## **Abstract:**

In oil complexes, catastrophic scenarios are considered to be a major risk that threatens the industry. The occurrence of these scenarios is generally due to the loss of containment of a significant quantity of liquid hydrocarbons. The accidental release of crude constitutes a major accident scenario that can lead to significant distances of effects, for this purpose it is necessary to implement important measures in terms of accident prevention and protection of people, environment and installations.

In this work, an event tree analysis is used to determine catastrophic scenarios, subsequently a more in-depth simulation study Phast has been established according to several leakage gaps and different weather conditions to better analyze the impact of each catastrophic scenario in order to better understand its philosophy of installing safety barriers must be considered.

At the end of our study, we established a bow tie using the BowtieXP software in order to set up the necessary safety barriers as well as an evaluation of the latter.

**Keywords:** Liquid hydrocarbons, Crude oil, Event tree, Safety barriers, Bow tie

## Sommaire :

Remerciement : .....	I
Dédicace : .....	II
Dédicace : .....	III
Résumé : .....	IV
Abstract: .....	V
<b>Introduction Générale :</b> .....	1
Chapitre 1 : Généralité sur la gestion des risques et accidentologie .....	3
<b>Introduction :</b> .....	3
1.1 Généralités : .....	3
1.1.1 Définitions : .....	3
1.2 Management des risques : .....	6
1.2.1 Identification du risque : .....	6
1.2.2 Analyse du risque : .....	7
1.2.3 Evaluation du risque : .....	7
1.2.4 Traitement du risque : .....	7
1.2.5 Le traitement du risque implique un processus itératif : .....	7
1.2.6 Contrôle et examen (surveillance et revue) : .....	8
1.3 Règlementations et décrets : .....	8
1.3.1 Directives européennes : .....	10
1.3.2 Les normes ISO : .....	10
1.4 Les Scenarios d'accidents : .....	11
1.4.1 Feu de flaue : .....	11
1.4.2 VCE : .....	11
1.4.3 Feu flash : .....	12
1.4.4 Pollution environnementale : .....	12
1.5 Historique des accidents : .....	13
1.5.1 Deux bacs d'hydrocarbures en feu à la suite d'un acte de malveillance 14 juillet 2015 Berre-l'Étang (Bouches-du-Rhône) France : .....	13
1.5.2 Rupture d'un réservoir de stockage (Atmosphérique) de pétrole (Entreprise Seveso du port d'Anvers -Octobre 2005) : .....	14
1.5.3 Ouverture brutale d'un fond de bac de pétrole brut Ambès (Gironde) France 12 janvier 2007 : .....	16
1.5.4 Incendie du Terminal de Skikda, Sonatrach 2005 : .....	18
Conclusion : .....	20

Chapitre 2 : Identification des méthodes d'analyses des risques et les EIPS.....	21
2.1 Méthodes d'analyse des risques : .....	21
2.1.1 Introduction : .....	21
2.1.2 Méthode déductive : .....	21
2.1.3 Méthode inductive : .....	21
2.1.4 Domaines d'application : .....	21
2.1.5 Analyse préliminaire des risques (APR) : .....	23
2.1.6 L'analyse des modes de défaillance de leur effet et de leur criticité (AMDEC) : 25	
2.1.7 La méthode arbre de défaillance : .....	27
2.1.8 Arbre des événements (ADE) : .....	29
2.1.9 La méthode « HAZOP » : .....	32
2.1.10 Noeud de Papillon (BOW TIE) : .....	36
2.2 Les Barrières de sécurité : .....	39
2.2.1 Définition : .....	39
2.2.2 Typologie des barrières de sécurité : .....	39
2.2.3 Mode de fonctionnement des barrières de sécurité : .....	40
2.3 Les Elément important pour la sécurité : .....	40
2.3.1 Méthodologie pour la sélection des EIPS : .....	40
2.3.2 Définition des EIPS : .....	40
2.3.3 Sélection des EIPS : .....	40
Chapitre 3 : Etude de cas d'un Modélisation des scénarios catastrophiques .....	41
3.1 Présentation du site de GASSI TOUIL : .....	41
3.1.1 Unité de traitement de brut : .....	42
3.2 Le scénario choisi dans notre étude : Défaillance d'un bac de stockage.....	44
3.2.1 Equipements étudiés dans le scénario : .....	45
3.2.2 Description des évènements redoutés : .....	45
3.3 Elaboration d'un arbre des évènements : .....	46
3.4 Modélisation par le logiciel PHAST : .....	49
3.4.1 Présentation du logiciel de simulation PHAST : .....	49
3.4.2 Les données d'accident : .....	49
3.4.3 Caractéristiques du terme source : .....	50
3.4.4 Conditions météorologiques : .....	50
3.5 Modélisation avec PHAST : .....	50
3.5.1 Modélisation de la Rupture du bac : .....	50



3.5.2	Modélisation grande fuite (500 mm) :.....	56
3.5.3	Modélisation moyenne fuite (25 mm) :.....	64
3.5.4	Modélisation petite fuite (10 mm) :.....	71
3.5.5	Synthés sur les résultats de simulation par PHAST :.....	79
3.5.6	Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de surpression et des effets thermiques .....	80
3.5.7	La Zone ATTEX : .....	82
Conclusion :.....		83
Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon.....		84
4.1	Identification des EIPS :.....	84
4.2	Implantation des barrières sur le nœud papillon :.....	88
4.2.1	Rapport de synthèse sur le nombre des EIPS .....	89
4.3	Evaluation de la fiabilité des Eléments Importants Pour la Sécurité :.....	89
4.4	Evaluation de la performance des barrières :.....	91
Conclusion :.....		115
<b>Conclusion Générale :</b> .....		<b>116</b>

## Liste des figures :

### Chapitre 1

Figure 1: Processus de management du risque.....	6
Figure 2: Feu de flaqué.....	11
Figure 3: VCE (Vapor Cloud Explosion).....	11
Figure 4: Feu flash .....	12
Figure 5: Pollution environnementale .....	12
Figure 6: Accident du juillet 2015 Berre-l'Étang (Bouches-du-Rhône) France .....	14
Figure 7: Accident (Entreprise Seveso du port d'Anvers -Octobre 2005).....	15
Figure 8: Accident du 12 janvier 2007 (Gironde) France. ....	17
Figure 9: Incendie du Terminal de Skikda, Sonatrach 2005 .....	19

### Chapitre 2

Figure 10: la démarche AMDEC. ....	26
Figure 11: L'arbre de défaillance .....	28
Figure 12: L'arbre d'évènements .....	31
Figure 13: Déroulement de la méthode HAZOP.....	35
Figure 14: Construction graphique d'un nœud papillon.....	38
Figure 15: Classification des systèmes de sécurité selon l'INERIS.....	39

### Chapitre 3

Figure 16: Vue aérienne du site de GT .....	42
Figure 17: La concentration maximale du polluant en fonction de la distance (Rupture) .....	50
Figure 18 : Concentration du polluant en fonction de la distance en hauteur (Rupture) .....	51
Figure 19 : Le largeur du polluant en fonction de la distance.....	51
Figure 20 : Les zones touché par le polluant.....	51
Figure 21 : Les zones atteinte par le feu de flash (Rupture).....	52
Figure 22 : Les effets de l'explosion (Rupture) .....	53
Figure 23 : Les zones touchés par l'explosion en fonction du temps (Rupture).....	53
Figure 24 : Les effets du pire cas d'explosion .....	54
Figure 25: Les zones touchées par le feu de nappe (Rupture) .....	55
Figure 26 : Effet de la radiation thermique par rapport à la distance.....	55
Figure 27 : Concentration du polluant en fonction de la distance en hauteur (grande fuite) ...	56
Figure 28 : La concentration maximale du polluant en fonction de la distance (grande fuite)	56
Figure 29 : La concentration du polluant en ppm par rapport au temps (grande fuite) .....	57
Figure 30 : la distance atteinte par le nuage du polluant en ppm par rapport à la distance (grande fuite).....	57
Figure 31 : Les effets de l'explosion (grande fuite) .....	58
Figure 32 : Les zones touchés par l'explosion en fonction du temps (grande fuite) .....	58
Figure 33 : Les zones atteinte par le feu de flash (grande fuite) .....	59
Figure 34 : Les effets de jet de feu (grande fuite) .....	60
Figure 35 : Les radiations thermique de jet de feu en fonction de distance (grande fuite) .....	60
Figure 36 : L'intensité de radiation thermique (grande fuite).....	61

Figure 37 : Les effets de feu de nape immédiat (grande fuite).....	61
Figure 38 : Les radiation de feu de nape immédiat en fonction de la distance (grande fuite) .	62
Figure 39 : Les effets de feu de nape retardé (grande fuite).....	62
Figure 40 : Les radiation de feu de nape retardé en fonction de la distance (grande fuite) .....	63
Figure 41 : Concentration du polluant en fonction de la distance en hauteur (moyenne fuite)	64
Figure 42: Le concentration maximale du polluant en fonction de la distance (moyenne fuite) .....	64
Figure 43 : la distance atteinte par le nuage de polluant (moyenne fuite) .....	65
Figure 44 : Les effets de l'explosion (moyenne fuite) .....	65
Figure 45 : Les zones touchés par l'explosion en fonction du temps (moyenne fuite) .....	66
Figure 46 : Les zones atteinte par le feu de flash (moyenne fuite) .....	67
Figure 47 : Les effets de jet de feu (moyenne fuite) .....	67
Figure 48 : Les radiations thermiques de jet de feu en fonction de la distance (moyenne fuite) .....	68
Figure 49 : L'intensité de radiation thermique (moyenne fuite).....	68
Figure 50 : Les effets de feu de nape immédiat (moyenne fuite).....	69
Figure 51 : Les radiations de feu de nape immédiat en fonction de distance (moyenne fuite)	69
Figure 52 : Les effets de feu de nape retardé (moyenne fuite).....	70
Figure 53 : Les radiation de feu de nape retardé en fonction de distance (moyenne fuite) .....	70
Figure 54 : Concentration du polluant en fonction de la distance en hauteur (petite fuite) .....	71
Figure 55 : La concentration maximale du polluant en fonction de la distance (petite fuite)..	72
Figure 56 : la distance atteint par le nuage du polluant en ppm par rapport à la distance .....	72
Figure 57 : Les effets de l'explosion (petite fuite).....	73
Figure 58 : Les zones touchés par l'explosion en fonction du temps (petite fuite) .....	73
Figure 59 : Les zones atteinte par le feu de flash (petite fuite) .....	74
Figure 60 : Effet de jet de feu (petite fuite).....	74
Figure 61 : Les radiations thermique de jet de feu en fonction de distance (petite fuite) .....	75
Figure 62 : L'intensité de radiation thermique (petite fuite).....	75
Figure 63 : Les effets de feu de nape immédiat (petite fuite).....	76
Figure 64 : Les radiations de feu de nape immédiat en fonction de distance (petite fuite).....	76
Figure 65 : Les effets de feu de nape retardé (petite fuite).....	77
Figure 66 : Les radiations de feu de nape retardé en fonction de la distance (petite fuite).....	78

## Chapitre 4

Figure 67: Niveaux de fiabilité des ou matériels importants pour la sécurité[39] .....	90
Figure 68: Niveaux de fiabilité des procédures ou actions importantes pour la sécurité[39] ..	91

## Liste des tableaux :

### Chapitre 1

Tableau 1: Règlements et décrets .....	8
--	---

### Chapitre 2

Tableau 2: Principales méthodes d'analyses des risques .....	22
Tableau 3: Exemple d'un tableau de type APR.[25] .....	23

### Chapitre 3

Tableau 4: Composition du parc de stockage du site de Gassi Touil [38] .....	43
Tableau 5: Les caractéristiques du réservoir de stockage de brut R22 [38].....	44
Tableau 6: Type et fréquence de défaillance [39] .....	46
Tableau 7: Probabilité d'occurrence des scénarios d'accidents et ces effets .....	47
Tableau 8 : Distance atteinte par feu flash (Rupture).....	52
Tableau 9 : Les résultats obtenus par l'explosion (Rupture) .....	54
Tableau 10 : les résultats obtenus par le feu de nappe (Rupture).....	56
Tableau 11 : Les caractéristiques maximales obtenues lors de la dispersion (grande fuite) .....	58
Tableau 12 : Les résultats obtenus par l'explosion (grande fuite) .....	59
Tableau 13 : Distance atteinte par le feu de flash (grande fuite).....	59
Tableau 14 : Les résultats obtenus par jet de feu (grande fuite) .....	61
Tableau 15 : Résultats obtenus par feu de nappe immédiate (grande fuite) .....	62
Tableau 16 : Résultats obtenus par feu de nappe retardé (grande fuite).....	63
Tableau 17 : Les caractéristiques maximales obtenues lors de la dispersion (moyenne fuite) .....	65
Tableau 18 : Les résultats obtenus par l'explosion (moyenne fuite) .....	66
Tableau 19 : Distance atteinte par le feu de flash (moyenne fuite).....	67
Tableau 20 : Les résultats obtenus par le jet de feu (moyenne fuite).....	68
Tableau 21 : Résultats obtenus par feu de nappe immédiat (moyenne fuite) .....	70
Tableau 22 : Résultats obtenus par feu de nappe retardé (moyenne fuite) .....	71
Tableau 23 : Les caractéristiques maximales obtenues lors de la dispersion (petite fuite) .....	72
Tableau 24-4 : Les résultats obtenus lors de l'explosion .....	73
Tableau 25 : Distance atteinte par feu de flash (petite fuite) .....	74
Tableau 26 : Les résultats obtenus par jet de feu (petite fuite) .....	75
Tableau 27 : Résultats obtenus par le feu de nappe immédiate (petite fuite).....	77
Tableau 28 : Résultats obtenus par le feu de nappe retardé (petite fuite) .....	78
Tableau 29: Synthèse sur les résultats de simulation par PHAST .....	79
Tableau 30 : Seuils de référence pour les effets thermiques sur l'homme .....	80
Tableau 31: Seuils de référence pour les effets thermiques sur la structure .....	81
Tableau 32 : Seuils de référence pour les effets de surpression sur l'homme.....	81
Tableau 33: Seuils de référence pour les effets de surpression sur la structure .....	82

### Chapitre 4

Tableau 34: Présentation des barrières .....	84
Tableau 35: Rapport de synthèse sur le nombre des EIPS .....	89

## **Listes des Abréviations et acronymes :**

**ISO** : International organization for standarization

**POI** : Plan d'Opération Interne

**APR** : Analyse Préliminaire des risques

**AMDEC** : Analyse des modes de défaillances de leurs effets et de leur criticité

**AMDE** : Analyse des modes de défaillances de leurs effets

**HAZOP**: HAZard and Operability

**ADD**: Arbre de défaillance

**ADE** : Arbre des évènements

**BOW TIE** : Nœud de papillon

**ERC** ; Evénement redouté central

**MMR** ; Maîtrise des Risques

**VCE** : Vapor Cloud Explosion ou explosion de nuage

**BAMS** : Barrières à action manuelle de sécurité

**BIS** : Barrières instrumentés de sécurité

**GTL** : Gassi Touil

**UTG** : Unité de traitement de gaz

**DNV**: DET NORSKE VERITAS

**UDM**: Unified Dispersion Model

**LII** : Limites inférieure d'inflammabilité

**LSI** : Limites supérieure d'inflammabilité

**EIPS** : Eléments Importants Pour la Sécurité

**P**: Probabilité

**G**: Gravité

**ALARP**: As low as reasonably practicable

**PHAST**: Process Hazard Analysis Software Tool

**ATEX** : Atmosphère Explosive

## Introduction Générale :

Le secteur des hydrocarbures en général constitue incontestablement un secteur à hauts risques suite aux développements technologiques. Ces risques considèrent un accroissement au fur et à mesure au cours de diverses opérations de d'exploration, de production, d'exploitation, de stockage et de transfert.

Actuellement le risque majeur susceptible de survenir au niveau des installations du secteur hydrocarbures est sont l'incendie et/ou l'explosion selon les études de danger au niveau des différentes régions de SONATRACH. En outre l'accidentologie montre que les accidents liés à l'endommagement d'un réservoir qui se produisent dans les zones de stockage peuvent engendrer des phénomènes accidentels tel que BLEVE, UVCE, dispersion atmosphérique complexes et variés et donne lieu à des évènements non désirés comme incendie, effets dominos, pollution.

D'un autre côté, dans le cadre de la réalisation des études de danger, les réglementations prévoient d'identifier analyser et évaluer les risques pour l'établissements des mesures et barrières de sécurité performantes. La mise en œuvre de ces mesures est élaborée à titre de prévention des accidents et de protection des personnes, environnement et installations. La rupture complète et instantanée d'un-bac de stockage est la perte de confinement d'une quantité importante d'hydrocarbures liquides dans notre cas le (C5+), constitue un scénario d'accident majeur pouvant conduire à des distances d'effets importantes.

Le problème soulever, c'est quelle est la meilleure méthodologie pour mettre en œuvre des barrières de prévention et/ou d'intervention performante pour faire face à ces phénomènes catastrophiques.

A cet effet l'objectif de notre projet de fait d'étude et de mettre en œuvre une étude de danger par simulation pour identifier et étudier l'ampleur des scénarios catastrophiques survenant au niveau du stockage des hydrocarbures, de proposer des barrières de sécurité performantes et à partir de ces barrières élaborer une étude de fiabilité selon des critères prédéfinis des éléments important pour la sécurité.

A cet effet et afin de mieux répondre à la problématique notre étude est structurée de la manière suivante :

Le 1er chapitre fait l'objet d'un apport théorique et bibliographique ainsi que des généralités sur les notions de base, le processus de management des risques et ainsi le cadre réglementaire et enfin l'historique des accidents et le retour d'expériences.

Le 2ème chapitre représente les différentes méthodes d'analyse des risques, les scénarios d'accidents et ainsi des notions de base sur les éléments importants pour la sécurité (EIPS).

Le troisième et le quatrième chapitre représentant la partie pratique est subdivisé sur les parties suivantes :

- Présentation de l'unité choisie pour notre étude (**GASSI TOUIL**).
- Une analyse des risques par la méthode D'arbre d'événements (**ADE**) pour la détermination des scénarios catastrophiques.
- La simulation par logiciel (**Phast 8.0**) de la perte de confinement a été simulée selon plusieurs brèches de fuite et selon les conditions météorologiques choisies pour avoir un meilleur aperçu et une étude pertinente des scénarios catastrophiques.
- ✚ Nous avons élaboré un nœud de papillon par le logiciel (**BowtieXP**) afin d'établir les barrières de sécurité nécessaires (Protection - intervention) ainsi qu'une évaluation de ces barrières.
- ✚ A la fin nous avons proposé des recommandations par l'installation des barrières de prévention/intervention concernant chaque scénario.

Pour chaque proposition nous mettons une synthèse pour expliquer les résultats obtenus.

# **Chapitre 01 :**

Généralité sur la gestion des  
risques et accidentologie



## Chapitre 1 : Généralité sur la gestion des risques et accidentologie

### Introduction :

Chaque développement technologique et sur tous dans le domaine industriel a ces avantages et ces inconvénients, parmi les inconvénients les plus répétés c'est l'accroissement des risques et la survenue des scénarios catastrophiques les plus désastreux. D'où l'objectif de ce chapitre est de présenter un aperçu sur les notions de base de la sécurité industrielle d'une manière générale, le cadre réglementaire ainsi qu'un retour d'expérience à travers l'histoire des accidents déjà survenus.

### 1.1 Généralités :

#### 1.1.1 Définitions :

##### **Danger :**

Une propriété intrinsèque d'une substance, d'un agent, d'une source d'énergie ou d'une situation qui peut provoquer des dommages pour les personnes, les biens et l'environnement. [1]

##### **Risque :**

Élément caractérisant la survenue du dommage potentiel lié à une situation de danger. Il est habituellement défini par deux éléments : la probabilité de survenance du dommage et la gravité des conséquences. [1]

##### **Dommage :**

Le dommage est une atteinte à l'intégrité mentale ou physique, c'est un événement non souhaité. [1]

##### **Accident :**

Tout événement non planifié qui a comme conséquence les dommages ou la mauvaise santé des personnes, les dommages ou la perte de la propriété, l'usine, les matériaux ou l'environnement ou une perte d'opportunité. [1]

**Incident :**

Evènement dangereux, survenue lors du travail, n'ayant pas engendré de blessures pour une personne.[1]

**Installation classée :**

Toute unité technique fixe dans laquelle interviennent une ou plusieurs activités figurant dans la nomenclature des installations classées telle que fixée par la réglementation en vigueur. [1]

**Etablissement classé :**

L'ensemble de la zone d'implantation comportant une ou plusieurs installations classées et qui relève de la responsabilité d'une personne physique ou morale, publique ou privée qui détient, exploite ou fait exploiter l'Etablissement et les installations classées qui en relèvent. [1]

**Maladie Professionnelle :**

Effet négative sur la sante du salarié résultant d'une exposition plus ou moins prolongée, à un risque chimique, physique, ou biologique, lors de l'exercice de son travail habituel. [1]

**Prévention :**

C'est l'ensemble des dispositions à mettre en œuvre pour préserver la santé et la sécurité des salariés, améliorer les conditions de travail et tendre au bien-être au travail, la prévention visée à minimiser la probabilité d'occurrence des dangers.

**Protection :**

C'est l'ensemble des dispositions à mettre en œuvre visés à minimiser la gravité des dommages.

**Intervention :**

C'est l'ensemble des moyens humains et matériels destinés à limiter les dégâts d'un accident.

**Point d'éclair :**

température minimale à laquelle, dans des conditions d'essai spécifiques, un liquide dégage suffisamment de gaz ou de vapeurs combustibles pour s'enflammer momentanément par l'application d'une source d'inflammation efficace.[2]

**Température d'inflammation :**

température minimale d'une surface chaude, déterminée dans des conditions d'essai spécifiées, à laquelle se produira l'inflammation d'une substance combustible sous forme de mélange de gaz ou de vapeurs avec l'air.[3]

**Source d'inflammation ou d'ignition :**

toute source d'énergie suffisante pour initier la combustion.[4]

**Énergie d'allumage minimale :**

énergie minimale suffisante pour provoquer l'inflammation de l'atmosphère explosive la plus facilement inflammable dans des conditions d'essai spécifiées.[5]

**Atmosphère explosive :**

mélange d'air, dans des conditions atmosphériques, avec des substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur, de poussières, de fibres ou de particules en suspension dans l'air dans lequel, après inflammation, la combustion se propage à l'ensemble du mélange non brûlé.[6]

**Explosion :**

réaction brusque d'oxydation ou de décomposition entraînant une élévation de température, de pression ou les deux simultanément[7]

**Limite inférieure d'explosivité (LIE) :**

« la fraction volumique de gaz ou vapeurs inflammables dans l'air au-dessus duquel une atmosphère de gaz explosif ne se forme pas, exprimé en pourcentage ».[8]

**Limite supérieure d'explosivité (LSE) :**

concentration en volume au-dessus de laquelle un gaz ou une vapeur inflammable en présence d'air ne peut pas être enflammé.[9]

## Température d'inflammation :

Température la plus basse à laquelle l'inflammation se produit lorsqu'on applique la méthode prescrite dans la présente norme.[10]

## 1.2 Management des risques :

Le processus de management du risque est l'application systématique de politiques, procédures et pratiques de management aux activités de communication, de concertation, d'établissement du contexte, ainsi qu'aux activités d'identification, d'analyse, d'évaluation, des traitements, de surveillance et de revue des risques.[11]

Le processus de management du risque est présenté à la figure suivante :

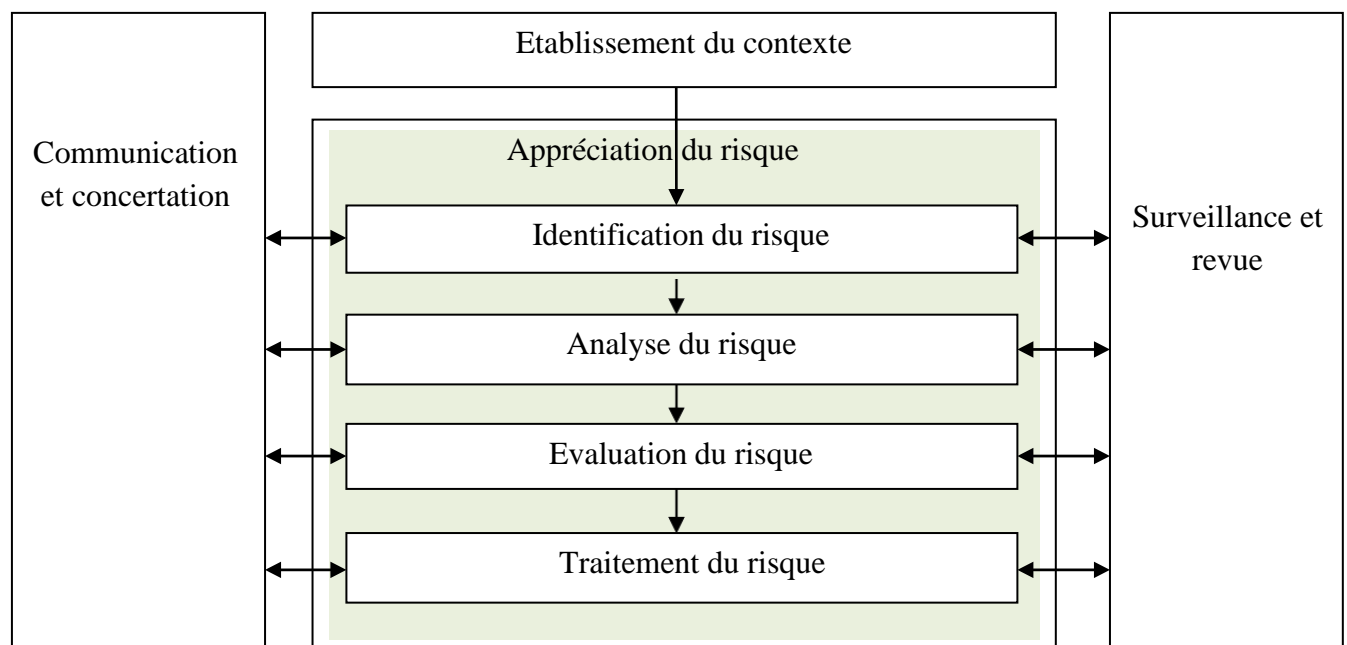


Figure 1: Processus de management du risque[11]

### 1.2.1 Identification du risque :

Tout organisme quel que soit son domaine d'activité doit identifier les sources de risque, les domaines d'impact, les événements indésirables, ainsi que leurs causes et conséquences qui conduisent à des dommages sur les personnes, l'environnement et les biens.

L'identification du risque est basée sur l'examen des conséquences même si la source ou la cause du risque peuvent ne pas être évidentes. Il est essentiel que les informations utilisées pour l'identification des risques soient pertinentes et à jour. Il convient autant que possible

qu'elles soient accompagnées d'une documentation appropriée. Il convient que les personnes ayant les connaissances appropriées participent à l'identification des risques.[11]

### 1.2.2 Analyse du risque :

L'analyse du risque est définie comme « l'utilisation des informations disponibles pour identifier les phénomènes dangereux et estimer le risque ».

L'analyse du risque implique l'identification des causes et sources de risque, de leurs conséquences, et de la vraisemblance que ces conséquences surviennent.

Dans un second temps, l'analyse des risques permet de mettre en évidence les barrières de sécurité existantes en vue de prévenir l'apparition d'une situation dangereuse (barrières de prévention) ou d'en limiter les conséquences (barrières de protection).

Consécutivement à cette identification, il s'agit enfin d'estimer les conséquences et leurs vraisemblances pour les événements identifiés en tenant compte de la présence ou non et de l'efficacité de toutes les mesures existantes.

Les conséquences et leurs vraisemblances sont combinées pour déterminer la criticité du risque.[11]

### 1.2.3 Evaluation du risque :

Un processus d'estimation d'un ou plusieurs risques naissant d'un ou plusieurs dangers, en prenant en compte l'adéquation de tout contrôle existant, et en décidant si le ou les risque(s) est (sont) acceptable(s) ou non. [11]

### 1.2.4 Traitement du risque :

Comme précisé, plus il s'agit d'une étape-clé dans le processus de gestion du risque dans la mesure où elle va motiver la nécessité de considérer de nouvelles mesures de réduction du risque et rétroactivement, influencer les façons de mener l'analyse et l'évaluation des risques.

-il s'agit du processus destiné à réévaluer un risque en tenant compte des décisions prises afin de modifier la probabilité d'occurrence, les effets des risques ou les deux suivant les critères de tolérance définis.[11]

### 1.2.5 Le traitement du risque implique un processus itératif :

- Évaluer un traitement du risque ;
- Décider si les niveaux de risque résiduels sont tolérables ;
- S'ils ne sont pas tolérables, générer un nouveau traitement du risque ; [11]

# Chapitre 1 : Généralité sur la gestion des risques et accidentologie

## 1.2.6 Contrôle et examen (surveillance et revue) :

Il s'agit du processus de vérification de validité des différentes données considérées lors de l'établissement du contexte, de pertinence des évaluations menées et de performance des traitements entrepris.

Il convient que les processus de surveillance et de revue de l'organisme s'appliquent à tous les aspects du processus de management du risque afin de pouvoir :

- S'assurer que les moyens de maîtrise sont efficaces et performants aussi bien dans leur conception que dans leur utilisation.
- Obtenir des informations supplémentaires pour améliorer l'appréciation du risque,
- Analyser et tirer les leçons des événements (y compris des incidents), des changements, des tendances, des succès et des échecs.
- Détecter les changements dans le contexte interne et externe, y compris les changements concernant les critères de risque et le risque lui-même qui peuvent nécessiter une révision des traitements du risque et des priorités.
- Identifier les risques [11]

## 1.3 Règlementations et décrets :

**Tableau 1:** Règlementations et décrets

Décret et lois	Description
Décret exécutif n° 06- 198 du 4 Joumada El Oula 1427 correspondant au du 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés en ce qui concerne la protection de l'environnement [1]	A pour objet de définir la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement et, notamment, les régimes d'autorisation et de déclaration d'exploitation des établissements classés, leurs modalités de délivrance, de suspension et de retrait, ainsi que les conditions et modalités de leur contrôle. Ce décret impose entre autres la réalisation d'une étude de dangers pour les établissements classés soumis à une autorisation.

## Chapitre 1 : Généralité sur la gestion des risques et accidentologie

Décret exécutif n°98.339 du 3 novembre 1998	Définissant la réglementation applicable aux installations classées et fixant leur nomenclature. [1]
La loi n° 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable	a comme objectif d'édicter les règles de prévention des risques majeurs et de gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable. Elle vient renforcer la notion de prévention des accidents impliquant des substances dangereuses en imposant notamment à l'exploitant la mise en œuvre d'un système de maîtrise et de gestion des risques et d'une organisation proportionnée aux risques inhérents aux installations industrielles.
Le décret exécutif n°07-144 du 19 Mai 2007 fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement[12]	Attribue un numéro de rubrique aux substances, désigne l'activité de l'installation classée, identifie le régime d'autorisation ou de déclaration auquel le site doit se conformer, et impose les documents à joindre à la demande d'autorisation d'exploitation des établissements classés.
Décret exécutif n° 15-09 du 23 Rabie El Aouel 1436 correspondant au 14 janvier 2015 fixant les modalités d'approbation des Etudes de dangers spécifiques au secteur des hydrocarbures et leur contenu[13]	a pour objectif de désigne les éléments pour : l'Etude de dangers (article4), La présentation de l'environnement de l'ouvrage ou de l'installation (article5), La description de l'ouvrage ou de l'installation (article6).

## 1.3.1 Directives européennes :

En Europe, après l'accident qu'a eu lieu à SEVESO (Italie) en 1976, l'adoption d'une législation visée à la prévention et au contrôle des accidents majeurs est devenue nécessaire.

A partir de 1982 ont été développées 03 directives SEVESO :

- ✚ Directive 82/501/EEC adoptée en 1982 et nommée Directive SEVESO
- ✚ Directive 96/82/EC Directive SEVESO II qui remplace celle du 1982
- ✚ Directive 2003/105/EC, SEVESO III qui abroge la SEVESO II
- ✚ Directive n° 96/82 du 09/12/96 : concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses. [14]

## 1.3.2 Les normes ISO :

### ISO 31000 :

ISO 31000 désigne une famille de normes de gestion des risques codifiés par l'Organisation internationale de normalisation. Le but de la norme ISO 31000 est de fournir des principes et des lignes directrices du management des risques ainsi que les processus de mise en œuvre au niveau stratégique et opérationnel.[11]

### ISO 45001 :

La norme ISO 45001 Systèmes de management de la santé et de la sécurité au travail - Exigences et lignes directrices pour leur utilisation, est une norme internationale publiée en mars 2018 qui spécifie les exigences pour un système de management de la santé et sécurité au travail.[15]

### ISO 14001 :

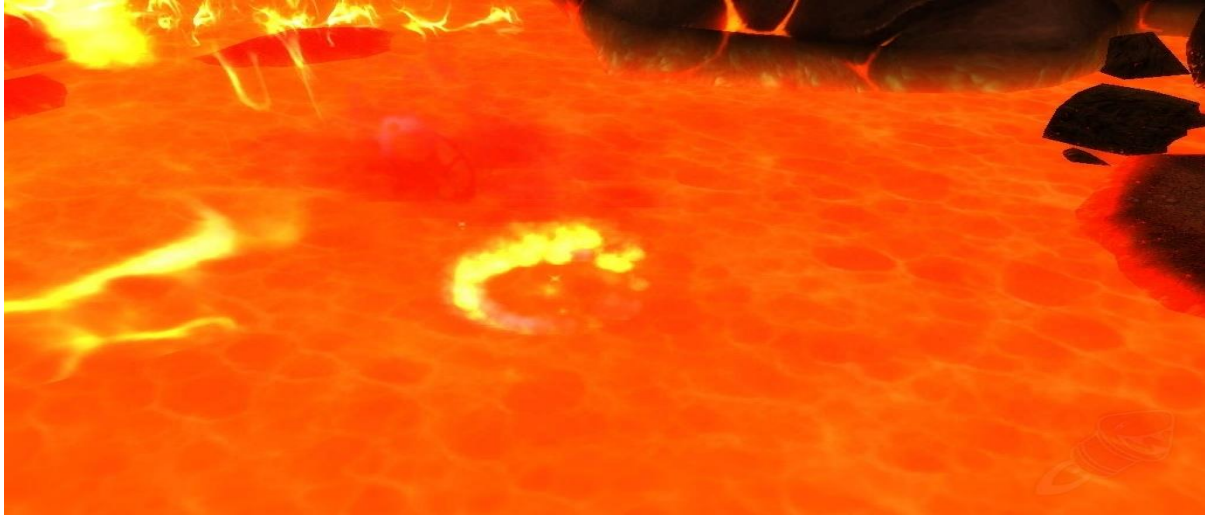
La norme ISO 14001 définit une série d'exigences que doit satisfaire le système de management environnemental d'une organisation pour que celle-ci puisse être certifiée par un organisme extérieur et pour une durée limitée comme répondant à la norme.[16]



## 1.4 Les Scenarios d'accidents :

### 1.4.1 Feu de flaqué :

Le « feu de flaqué » décrit un incendie résultant de la combustion d'une flaqué de combustible liquide. Ce phénomène implique principalement la surface de la flaqué en contact avec l'air. Certains scénarios donneront lieu à un feu de flaqué libre ou à un feu de cuvette (lorsque l'équipement est entouré d'une rétention). Le feu de flaqué peut résulter de la rupture ou de la fuite d'un équipement contenant un liquide inflammable.[17]



**Figure 2:** Feu de flaqué[17]

### 1.4.2 VCE :

Le terme « Vapor Cloud Explosion » ou explosion de nuage est défini comme un procédé où la combustion d'un mélange inflammable (combustible/air ou combustible/oxydant) cause une augmentation rapide de pression. Ce phénomène peut résulter de la perte de confinement (rupture ou fuite) d'un gaz mais également de l'évaporation d'un liquide. Tous les scénarios étudiés dans ce rapport peuvent mener à un VCE.[18]



**Figure 3:** VCE (Vapor Cloud Explosion)[18]

### 1.4.3 Feu flash :

Un feu flash est la combustion non explosive d'un nuage inflammable, celui-ci pouvant résulter de la perte de confinement (rupture ou fuite) d'un gaz mais également de l'évaporation d'un liquide. La majorité des conséquences liées à un feu flash concerne les personnes ou équipements situés à l'intérieur du nuage. La durée et l'intensité de ce feu sont en général insuffisantes que pour causer des radiations thermiques importantes hors du nuage.[19]



**Figure 4:** Feu flash [34]

### 1.4.4 Pollution environnementale :

La pollution environnementale est la dégradation d'un milieu naturel par des substances extérieures, introduites de manière directe ou indirecte. La santé humaine, la qualité des écosystèmes et de la biodiversité aquatique ou terrestre peuvent être affectés et modifiés de façon durable par la pollution. Les sources de pollutions sont nombreuses et l'identification de ces sources, des différentes substances polluantes et de leurs effets sur les écosystèmes est complexe.[20]



**Figure 5:** Pollution environnementale

### 1.5 Historique des accidents :

#### 1.5.1 Deux bacs d'hydrocarbures en feu à la suite d'un acte de malveillance 14 juillet 2015 Berre-l'Étang (Bouches-du-Rhône) France :

Dans un complexe pétrochimique, 2 explosions dans le parc de stockage : 2 bacs sont en feu, leurs toits flottants endommagés. Le 1er contient 11 300 m<sup>3</sup> d'essence de pyrolyse (coupes C5 à C9). Le 2ème, distant de 300 m, contient 48 000 m<sup>3</sup> de naphta (coupes d'hydrocarbures légers). Les pompiers internes, appuyés par les équipes des usines voisines, interviennent en nombre. L'exploitant déclenche son Plan d'Opération Interne (POI) et prévient les services de secours. Une importante fumée noire est visible dès l'aube à plusieurs kilomètres.

L'opération a nécessité t de l'eau dans l'étang voisin, 6 lignes d'arrosage longues de 1,8 km alimentent 1 fourgon mousse grande puissance et 3 berces émulseur.

Priorité est donnée à l'extinction du 1er bac d'essence. L'incendie de ce bac est éteint après une attaque massive à la mousse par les pompiers du site. Un tapis de mousse est maintenu jusqu'à 12 h. L'extinction du 2ème bac de naphta est établie par Un tapis de mousse est maintenu jusqu'à 15 h. Le toit flottant coule 48 h après. La structure des 2 bacs reste intacte.

L'examen du toit flottant d'un bac adjacent contenant 25 000 m<sup>3</sup> de condensats révèle la présence d'un système de mise à feu et d'une brèche de 4 m<sup>2</sup> en partie centrale.

Le toit, partiellement submergé, n'a pas coulé et le risque d'inflammation est toujours présent.[21]

##### 1.5.1.1 L'origine et les causes :

Les premiers éléments de l'enquête privilégient la piste d'un acte de malveillance en raison de la simultanéité des explosions, de la découverte de dispositifs de mise à feu à proximité des bacs accidentés et sur le toit du 3ème bac.[21]



**Figure 6:** Accident du juillet 2015 Berre-l'Étang (Bouches-du-Rhône) France[21]

### **1.5.2 Rupture d'un réservoir de stockage (Atmosphérique) de pétrole (Entreprise Seveso du port d'Anvers -Octobre 2005) :**

#### **1.5.2.1 Description de l'accident majeur :**

Le 25 octobre 2005 aux environs de 18h15, il a été observé dans la salle de contrôle de la raffinerie que le réservoir de stockage de pétrole brute de avait déversé son contenu, puisque l'indicateur de niveau avait subitement mesuré le niveau le plus bas et qu'une alarme avait été générée.

Le réservoir contenait, avant la fuite, environ 37.000 m<sup>3</sup> de pétrole brut. Des données provenant du système informatique de la salle de contrôle de la raffinerie démontrent que, après une courte période de débit de fuite croissant, quasi la totalité du contenu total du réservoir s'est libéré en un temps d'à peine 15 minutes.

L'accident est du au fait que le contenu de ce réservoir s'est libéré d'un seul coup, un raz de marée s'est produit dans l'encuvement. Ce raz de marée s'est propagé en direction des murs de terre hauts de plusieurs mètres à cet endroit. Pendant ce raz de marée, seule une quantité limitée de pétrole brut (environ 3 m<sup>3</sup>) est passée au-dessus de ces murs de terre. La quantité libérée de pétrole a permis ensuite que l'entièreté de l'encuvement (d'une grandeur d'environ 4 ha) soit recouverte de pétrole brut jusqu'à une hauteur d'environ 1 m.

Après l'accident, le réservoir était penché et les fondations du réservoir de stockage avaient partiellement été emportées.[22]



## Chapitre 1 : Généralité sur la gestion des risques et accidentologie

Les services de secours sont intervenus en masse. Le service incendie de l'entreprise, les pompiers de Beveren, ceux d'Anvers et la protection civile se sont rendus sur place. Les autorités ont déclenché la phase 3 du plan catastrophe, pour laquelle la coordination de l'intervention est dans les mains du gouverneur. En premier lieu, ces services d'intervention ont essayé de recouvrir complètement la surface de l'encuvement avec de la mousse. La mousse, au total 214 tonnes, a été livrée en masse par la raffinerie, différentes autres entreprises, les pompiers et la protection civile. A cause du vent soutenu et de la grande étendue de l'encuvement, il est apparu très difficile de réaliser un tapis de mousse sur le pétrole brut. Le vent soutenu a minimisé le danger d'explosion. Le pétrole brut ne s'est pas enflammé. L'émission de pétrole brut a par contre occasionné, dans un large voisinage, pas mal de nuisances dues à l'odeur. La rupture du réservoir a reçu beaucoup d'attention dans les médias nationaux.[22]

Après l'accident majeur, tout le pétrole brut a été pompé le plus rapidement possible hors de l'aire de dépôt vers la raffinerie et le contenu de l'encuvement a été transféré dans les autres réservoirs via le système de pompe présent pour l'évacuation des eaux. La mise en sécurité de l'aire de dépôt a également immédiatement débuté.[22]



**Figure 7:** Accident (Entreprise Seveso du port d'Anvers -Octobre 2005)[22]

### 1.5.2.2 Causes de la rupture du réservoir :

#### 1.5.2.2.1 Constatations après la rupture du réservoir :

Il est ressorti de la (vaste) enquête d'accident que, sur le fond du réservoir, à une distance de 1,5 m de la paroi du réservoir, une longue bande étroite des tôles de fond avait été gravement affaiblie par de la corrosion interne. Dans cette bande, l'épaisseur des tôles de fond avait été ramenée presque à zéro. Cette bande avait une longueur de 35 m et une largeur d'environ 20 cm.[22]

#### 1.5.2.3 Mesures prises par l'entreprise :

Après cet accident majeur, l'entreprise a inspecté tous les autres réservoirs de l'aire de dépôt. Il en est ressorti que la rigole et la sévère corrosion interne au niveau de la rigole qui étaient à la base de la rupture du réservoir, se retrouvaient également dans les autres réservoirs de stockage. Le réservoir de stockage a été complètement détruit.[22]

### 1.5.3 Ouverture brutale d'un fond de bac de pétrole brut Ambès (Gironde) France 12 janvier 2007 :

Le 11 janvier 2007 après midi : une légère fuite est observée dans la rétention du bac 1602. La vidange du bac nécessitant le positionnement des béquilles du toit flottant, l'exploitant prévoit de réaliser cette opération le lendemain pour des raisons de sécurité. En attendant, de l'eau est introduite en fond de bac par la vanne de purge pour limiter la fuite de pétrole.

Le 12 janvier 2007 à 8 h, une partie du fond du bac se rompt et 12 000 m<sup>3</sup> de pétrole brut se déversent en quelques secondes.

Les merlons de terre résistent mécaniquement à l'effet de vague. En revanche 2 000 m<sup>3</sup> de pétrole brut passent par- dessus et se répandent sur les sols et les routes au droit du dépôt ainsi qu'à l'extérieur.

Le Plan d'Opération Interne (POI) est déclenché. Les surfaces de pétrole brut au droit des rétentions sont couvertes de mousse (170 m<sup>3</sup> d'émulseur) pour limiter l'inflammation et les émanations de vapeur d'hydrocarbures et d'hydrogène sulfuré.

Des mesures de la qualité de l'air sont effectuées par pose de badge passif sur le personnel de l'établissement et les populations avoisinant le site.

Les produits déversés dans les caniveaux et la cuvette de rétention sont orientés vers le bassin de décantation de l'établissement, puis transférés dans des réservoirs vides. Environ 6 000 m<sup>3</sup> de produit sont ainsi pompés.[23]



**Figure 8:** Accident du 12 janvier 2007 (Gironde) France.[23]

Il n'y a pas d'atteinte directe aux personnes.

Une odeur de d'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) est nettement perceptible à plusieurs kilomètres du site.

Les concentrations en benzène relevées sont de 2,4 mg/m<sup>3</sup> au niveau du bac et de 0,4 mg/m<sup>3</sup> au niveau du décanteur

L'essentiel des 2 000 m<sup>3</sup> répandus en dehors des cuvettes est confiné au droit du site.

Quelques oiseaux souillés sont aperçus à l'occasion des premières reconnaissances sur le fleuve.[23]

### 1.5.3.1 Les Suites données :

#### 1.5.3.1.1 Mesures prises sur le site :

Suite à cet accident, les arrêtés préfectoraux d'urgence des 13 janvier et 5 février 2007 prescrivent :

- La suspension de l'exploitation des bacs de pétrole brut.
- La mise en œuvre des premières mesures d'urgence (vidange des bacs, pompage

du pétrole brut, ...).

- La surveillance de l'impact piézométrique notamment.
- L'étude de l'impact et mode de traitement des pollutions.
- L'analyse des causes, bilan des contrôles des bacs, mesures prises pour limiter la probabilité d'occurrence d'un tel événement.

Le tapis de mousse est maintenu pendant environ 2 semaines sur les rétentions du dépôt (environ 170 m<sup>3</sup> d'émulseur).

Pour assurer la sécurité du personnel, le port du masque respiratoire à cartouches est imposé par l'industriel.[23]

### 1.5.3.1.2 Mesures prises au niveau régional :

Suite à cet accident, il est demandé aux exploitants des dépôts de liquides inflammables par courrier circulaire de :

- Faire la synthèse des conclusions et préconisations des organismes de contrôle des bacs et des mesures prises.
- D'établir la procédure d'urgence sur les dispositions prises en cas de constat de fuite sur un réservoir.
- D'établir des procédures pour la gestion des effluents en cas de crise (caniveaux, rétention, ...).
- De réaliser une étude d'effet de vague actualisée.[23]

### 1.5.4 Incendie du Terminal de Skikda, Sonatrach 2005 :

Une explosion suivie d'un incendie se produit vers 10 h sur un bac d'une capacité nominale de 51 000 m<sup>3</sup> contenant 35 000 m<sup>3</sup> de pétrole brut dans un terminal pétrolier. L'incendie se propage à un bac adjacent par effet domino. Le pétrole brut en feu génère un immense nuage noirâtre de plus de 200 m de hauteur au-dessus de la plateforme pétrochimique et de la ville voisine.



## Chapitre 1 : Généralité sur la gestion des risques et accidentologie

Le système d'extinction automatique des bacs ne fonctionne pas et des problèmes d'organisation et de coordination des secours compliquent l'intervention : 5 camions de lutte contre l'incendie positionnés trop près du premier bac enflammé sont totalement détruits par les flammes. Aucune mesure n'est prise pour sécuriser les populations environnantes qui paniquent et fuient la commune.

L'incendie n'est totalement circonscrit que 8 jours plus tard. Le bilan humain est très lourd : 2 morts et 7 blessés. Les pertes financières sont évaluées entre 5 et 6 millions de dollars.[23]

Selon les conclusions des investigations menées, des gaz inflammables se seraient formés au-dessus du toit flottant du bac et se seraient accumulés en contrebas de ce dernier où se trouve une voie de desserte interne. Après avoir calé par manque d'oxygène, le moteur du véhicule dans lequel se trouvaient les 2 employés de la société qui décèdent, a redémarré et enflammé le nuage de gaz, propageant les flammes vers le haut du bac.

Six cadres de la plateforme sont sanctionnés par la direction générale de l'entreprise et 6 personnes ayant participé à des manifestations de la population sont condamnées à des amendes et des peines de prison avec sursis.[23]



**Figure 9:** Incendie du Terminal de Skikda, Sonatrach 2005[23]

### Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de mieux comprendre le management de risque ainsi que les scénarios catastrophiques survenant suite à l'accroissement considérable des risques sur tout à partir du retour d'expériences des cas déjà survenus. Le prochain chapitre va faire l'objet d'une présentation des méthodes d'analyse des risques afin de mieux les maîtriser et d'installer des barrières de sécurité performantes tel que les éléments importants pour la sécurité les EIPS.

# **Chapitre 02 :**

Identification des méthodes  
d'analyses des risques et les  
EIPS

### **Chapitre 2 : Identification des méthodes d'analyses des risques et les EIPS**

#### **2.1 Méthodes d'analyse des risques :**

##### **2.1.1 Introduction :**

L'analyse des risques est une étape essentielle de la gestion des projets innovants et toute discipline est caractérisée par son objet d'étude et sa démarche ou méthode. La méthode est une démarche organisée et rationnelle de l'esprit pour arriver à un certain résultat. Elle est également caractérisée par son aspect quantitatif et qualitatif et en fonction du type de risque étudié.

##### **2.1.2 Méthode déductive :**

Dans une approche déductive, le système est supposé défaillant et l'analyse porte sur l'identification des causes susceptibles de conduire à cet état. On part alors des effets pour remonter aux causes.

##### **2.1.3 Méthode inductive :**

Une défaillance ou une combinaison de défaillances est à l'origine de l'analyse. Il s'agit alors d'identifier les conséquences de cette ou ces défaillances sur le système ou son environnement. On dit généralement que l'on part des causes pour identifier les effets.

##### **2.1.4 Domaines d'application :**

Les outils d'analyse des risques doivent être choisis en fonction des caractéristiques des installations à étudier et du niveau de détail rechercher.

Bien entendu, le domaine d'application et le niveau de détail sont également fonction des compétences et de l'expérience des personnes qui mèneront ce travail. En d'autres termes, certains outils peuvent être adaptés afin d'être utilisés dans un domaine d'application sensiblement différent de leur domaine d'origine.[24]

Ces différentes informations sont synthétisées dans le tableau suivant, pour les principales méthodes d'analyse des risques dans le domaine des risques accidentels.

Les différents éléments présentés ci-avant ont été reportés dans le tableau suivant afin de bien différencier les possibilités offertes par les différents outils présentés dans ce document.

## Chapitre 2 : Identification des méthodes d'analyses des risques et les EIPS

**Tableau 2:** Principales méthodes d'analyses des risques

<b>Méthodes</b>	<b>Typologie</b>	<b>Défaillances envisagées</b>	<b>Niveau de détail</b>	<b>Domaines d'application privilégiée</b>
Analyse Préliminaire des risques (APR)	Qualitative Inductive Statique	Indépendantes	+	Installation les moins Complexes Etape Préliminaire d'analyse
Analyse des Modes de défaillances, de leurs Criticité (AMDEC)	Qualitative Inductive Statique	Indépendantes	++	Sous-ensembles Techniques bien délimités
Hazard and Operability (HAZOP)	Qualitative Inductive Statique	Indépendantes	++	Systèmes thermohydrauliques
Arbres d'Evènements (ADE)	Qualitative Inductive Statique	Combinées	+++	Défaillances préalablement identifiées
Arbre des Défaillances (ADD)	Qualitative Déductive Statique	Combinées	+++	Evènements redoutés ou indésirables Préalablement identifiés
Noeud de papillon	Qualitative Inductive/ Déductive Statique	Combinées	+++	Scénarios d'accidents Jugés les plus critiques

## Chapitre 2 : Identification des méthodes d'analyses des risques et les EIPS

### 2.1.5 Analyse préliminaire des risques (APR) :

L'Analyse Préliminaire des Risques (APR) est une méthode d'usage très général couramment utilisée pour l'identification des risques au stade préliminaire de la conception d'une installation ou d'un projet. En conséquence, cette méthode ne nécessite généralement pas une connaissance approfondie et détaillée de l'installation étudiée.[25]

#### 2.1.5.1 Principe :

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

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

Des équipements dangereux comme par exemple équipements sous pression, équipements de stockage, équipements de zones de réception/ expédition, réacteurs, fournitures d'utilités (chaudière...),

Des opérations dangereuses associées au procédé.

A partir de ces éléments dangereux, APR vise à identifier, pour un élément dangereux, une ou plusieurs situations, qui, si elles ne sont pas maîtrisées, peuvent conduire à l'exposition des cibles à un plusieurs phénomènes dangereux.[25]

#### 2.1.5.2 Déroulement :

L'utilisation d'un tableau de synthèse constitue un support pratique pour mener la réflexion et résumer les résultats de l'analyse.

**Tableau 3:** Exemple d'un tableau de type APR.[25]

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

## **Chapitre 2 : Identification des méthodes d'analyses des risques et les EIPS**

---

Le groupe de travail peut alors adopter une démarche systématique sous la forme suivante :

- 1- Sélectionner le système ou la fonction
- 2- Choisir un équipement ou produit
- 3- Considérer une première situation de dangers
- 4- Envisager toutes les causes et les conséquences possibles
- 5- Pour un enchaînement cause-situation de danger-conséquences donné identifier alors les barrières de sécurité existantes sur l'installation.
- 6- Si le risque ainsi estimé est jugé inacceptable, formuler des propositions d'améliorations en colonne
- 7- Envisager alors un nouvel enchaînement cause-situation de danger-conséquences pour la même situation de danger et retourner au point 5.[25]

### **2.1.5.3 Limites et avantages :**

- Le principal avantage de l'analyse préliminaire des risques est de permettre un examen relativement rapide des situations dangereuses sur des installations.
- Par rapport aux autres méthodes présentées ci-après, elle apparaît comme relativement économique en termes de temps passé et ne nécessite pas un niveau de description du système étudié très détaillé.
- En revanche, APR ne permet pas de caractériser finement l'enchaînement des événements susceptibles de conduire à un accident majeur pour des systèmes complexes.
- Elle permet ainsi de mettre en lumière les équipements ou installations qui peuvent nécessiter une étude plus fine menée grâce à des outils tels qu'HAZOP ou l'analyse par arbre des défaillances. [26]

## **Chapitre 2 : Identification des méthodes d'analyses des risques et les EIPS**

---

### **2.1.6 L'analyse des modes de défaillance de leur effet et de leur criticité (AMDEC) :**

#### **2.1.6.1 Définition de l'AMDEC :**

"L'AMDEC est une méthode d'analyse de la fiabilité qui permet de recenser les défaillances et les conséquences affectant le fonctionnement du système dans le cadre d'une application donnée ». [27]

#### **2.1.6.2 Principes de base :**

La méthode consiste à examiner méthodiquement les défaillances potentielles des systèmes (analyse des modes de défaillance) leurs causes et leurs conséquences sur le fonctionnement de l'ensemble (les effets). Après une hiérarchisation des défaillances potentielles, basée sur l'estimation du niveau de risque de défaillance, soit la criticité, des actions prioritaires sont déclenchées et suivies.[27]

#### **2.1.6.3 Déroulement :**

La méthode s'inscrit dans une démarche en huit étapes. Comme dans plusieurs démarches, il y a une phase préparatoire qui consiste en une collecte de données pour réaliser l'étude, la mise sur pied d'un groupe de travail et la préparation des dossiers, tableaux, logiciels.[28]



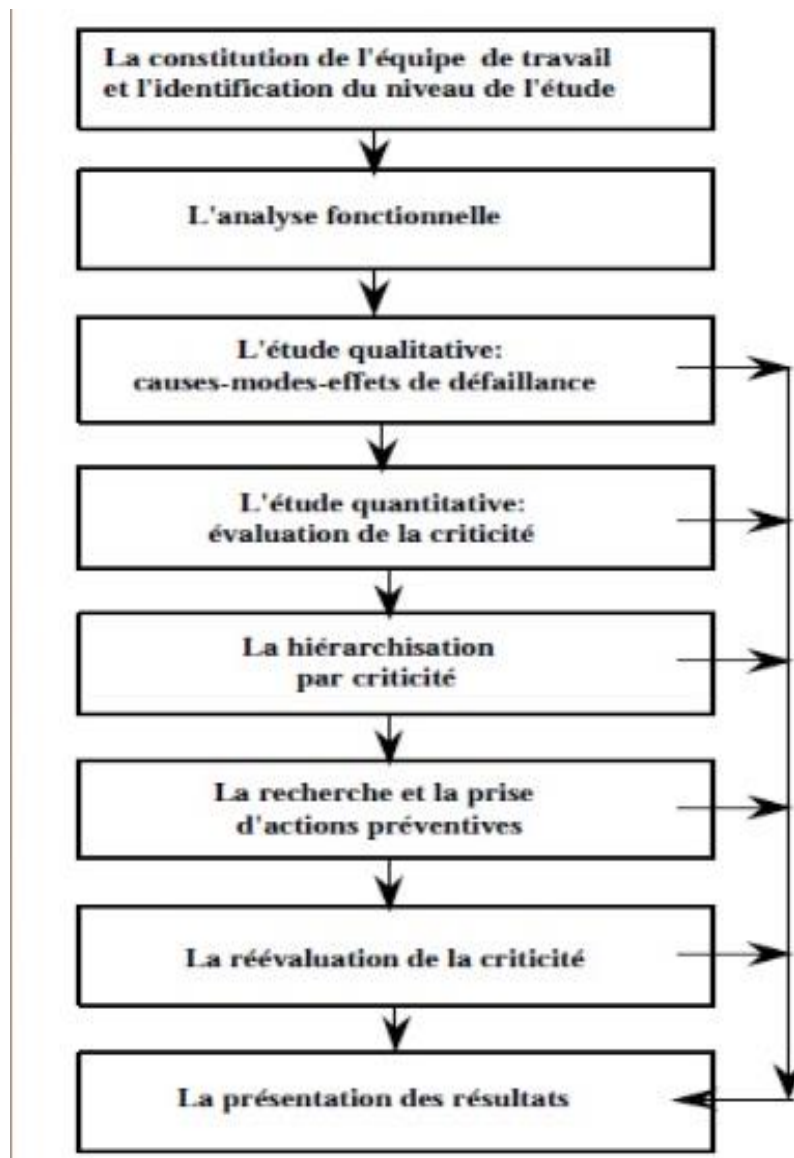


Figure 10: la démarche AMDEC.[28]

### 2.1.6.4 Les avantages et les inconvénients :

#### 2.1.6.4.1 Les avantages :

- L'AMDEC s'avère très efficace lorsqu'elle est mise en œuvre pour l'analyse de défaillances simples d'éléments conduisant à la défaillance globale du système.
- L'AMDEC permet d'identifier les modes communs de défaillances pouvant affecter le système étudié.
- L'AMDEC permet aussi de mettre en commun les expériences des uns et des autres pour sortir les solutions meilleures.[29]

## **Chapitre 2 : Identification des méthodes d'analyses des risques et les EIPS**

---

### **2.1.6.4.2 Les inconvénients :**

- Dans le cas de systèmes particulièrement complexes comptant un grand nombre de composants, l'AMDEC peut être très difficile à mener et particulièrement fastidieuse compte tenu du volume important d'informations à traiter. Cette difficulté est décuplée lorsque le système considéré comporte de nombreux états de fonctionnement.
- Coûts souvent élevés en début d'application,
- Ne permet pas parfois de prendre en compte la combinaison de plusieurs défaillances,
- Parfois difficile à animer.[29]

### **2.1.7 La méthode arbre de défaillance :**

La méthode des arbres de défaillance a été élaborée en 1961 par la compagnie américaine Bell Téléphone et fut exploitée pour évaluer et améliorer la fiabilité des systèmes de tir de missiles.[25]

En 1965, Boeing et l'université de Washington ont organisé le premier congrès traitant de l'utilisation des arbres de défaillance dans les études de fiabilité. Depuis, cette méthode a été largement utilisée dans de nombreux domaines industriels (chimique, nucléaire, aéronautique, etc.). Cette méthode est aussi connue sous le nom de méthode des arbres de causes (MAC) et méthode des arbres de défauts.[30]

#### **2.1.7.1 Principe de l'Add :**

Un arbre de défaillance représente de façon synthétique l'ensemble des combinaisons d'événements qui, dans certaines conditions produisent un événement donné, point de départ de l'étude.

L'arbre de défaillance est une méthode qui part d'un événement final pour remonter vers les causes et conditions dont les combinaisons peuvent le produire méthode déductive.[30]

Les liens entre les différents événements identifiés sont réalisés grâce à des portes logiques (de type « ET » et « OU » par exemple).[25]

## Chapitre 2 : Identification des méthodes d'analyses des risques et les EIPS

### 2.1.7.2 Construction d'un arbre de défaillance :

#### 2.1.7.2.1 Événement-sommet :

La première étape est la définition de l'événement qui doit être étudié. Dans l'arbre, ce sera l'événement-sommet. Un arbre n'a qu'un événement-sommet ; il réunit tout ce qui et uniquement ce qui peut provoquer cet événement-sommet.

La définition de cet événement est totalement déterminante pour la valeur des conclusions qui seront tirées de l'analyse.[25]

#### 2.1.7.2.2 Événements intermédiaires :

L'événement étudié étant défini, l'étape suivante est de le décrire en une combinaison logique (conjonction ou disjonction) de deux ou plusieurs événements plus réduits.

On voit donc apparaître des événements moins globaux que l'événement-sommet que l'on appellera événements intermédiaires et un connecteur logique qui les relie à l'événement-sommet.[25]

#### 2.1.7.2.3 Connecteurs logiques :

Les deux connecteurs logiques de base sont (ET) et (OU) Toutes les combinaisons logiques s'expriment avec ces deux connecteurs (et la négation logique qui exprime le contraire de l'événement qu'elle affecte), mais il peut être pratique d'utiliser quelques autres connecteurs.[25]

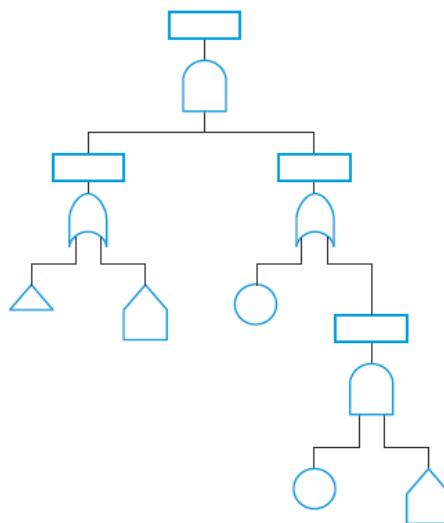


Figure 11: L'arbre de défaillance[25]

## **Chapitre 2 : Identification des méthodes d'analyses des risques et les EIPS**

---

### **2.1.7.3 Les avantages et les limites :**

#### **2.1.7.3.1 Les avantages :**

- Pouvoir visualiser l'ensemble des combinaisons d'événements élémentaires conduisant à une défaillance.
- La connaissance des coupes minimales permet d'identifier, en phase de conception, les composants d'un système à améliorer pour qu'un événement ne se produise pas.
- Permet de quantifier la probabilité de défaillance d'un système.
- Évalue les causes de vulnérabilité les plus communes.
- Permet d'optimiser le déploiement des ressources nécessaires pour le control de la vulnérabilité d'un système. [26]

#### **2.1.7.3.2 Les limites :**

- Les événements intermédiaires doivent être indépendants les uns des autres pour que le calcul des probabilités d'occurrence soit correct.
- L'arbre des défaillances ne prend pas compte de l'aspect temporel des scénarios d'évènements conduisant à la défaillance.
- Cette méthode est binaire, un événement peut soit se produire, soit ne pas se produire.[31]

### **2.1.8 Arbre des événements (ADE) :**

L'analyse par arbre d'événements a été développée au début des années 1970 pour l'évaluation du risque lié aux centrales nucléaires à eau légère.

Elle apporte une aide précieuse pour traiter des systèmes comportant de nombreux dispositifs de sécurité et de leurs interactions. A l'instar de l'analyse par arbre des défaillances dont elle s'inspire, elle permet d'estimer les probabilités d'occurrence de séquences accidentelles.[25]

#### **2.1.8.1 Principe :**

L'ADE évalue le potentiel d'accident résultant d'une défaillance d'un équipement ou d'un dérangement de procédé (événement initiateur).

À la différence de l'analyse par arbre de panne (une approche déductive) l'AAE est un raisonnement inductif où l'analyste commence par un événement initiateur et développe la

## Chapitre 2 : Identification des méthodes d'analyses des risques et les EIPS

---

séquence probable d'événements qui conduisent aux accidents potentiels, en tenant compte tant du succès que de la défaillance des barrières de sécurité au fur et à mesure que l'accident progresse.

Les arbres d'événements fournissent une façon systématique d'enregistrer les séquences d'accidents et de définir la relation entre les événements initiateurs et la séquence d'événements qui peut résulter en accidents.

Les arbres d'événements sont bien indiqués pour analyser les événements initiateurs qui pourraient conduire à une variété de conséquences.

Un arbre d'événements met en évidence la cause initiale d'accidents potentiels et fonctionne à partir de l'événement initiateur jusqu'aux effets finaux.

Chaque branche d'un arbre d'événements représente une séquence séparée d'accident qui est, pour un événement initiateur donné, un ensemble de relations entre les barrières de sécurité.[32]

La démarche généralement retenue pour réaliser une analyse par arbre d'événement est :

- Définir l'événement initiateur à considérer,
- Identifier les fonctions de sécurité prévues pour y faire face,
- Construire l'arbre,
- Décrire et exploiter les séquences d'événements identifiées. [25]

### 2.1.8.2 Objectif :

Les arbres d'événements sont utilisés pour identifier les divers accidents qui peuvent se produire dans un système complexe. À la suite de l'identification des séquences d'accidents individuels, les combinaisons spécifiques de défaillance qui peuvent conduire à des accidents peuvent être déterminées à l'aide de l'arbre d'événements. L'arbre d'événements permet :

- De rechercher toutes les causes et les combinaisons de causes conduisant à l'événement de tête.
- De déterminer si chacune des caractéristiques de fiabilité du système est conforme à l'objectif prescrit.
- De vérifier les hypothèses faites au cours d'autres analyses à propos de l'indépendance des systèmes et de la non-prise en compte de certaines défaillances.

## Chapitre 2 : Identification des méthodes d'analyses des risques et les EIPS

- D'identifier le(les) facteur(s) qui a(ont) les conséquences les plus néfastes sur une caractéristique de fiabilité ainsi que les modifications nécessaires pour améliorer cette caractéristique.
- D'identifier les événements communs ou les défaillances de cause commune.[32]

### 2.1.8.3 Limites et avantages :

#### 2.1.8.3.1 Les avantages :

- Elle est une bonne base pour évaluer le besoin en procédures et fonctions de sécurité nouvelles ou améliorées.
- Un arbre d'événement permet d'obtenir un large éventail de résultats tandis qu'un arbre de défaillance peut seulement distinguer entre le succès et l'échec.
- Un arbre d'événement se déplace de la cause à l'effet et est conceptuellement plus facile à construire qu'un arbre de défaillances. [26]

#### 2.1.8.3.2 Les limites :

- Cette méthode peut s'avérer rapidement lourde à mettre en œuvre, seul un événement initiateur peut être étudié lors de chaque analyse.
- L'arbre d'événement ne montre pas des actes de l'émission.
- Des arbres d'événements conviennent mieux à analyser la réponse des systèmes à un accident potentiel.[26]

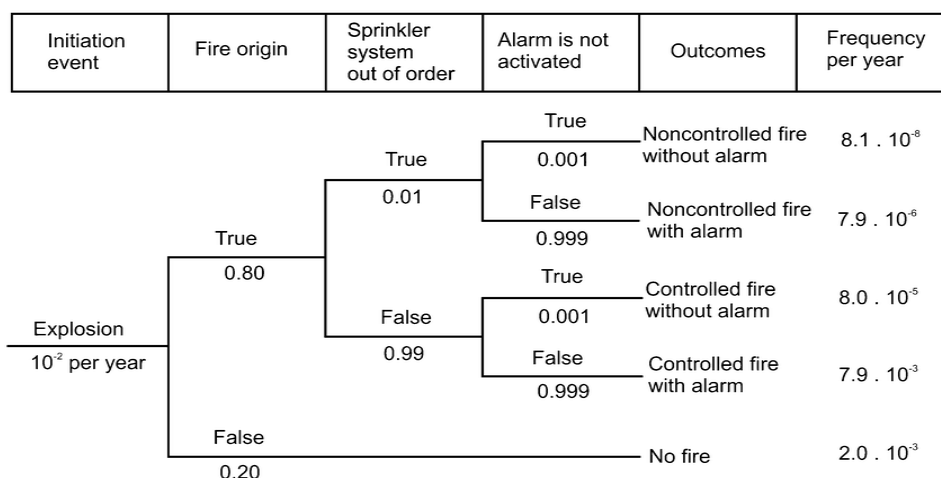


Figure 12: L'arbre d'évènements[32]

## **Chapitre 2 : Identification des méthodes d'analyses des risques et les EIPS**

---

### **2.1.9 La méthode « HAZOP » :**

#### **2.1.9.1 Définition :**

Application d'un examen critique formel et systématique aux intentions du procédé et de l'ingénierie d'une installation neuve ou existante afin d'évaluer le potentiel de danger lié à la mauvaise utilisation, ou au mauvais fonctionnement, d'éléments d'équipement et leurs effets sur l'installation dans son ensemble.[33]

#### **2.1.9.2 Principe de la méthode :**

La méthode de type HAZOP est dédiée à l'analyse des risques des systèmes thermo-hydrauliques pour lesquels il est primordial de maîtriser des paramètres comme la pression, la température et le débit.[33]

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

Pour chaque partie constitutive du système examiné (ligne ou maille), la génération (conceptuelle) des dérives est effectuée de manière systématique par la conjonction :

De mots-clés comme par exemple « Pas de », « Plus de », « Moins de », « Trop de »

Des paramètres associés au système étudié. Des paramètres couramment rencontrés sont la température, la pression, le débit, la concentration, mais également le temps ou des opérations à effectuer. [33]

**Mot-clé + Paramètre = Dérive**

Le groupe de travail doit ainsi s'attacher à déterminer les causes et les conséquences potentielles de chacune de ces dérives et à identifier les moyens existants permettant de détecter cette dérive, d'en prévenir l'occurrence ou d'en limiter les effets.

Le cas échéant, le groupe de travail pourra proposer des mesures correctives à engager en vue de tendre vers plus de sécurité.

## **Chapitre 2 : Identification des méthodes d'analyses des risques et les EIPS**

---

A l'origine, l'HAZOP n'a pas été prévue pour procéder à une estimation de la probabilité d'occurrence des dérives ou de la gravité de leurs conséquences. Cette méthode est donc parfois qualifiée de qualitative. En pratique, elle peut être couplée, comme l'AMDE, à une estimation de la criticité. [33]

### **2.1.9.3 Les objectifs de l'HAZOP :**

Elle a pour objet :

- Améliorer la sécurité d'une installation existante et / ou modifiée.
- L'examen systématique des plans de circulation des fluides.
- La recherche des causes éventuelles de dérives des différents paramètres de Fonctionnement.
- Vérifier la sécurité de la conception
- La détermination des conséquences et des risques éventuels pour apporter toute correction ou protection appropriées
- Décider si et où construire.
- Pour vérifier les procédures de fonctionnement et de sécurité.
- Pour vérifier que l'instrumentation de sécurité fonctionne de manière optimale.
- Pour faciliter un démarrage rapide et en toute sécurité.
- Pour minimiser les modifications importantes de dernière minute.[33]

### **2.1.9.4 Le déroulement de la méthode HAZOP :**

#### **2.1.9.4.1 Phase préparatoire :**

L'entreprise doit évaluer la nécessité et la pertinence de recourir à l'HAZOP, puis délimiter son périmètre d'application.

Le système sera divisé en sous-systèmes appelés "nœuds", l'installation examinée sera appelée "ligne" ou "maille".

L'équipe de travail constituée doit être pluridisciplinaire et doit parfaitement connaître et maîtriser le nœud et ses lignes/mailles.

Elle délimitera les contours du sujet et en dégagera les objectifs. [33]



## **Chapitre 2 : Identification des méthodes d'analyses des risques et les EIPS**

---

### **2.1.9.4.2 Générer les dérives potentielles :**

Afin de générer efficacement des dérives potentielles, la méthode HAZOP prévoit d'associer des mots-clés - qui seront représentatifs des types de déviation possible du système sous la forme de propositions conditionnelles - à tous les paramètres pouvant interagir sur la sécurité du système.

L'équipe de travail sélectionne un paramètre de fonctionnement de l'exploitation (ex. la température, le temps, la pression, le débit...) ; choisi un mot-clé définissant une déviation. C'est la combinaison du mot-clé et du paramètre qui constitue la dérive. Par exemple le paramètre " Pression ", associé au mot-clé de déviance "Supérieur à" et une valeur limite, exprime un risque d'une surpression.

L'équipe fixe la liste des dérives plausibles issues des combinaisons paramètres mots-clés pour déclencher l'analyse des causes et conséquences potentielles.[33]

### **2.1.9.4.3 Identifier les causes et les conséquences potentielles :**

Le groupe de travail réfléchit aux causes et aux conséquences que peuvent entraîner les dérives crédibles générées.[33].

### **2.1.9.4.4 Identifier les moyens de détection et de prévention :**

L'équipe de travail propose des outils et/ou méthode outils et/ou méthodes de préventions.[33]

### **2.1.9.4.5 Émettre des recommandations :**

L'équipe de travail émet des recommandations d'actions correctives à mettre en œuvre en cas d'apparition de la dérive, ou des places sur les outils et/ou méthodes de prévention déjà existante.[33]

### **2.1.9.4.6 Rechercher les dérives jusqu'à épuisement des risques :**

L'équipe de travail génère toutes les dérives crédibles possibles de la ligne/m épuisement des risques, identifie les causes, conséquences, moyens de détection et de prévention de chaque

## Chapitre 2 : Identification des méthodes d'analyses des risques et les EIPS

dérive et émet ses recommandations. L'équipe de travail procède ainsi pour chaque ligne/maille de chaque nœud identifié.[33]

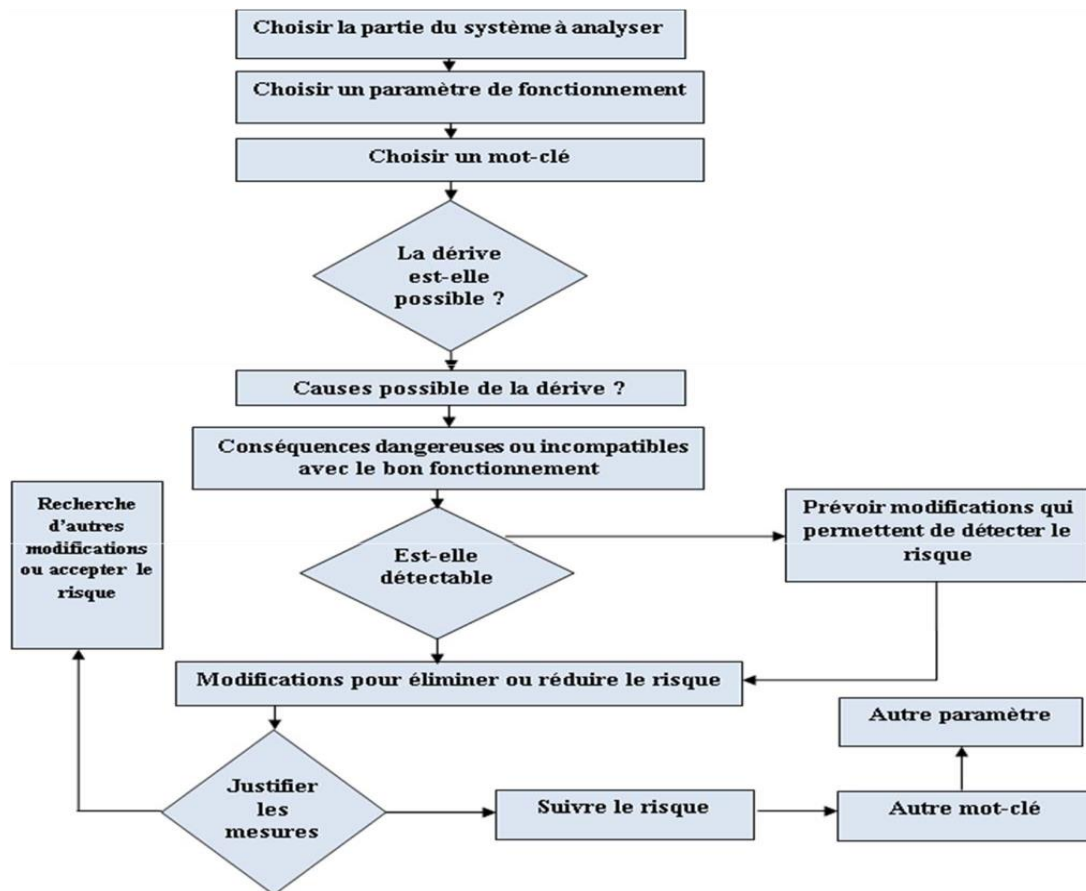


Figure 13: Déroulement de la méthode HAZOP[33]

### 2.1.9.5 Les avantages et les limites :

#### 2.1.9.5.1 Les avantages de l'HAZOP :

- HAZOP est une technique compréhensive, identifie les causes, considère les conséquences, inclut les gardes de sécurité, considère les procédures opératoires, couvre les erreurs humaines, les résultats sont enregistrés, c'est une technique créative, complète-elle identifie tous les dangers relatifs au process, elle est rigoureuse et enfin structurée (Permet une analyse de risque simplifiée).
- Réalisation de l'étude au sein d'un groupe de travail rassemblant différents métiers : sécurité, ingénierie, exploitation, maintenance...
- L'HAZOP est un outil particulièrement efficace pour les systèmes thermo-hydrauliques. Cette méthode présente un caractère systématique et méthodique. Considérant, de plus,

## **Chapitre 2 : Identification des méthodes d'analyses des risques et les EIPS**

---

simplement les dérives de paramètres de fonctionnement du système, elle évite entre autres de considérer.

- Contribution au respect des normes en matière de sécurité.[33]

### **2.1.9.5.2 Les limites de l'HAZOP :**

- Cette méthode est basée sur l'expérience et peut donc plus difficilement être réalisée sur un nouveau système.
- L'HAZOP ne proposera qu'une analyse simple des dérives potentielles et trouvera ses limites dans la combinaison simultanée de plusieurs dérives.
- Il sera dans certains cas difficile d'établir une liste exhaustive des causes de dérives potentielles, notamment dans les systèmes transverses où les causes d'une dérive seront liées aux conséquences de l'apparition d'une autre.
- La méthode est difficile pour les événements résultant de la combinaison simultanée de plusieurs défaillances.
- Il est difficile d'affecter un mot clé à une portion bien délimitée du système à étudier. Cela complique singulièrement l'identification des causes potentielles d'une dérive.[33]

### **2.1.10 Nœud de Papillon (BOW TIE) :**

Le « Nœud Papillon » est une approche de type arborescente largement utilisée dans les pays européens comme les Pays-Bas qui possèdent une approche probabiliste de la gestion des risques. Le Nœud Papillon est utilisé dans différents secteurs industriels par des entreprises comme SHELL qui a été à l'origine du développement de ce type d'outils.[25]

#### **2.1.10.1 Principe :**

La méthodologie consiste à combinée des arbres de défaillances – arbres d'évènements.

C'est une méthode d'analyse des risques à la fois inductive et déductive.

L'approche est de type dit arborescente ce qui permet de visualiser en un coup d'œil les causes possibles d'un accident, ses conséquences et les barrières mises en place.[29]

## **Chapitre 2 : Identification des méthodes d'analyses des risques et les EIPS**

---

### **2.1.10.2 Objectif :**

Le Noeud Papillon consiste à Rechercher, par une construction graphique, toutes les combinaisons d'événements qui peuvent conduire à l'apparition d'un danger, puis, envisager la mise en place de mesures maîtrise des risques (MMR) s'opposant à la succession des événements dangereux.

Elle permet :

- D'apporter une démonstration renforcée de la bonne maîtrise des risques en présentant clairement l'action des mesures de sécurité sur le déroulement du scénario envisagé,
- De sensibiliser efficacement les opérateurs sur la base d'un schéma détaillé mais compréhensible pour tous.[25]

### **2.1.10.3 Déroulement :**

La partie gauche du Noeud Papillon correspond à un arbre de défaillances et permet d'identifier les causes de l'événement redouté (dit événement redouté central (ERC)).

La partie droite du Noeud Papillon est un arbre d'événements et permet de déterminer les Conséquences de l'ERC. Dans cette représentation graphique, chaque chemin conduisant d'une défaillance d'origine jusqu'à l'apparition d'effets majeurs désigne un scénario d'accident particulier pour un même événement redouté central.

Les Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) sont représentées sur le nœud papillon par des barres verticales, symbolisant le fait qu'elles s'opposent au développement du scénario d'accident.[25]

Donc, le nœud papillon reflète les scénarios d'accident qui peuvent survenir et les mesures prises pour les prévenir ou en réduire la probabilité ainsi que celles prises pour en réduire les conséquences. On parle de barrières de prévention et de barrières de protection. Les barrières de protection abaissent le niveau de gravité des conséquences et celles de prévention abaissent la probabilité.[29]



### 2.2 Les Barrières de sécurité :

#### 2.2.1 Définition :

Une barrière est constituée d'un équipement, d'une consigne, procédure ou standard qui s'oppose à la réalisation de menace conduisant à l'événement indésirable.

Il existe des barrières de prévention qui agissent en vue de prévenir ou de limiter la probabilité d'occurrence et des barrières de protection qui visent à limiter les conséquences de l'événement indésirable.[35]

#### 2.2.2 Typologie des barrières de sécurité :

Les barrières de sécurité sont de trois types :

- Les barrières techniques,
- Les barrières humaines,
- Les barrières qui font intervenir les barrières techniques et humaines. Ces barrières sont appelées **barrières à action manuelle de sécurité (BAMS)**.
- Dans la catégorie des barrières techniques de sécurité, il peut s'agir de **dispositifs de sécurité** ou de **barrières instrumentés de sécurité (BIS)**. [25]

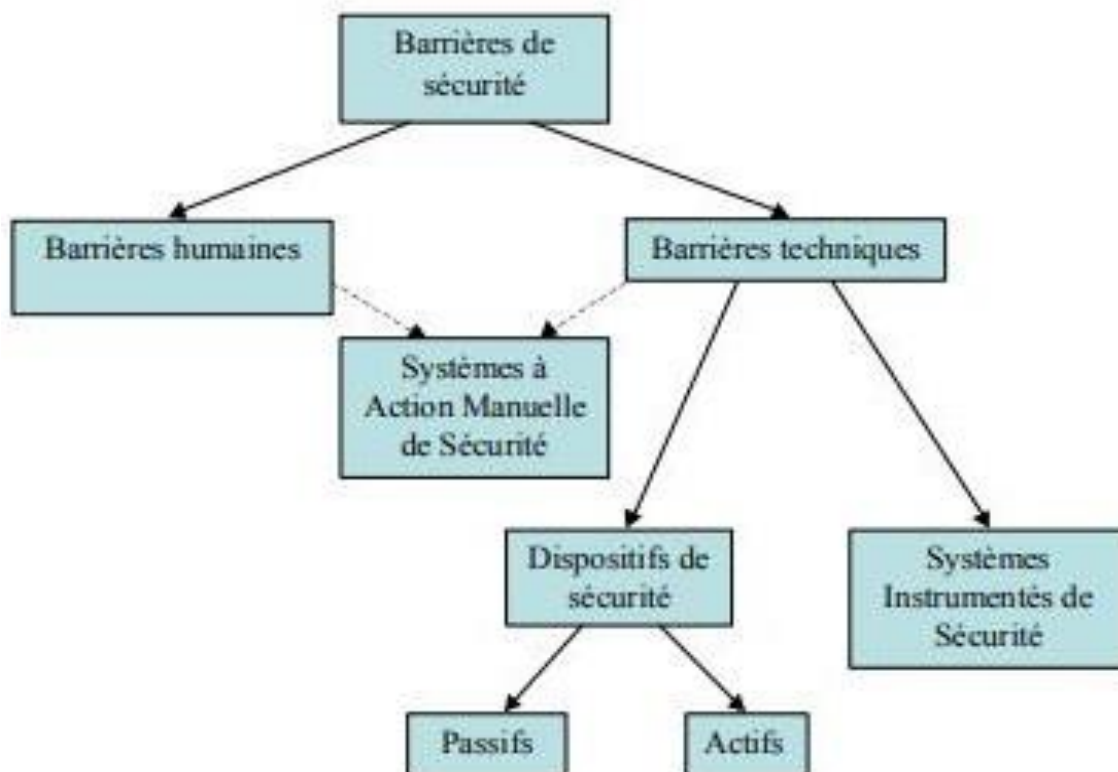


Figure 15: Classification des systèmes de sécurité selon l'INERIS

## **Chapitre 2 : Identification des méthodes d'analyses des risques et les EIPS**

---

### **2.2.3 Mode de fonctionnement des barrières de sécurité :**

Deux types de mode de fonctionnement existent :

#### **2.2.3.1 Mode de fonctionnement à la sollicitation :**

La barrière change d'état pour mettre le système en sécurité. On s'intéresse dans ce cas au taux de défaillance à la sollicitation et à la Probabilité de défaillance à la Demande (PFD) (Exemple : fermeture d'une vanne sur détection de fuite gaz).

#### **2.2.3.2 Mode de fonctionnement continu :**

On s'intéresse dans ce cas au taux de défaillance et à la probabilité de défaillance de la barrière rapportés à une unité de temps (taux de défaillance/h ou probabilité/an).[36]

### **2.3 Les Elément important pour la sécurité :**

#### **2.3.1 Méthodologie pour la sélection des EIPS :**

L'objectif de cette étape est double : Tout d'abord, il s'agit de sélectionner les EIPS parmi les différentes mesures de maîtrise des risques identifiées pour chaque scénario d'accident majeur ; ensuite, évaluer leurs performances. [37]

#### **2.3.2 Définition des EIPS :**

La définition des Eléments Importants Pour la Sécurité suivante peut être couramment admise : « Pour être qualifié d'important pour la sécurité, un élément (opération ou équipement) doit être choisi parmi les barrières de sécurité destinées à prévenir l'occurrence ou à limiter les conséquences d'un évènement redouté (perte de confinement ou d'intégrité physique) susceptible de conduire à un accident majeur ». [37]

#### **2.3.3 Sélection des EIPS :**

Le choix des EIPS s'effectue à l'issue de l'Analyse Détaillée des Risques :

- Dans le cas de scénario d'accident dont la cotation à aboutit à un niveau de risque « faible » ou « ALARP », la sélection des EIPS s'effectue à partir des mesures de maîtrise des risques identifiées pour chacun des scénarios.
- Dans le cas de scénario d'accident dont la cotation à aboutit à un niveau de risque « intolérable ou élevé » la sélection des EIPS s'effectue à partir des mesures de maîtrise des risques existantes (actuellement prévues dans le design) et à partir des mesures complémentaires de réduction des risques proposées.

# **Chapitre 03 :**

Etude de cas d'une  
Modélisation des scénarios  
catastrophiques



## **Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques**

---

### **Chapitre 3 : Etude de cas d'un Modélisation des scénarios catastrophiques**

#### **3.1 Présentation du site de GASSI TOUIL :**

La direction régionale de Gassi Touil (GTL), fait partie de la division production de l'entreprise SONATRACH. Elle se trouve à 1000 km au sud-est d'Alger et à 150 km au sud de Hassi Messaoud. La totalité de la production de gaz et de pétrole brut de la région de Gassi Touil y est acheminée.

L'usine de Gassi Touil a été mise en production en 1965. La superficie du champ s'étend sur 120 km<sup>2</sup> et compte 60 puits producteurs, 6 puits injecteurs et 11 puits secs ou abandonnés. Les unités de production disponible sur le site de Gassi Touil sont reprises ci-dessous :

- Unité de traitement de brut
- Unité de traitement de gaz
- Unité de récupération des gaz associés
- Unité de traitement des rejets industriels.[38]

La capacité initiale de traitement installée est de 20 millions de Nm<sup>3</sup>/j de gaz pour une production de 2900 tonnes de condensats récupérés. Le traitement de l'huile brute est de 21850 m<sup>3</sup> par jour et la capacité totale de stockage est de l'ordre de 67400 m<sup>3</sup>.

La station de récupération des gaz associés collecte 4,9 MMstdm<sup>3</sup>/j des gaz à partir des différents points de l'unité de séparation et de l'unité de traitement gaz. Le gaz comprimé est alors réinjecté à une pression de 152 bars dans les puits injecteurs.[38]

## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

---



**Figure 16:** Vue aérienne du site de GT

### 3.1.1 Unité de traitement de brut :

L'unité de traitement de Brut se compose d'une section de séparation et d'une section de stockage et d'expédition.

La section de séparation regroupe une série de 9 batteries. Chaque batterie est formée d'un couple de séparateurs (HP et MP). Un séparateur supplémentaire (HP 7) a été installé en 1992 pour recevoir la production des puits à fort G.O.R.

La section stockage et expédition comprend 8 bacs de stockage et une pomperie d'expédition :

- Capacité de traitement installée : 21 850 m<sup>3</sup>/j
- Capacité de stockage installée : 75 400 m<sup>3</sup>
- Pomperie : 1250 m<sup>3</sup>/h.[38]

## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

### 3.1.1.1 Section séparation :

Le brut produit par les puits est collecté dans 4 manifolds situés dans le champ (manifolds satellites n° 0, 1, 2 et 3). Il est ensuite acheminé vers l'unité de séparation, à travers des collecteurs de 6", 8", 10" et 12" de diamètres.

Le procédé utilisé est le flash par étapes successives. Dans le cas de Gassi Touil, la séparation s'effectue dans une série de 3 séparateurs en série représentant 3 étages de séparation (HP, MP et ATM). Les 2 premiers étages forment une batterie.

Six batteries principales sont placées en parallèle, et traitent les effluents préalablement homogénéisés. Le troisième étage est constitué par 2 séparateurs atmosphériques qui traitent la totalité de la production provenant des 6 batteries.[38]

### 3.1.1.2 Section stockage :

Le parc de stockage se compose des bacs aériens suivants :

**Tableau 4:** Composition du parc de stockage du site de Gassi Touil [38]

Produit	Type	N° de l'équipement	Volume (m3)	Encuvement (m2)
Pétrole brut	Toit flottant	R21 (production)	20000	10160
		R22 (décantation)	20000	10160
		R23 (expédition)	20000	10160
Condensat	Toit fixe	R1	3390	3047
		R2	3390	3047
Bacs de test	Toit fixe	R3	310	920 (cuvette commune aux 2 bacs)
		R4	310	
Bac de chargement de brut	Parallélépipédique	-	50	-
Condensat	Toit fixe	R5	8000	5184

## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

### 3.1.1.3 Section pomperie et pipe d'évacuation :

La section pomperie est équipée des équipements suivants :

- 3 électropompes principales verticales immergées à trois étages, de puissance 330 CV, débitant chacune 1250 m<sup>3</sup> à 3 bars aux conditions nominales. Elles peuvent être disposées, soit en série, soit en parallèle, selon les besoins en pression ou en débit. En fait, elles sont toujours disposées en série pour pouvoir développer une pression de 14 à 18 bars et vaincre ainsi la pression qui règne dans l'oléoduc de 30" de diamètre.
- 2 pompes de transfert qui assurent le transvasement du brut des bacs de test vers les bacs principaux, de puissance 50 CV débitant chacune 250 m<sup>3</sup> à une pression de 3 bars.

Après stockage et stabilisation, le pétrole brut et les condensats sont mélangés puis expédiés au centre collecteur de **Haoud-El-Hamra**, à travers un oléoduc de 30" de diamètre reliant **Ohanet à Haoud El Hamra**. Une ligne d'expédition de 20" de diamètre relie la pomperie à la gare de racleurs du pipe 30" **Ohanet - Haoud El Hamra**. [38]

### 3.2 Le scénario choisi dans notre étude : Défaillance d'un bac de stockage

**Tableau 5:** Les caractéristiques du réservoir de stockage de brut R22 [38]

Caractéristique	Stockage de brut
Type d'installation	Bac de stockage à toit flottant
Substance	Brut stabilisé
Capacité (m <sup>3</sup> )	20 000
Diamètre de la plus grande connexion (mm)	500
Densité (kg/m <sup>3</sup> )	778,3
Masse (kg)	1,56E07
T service (°C)	35
T calcul (°C)	50
Encuvement (m <sup>2</sup> )	10160

## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

---

### 3.2.1 Equipements étudiés dans le scénario :

On étudiera, comme scénario enveloppe, les conséquences liées à la défaillance du bac de stockage de brut R22

### 3.2.2 Description des évènements redoutés :

L'évènement redouté est une rupture complète et instantanée du tank. Le scénario étudié est donc la perte de confinement d'une quantité importante d'hydrocarbures liquides (C5+). Les phénomènes dangereux redoutés sont un feu de flaque en cas d'ignition immédiate et une explosion retardée (VCE) ou un feu flash suite à l'évaporation de la flaque et à une ignition retardée. Nous étudierons également les phénomènes liés à la fuite correspondant au diamètre de la plus grande ligne connectée (soit, 500 mm).

Le tank est supposé en phase d'attente entre l'alimentation et l'expédition. Ainsi, le tank est considéré plein et l'alimentation coupée.

Etant donné la présence d'événements à l'atmosphère au niveau des bacs à toits fixes, le mélange gazeux de vapeur de condensat et d'oxygène dans le bac peut atteindre les limites d'explosivité. Le phénomène d'explosion interne du ciel gazeux du bac est donc étudié.

Le Boilover du bac de brut stabilisé est également envisagé. Le Boilover est un effet secondaire survenant en cas de feu de bac. La possibilité de survenance du phénomène de Boilover est conditionnée par trois paramètres :

- La présence d'eau en fond du bac de stockage étudié
- Une viscosité du liquide stocké suffisante
- Un feu apportant une énergie thermique au bac

Le condensat stocké a une composition telle que sa viscosité cinématique est inférieure à celle du kérosène à 393°C, le phénomène ne peut donc se rencontrer sur les bacs de stockage de GT.

## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

### 3.3 Elaboration d'un arbre des évènements :

Les calculs des fréquences génériques de défaillance sont basés sur des données extraites du Handboek Kanscijfers 20097. Le Handboek Kanscijfers se base sur des données historiques d'un certains nombres d'équipement représentatifs. Le Handboek Kanscijfers donne les probabilités de défaillance suivantes pour un réservoir atmosphérique[39] :

- Perte de confinement ( $2.56^{E-02}$ )
- Petite fuite ( $2.16^{E-02}$ )
- Moyenne fuite ( $1.98^{E-03}$ )
- Grande fuite ( $1.98^{E-03}$ )
- Rupture ( $4.50^{E-05}$ )

**Tableau 6:** Type et fréquence de défaillance [39]

Fréquence de défaillance [/tank/an]	
Type de défaillance	Réservoir de stockage atmosphérique
Petite fuite $0.1 < d \leq 10 \text{ mm}$ $d_{\text{éq}} = 10 \text{ mm}$	$2.4 \cdot 10^{-3}$
Fuite moyenne $10 < d \leq 50 \text{ mm}$ $d_{\text{éq}} = 25 \text{ mm}$	$2.2 \cdot 10^{-4}$
Grande fuite $50 < d \leq D_{\text{max}}$ $d_{\text{éq}} = D_{\text{L max}}$	$2.2 \cdot 10^{-4}$
Rupture	$1 \cdot 10^{-5}$
Total	$2.85 \cdot 10^{-3}$

## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

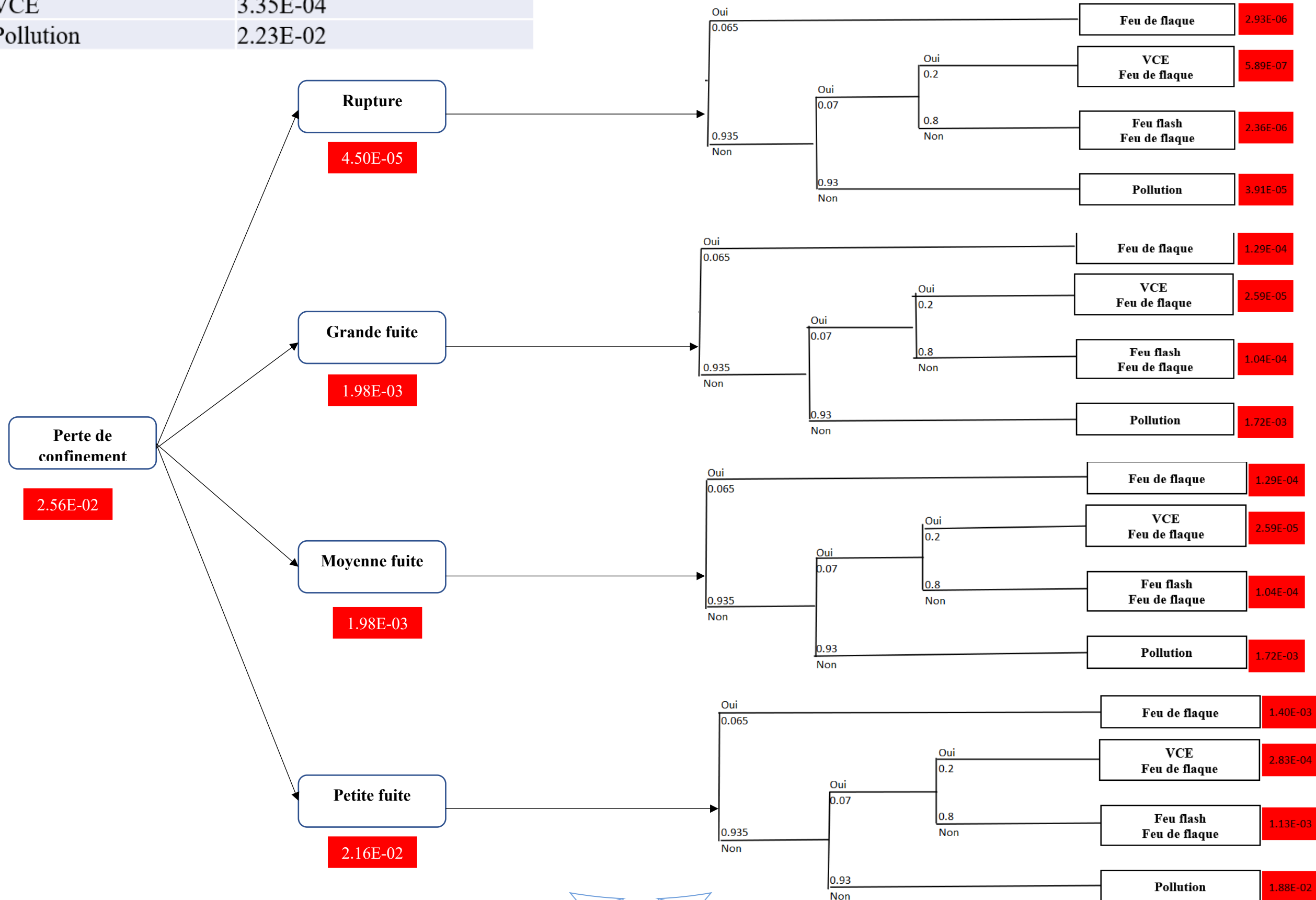
---

**Tableau 7:** Probabilité d'occurrence des scénarios d'accidents et ces effets

Scénario d'accident	Probabilité d'occurrence (/an)	Les effets des scénarios
Feu de flaqué	3,31E-03	<p>.</p> <p>La cinétique du feu de flaqué permet une évacuation rapide du personnel à proximité.</p>
Feu de flash	1,34E-03	<p>La zone de danger d'un feu flash recouvre partiellement le site dans ce scénario mais n'atteint pas de zone normalement peuplée.</p>
VCE	3,35E-04	<p>En fonction de la probabilité d'occurrence des événements le phénomène (VCE) est le plus fréquent.</p> <p>La zone d'effets des dommages irréversibles ou létaux est très importante et recouvre des zones normalement peuplées telle que la salle de contrôle, le laboratoire, le bâtiment HSE et les bâtiments de maintenance</p>
Pollution	2,23E-02	<p>Les nuisances engendrées par les diverses sources de pollutions sont variées et peuvent s'accumuler : augmentation de la mortalité des espèces humaines, animales ou végétales qui peut aller jusqu'à l'extinction de l'espèce, destruction de l'habitat naturel, détérioration de la qualité des sols, de l'eau, de l'air...</p>

### Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

Scénario d'accident	Probabilité d'occurrence (/an)
Feu de flaque	3.31E-03
Feu de flash	1.34E-03
VCE	3.35E-04
Pollution	2.23E-02





## **Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques**

---

### **3.4 Modélisation par le logiciel PHAST :**

#### **3.4.1 Présentation du logiciel de simulation PHAST :**

PHAST est un logiciel qui a été développé et mis à jour par DNV pour évaluer les conséquences des fuites de gaz, des incendies, des explosions, de la toxicité et des autres dangers technologiques reliés à diverses industries. Le logiciel PHAST (Process Hazard Analysis Software Tool), est un outil complet d'analyse des risques d'une installation industrielle. PHAST simule l'évolution d'un rejet accidentel d'un produit toxique et/ou inflammable, depuis la fuite initiale jusqu'à la dispersion atmosphérique en champ lointain, incluant la modélisation de l'épandage et de l'évaporation de flaque. PHAST est capable de modéliser les scénarios de rejets à partir des divers termes sources (fuite sur la paroi d'un réservoir, rupture d'une canalisation, ...) qui sont ensuite combinés avec le modèle de dispersion de PHAST de type intégral, appelé Unified Dispersion Model (UDM), pour obtenir par exemple : les distances de sécurité correspondant aux seuils toxiques et l'empreinte du nuage au Sol à un instant donné. [40]

La modélisation des effets d'un phénomène accidentel comprend trois composantes, à savoir les modélisations du « terme source », de la « propagation » de cette source dans l'environnement et l'effet sur les « cibles ». La dispersion atmosphérique d'un produit rejeté accidentellement dépend essentiellement :

- Des caractéristiques de la source d'émission (énergie cinétique, direction du rejet, densité du produit rejeté, durée de la fuite, conditions de la fuite...).
- Des conditions météorologiques comme la vitesse du vent, la stabilité de l'atmosphère, l'hygrométrie, la température ambiante.
- Des conditions de relief et de la présence d'obstacles.

#### **3.4.2 Les données d'accident :**

La modélisation des effets du scénario étudié avec le logiciel PHAST nécessite en données d'entrée différents éléments concernant l'accident dont : caractéristiques de la source d'émission, des conditions météorologiques, des conditions de relief et de la présence d'obstacles.

# Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

## 3.4.3 Caractéristiques du terme source :

Le logiciel PHAST peut modéliser différents types du terme source, et dans notre cas on a utilisé type « rupture catastrophique » d'un réservoir de stockage de brut R22 de capacité de 20000 m<sup>3</sup> avec les phénomènes liés à la fuite « Petite fuite **10mm**, Moyenne fuite **25mm**, Grande fuite **500mm** ».

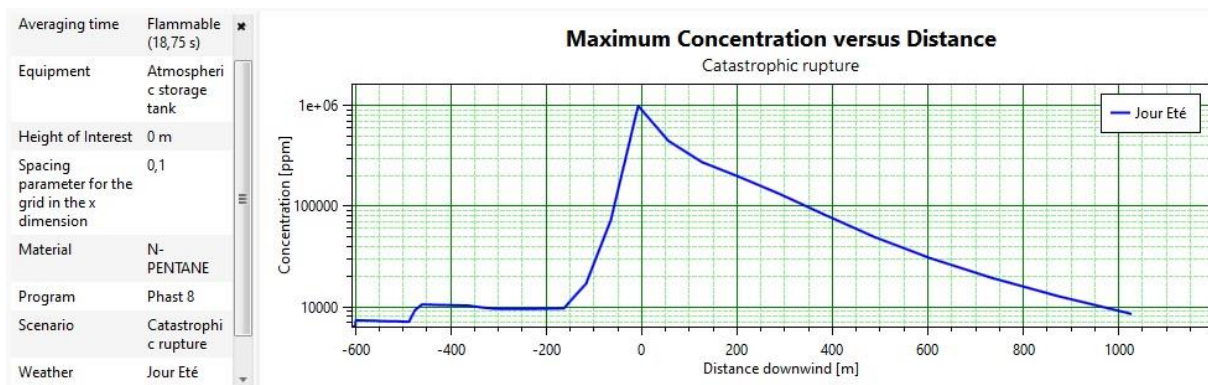
## 3.4.4 Conditions météorologiques :

Notre étude est effectuée sous des conditions de vitesse de vent de 6 m/s et une stabilité atmosphérique de classe C. On assume également que la température extérieure est de 35°C.

## 3.5 Modélisation avec PHAST :

### 3.5.1 Modélisation de la Rupture du bac :

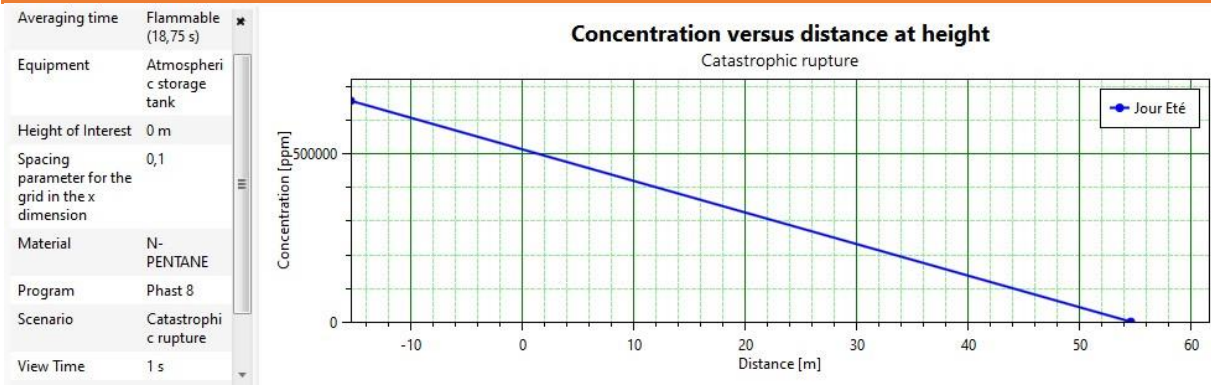
#### 3.5.1.1 Modélisation de la dispersion :



**Figure 17:** La concentration maximale du polluant en fonction de la distance (Rupture)

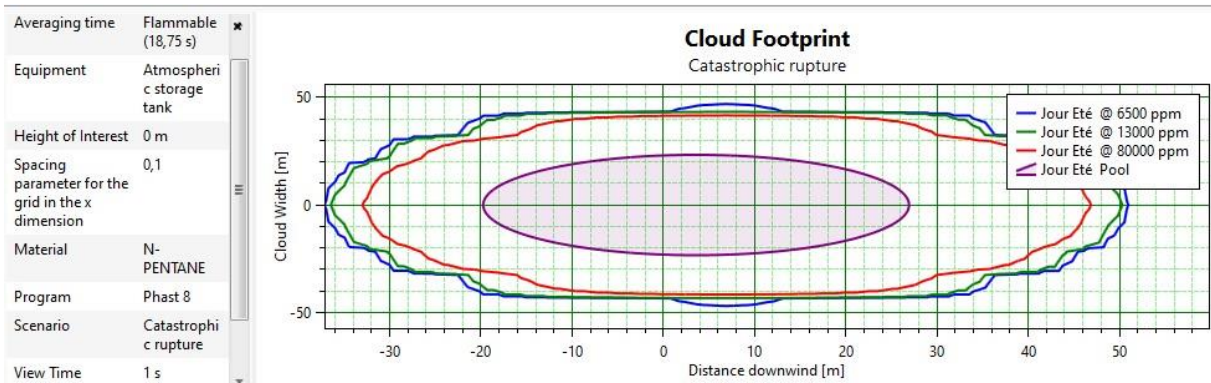
La figure ci-dessus montre l'évolution de la concentration du polluant en ppm en fonction de la distance pendant un temps de 18.75 secondes. On constate que la concentration maximale du polluant a atteint 996546 ppm. Le polluant peut atteindre jusqu'à 1026 m.

# Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

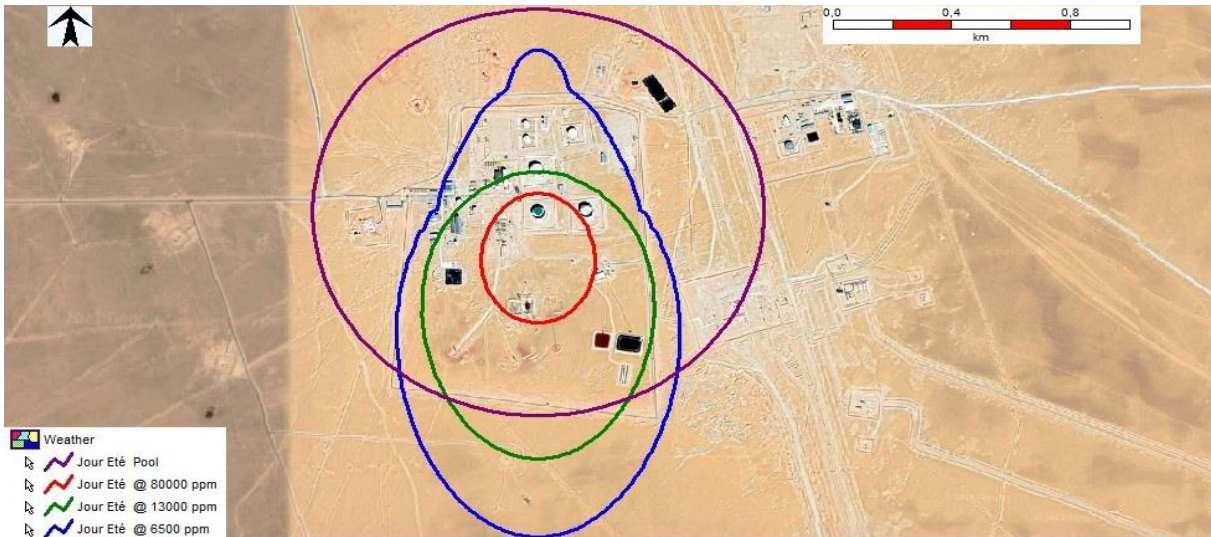


**Figure 18 :** Concentration du polluant en fonction de la distance en hauteur (Rupture)

Dans cette figure on constate que la plus grande hauteur atteinte par le polluant est 54 m.



**Figure 19 :** Le largeur du polluant en fonction de la distance



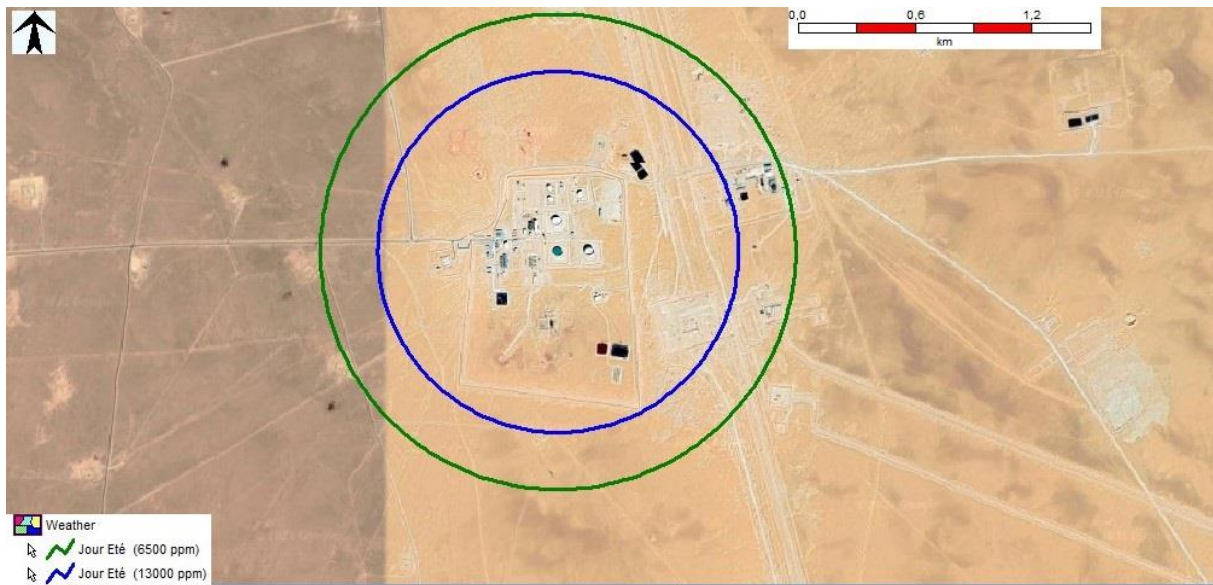
**Figure 20 :** Les zones touché par le polluant

## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

Le résultat dans la figure ci-dessus montre les zones touchées par le polluant, toute la zone industrielle ainsi que la base de vie et les annexes du complexe sont atteintes par le polluant. On voit que la plus grande concentration de polluant est 80000 ppm située à proximité du bac de stockage, la quantité de polluant diminue avec la distance par rapport à la source.

Le cercle en mauve représente la zone atteinte par le liquide déversé dus à la rupture du bac, il est recommandé d'utiliser une cuvette de rétention pour prévenir ces déversements accidentels hors du périmètre du bac.

### 3.5.1.2 Modélisation flash fire :



**Figure 21 :** Les zones atteinte par le feu de flash (Rupture)

Le tableau suivant indique les distances atteintes par les concentrations caractéristiques d'un feu de flash pour une rupture soit, la Limite Supérieure d'Inflammabilité et la Limite Inférieure d'Inflammabilité.

**Tableau 8 :** Distance atteinte par feu flash (Rupture)

Zone	Concentration de polluant (ppm)	Distance (m)
Zone A (LSE)	6500	1140
Zone B (LIE)	13000	866



## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

D'après ces résultats on voit que le feu de flash atteint jusqu'à 1140 m avec une concentration maximale de polluant à la source. Ensuite, il commence à diminuer quand nous éloignons de la source. Entre la LIE et LSI on trouve la zone ATEX qui doit suivre des mesures de précaution pour éviter toute source d'explosion. Tous les équipements installés en zone ATEX doivent être conformes à la réglementation ATEX.

### 3.5.1.3 Modélisation d'explosion :

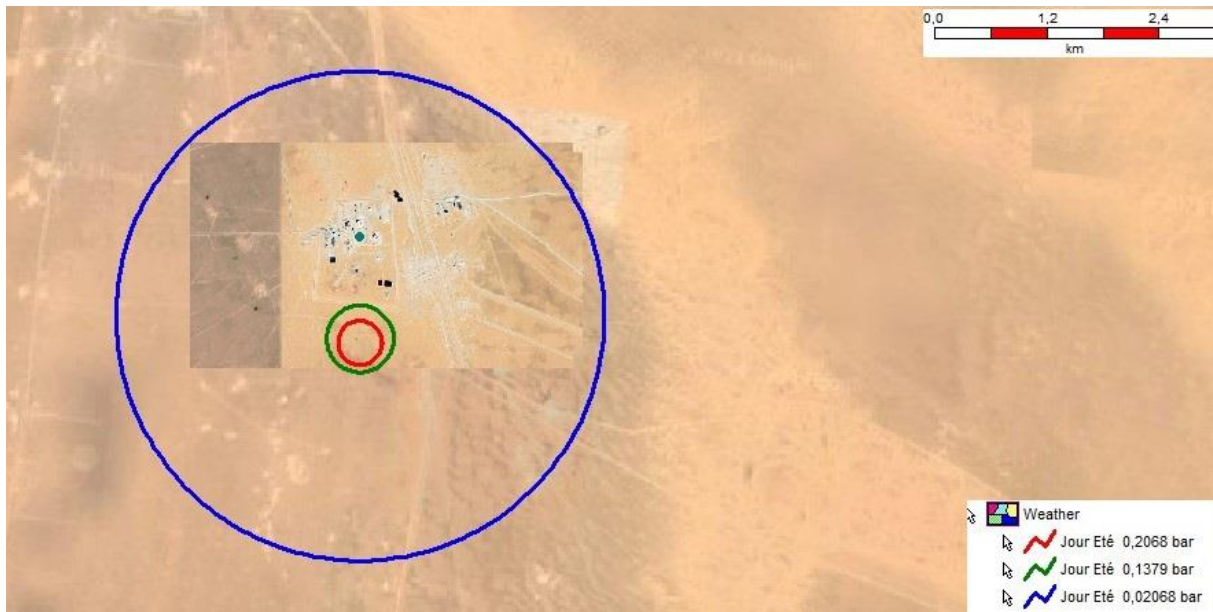


Figure 22 : Les effets de l'explosion (Rupture)

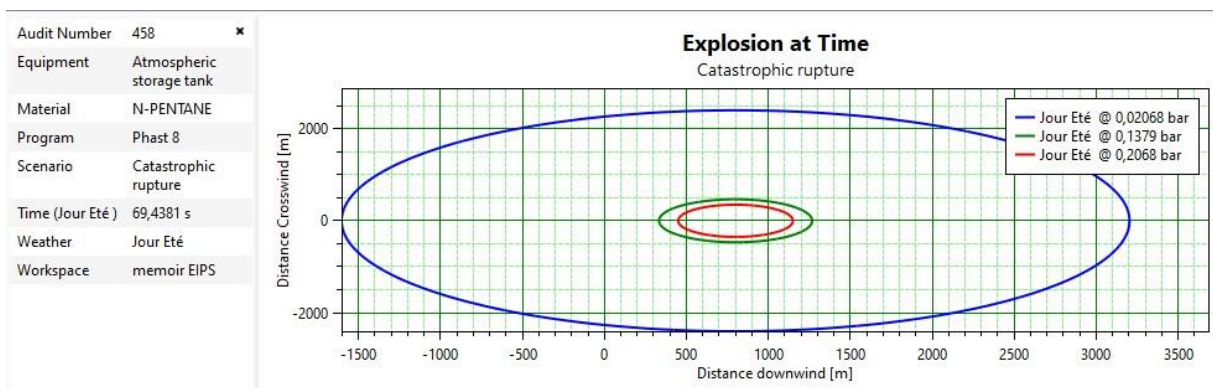
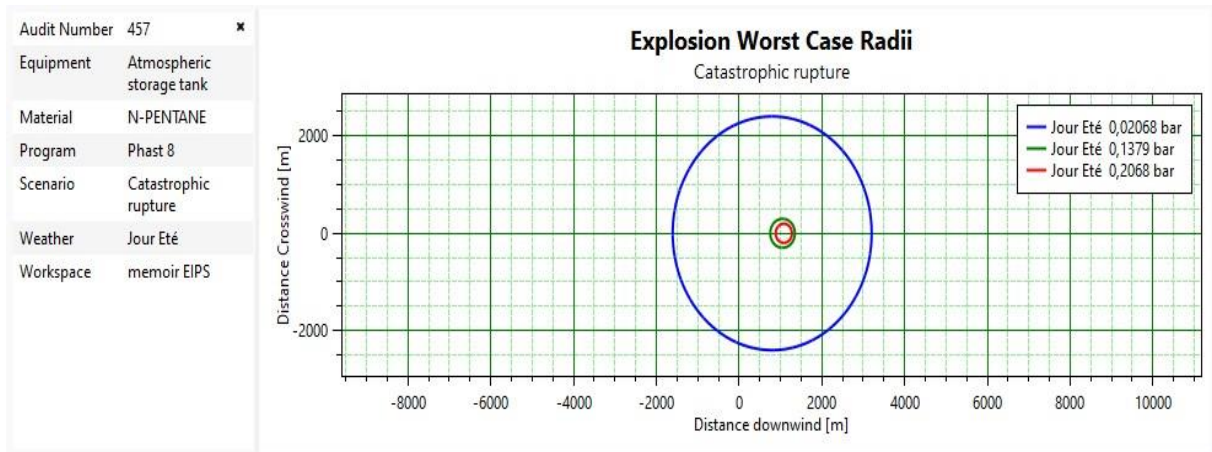


Figure 23 : Les zones touchées par l'explosion en fonction du temps (Rupture)

## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques



**Figure 24 :** Les effets du pire cas d'explosion

Les figures ci-dessus (**Figures : 22, 23 ,24**) montrent les effets de l'explosion après une rupture qui peuvent toucher la zone dont la distance est de 3203 m à la source pendant un temps de 69,4381 s, c.-à-d. la distance de sécurité est supérieure à 3203 m à la source. L'étendue des dégâts dépassent la zone industrielle en causant de graves conséquences sur l'être humain, les matériaux et l'environnement avoisiné.

On peut résumer les résultats obtenus dans ces tableaux :

**Tableau 9 :** Les résultats obtenus par l'explosion (Rupture)

Zone	Pression (bar)	Distance (m)	Diamètre (m)
Zone A	0.02068	1277	395
Zone B	0.1379	1348	597
Zone C	0.2068	3203	4807

# Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

## 3.5.1.4 Modélisation Late pool fire :

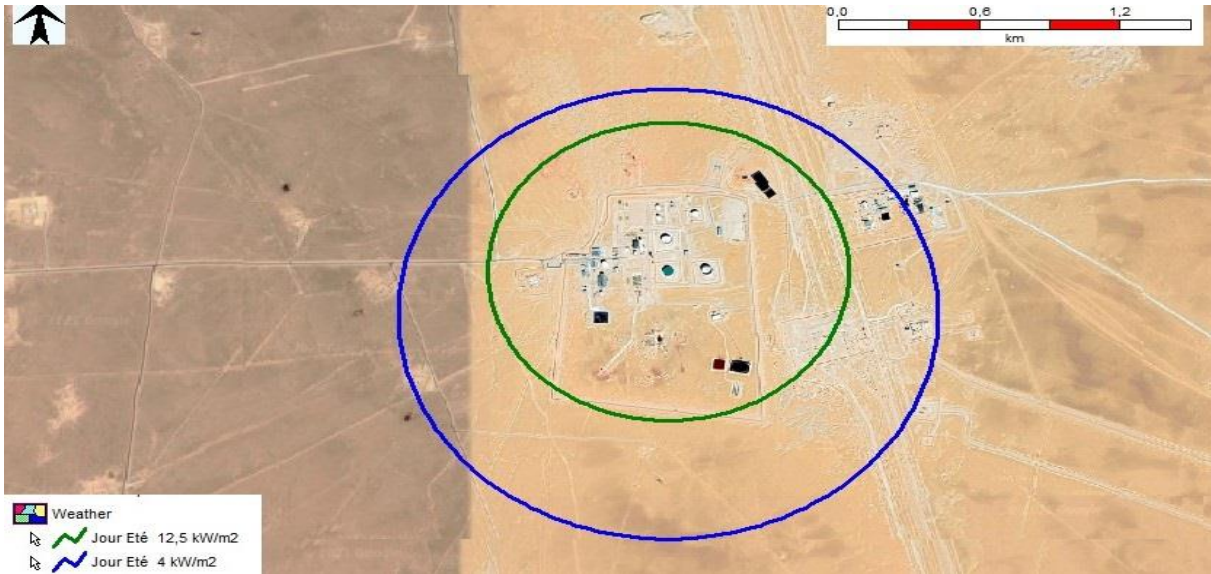


Figure 25: Les zones touchées par le feu de nappe (Rupture)

Le figure ci-dessus montre les zones touchées par les radiations thermiques engendré par le (feu de nappe immédiat) early pool fire au-delà du cercle bleu commence la distance de sécurité (1377 m).

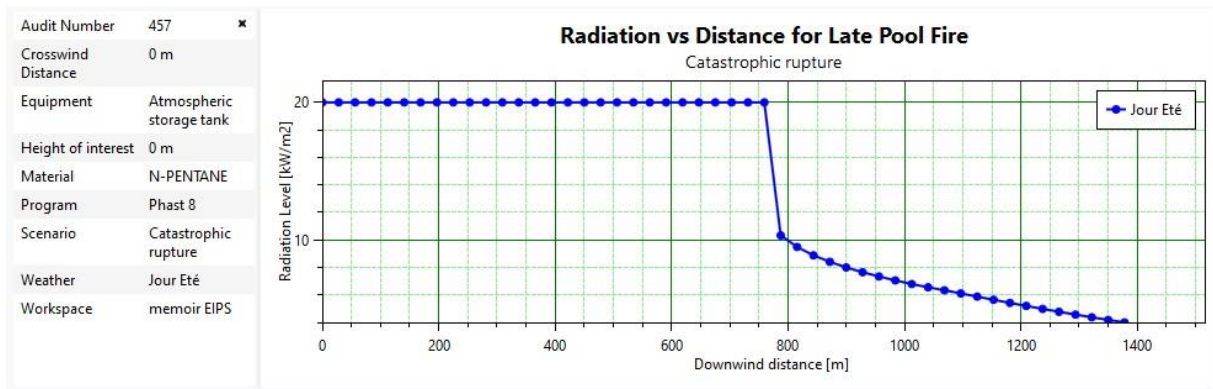


Figure 26 : Effet de la radiation thermique par rapport à la distance

Le niveau de radiation diminue quand on s'éloigne de la source de radiation.

On' a observé dans la zone 2 une décroissance d'effet thermique jusqu'à 4 kW/m2 qui cause des effets significatifs à distance e de 1377 met diamètre de 1515 m.



# Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

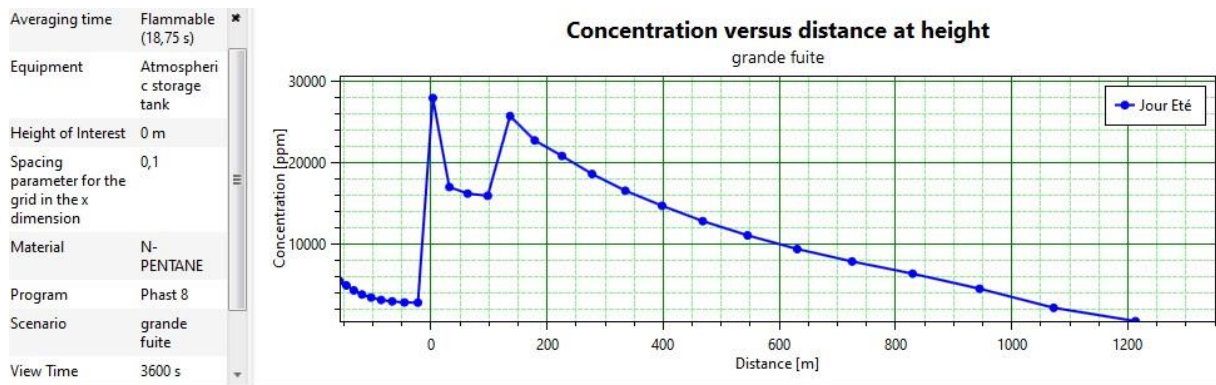
On le résume dans ce tableau :

**Tableau 10** : les résultats obtenus par le feu de nappe (Rupture)

Zone	Niveau de radiation thermique (KW/m <sup>2</sup> )	Distance (m)	Pool Diamètre (m)
Zone A	12.5	769	1515
Zone B	4	1377	

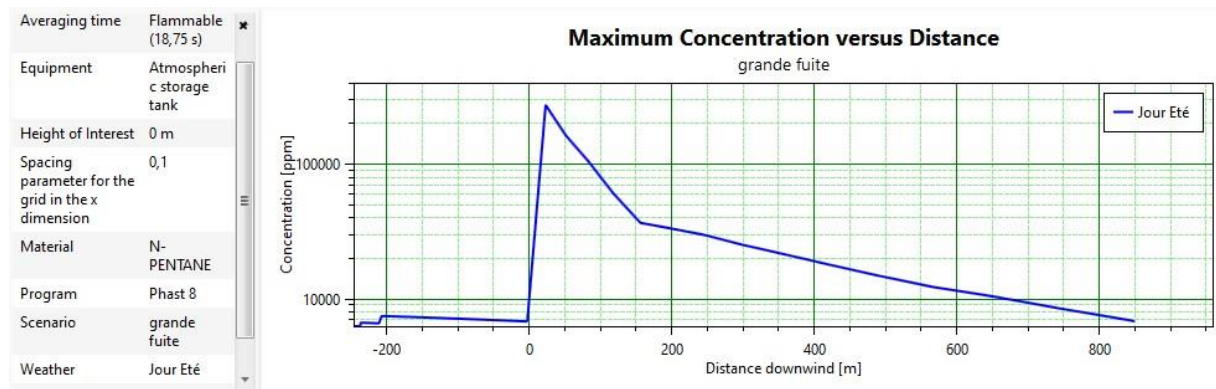
### 3.5.2 Modélisation grande fuite (500 mm) :

#### 3.5.2.1 Modélisation de la dispersion :



**Figure 27** : Concentration du polluant en fonction de la distance en hauteur (grande fuite)

Cette figure présente la hauteur du nuage du polluant pendant 18.75 s, on voit que le nuage du polluant peut atteindre jusqu'à 1213 m de hauteur.

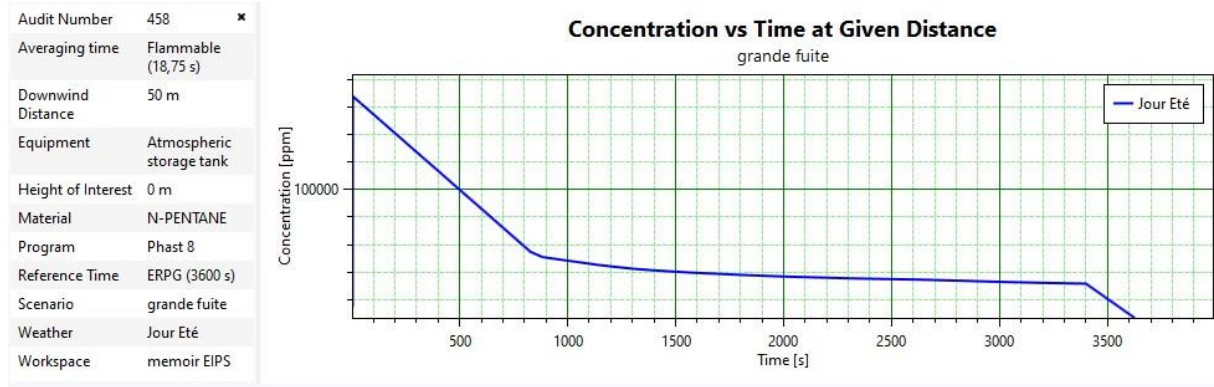


**Figure 28** : La concentration maximale du polluant en fonction de la distance (grande fuite)



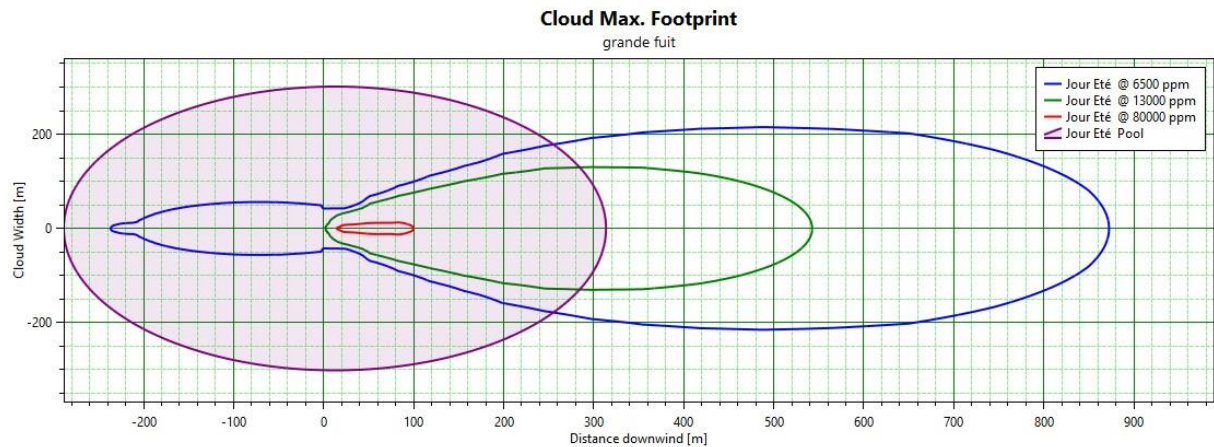
# Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

La figure ci-dessus montre l'évolution de la concentration du polluant en ppm en fonction de la distance pendant un temps de 18.75 secondes. On constate que la concentration maximale du polluant atteinte est 276050 ppm a 23 m de distance. Le polluant peut atteindre jusqu'à 849 m.



**Figure 29 :** La concentration du polluant en ppm par rapport au temps (grande fuite)

Ce résultat est obtenu à une distance de 50 m à la source d'accident. On constate la rapidité d'augmentation de concentration du polluant à la distance de source 168076 ppm pendant 1.6 secondes puis la quantité du polluant diminue avec le temps.



**Figure 30 :** la distance atteinte par le nuage du polluant en ppm par rapport à la distance (grande fuite)

Le résultat dans la figure ci-dessus montre les zones touchées par le polluant pendant un temps de 18.75seconds.

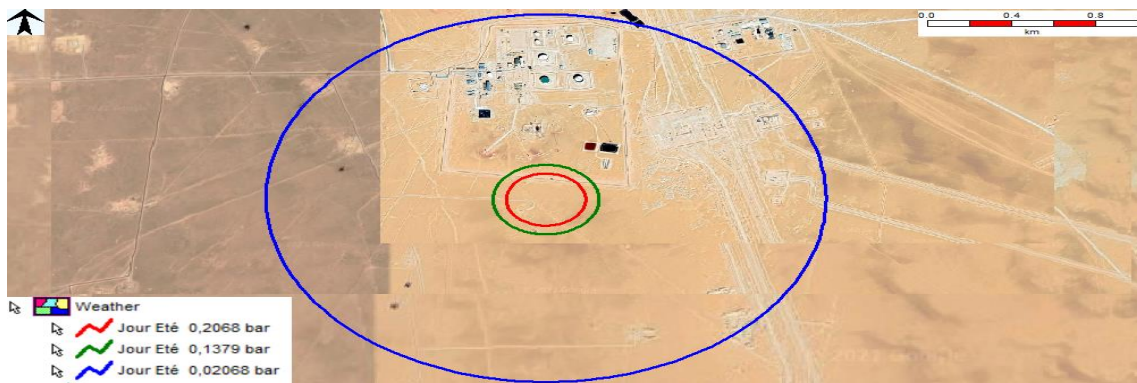
## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

On résumé les résultats dans ce tableau :

**Tableau 11** : Les caractéristiques maximales obtenues lors de la dispersion (grande fuite)

MAX concentration	MAX distance	MAX hauteur
276050 ppm	849 m	1213 m

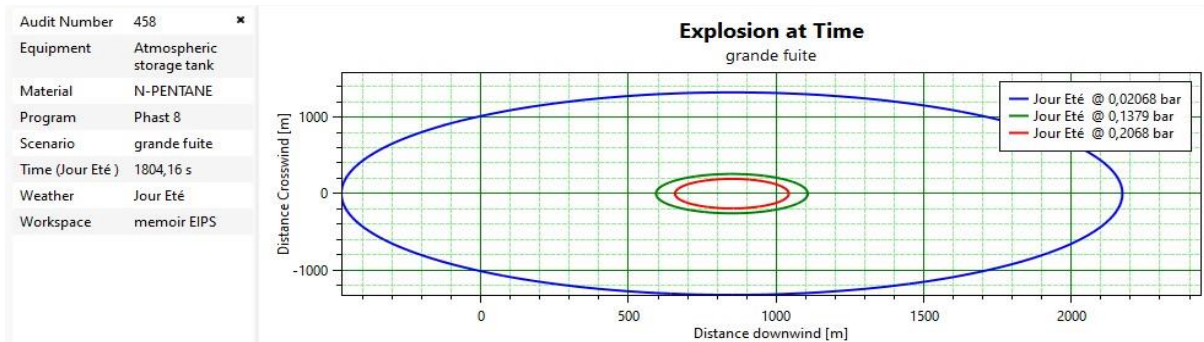
### 3.5.2.2 Modélisation de l'explosion :



**Figure 31** : Les effets de l'explosion (grande fuite)

En se basant sur ces résultats, on constate que pratiquement tous les opérateurs ainsi que ceux qui travaillent au niveau de la zones Gassi Touil sont exposés à des effets corporels irréversibles/létaux. Ainsi, tous les équipements sont exposés à des dégâts matériels significatifs avec des effets dominos (distance d'effet atteint 375 m pour le seuil 206 mbar).

Suite aux effets dominos, il est possible d'avoir une perte de confinement d'un certain équipement suivi par ignition immédiate de produit inflammable relâchés, événement soudain et la possibilité d'intervention après son occurrence est limitée. Il est nécessaire de renforcer les barrières préventives pour empêcher la survenue de l'évènement.



**Figure 32** : Les zones touchées par l'explosion en fonction du temps (grande fuite)

## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

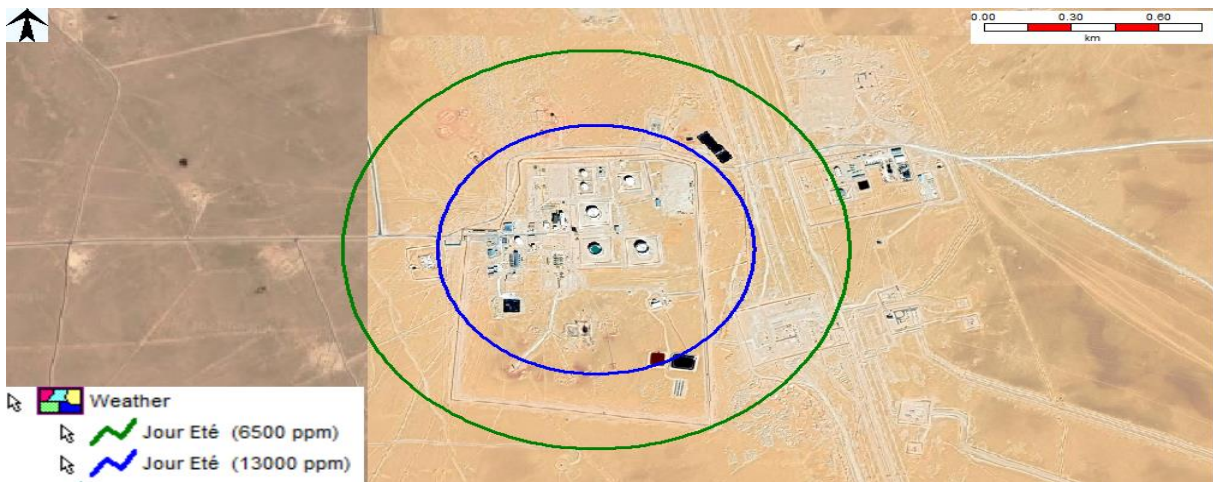
La figure ci-dessus montre les effets de l'explosion qui peuvent toucher la zone à une distance de 2172 m à la source pendant un temps de 1804.16 s, c.-à-d. la distance de sécurité est supérieure à 2172 m à la source.

On peut résumer les résultats obtenir par PHAST dans le tableau suivant :

**Tableau 12 :** Les résultats obtenus par l'explosion (grande fuite)

Zone	Pression (bar)	Distance (m)	Diamètre (m)
A	0.2068	1047	375
B	0.1379	1110	500
C	0.02068	2172	2645

### 3.5.2.3 Modélisation de Feu flash :



**Figure 33 :** Les zones atteinte par le feu de flash (grande fuite)

**Tableau 13 :** Distance atteinte par le feu de flash (grande fuite)

Zone	Concentration de polluant (ppm)	Distance (m)
A (LIE)	13000	541
B (LSE)	6500	867



## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

D'après ces résultats on voit que le feu de flash atteint jusqu'à 867m de distance avec une concentration maximale de polluant à la source, Ensuite, il commence à diminuer quand nous éloignons de la source. Entre la LIE et LSI on trouve la zone ATEX.

### 3.5.2.4 Modélisation de jet feu :

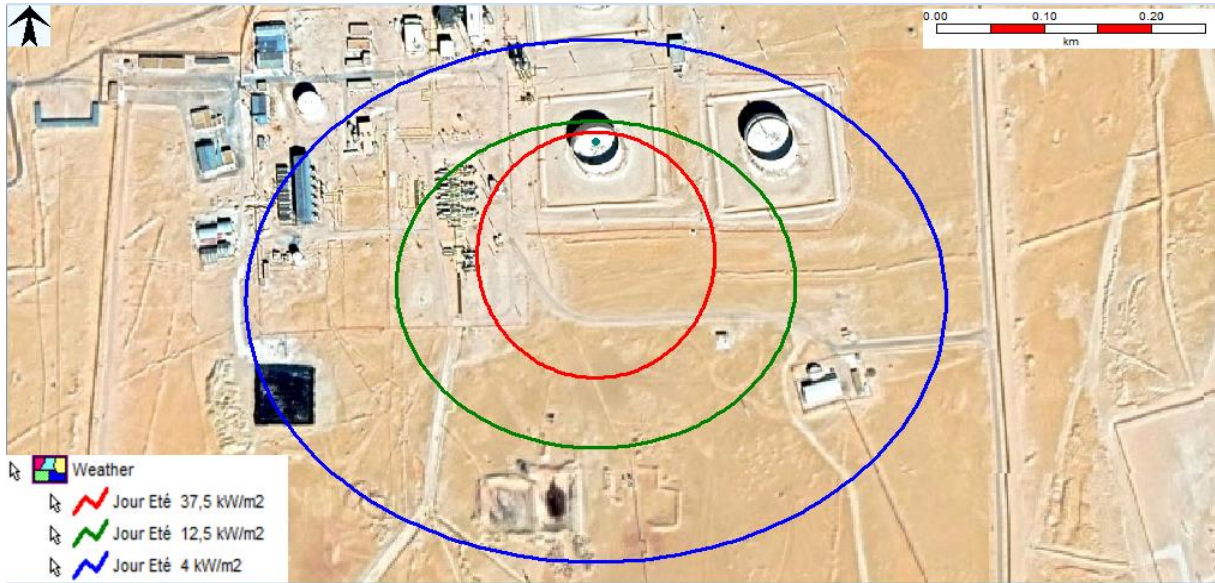


Figure 34 : Les effets de jet de feu (grande fuite)

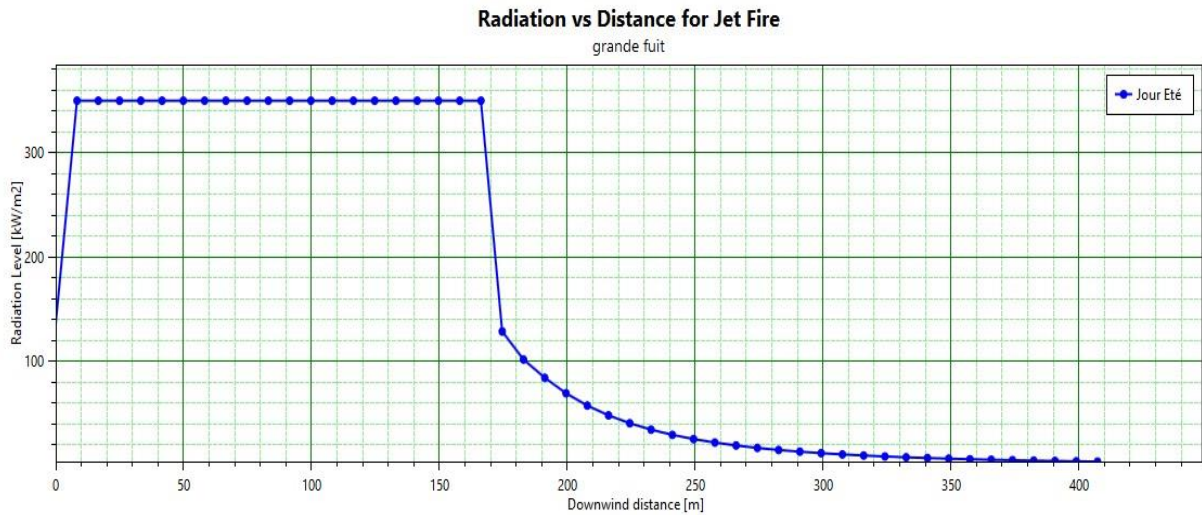


Figure 35 : Les radiations thermique de jet de feu en fonction de distance (grande fuite)

# Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

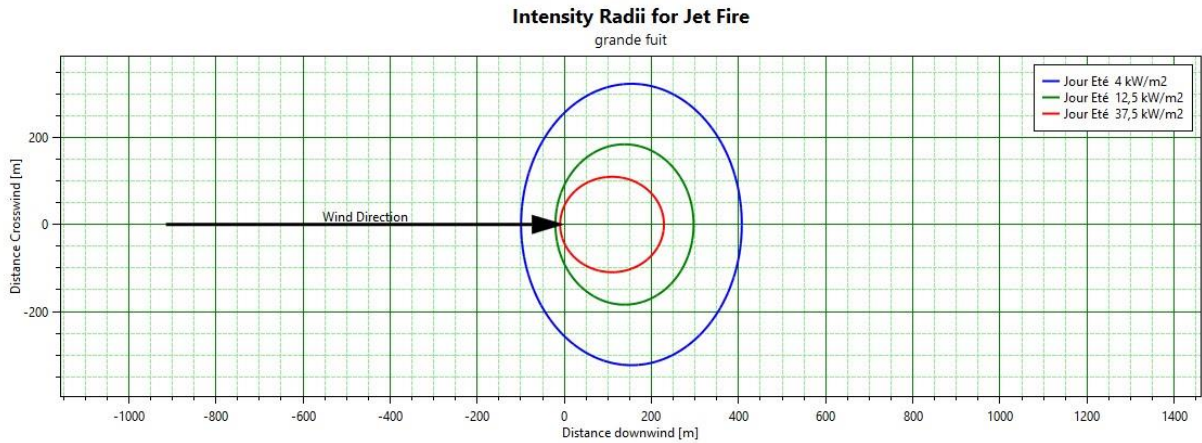


Figure 36 : L'intensité de radiation thermique (grande fuite)

Tableau 14 : Les résultats obtenus par jet de feu (grande fuite)

Zone	Niveau de radiation thermique (KW/m2)	Distance (m)
A	37.5	228
B	12.5	296
C	4	407

D'après ces résultats on remarque que les radiations thermiques atteignent une distance de 407 m à la source, alors la distance de sécurité commence à partir cette valeur.

### 3.5.2.5 Modélisation de Pool fire :

#### 3.5.2.5.1 Early pool fire :

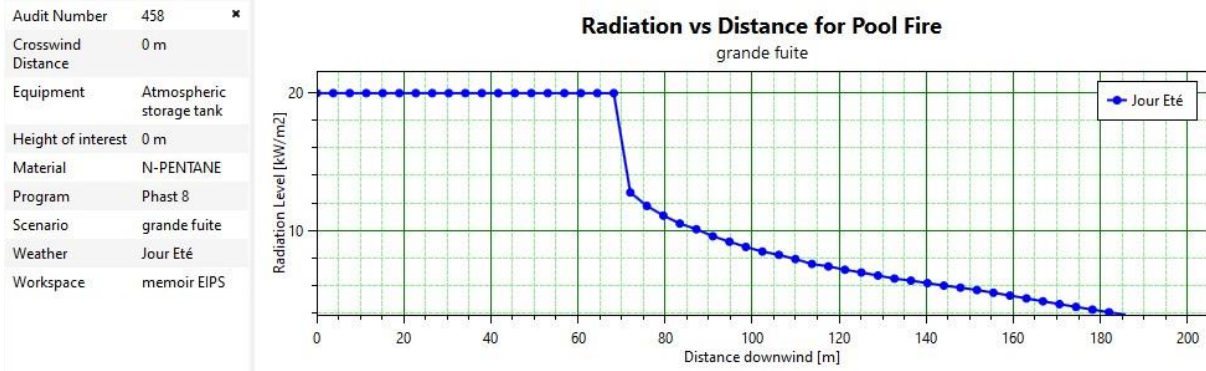


Figure 37 : Les effets de feu de nape immédiat (grande fuite)



# Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

Le figure ci-dessus montre les zones touchées par les radiations thermiques engendré par le (feu de nappe immédiat) early pool fire au-delà du cercle bleu commence la distance de sécurité (185 m).



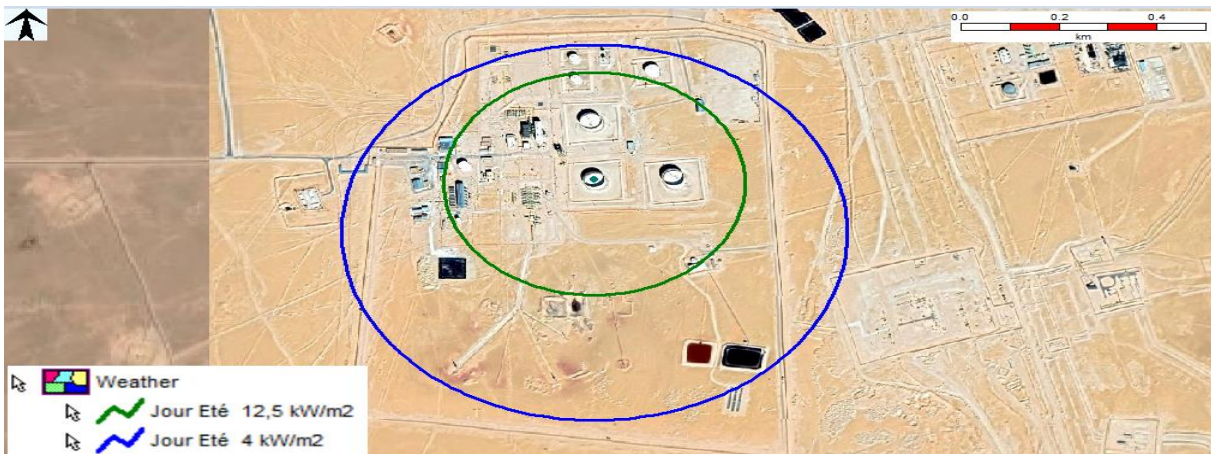
**Figure 38 :** Les radiation de feu de nape immédiat en fonction de la distance (grande fuite)

Le niveau de radiation diminue quand on s'éloigne de la source de radiation. On le résume dans ce tableau :

**Tableau 15 :** Résultat obtenus par feu de nape immédiate (grande fuite)

Zone	Niveau de radiation thermique (KW/m2)	Distance (m)	Pool Diamètre (m)
Zone A	12.5	185	111.915
Zone B	4	72	

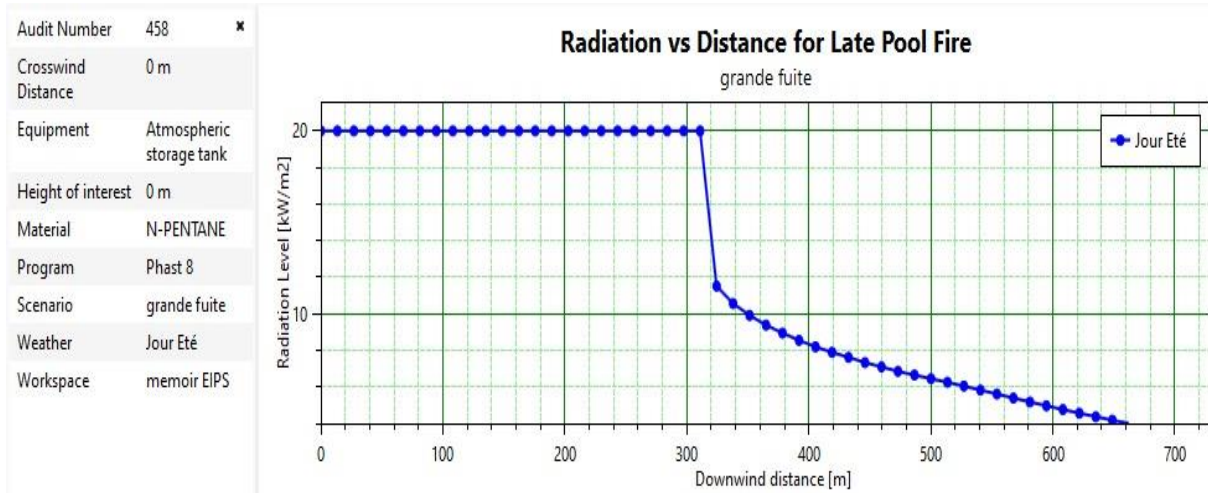
### 3.5.2.5.2 Late pool fire :



**Figure 39 :** Les effets de feu de nape retardé (grande fuite)

## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

La figures ci-dessus montre les zones touchées par les radiations thermiques engendré par le feu de nappe retardé (late pool fire) au-delà du cercle bleu commence la distance de sécurité (662 m).



**Figure 40 :** Les radiation de feu de nappe retardé en fonction de la distance (grande fuite)

On le résume dans ce tableau :

**Tableau 16 :** Résultat obtenus par feu de nappe retardé (grande fuite)

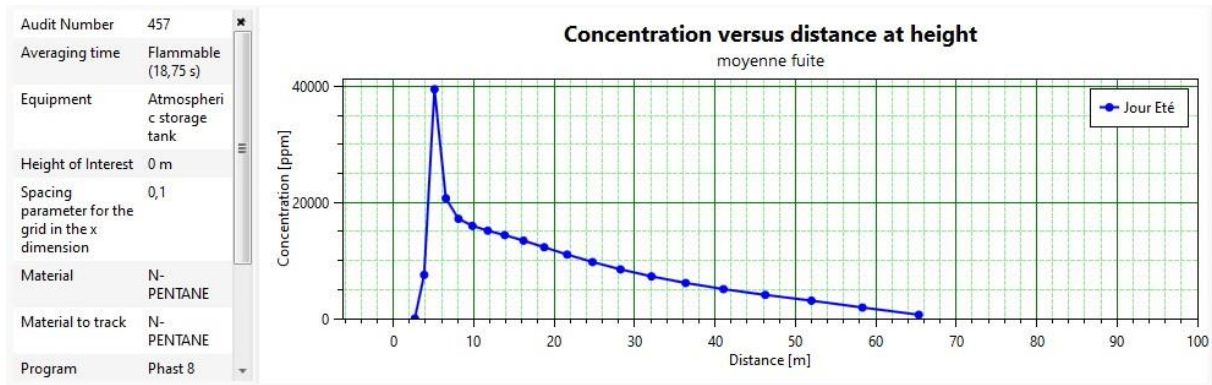
Zone	Niveau de radiation thermique (KW/m2)	Distance (m)	Pool Diamètre (m)
Zone A	12.5	318	602
Zone B	4	662	

En conclue que le feu de nappe peut atteindre jusqu'à 662 m et avoir des conséquence grave sue l'homme et les installations dans un diamètre de 602 m.

# Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

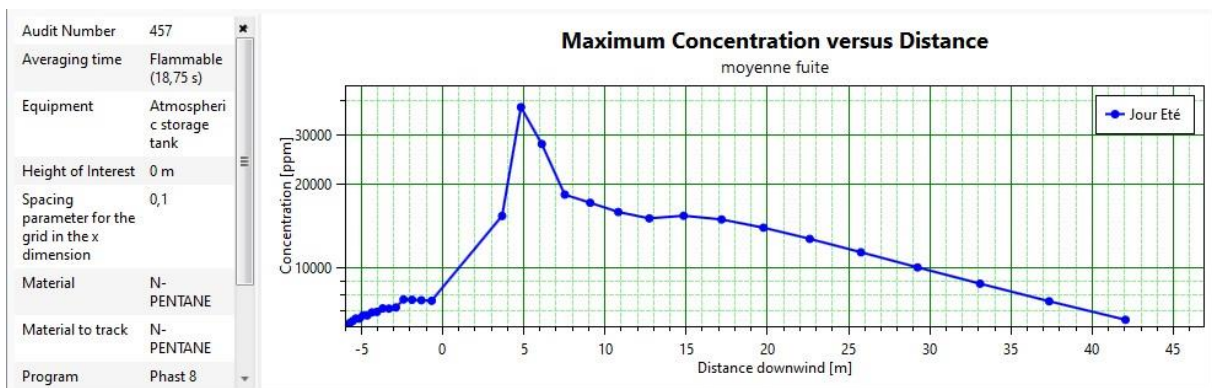
## 3.5.3 Modélisation moyenne fuite (25 mm) :

### 3.5.3.1 Modélisation de la dispersion :



**Figure 41 :** Concentration du polluant en fonction de la distance en hauteur (moyenne fuite)

Cette figure présente la hauteur du nuage du polluant pendant 18.75 s, on voit que le nuage du polluant peut atteindre jusqu'à 65 m de hauteur.

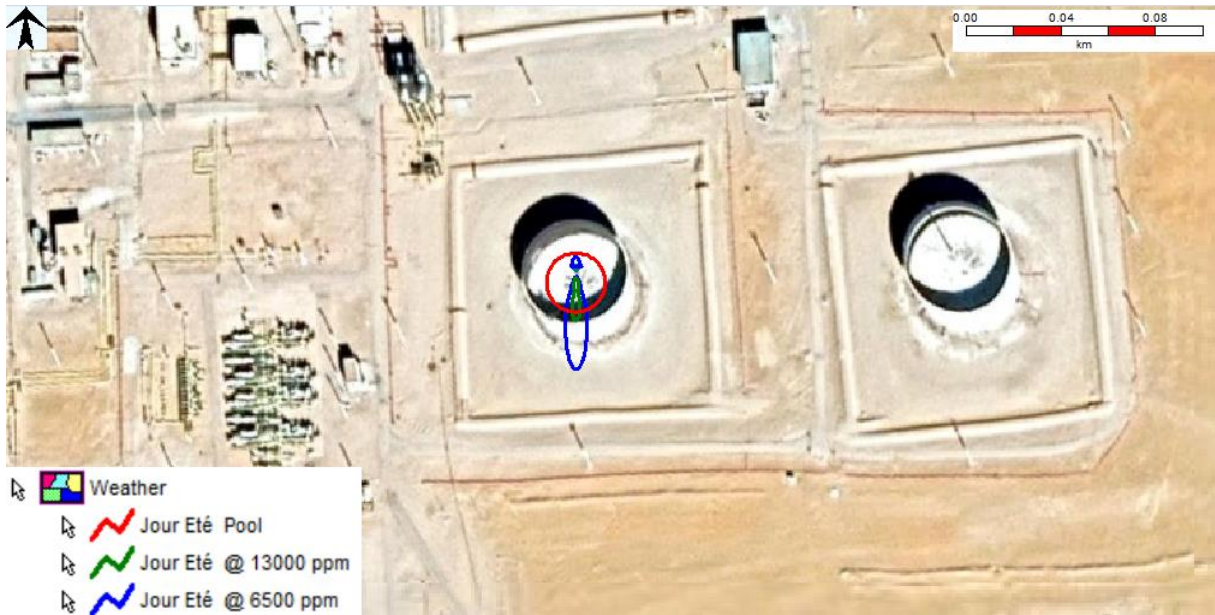


**Figure 42:** Le concentration maximale du polluant en fonction de la distance (moyenne fuite)

La figure ci-dessus montre l'évolution de la concentration du polluant en ppm en fonction de la distance pendant un temps de 18.75 secondes. On constate que la concentration maximale du polluant atteinte est 37746 ppm a 4.8 m de distance. Ensuite, la distance commence à diminuer jusqu'à 42 m de distance.



## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques



**Figure 43 :** la distance atteinte par le nuage de polluant (moyenne fuite)

Le résultat dans la figure ci-dessus montre les zones touchées par le polluant, on voit que le nuage n'a pas quitté le périmètre de bac de stockage R22 (42m de distance) donc on a des effets pour la santé en cas de présence de personnel dans la zone du bac. On résumé les résultats dans ce tableau :

**Tableau 17 :** Les caractéristiques maximales obtenues lors de la dispersion (moyenne fuite)

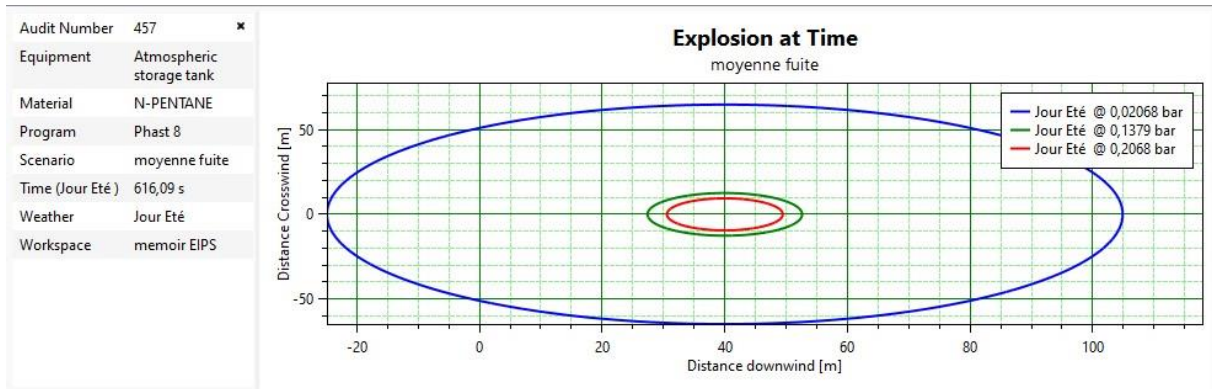
MAX concentration	MAX distance	MAX hauteur
37746 ppm	42 m	65 m

### 3.5.3.2 Modélisation de l'explosion :



**Figure 44 :** Les effets de l'explosion (moyenne fuite)

## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques



**Figure 45 :** Les zones touchés par l'explosion en fonction du temps (moyenne fuite)

La figure ci-dessus montre que les effets de l'explosion qui peuvent toucher la zone a une distance de 104 m à la source pendant un temps de 616.06 s, c.-à-d. la distance de sécurité est de 104 m à la source.

On peut résumer les résultats obtenus par PHAST dans le tableau suivant :

**Tableau 18 :** Les résultats obtenus par l'explosion (moyenne fuite)

Zone	Pression (bar)	Distance (m)	Diamètre (m)
A	0.2068	49	18
B	0.1379	52	25
C	0.02068	104	129

## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

### 3.5.3.3 Modélisation du Feu flash :



**Figure 46 :** Les zones atteinte par le feu de flash (moyenne fuite)

**Tableau 19 :** Distance atteinte par le feu de flash (moyenne fuite)

Zone	Concentration de polluant (ppm)	Distance (m)
A (LSE)	6500	42
B (LIE)	13000	22

D'après ces résultats on voit que le feu de flash atteint une distance de 42 m avec une concentration maximale de polluant à la source, Ensuite, il commence à diminuer quand nous éloignons de la source.

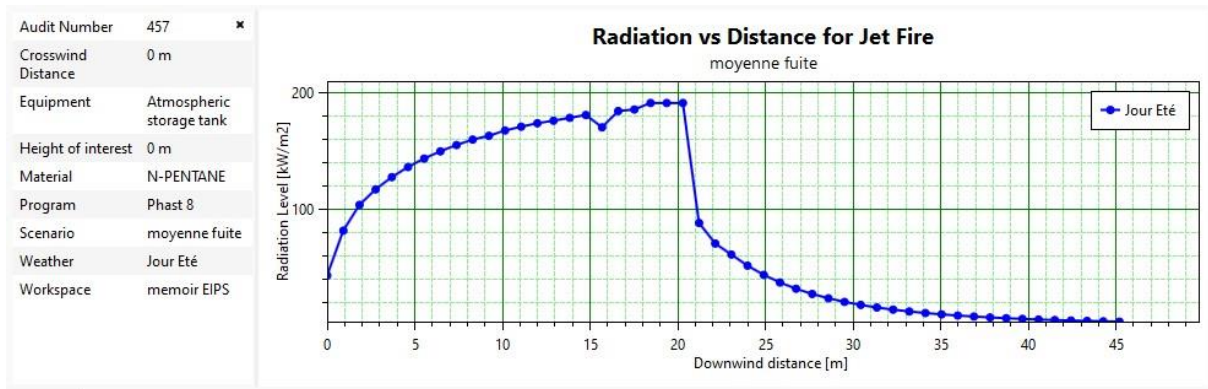
### 3.5.3.4 Modélisation de jet de feu :



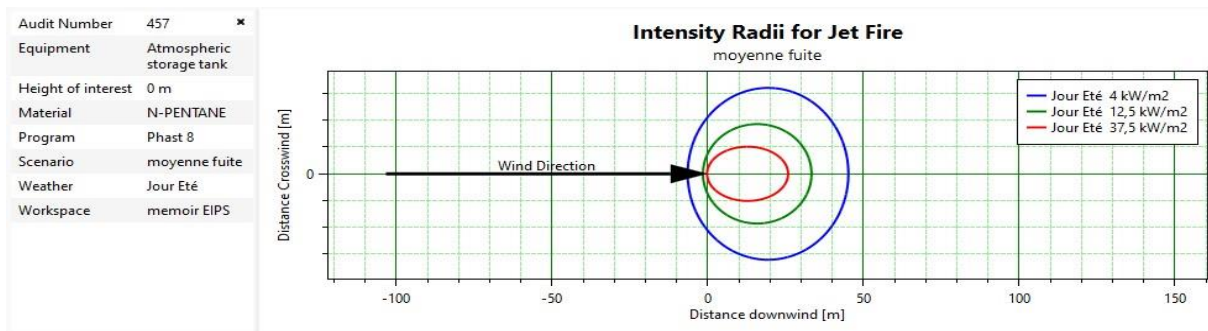
**Figure 47 :** Les effets de jet de feu (moyenne fuite)



## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques



**Figure 48 :** Les radiations thermiques de jet de feu en fonction de la distance (moyenne fuite)



**Figure 49 :** L'intensité de radiation thermique (moyenne fuite)

**Tableau 20 :** Les résultats obtenus par le jet de feu (moyenne fuite)

Zone	Niveau de radiation thermique (KW/m <sup>2</sup> )	Distance (m)
A	37.5	25
B	12.5	33
C	4	45

D'après ces résultats on remarque que les radiations thermiques atteignent une distance de 45 m à la source, alors la distance de sécurité commence à partir cette valeur.

# Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

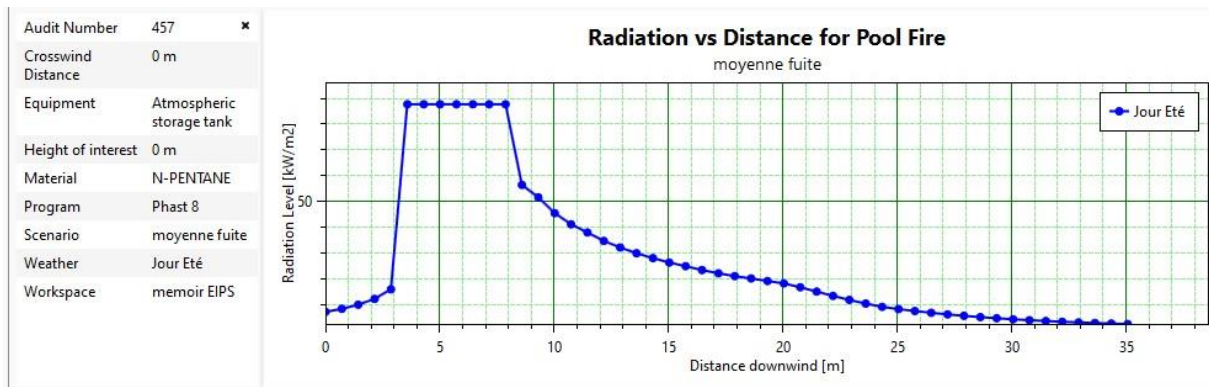
## 3.5.3.5 Modélisation de Pool fire :

### 3.5.3.5.1 Early pool fire :



**Figure 50 :** Les effets de feu de nape immédiat (moyenne fuite)

La figure ci-dessus montre les zones touchées par les radiations thermiques engendré par le (feu de nape immédiat) early pool fire au-delà du cercle bleu commence la distance de sécurité (35 m).



**Figure 51 :** Les radiations de feu de nape immédiat en fonction de distance (moyenne fuite)

Le niveau de radiation diminue quand on s'éloigne de la source de radiation. On résume les résultats dans ce tableau :

## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

**Tableau 21** : Résultat obtenus par feu de nape immédiat (moyenne fuite)

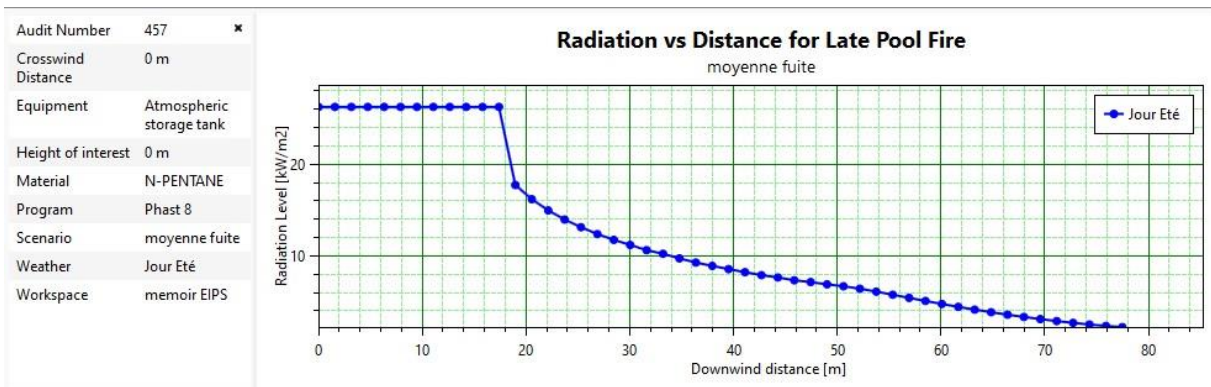
Zone	Niveau de radiation thermique (KW/m <sup>2</sup> )	Distance (m)	Pool Diamètre (m)
Zone A	37.5	11	4
Zone B	12.5	22	
Zone C	4	30	

### 3.5.3.5.2 Late pool fire :



**Figure 52** : Les effets de feu de nape retardé (moyenne fuite)

La figures ci-dessus montre les zones touchées par les radiations thermiques engendré par le feu de nape retardé (late pool fire) au-delà du cercle bleu commence la distance de sécurité (64 m).



**Figure 53** : Les radiation de feu de nape retardé en fonction de distance (moyenne fuite)

## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

On le résume dans ce tableau :

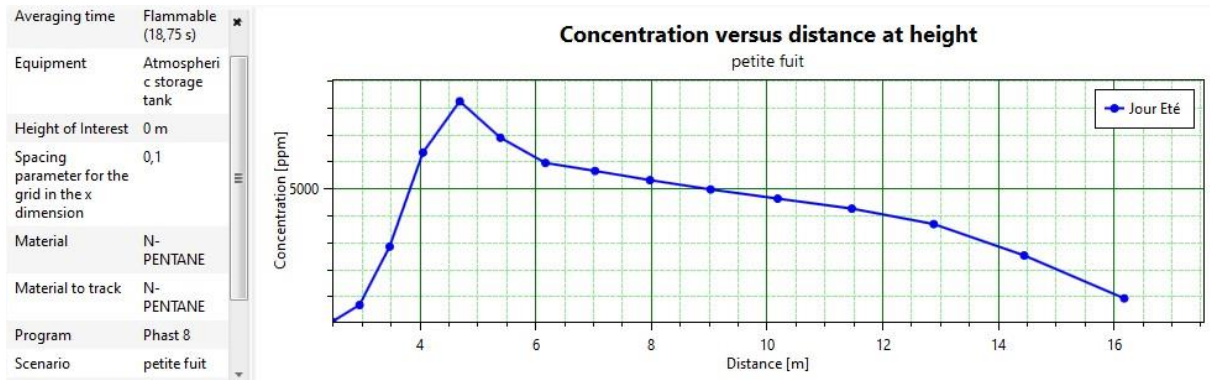
**Tableau 22** : Résultat obtenus par feu de nape retardé (moyenne fuite)

Zone	Niveau de radiation thermique (KW/m <sup>2</sup> )	Distance (m)	Pool Diamètre (m)
Zone A	12.5	26	24
Zone B	4	64	

En conclue que le feu de nape peut atteindre jusqu'à 64 m. les conséquences de feu restent dans le périmètre du bac

### 3.5.4 Modélisation petite fuite (10 mm) :

#### 3.5.4.1 Modélisation de la dispersion :

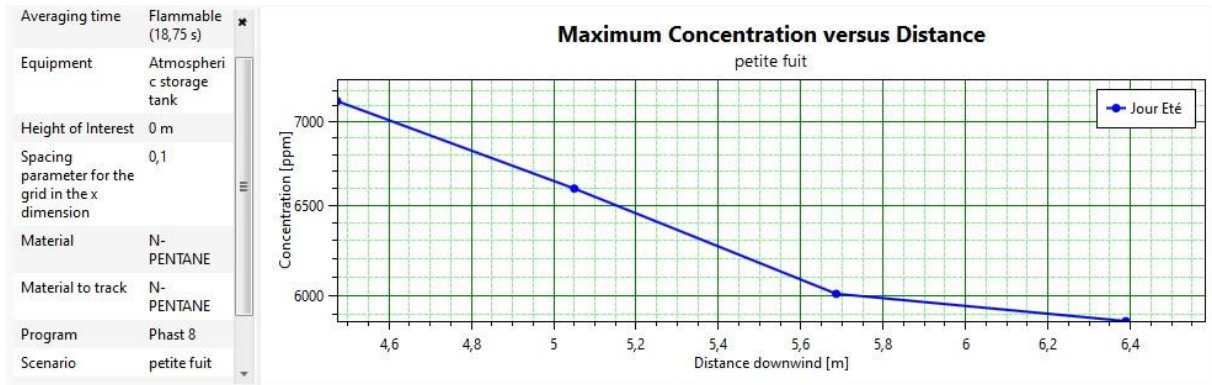


**Figure 54** : Concentration du polluant en fonction de la distance en hauteur (petite fuite)

Cette figure présente la hauteur du nuage de polluante pendant 18.75 s, on voit que le nuage du polluant peut atteindre jusqu'à 16.17 m de hauteur avec maximum de concentration a 4.6 m de hauteur.

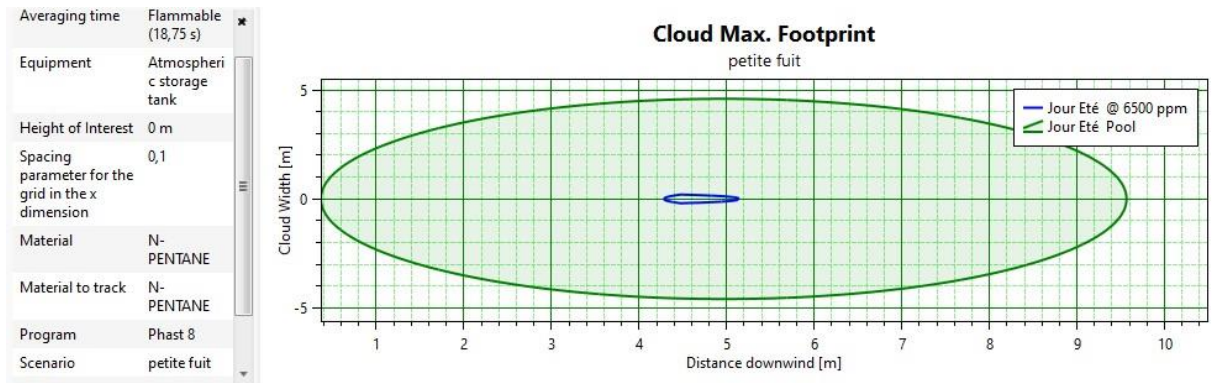


## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques



**Figure 55 :** La concentration maximale du polluant en fonction de la distance (petite fuite)

La figure ci-dessus montre l'évolution de la concentration du polluant en ppm en fonction de la distance pendant un temps de 18.75 secondes. On constate que la concentration maximale du polluant atteint 7130 ppm à 4.4 m de distance. Le polluant peut atteindre jusqu'à 6.4 m de distance.



**Figure 56 :** la distance atteint par le nuage du polluant en ppm par rapport à la distance (Petite fuite)

Le résultat dans la figure ci-dessus montre les zones touchées par le polluant pendant un temps de 18.75seconds. On résumé les résultats dans ce tableau :

**Tableau 23 :** Les caractéristiques maximale obtenues lors de la dispersion (petite fuite)

MAX concentration	MAX distance	MAX hauteur
7130 ppm	6.4 m	16.17 m

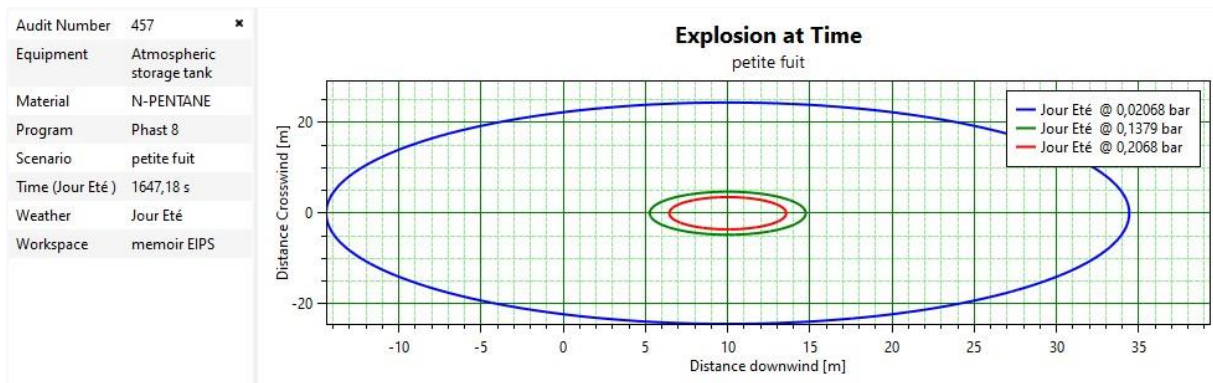


# Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

## 3.5.4.2 Modélisation de l'explosion :



**Figure 57 :** Les effets de l'explosion (petite fuite)



**Figure 58 :** Les zones touchés par l'explosion en fonction du temps (petite fuite)

La figure ci-dessus montre les effets de l'explosion qui peuvent toucher la zone a une distance de 34 m à la source pendant un temp de 1647.18 s, c.-à-d. la distance de sécurité est de 34 m à la source. Les effets de l'explosion n'ont pas quitté le périmètre de bac et les effets pour l'homme sont très faible dans ce cas. On peut résumer les résultats obtenus par PHAST dans le tableau suivant :

**Tableau 24-4 :** Les résultats obtenus lors de l'explosion

Zone	Pression (bar)	Distance (m)	Diamètre (m)
A	0.2068	13	7
B	0.1379	14	9
C	0.02068	34	48

## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

### 3.5.4.3 Modélisation de Feu flash :



**Figure 59** : Les zones atteinte par le feu de flash (petite fuite)

**Tableau 25** : Distance atteinte par feu de flash (petite fuite)

Zone	Concentration de polluant (ppm)	Distance (m)
A (LSE)	6500	5

D'après ces résultats on voit que le feu de flash atteint une de distance de 5 m avec une concentration maximale de polluant a la source, ensuite, il commence à diminuer quand nous éloignons de la source.

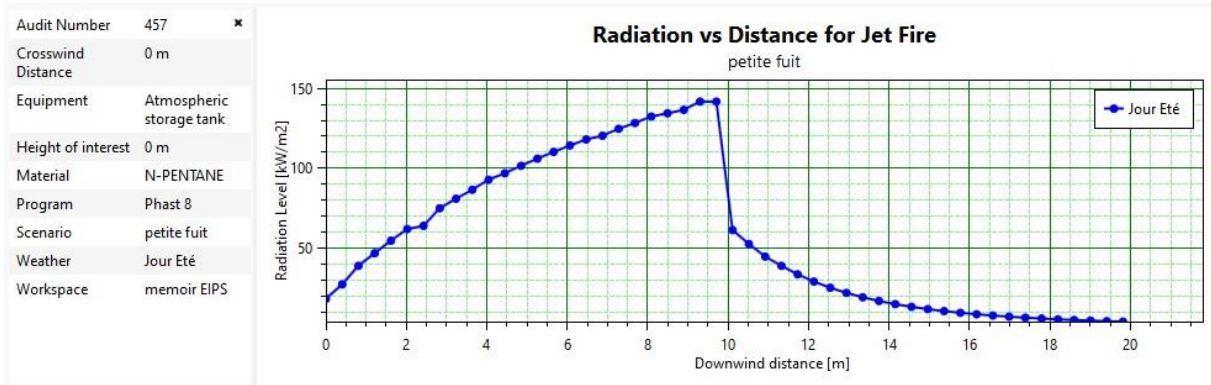
### 3.5.4.4 Modélisation de jet feu :



**Figure 60** : Effet de jet de feu (petite fuite)

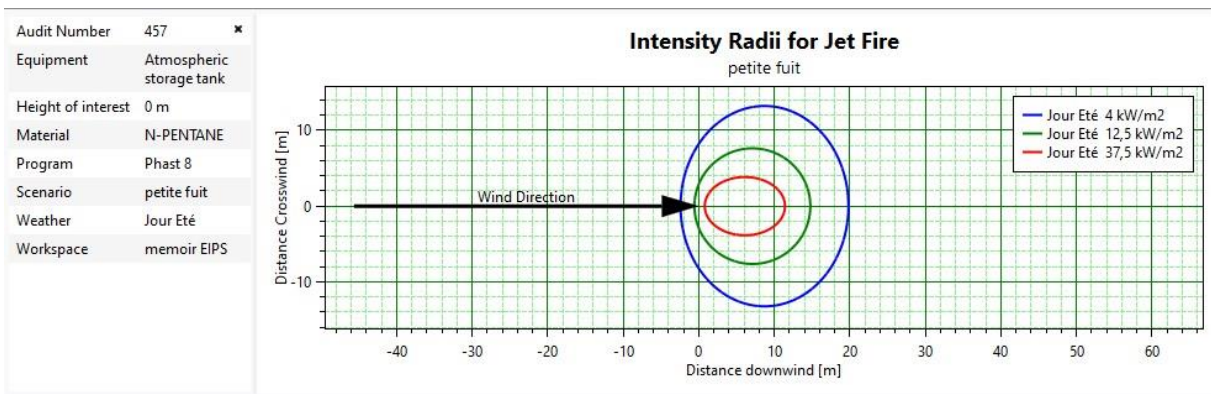


# Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques



**Figure 61 :** Les radiations thermique de jet de feu en fonction de distance (petite fuite)

Dans la figure ce dessus on voit que les radiations thermiques maximales atteintes sont de 141 KW/m<sup>2</sup> a 9 m de la source et commence à démunie quand on s'éloigne de la source.



**Figure 62 :** L'intensité de radiation thermique (petite fuite)

**Tableau 26 :** Les résultats obtenus par jet de feu (petite fuite)

Zone	Niveau de radiation thermique (KW/m <sup>2</sup> )	Distance (m)
A	37.5	11
B	12.5	14
C	4	19

D'après ce résultat on remarque que les radiations thermiques atteignent une distance de 19 m à la source, alors la distance de sécurité commence à partir cette valeur.

# Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

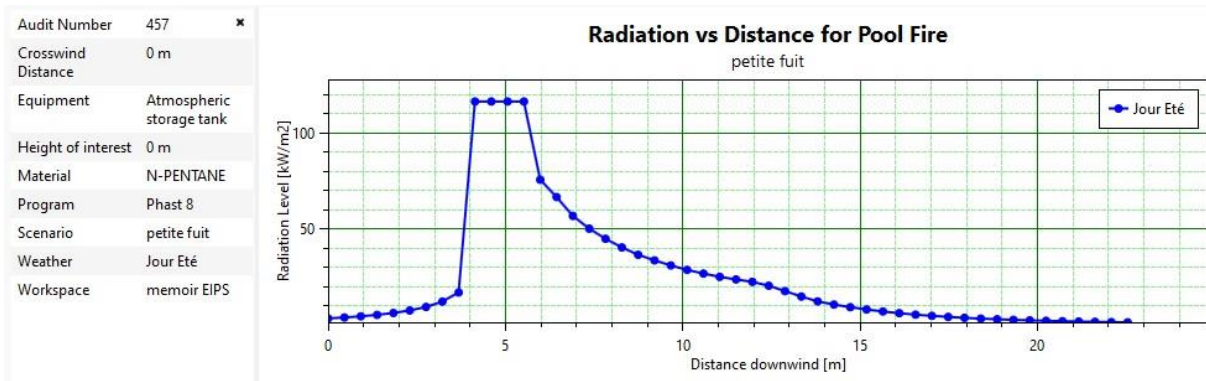
## 3.5.4.5 Modélisation de Pool fire :

### 3.5.4.5.1 Early pool fire :



**Figure 63 :** Les effets de feu de nape immédiat (petite fuite)

Le figure ci-dessus montre les zones touchées par les radiations thermique engendré par le (feu de nape immédiat) early pool fire au-delà du cercle bleu commence la distance de sécurité (17 m).



**Figure 64 :** Les radiations de feu de nape immédiat en fonction de distance (petite fuite)

Le niveau de radiation diminue quand on s'éloigne de la source de radiation. On résume les résultats dans ce tableau :

## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

Tableau 27 : Résultats obtenus par le feu de nape immédiate (petite fuite)

Zone	Niveau de radiation thermique (KW/m2)	Distance (m)	Pool Diamètre (m)
Zone A	37.5	8	1.8
Zone B	12.5	13	
Zone C	4	17	

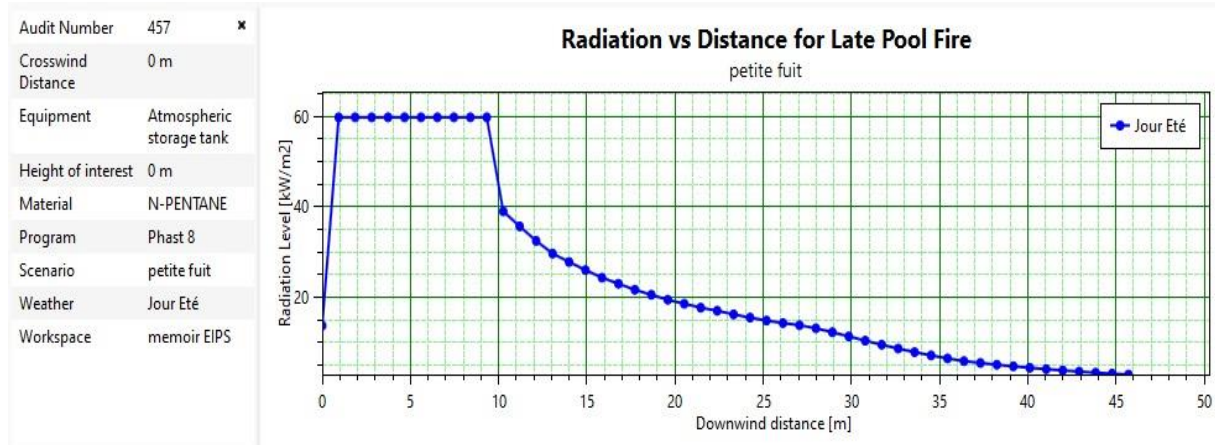
### 3.5.4.5.2 Late pool fire :



Figure 65 : Les effets de feu de nape retardé (petite fuite)

La figures ci-dessus montre les zones touchées par les radiations thermiques engendré par le feu de nape retardé (late pool fire) au-delà du cercle bleu commence la distance de sécurité (41 m).

## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques



**Figure 66 :** Les radiations de feu de nape retardé en fonction de la distance (petite fuite)

On le résume dans ce tableau

**Tableau 28 :** Résultat obtenus par le feu de nape retardé (petite fuite)

Zone	Niveau de radiation thermique (KW/m2)	Distance (m)	Pool Diamètre (m)
Zone A	37.5	10	9
Zone B	12.5	28	
Zone C	4	41	



## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

### 3.5.5 Synthés sur les résultats de simulation par PHAST :

**Tableau 29:** Synthés sur les résultats de simulation par PHAST

Les causes d'accident	Les scenarios d' accidente	Distance maximale atteindre (m)
Rupture	Dispersion	1026
	Explosion	4807
	Feu flash	1140
	Feu de nape retardé	1377
Grande fuite ( 500 mm )	Dispersion	849
	Explosion	2172
	Feu flash	867
	Jet feu	407
	Feu de nape immédiate	185
	Feu de nape retardé	662
Moyenne fuite ( 25 mm )	Dispersion	65
	Explosion	129
	Feu flash	42
	Jet feu	45
	Feu de nape immédiate	30
	Feu de nape retardé	64
Petite fuite ( 10 mm )	Dispersion	6.4-
	Explosion	48
	Feu flash	5
	Jet feu	19
	Feu de nape immédiate	17
	Feu de nape retardé	41

## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

### 3.5.6 Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de surpression et des effets thermiques

#### 3.5.6.1 Synthèse sur les effets thermiques obtenu par Phast 8.0 :

Tableau 30 : Seuils de référence pour les effets thermiques sur l'homme

Zone	Niveau de radiation thermique (KW/m2)	Les effets sur l'homme
Zone A	37.5	-Zone mortelle pour l'homme -brulure au troisième degré
Zone B	12.5	-Zone de dangers très graves pour la vie humaine il faut mettre en place un dispositif optimal pour le personnel intervenant dans cette zone sur le risque incendie et la conduite à tenir en cas d'accident. Ce seuil permet de déterminer une zone dans laquelle il convient de limiter toute présence humaine. Aucun poste fixe ne peut être tenu dans cette zone
Zone C	4	Conséquences graves, directes ou indirectes, immédiate ou à long terme sur l'homme : - Brûlures au premier degré au bout d'environ une minute, - Seuil minimum létal pour une exposition de 2 minutes - la destruction des vitres des bâtiments. Il engendre rapidement une douleur chez l'homme (en quelques secondes).



## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

---

**Tableau 31:** Seuils de référence pour les effets thermiques sur la structure

Zone	Niveau de radiation thermique (KW/m2)	<b>Les effets sur la structure</b>
Zone A	37.5	-Effets domino et des dégâts très graves sur les structures même protégées
Zone B	12.5	-Seuil des effets dominos et de dégâts très graves sur les structures non protégées -Modification structurelle des fibres de type polyester
Zone C	4	- Bris de vitres sous l'effet thermique

### 3.5.6.2 Synthèse sur les effets de surpression obtenue par Phast 8.0 :

**Tableau 32 :** Seuils de référence pour les effets de surpression sur l'homme

Zone	Pression (bar)	<b>Les effets sur l'homme</b>
A	0.2068	-Seuil des effets létaux significatifs délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine ». -Effets létaux par effets directs (hémorragie pulmonaire).
B	0.1379	Seuil des effets létaux délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine »
C	0.02068	Effets irréversibles par projection de vitres sur l'homme.

## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

**Tableau 33:** Seuils de référence pour les effets de surpression sur la structure

Zone	Pression (bar)	Les effets sur la structure
A	0.2068	Effets domino et dégâts graves aux structures non protégées
B	0.1379	Dégâts graves aux structures non protégées
C	0.02068	Destruction des vitres par les ondes de surpression

### 3.5.7 La Zone ATTEX :

Dans les résultats obtenus dans feu de flash on constate la zone **ATEX** qui est située entre **LII** (cercle vert) et **LSI** (cercle bleu), dans cette zone on doit prendre des mesures de Sécurité pour éviter toute source d'explosion, parmi ces mesures :

- Mettre un pictogramme pour signaler la zone ATEX : la zone ATEX doit être signalée au niveau de leurs accès respectifs par le panneau d'avertissement
- Strictement interdit de fumer sur le site afin d'éviter l'inflammation par une cigarette.
- Les véhicules qui entrent dans cette zone doivent être contrôlés.
- Tous les équipements dans ce site doivent être mis à la terre.
- Permis de travail et de circulation
- Organisation de l'évacuation de personnes dans cette zone
- Mettre en place les équipements d'intervention (réseau anti incendie, extincteur, Alarmes)
- Systèmes de découplage technique (système qui empêche une explosion primaire de se

Propager au reste de l'installation) : Arrête-flammes, Ecluses rotatives, Vannes à fermeture rapide, Extincteurs déclenchés, déviateur d'explosion.

## Chapitre 3 : Etude de cas d'une modélisation des scénarios catastrophiques

---

### Conclusion :

Ce chapitre a fait l'objet d'un aperçu global sur le site d'application de notre cas d'étude et d'une manière détaillée sur le stockage de condensat, par la suite on a présenté une analyse de risque quantitative sur les scénarios catastrophique qui peuvent survenir au niveau de cette zone de stockage à partir de cette analyse on a établi une simulation par Phast pour étudier l'impact de ces scénarios sur la zone du complexe.

Cette étude de pointe nous a permis de mieux comprendre l'importance et le rôle des barrières de sécurité d'où le chapitre suivant présente une méthodologie d'identification et d'étude de fiabilité des barrières selon plusieurs critères.

# **Chapitre 04 :**

Evaluation des performances  
des EIPS par la méthode de  
nœud papillon

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

---

### Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

#### Introduction :

Ce chapitre présente les barrières de sécurité en générale présente dans la zone de stockage de condensat par la suite les éléments importants pour la sécurité sont identifié et étudié par la méthode nœud papillon. Et à la fin une évaluation a été établi pour chaque EIPS selon un processus prés déterminer afin de voir la performance de ces barrières.

#### 4.1 Identification des EIPS :

Suite aux résultats obtenu par le chapitre précédent il est primordiale de mettre en place des barrières de sécurité performante tel que les éléments importants pour la sécurité

**Tableau 34:** Présentation des barrières

Désignation de la barrière	Fonction	Nature de la barrière	Type
Protection cathodique des pipelines	Réduire les phénomènes de corrosion des pipelines	Prévention	Barrière technique de sécurité/ dispositif de sécurité
Sécurité de pression très haute	Détecter une surpression dans le procédé, alerter et arrêter le système	Prévention	Barrière technique de sécurité/ système instrumenté de sécurité
Système Feu et Gaz	Détecter les fuites de gaz inflammables et les incendies, alerter les opérateurs en salle de contrôle et bâtiment sécurité, déclencher le système incendie	Protection	Barrière technique de sécurité/ système instrumenté de sécurité
Sécurité de niveau très haut	Détecter un niveau très haut, alerter et arrêter le système	Prévention	Barrière technique de sécurité/ système instrumenté de sécurit

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

Système de lutte contre l'incendie - Système de déluge	Refroidir les équipements adjacents et absorber les radiations thermiques	Intervention	Barrière technique de sécurité/ système instrumenté de sécurité
Alarme de pression haute	Détecter une surpression dans le procédé et avertir les opérateurs	Prévention	Barrière technique de sécurité/ dispositif de sécurité
Procédure de travaux / autorisation de travail	Empêcher les erreurs opératoires (respect des procédures travaux)	Prévention	Barrière organisationnelle de sécurité
Plan d'évacuation d'urgence (POI)	Permettre l'évacuation du personnel en toute sécurité en cas d'urgence	Intervention	Barrière organisationnelle de sécurité
Système de lutte contre l'incendie - Boîte à mousse	Prévenir un feu de bac en cas de feu de joint de ce bac	Intervention	Barrière technique de sécurité/ système instrumenté de sécurité
Déversoirs à mousse (déclenchement manuel)	Eteindre un feu de cuvette	Intervention	Système à action manuelles de sécurité
Système de lutte contre l'incendie - canons à mousse	Refroidir les équipements adjacents et absorber les radiations thermiques	Intervention	Système à action manuelles de sécurité
Système de lutte contre l'incendie - couronnes de refroidissement sur bacs	Refroidir un bac, participer à l'extinction d'un feu de cuvette	Intervention	Système à action manuelles de sécurité
Plans d'inspection	Prévenir des phénomènes de corrosion, d'usure et d'érosion	Prévention	Barrière organisationnelle de sécurité



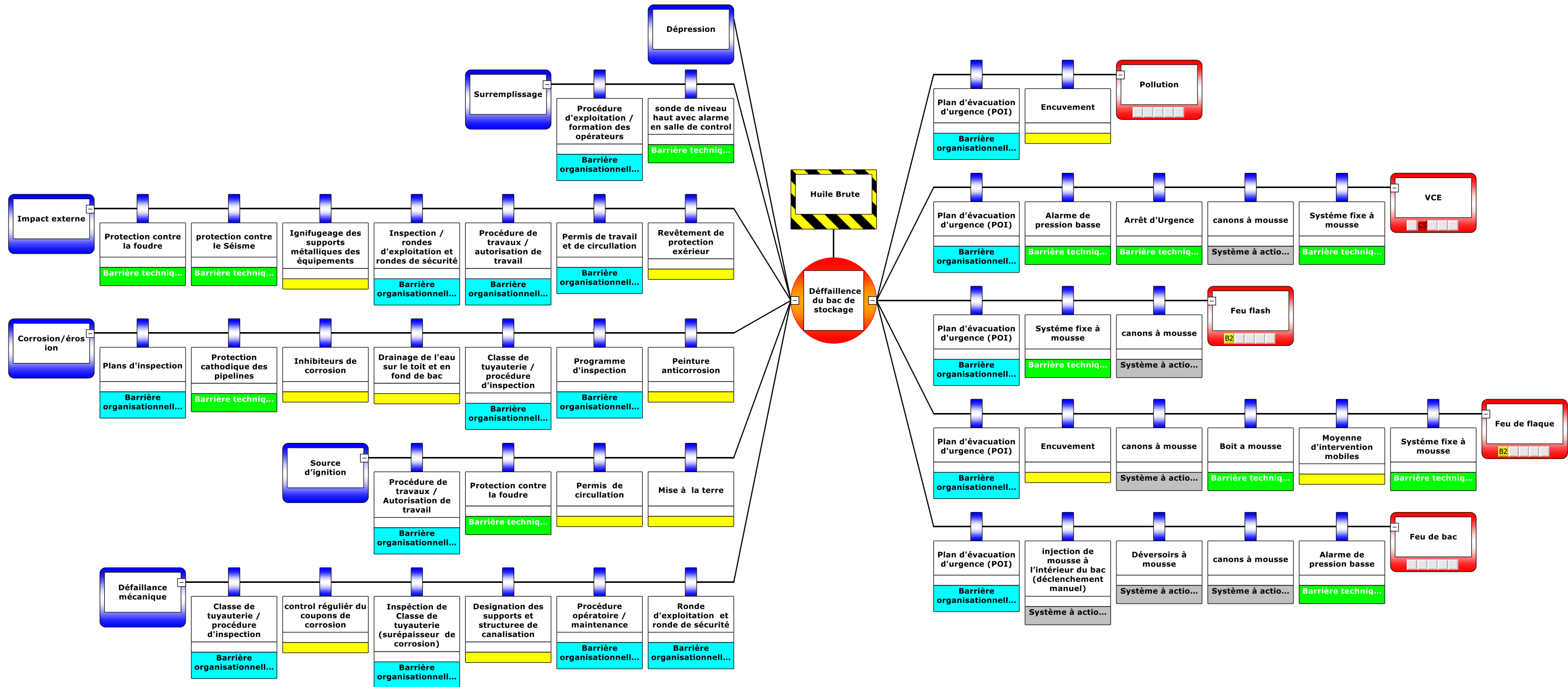
## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

Classe de tuyauterie / procédure d'inspection	Prévenir les pertes de confinement liées à une défaillance mécanique due à l'érosion, la corrosion (s'assurer de l'intégrité physique des canalisations)	Prévention	Barrière organisationnelle de sécurité
Protection des équipements contre la foudre	Protéger les installations contre la foudre	Prévention	Barrière technique de sécurité/ dispositif de sécurité
Système de lutte contre l'incendie - système déluge avec injection de mousse dans le réservoir	Refroidir les équipements adjacents, absorber les radiations thermiques et éteindre ou limiter l'incendie	Intervention	Barrière technique de sécurité/ système instrumenté de sécurité
Système de lutte contre l'incendie - eau brumisée	Refroidir les équipements adjacents et absorber les radiations thermiques	Intervention	Barrière technique de sécurité/ système instrumenté de sécurité
Procédure de travaux / autorisation de travail	S'assurer que les travaux sont effectués selon les règles de l'art et qu'ils ne constituent pas une source d'agression externe pour les pipelines	Prévention	Système à action manuelles de sécurité
Procédure opératoire (mise sous pression) / formation des opérateurs	Empêcher les erreurs opératoires.	Prévention	Barrière organisationnelle de sécurité

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

Système de lutte contre l'incendie	Refroidir les équipements adjacents et absorber les radiations thermiques	Intervention	Barrière technique de sécurité/ système instrumenté de sécurité
Procédure d'exploitation / formation des opérateurs	Empêcher les erreurs opératoires	Prévention	Barrière organisationnelle de sécurité
Injection de gaz combustible dans le bac	Eviter la formation d'une atmosphère explosive dans le bac en saturant le ciel gazeux de vapeurs combustibles	Prévention	Barrière technique de sécurité/ dispositif de sécurité
Procédure d'exploitation (purge des bacs)	Empêcher les erreurs opératoires (fond d'eau dans le réservoir)	Prévention	Barrière organisationnelle de sécurité
Arrêt d'Urgence	Mettre en sécurité la ligne suite au déclenchement de l'arrêt d'urgence par un opérateur	Protection	Barrière technique de sécurité/ dispositif de sécurité
Alarme de pression basse	Détecter une diminution de pression, alerter les opérateurs en salle de contrôle	Protection	Barrière technique de sécurité/ dispositif de sécurité

4.2 Implantation des barrières sur le nœud papillon :



- Barrières Techniques
- Barrières Organisationnelles
- Système à action manuelles de sécurité
- Autres Barrières

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

### 4.2.1 Rapport de synthèse sur le nombre des EIPS

Tableau 35: Rapport de synthèse sur le nombre des EIPS

	Autre barrière	Barrière organisationnelle de sécurité	Barrière technique de sécurité	Système à action manuelles de sécurité
<b>Huile Brute</b>				
<b>Causes:</b>				
Dépression				
Surremplissage		1	1	
Impact externe	2	3	2	
Corrosion/érosion	3	3	1	
Source d'ignition	2	1	1	
Défaillance mécanique	2	4		
<b>Conséquences:</b>				
Pollution	1	1		
VCE		1	3	1
Feu flash		1	1	1
Feu de flaque	2	1	2	1
Feu de bac		1	1	3

### 4.3 Evaluation de la fiabilité des Eléments Importants Pour la Sécurité :

L'évaluation de la fiabilité est faite suivant une approche qui s'inspire de la Norme IEC 61069-5 (relative à l'évaluation de la sûreté de fonctionnement d'un système), basée sur trois critères d'appréciation :

- La conception et le retour d'expérience sur la barrière IPS
- Le type de sécurité associé à la barrière IPS
- La testabilité et la maintenabilité de la barrière IPS

Pour déterminer le niveau de « fiabilité » des équipements ou matériels importants pour la sécurité, les critères d'appréciation intermédiaires suivants sont retenus.

A chaque critère intermédiaire est associé un niveau :

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

---

Conception et retour d'expérience	Barrière spécifique à l'établissement et non éprouvé	Niveau 1
	Standard actuel de la profession ou du secteur d'activité	Niveau 2
	Barrière optimale par rapport au standard actuel de la profession et du secteur d'activité	Niveau 3
Type de sécurité	Sécurité active (avec action ou décision humaine)	Niveau 1
	Sécurité positive (position de sécurité par défaut de force motrice/ déclenchement automatique)	Niveau 2
	Sécurité passive (intrinsèque)	Niveau 3
Testabilité / maintenabilité	Test en charge non destructif impossible et maintenance lourde (voire impossible)	Niveau 1
	Test en charge possible ou maintenance facile	Niveau 2
	Test en charge possible et maintenance facile	Niveau 3

**Figure 67:** Niveaux de fiabilité des ou matériels importants pour la sécurité[39]

Pour déterminer le niveau de « fiabilité » des procédures ou actions importantes pour la sécurité, les critères d'appréciation intermédiaires suivants sont retenus :

- Le lien entre l'action ou la procédure et l'état de sécurité recherché,
- La rapidité et la facilité des actions à assurer pour arriver à un état de sécurité (nombre d'actions, nombre de personnes nécessaires pour assurer ces actions ; délai de réalisation des actions avant l'atteinte d'un état de sécurité...),
- La facilité de contrôle et de vérification de l'action au cours du temps.

A chaque critère intermédiaire est associé un niveau :

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

---

Lien entre l'action et l'état de sécurité	Règles de bonnes pratiques constituant des mesures qui ne sont pas spécifiques à l'événement redouté	Niveau 1
	Lien indirect (supervision et anticipation par rapport à des dérives de procédé)	Niveau 2
	Lien direct (une action type arrêt d'urgence)	Niveau 3
Rapidité et facilité de mise en œuvre de l'action	Beaucoup d'actions à coordonner et faisant intervenir plusieurs personnes	Niveau 1
	Quelques actions précises (check list) ; quelques minutes	Niveau 2
	2 actions maximum ; quelques secondes	Niveau 3
Testabilité au cours du temps	Vérification réelle impossible ou presque	Niveau 1
	Vérification délicate car devant être planifiée	Niveau 2
	Vérification toujours possible même de manière intempestive	Niveau 3

**Figure 68:** Niveaux de fiabilité des procédures ou actions importantes pour la sécurité[39]

Le niveau de fiabilité de chaque barrière correspond alors à la somme des 3 niveaux intermédiaires. Chaque barrière possède un niveau de fiabilité compris entre 3 et 9.

Pour présenter une fiabilité suffisante, un EIPS doit avoir un niveau de fiabilité supérieur ou égal à 6.[41]

### 4.4 Evaluation de la performance des barrières :

Les barrières de sécurité identifier et placer sur le nœud papillon selon leurs domaines d'application sont évaluées selon les critères cités dans le chapitre 2 cette évaluation va nous permettre d'avoir une proratation sur les barrières indispensables pour la maîtrise des risques



## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

<b>FICHES DE COTATION DES EIPS</b>			
<b>Barrières Techniques de Sécurité</b>			
Désignation de la barrière	Sécurité de niveau très haut		
Fonction de sécurité	Détecer un niveau très haut, alerter et arrêter le système		
Type de barrière sécurité	Barrière technique de sécurité/ système instrumenté de sécurité		
Niveau de fiabilité	6		
Conception et Retour d'expérience			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Barrière spécifique à l'établissement et non éprouvé		1	2
Standard actuel de la profession ou du secteur d'activité	Il s'agit d'un type de sécurité couramment employé sur d'autres installations avec succès	2	
Barrière optimale par rapport au standard actuel de la profession et du secteur d'activité		3	
Type de sécurité			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Sécurité active (avec action ou décision humaine)		1	2
Sécurité positive (position de sécurité par défaut de force motrice / déclenchement automatique)	Ce type de sécurité ne fait pas intervenir de décision humaine et n'est pas passif. Il y a une mise en sécurité automatique du système après détection de niveau très haut	2	
Sécurité passive (intrinsèque)		3	
Testabilité / Maintenabilité			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

Test en charge non destructif impossible et maintenance lourde (voire impossible)		1	2
Test en charge possible ou maintenance facile	Test en charge possible mais pas de by-pass pour maintenance	2	
Test en charge possible et maintenance facile		3	

FICHES DE COTATION DES EIPS			
Barrières Organisationnelles de Sécurité			
Désignation de la barrière	Procédure opératoire / formation des opérateurs		
Fonction de sécurité	Empêcher les erreurs opératoires		
Type de barrière sécurité	Barrière organisationnelle de sécurité		
Niveau de fiabilité	6		
Lien entre l'action et l'état de sécurité			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Règles de bonnes pratiques constituant des mesures qui ne sont pas spécifiques à l'évènement redouté		1	2
Lien indirect (supervision et anticipation par rapport à des dérives de procédé)	Les procédures opératoires et les formations opérateurs sont écrites en fonction des risques connus et identifiés pour les gares de racleurs (exemple : mise sous pression)	2	
Lien direct (une action type arrêt d'urgence)		3	
Rapidité et facilité de mise en œuvre de l'action			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

Beaucoup d'actions à coordonner et faisant intervenir plusieurs personnes	X	1	<b>1</b>
Quelques actions précises (Check list) ; quelques minutes		2	
2 actions maximum ; quelques secondes		3	
<b>Testabilité / Maintenabilité</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Vérification réelle impossible ou presque		1	<b>3</b>
Vérification délicate car devant être planifiée		2	
Vérification toujours possible même de manière intempestive	Audit inopiné, traçabilité des interventions	3	

FICHES DE COTATION DES EIPS			
Barrières Techniques de Sécurité			
Désignation de la barrière	Alarme de pression haute		
Fonction de sécurité	Détecter une surpression dans le procédé et avertir les opérateurs		
Type de barrière sécurité	Barrière technique de sécurité/ dispositif de sécurité		
Niveau de fiabilité	5		
<b>Conception et Retour d'expérience</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Barrière spécifique à l'établissement et non éprouvé		1	

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

Standard actuel de la profession ou du secteur d'activité	Ce type de sécurité est standard mais non spécifique	2	2
Barrière optimale par rapport au standard actuel de la profession et du secteur d'activité		3	
<b>Type de sécurité</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Sécurité active (avec action ou décision humaine)	L'opérateur doit interpréter l'alarme en salle de contrôle	1	1
Sécurité positive (position de sécurité par défaut de force motrice / déclenchement automatique)		2	
Sécurité passive (intrinsèque)		3	
<b>Testabilité / Maintenabilité</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Test en charge non destructif impossible et maintenance lourde (voire impossible)		1	2
Test en charge possible ou maintenance facile	Test en charge possible mais pas de by-pass pour maintenance	2	
Test en charge possible et maintenance facile		3	

<b>FICHES DE COTATION DES EIPS</b>	
Barrières Organisationnelles de Sécurité	
Désignation de la barrière	Procédure de travaux / autorisation de travail
Fonction de sécurité	S'assurer que les travaux sont effectués selon les règles de l'art et qu'ils ne constituent pas une source d'agression externe pour les installations
Type de barrière sécurité	Barrière organisationnelle de sécurité

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

Niveau de fiabilité	6		
<b>Lien entre l'action et l'état de sécurité</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Règles de bonnes pratiques constituant des mesures qui ne sont pas spécifiques à l'évènement redouté		1	<b>2</b>
Lien indirect (supervision et anticipation par rapport à des dérives de procédé)	Procédure spécifique en cas de travaux (permis feu)	2	
Lien direct (une action type arrêt d'urgence)		3	
<b>Rapidité et facilité de mise en œuvre de l'action</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Beaucoup d'actions à coordonner et faisant intervenir plusieurs personnes	X	1	<b>1</b>
Quelques actions précises (check list) ; quelques minutes		2	
2 actions maximum ; quelques secondes		3	
<b>Testabilité / Maintenabilité</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Vérification réelle impossible ou presque		1	<b>3</b>
Vérification délicate car devant être planifiée		2	
Vérification toujours possible même de manière intempestive	Audit inopiné, traçabilité des interventions	3	

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

<b>FICHES DE COTATION DES EIPS</b>			
Barrières Organisationnelles de Sécurité			
Désignation de la barrière	Plan d'évacuation d'urgence (POI)		
Fonction de sécurité	Permettre l'évacuation du personnel en toute sécurité en cas d'urgence		
Type de barrière sécurité	Barrière organisationnelle de sécurité		
Niveau de fiabilité	6		
Lien entre l'action et l'état de sécurité			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Règles de bonnes pratiques constituant des mesures qui ne sont pas spécifiques à l'évènement redouté		1	<b>2</b>
Lien indirect (supervision et anticipation par rapport à des dérives de procédé)	Plan d'action général selon le phénomène dangereux	2	
Lien direct (une action type arrêt d'urgence)		3	
Rapidité et facilité de mise en œuvre de l'action			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Beaucoup d'actions à coordonner et faisant intervenir plusieurs personnes	X	<b>1</b>	<b>1</b>
Quelques actions précises (check list) ; quelques minutes		2	
2 actions maximum ; quelques secondes		3	
<b>Testabilité / Maintenabilité</b>			



## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Vérification réelle impossible ou presque		1	<b>3</b>
Vérification délicate car devant être planifiée		2	
Vérification toujours possible même de manière intempestive	Exercices d'évacuation réalisés régulièrement	<b>3</b>	

FICHES DE COTATION DES EIPS			
Barrières Techniques de Sécurité			
Désignation de la barrière	Système de lutte contre l'incendie - Boîte à mousse		
Fonction de sécurité	Prévenir un feu de bac en cas de feu de joint sur ce bac		
Type de barrière sécurité	Barrière technique de sécurité/ système instrumenté de sécurité		
Niveau de fiabilité	7		
Conception et Retour d'expérience			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Barrière spécifique à l'établissement et non éprouvé		1	<b>3</b>
Standard actuel de la profession ou du secteur d'activité		2	
Barrière optimale par rapport au standard actuel de la profession et du secteur d'activité	Il s'agit d'un type de sécurité couramment employé sur d'autres installations avec succès. Ce système est particulièrement bien adapté pour les feux d'hydrocarbures	<b>3</b>	
Type de sécurité			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

Sécurité active (avec action ou décision humaine)		1	<b>2</b>
Sécurité positive (position de sécurité par défaut de force motrice / déclenchement automatique)	Déclenchement automatique suite à une détection de chaleur via un câble thermosensible installé sur le toit flottant	2	
Sécurité passive (intrinsèque)		3	
<b>Testabilité / Maintenabilité</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Test en charge non destructif impossible et maintenance lourde (voire impossible)		1	<b>2</b>
Test en charge possible ou maintenance facile	Maintenance facile	2	
Test en charge possible et maintenance facile		3	

<b>FICHES DE COTATION DES EIPS</b>			
Barrières Organisationnelles de Sécurité			
Désignation de la barrière	Procédure d'arrêt d'urgence/Procédure opératoire		
Fonction de sécurité	Empêcher les erreurs opératoires - Procéder à un arrêt d'urgence		
Type de barrière sécurité	Barrière humaine de sécurité		
Niveau de fiabilité	7		
<b>Lien entre l'action et l'état de sécurité</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Règles de bonnes pratiques constituant des mesures qui ne sont		1	<b>2</b>

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

pas spécifiques à l'évènement redouté			
Lien indirect (supervision et anticipation par rapport à des dérives de procédé)	Les procédures opératoires et les formations opérateurs sont écrites en fonction des risque connus et identifiés	<b>2</b>	
Lien direct (une action type arrêt d'urgence)		3	
<b>Rapidité et facilité de mise en œuvre de l'action</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Beaucoup d'actions à coordonner et faisant intervenir plusieurs personnes		1	
Quelques actions précises (Check-list) ; quelques minutes		<b>2</b>	
2 Actions maximums ; quelques secondes		3	<b>2</b>
<b>Testabilité au cours du temps</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Vérification réelle impossible ou presque		1	
Vérification délicate car devant être planifiée		2	
Vérification toujours possible même de manière intempestive		<b>3</b>	<b>3</b>

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

<b>FICHES DE COTATION DES EIPS</b>			
<b>Barrières Techniques de Sécurité</b>			
Désignation de la barrière	Système de lutte contre l'incendie - Déversoirs à mousse (déclenchement manuel)		
Fonction de sécurité	Eteindre un feu de cuvette		
Type de barrière sécurité	Système à action manuelles de sécurité		
Niveau de fiabilité	6		
<b>Conception et Retour d'expérience</b>			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Barrière spécifique à l'établissement et non éprouvé		1	<b>3</b>
Standard actuel de la profession ou du secteur d'activité		2	
Barrière optimale par rapport au standard actuel de la profession et du secteur d'activité	Il s'agit d'un type de sécurité couramment employé sur d'autres installations avec succès. Ce système est particulièrement bien adapté pour les feux d'hydrocarbures	<b>3</b>	
<b>Type de sécurité</b>			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Sécurité active (avec action ou décision humaine)	Ils sont déclenchés par les opérateurs après interprétation de l'alarme (pour le scénario 16, présence d'un détecteur feu avec alarme au niveau du manifold de pied de bac) et/ou détection visuelle (ronde, CCTV).	<b>1</b>	<b>1</b>

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

Sécurité positive (position de sécurité par défaut de force motrice / déclenchement automatique)		2	
Sécurité passive (intrinsèque)		3	
<b>Testabilité / Maintenabilité</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Test en charge non destructif impossible et maintenance lourde (voire impossible)		1	2
Test en charge possible ou maintenance facile	Maintenance facile	2	
Test en charge possible et maintenance facile		3	

<b>FICHES DE COTATION DES EIPS</b>			
<b>Barrières Techniques de Sécurité</b>			
Désignation de la barrière	Système de lutte contre l'incendie - canons à mousse		
Fonction de sécurité	Refroidir les équipements adjacents et absorber les radiations thermiques		
Type de barrière sécurité	Système à action manuelles de sécurité		
Niveau de fiabilité	6		
<b>Conception et Retour d'expérience</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Barrière spécifique à l'établissement et non éprouvé		1	3
Standard actuel de la profession ou du secteur d'activité		2	
Barrière optimale par rapport au standard actuel de la profession et du secteur d'activité	Il s'agit d'un type de sécurité couramment employé sur d'autres installations avec succès. Ce	3	

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

	<p>Le système est particulièrement bien adapté pour les feux d'hydrocarbures</p>		
<b>Type de sécurité</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Sécurité active (avec action ou décision humaine)	Ils sont déclenchés par les opérateurs après interprétation de l'alarme (pour le scénario 16, présence d'un détecteur feu avec alarme au niveau du manifold de pied de bac) et/ou détection visuelle (ronde, CCTV).	1	1
Sécurité positive (position de sécurité par défaut de force motrice / déclenchement automatique)		2	
Sécurité passive (intrinsèque)		3	
<b>Testabilité / Maintenabilité</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Test en charge non destructif impossible et maintenance lourde (voire impossible)		1	2
Test en charge possible ou maintenance facile	Maintenance facile, exercices incendie	2	
Test en charge possible et maintenance facile		3	



## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

<b>FICHES DE COTATION DES EIPS</b>			
<b>Barrières Techniques de Sécurité</b>			
Désignation de la barrière	Système de lutte contre l'incendie - couronnes de refroidissement sur bacs		
Fonction de sécurité	Refroidir un bac, participer à l'extinction d'un feu de cuvette		
Type de barrière sécurité	Système à action manuelles de sécurité		
Niveau de fiabilité	6		
<b>Conception et Retour d'expérience</b>			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Barrière spécifique à l'établissement et non éprouvé		1	<b>3</b>
Standard actuel de la profession ou du secteur d'activité		2	
Barrière optimale par rapport au standard actuel de la profession et du secteur d'activité	Il s'agit d'un type de sécurité couramment employé sur d'autres installations avec succès. Ce système est particulièrement bien adapté pour les feux d'hydrocarbures	<b>3</b>	
<b>Type de sécurité</b>			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Sécurité active (avec action ou décision humaine)	Ils sont déclenchés par les opérateurs après interprétation de l'alarme (pour le scénario 16, présence d'un détecteur feu avec alarme au niveau du manifold de pied de bac) et/ou détection visuelle (ronde, CCTV).	<b>1</b>	<b>1</b>

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

Sécurité positive (position de sécurité par défaut de force motrice / déclenchement automatique)		2	
Sécurité passive (intrinsèque)		3	
<b>Testabilité / Maintenabilité</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Test en charge non destructif impossible et maintenance lourde (voire impossible)		1	2
Test en charge possible ou maintenance facile	Maintenance facile, exercices incendie	2	
Test en charge possible et maintenance facile		3	

<b>FICHES DE COTATION DES EIPS</b>			
<b>Barrières Techniques de Sécurité</b>			
Désignation de la barrière	Alarme de pression basse		
Fonction de sécurité	Détecter une diminution de pression , alerter les opérateurs en salle de contrôle		
Type de barrière sécurité	Barrière technique de sécurité/ dispositif de sécurité		
Niveau de fiabilité	5		
<b>Conception et Retour d'expérience</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Barrière spécifique à l'établissement et non éprouvé		1	2
Standard actuel de la profession ou du secteur d'activité	Ce type de sécurité est standard mais non spécifique	2	

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

Barrière optimale par rapport au standard actuel de la profession et du secteur d'activité		3	
<b>Type de sécurité</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Sécurité active (avec action ou décision humaine)	L'opérateur doit interpréter l'alarme en salle de contrôle	<b>1</b>	<b>1</b>
Sécurité positive (position de sécurité par défaut de force motrice / déclenchement automatique)		2	
Sécurité passive (intrinsèque)		3	
<b>Testabilité / Maintenabilité</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Test en charge non destructif impossible et maintenance lourde (voire impossible)		1	<b>2</b>
Test en charge possible ou maintenance facile	Test en charge possible mais pas de by-pass pour maintenance	<b>2</b>	
Test en charge possible et maintenance facile		3	

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

<b>FICHES DE COTATION DES EIPS</b>			
<b>Barrières Techniques de Sécurité</b>			
Désignation de la barrière	Système de lutte contre l'incendie - Injection de mousse à l'intérieur du bac (déclenchement manuel)		
Fonction de sécurité	Prévenir un feu de bac		
Type de barrière sécurité	Système à action manuelles de sécurité		
Niveau de fiabilité	6		
Conception et Retour d'expérience			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Barrière spécifique à l'établissement et non éprouvé		1	<b>3</b>
Standard actuel de la profession ou du secteur d'activité		2	
Barrière optimale par rapport au standard actuel de la profession et du secteur d'activité	Il s'agit d'un type de sécurité couramment employé sur d'autres installations avec succès. Ce système est particulièrement bien adapté pour les feux d'hydrocarbures.	<b>3</b>	
Type de sécurité			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Sécurité active (avec action ou décision humaine)	Ils sont déclenchés par les opérateurs après une détection visuelle (ronde, CCTV)	<b>1</b>	<b>1</b>
Sécurité positive (position de sécurité par défaut de force motrice / déclenchement automatique)		2	
Sécurité passive (intrinsèque)		3	
Testabilité / Maintenabilité			

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Test en charge non destructif impossible et maintenance lourde (voire impossible)		1	2
Test en charge possible ou maintenance facile	Maintenance facile	2	
Test en charge possible et maintenance facile		3	

FICHES DE COTATION DES EIPS			
Barrières Organisationnelles de Sécurité			
Désignation de la barrière	Classe de tuyauterie / procédure d'inspection		
Fonction de sécurité	Prévenir les pertes de confinement liées à une défaillance mécanique due à l'érosion, corrosion (s'assurer de l'intégrité physique des canalisations)		
Type de barrière sécurité	Barrière organisationnelle de sécurité		
Niveau de fiabilité	6		
<b>Lien entre l'action et l'état de sécurité</b>			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Règles de bonnes pratiques constituant des mesures qui ne sont pas spécifiques à l'évènement redouté		1	2
Lien indirect (supervision et anticipation par rapport à des dérives de procédé)	Les tuyauteries sont spécifiquement adaptées aux produits et conditions opératoires de l'installation. Les procédures d'inspection sont spécifiques à ce	2	

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

	type de tuyauterie et aux défaillances connues dans ce domaine (érosion)		
Lien direct (une action type arrêt d'urgence)		3	
<b>Rapidité et facilité de mise en œuvre de l'action</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Beaucoup d'actions à coordonner et faisant intervenir plusieurs personnes	X	1	<b>1</b>
Quelques actions précises (Check-list) ; quelques minutes		2	
2 Actions maximums ; quelques secondes		3	
<b>Testabilité au cours du temps</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Vérification réelle impossible ou presque		1	<b>3</b>
Vérification délicate car devant être planifiée		2	
Vérification toujours possible même de manière intempestive	Audit inopiné, traçabilité des interventions	3	

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

<b>FICHES DE COTATION DES EIPS</b>			
<b>Barrières Techniques de Sécurité</b>			
Désignation de la barrière	Protection cathodique des pipelines		
Fonction de sécurité	Réduire les phénomènes de corrosion des pipelines		
Type de barrière sécurité	Barrière technique de sécurité/ dispositif de sécurité		
Niveau de fiabilité	6		
<b>Conception et Retour d'expérience</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Barrière spécifique à l'établissement et non éprouvé		1	2
Standard actuel de la profession ou du secteur d'activité	Il s'agit d'un type de barrière couramment employé sur d'autres installations avec succès	2	
Barrière optimale par rapport au standard actuel de la profession et du secteur d'activité		3	
<b>Type de sécurité</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Sécurité active (avec action ou décision humaine)	X	1	1
Sécurité positive (position de sécurité par défaut de force motrice / déclenchement automatique)		2	
Sécurité passive (intrinsèque)		3	
<b>Testabilité / Maintenabilité</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>



## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

Test en charge non destructif impossible et maintenance lourde (voire impossible)		1	<b>3</b>
Test en charge possible ou maintenance facile		2	
Test en charge possible et maintenance facile	Test en charge possible, vérification de la différence de potentiel Maintenance facile	<b>3</b>	

<b>FICHES DE COTATION DES EIPS</b>			
<b>Barrières Techniques de Sécurité</b>			
Désignation de la barrière	Ignifugeage des supports métalliques des équipements UTBS		
Fonction de sécurité	Protéger les équipements contre les effets domino (protection passive)		
Type de barrière sécurité	Barrière technique de sécurité/ dispositif de sécurité		
Niveau de fiabilité	8		
<b>Conception et Retour d'expérience</b>			
<b>Critères</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Niveau</b>	<b>Niveau barrière</b>
Barrière spécifique à l'établissement et non éprouvé		1	<b>3</b>
Standard actuel de la profession ou du secteur d'activité		2	
Barrière optimale par rapport au standard actuel de la profession et du secteur d'activité	Il s'agit d'un type de sécurité couramment employé sur d'autres installations avec succès. Certification UL 1709	<b>3</b>	
<b>Type de sécurité</b>			

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Sécurité active (avec action ou décision humaine)		1	<b>3</b>
Sécurité positive (position de sécurité par défaut de force motrice / déclenchement automatique)		2	
Sécurité passive (intrinsèque)	Aucune action n'est nécessaire au bon fonctionnement de cette barrière	3	
<b>Testabilité / Maintenabilité</b>			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Test en charge non destructif impossible et maintenance lourde (voire impossible)		1	<b>2</b>
Test en charge possible ou maintenance facile	Planning d'inspection	2	
Test en charge possible et maintenance facile		3	

<b>FICHES DE COTATION DES EIPS</b>	
<b>Barrières Techniques de Sécurité</b>	
Désignation de la barrière	Arrêt d'Urgence
Fonction de sécurité	Mettre en sécurité la ligne suite au déclenchement de l'arrêt d'urgence par un opérateur
Type de barrière sécurité	Barrière technique de sécurité/ dispositif de sécurité
Niveau de fiabilité	6
<b>Conception et Retour d'expérience</b>	

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Barrière spécifique à l'établissement et non éprouvé		1	<b>2</b>
Standard actuel de la profession ou du secteur d'activité	Il s'agit d'un type de sécurité couramment employé sur d'autres installations avec succès.	2	
Barrière optimale par rapport au standard actuel de la profession et du secteur d'activité		3	
<b>Type de sécurité</b>			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Sécurité active (avec action ou décision humaine)	L'opérateur actionne l'arrêt d'urgence pour mettre l'unité en sécurité	1	<b>1</b>
Sécurité positive (position de sécurité par défaut de force motrice / déclenchement automatique)		2	
Sécurité passive (intrinsèque)		3	
<b>Testabilité / Maintenabilité</b>			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Test en charge non destructif impossible et maintenance lourde (voire impossible)		1	<b>3</b>
Test en charge possible ou maintenance facile		2	
Test en charge possible et maintenance facile	Test en charge possible et maintenance facile	3	

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

<b>FICHES DE COTATION DES EIPS</b>			
Barrières Organisationnelles de Sécurité			
Désignation de la barrière	Rondes d'exploitation / rondes de sécurité		
Fonction de sécurité	Détecer les défauts mécaniques / structurels		
Type de barrière sécurité	Barrière organisationnelle de sécurité		
Niveau de fiabilité	6		
Lien entre l'action et l'état de sécurité			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Règles de bonnes pratiques constituant des mesures qui ne sont pas spécifiques à l'évènement redouté		1	2
Lien indirect (supervision et anticipation par rapport à des dérives de procédé)	Les rondes sont programmées et définies suivant les risques identifiés sur l'installation	2	
Lien direct (une action type arrêt d'urgence)		3	
Rapidité et facilité de mise en œuvre de l'action			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière
Beaucoup d'actions à coordonner et faisant intervenir plusieurs personnes	X	1	1
Quelques actions précises (Check-list) ; quelques minutes		2	
2 Actions maximums ; quelques secondes		3	
Testabilité au cours du temps			
Critères	Commentaires	Niveau	Niveau barrière

## Chapitre 4 : Evaluation des performances des EIPS par la méthode de nœud papillon

---

Vérification réelle impossible ou presque		1	<b>3</b>
Vérification délicate car devant être planifiée		2	
Vérification toujours possible même de manière intempestive	Audit inopiné, traçabilité des interventions	<b>3</b>	

### Conclusion :

Par ce chapitre on a complété notre étude en identifiant les barrières de sécurité que ce soit préventif pour réduire l'occurrence des causes ou bien les barrières d'intervention pour limiter les dégâts qui peuvent induire a des conséquences catastrophiques en se basant sur leurs types et leurs fonctions.

Par la suite ces barrières on était implémenter et analysé par la méthode dite nœud papillon pour une étude approfondie. Ce nœud papillon nous a permet de voir en plus claire les EIPS en termes de leurs fonctionnements.

On a constaté que les barrières organisationnelles sont les plus fiables par rapport aux celles techniques.

L'étude de performance par l'évaluation de la fiabilité de chaque EIPS nous à permet d'archiver les barrières de la plus performante à la moins performantes afin d'identifier les barrières sur lequel on peut compter le plus et de consolider les barrières les moins performantes.

## Conclusion Générale :

Les accidents de l'industrie des hydrocarbures et sur tout ceux au niveau de la zone de stockage des condensats constituent un risque majeur dont les conséquences sont catastrophiques avec un effet direct lors de l'occurrence (blessés, fatalités, dommage matériels et environnementaux) et ainsi un effet indirect pendant l'intervention (blessés, fatalités, dommage matériels et environnementaux) pour contenir et limiter son étendu que ce soit vis-à-vis l'être humain les installation et / ou l'environnement .

En effet, un accident doit être restitué dans son contexte et en particulier son contexte technologique. La plupart de ces accidents survenant au niveau de la zone de stockage de condensat aurait pu être évitée si l'art dans la conception, la construction, l'entretien et l'exploitation a été pratiqué et les exigences de système de la sécurité a été mis en œuvre et exécuté.

Donc, la maîtrise des accidents catastrophiques qui apparaissent au niveau des bacs de stockages rentre dans une approche générale de la gestion de risque qu'est une fonction fondamentale dans la gestion de l'entreprise. Gérer les risques d'une installation vise à identifier, analyser et réduire au maximum le risque ou à le maintenir dans ces limites acceptables.

Donc, la gestion des risques est essentielle dans la réussite des entreprises en termes de protection des personnes, des biens et de l'environnement et même la réputation.

Par ailleurs, Le processus de l'analyse de risque servira donc à se préparer contre les événements majeurs en mettant toutes les barrières nécessaires parmi lesquelles se trouvent les barrières organisationnelles qui aident à mettre une stratégie d'intervention en cas de feu.

Le plan d'intervention interne est une barrière efficace pour contenir ces effets.

A l'issue de l'étude pratique, nous avons pu avoir les résultats suivants :

Un apport théorique sur les notions de la gestion des risques et les scénarios catastrophiques, par la suite les méthodes d'analyse des risques et vers la fin une présentation des EIPS avec la modalité d'évaluation de leurs performances.

A travers l'apport théorique une démarche a été prise en compte pour mettre en évidence l'analyse des risques accidentels probable de survenir au niveau de la zone de stockage du projet.

En premier lieu on a élaboré une analyse par arbre d'évènements ou on a obtenu les probabilités d'occurrence des scénarios catastrophique au niveau de la zone de stockage de condensat. Ces scénarios on était modélisé ensuite par le logiciel Phast par différents types de brèches selon des conditions prédéfinie, les résultats obtenus ont montrés plusieurs variations de scénario selon la hauteur la distance et la concentration.

Par la suite les barrières de sécurité au niveau de la zone ont été identifiés selon leurs types et leurs fonctionnements.

Ces barrières on était implémenter sur un nœud papillon où on a distingué les barrières préventives permettant de réduire la probabilité d'occurrence des causes de la perte de confinement et les barrières d'intervention permettant de limiter la survenue et la gravité des scénarios catastrophique



## Bibliographie :

- [1] JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, *établissement classé*, vol. 06-198. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.arh.gov.dz/index.php/fr/decret>
- [2] « « EN 1127-1:1997 - Explosive atmospheres - Explosion prevention and protection ». Consulté le: juin 08, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/3d1b85f9-6984-4048-b522-1ce4d46fc66e/en-1127-1-1997> ».
- [3] « « BS EN 1127-2:2014 - Explosive atmospheres. Explosion prevention and protection. Basic concepts and methodology for mining ». Consulté le: juin 08, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://shop.bsigroup.com/ProductDetail?pid=000000000030270981> ».
- [4] « « ISO 13702:1999, Industries du pétrole et du gaz naturel — Contrôle et atténuation des feux et des explosions dans les installations en mer — Exigences et lignes directrices ». Consulté le: juin 08, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:13702:ed-1:v1:fr:sec:A> ».
- [5] « « BS EN 13237:2003 - Potentially explosive atmospheres. Terms and definitions for equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres ». Consulté le: juin 08, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://shop.bsigroup.com/ProductDetail?pid=000000000030099680> ».
- [6] « « IEC 600079-0 - Classification of explosion hazard areas ». »
- [7] « NF EN 1127-1 : Atmosphères explosives ». Consulté le: juin 09, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://shop.snv.ch/Norme/Protection-contre-l-explosion/NF-EN-1127-1/NF-S66-500-1.html> ».
- [8] « « IEC 60079-29-2:2015 ». Consulté le: juin 09, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://webstore.iec.ch/publication/21961> ».
- [9] « D. Véronique, K. Sabine, L. Nicolas, et B. Sébastien, «  $\Omega$  22 - Principes et techniques pour la détection des gaz », INERIS, N° INERIS-DRA-08-86244-13727B. »
- [10] « « IEC 60079-4:1975 ». Consulté le: juin 09, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://webstore.iec.ch/publication/12954> ».
- [11] « ISO 31000 - 2009 ». 2009.
- [12] JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, *Installation classée*, vol. 07-144. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.arh.gov.dz/index.php/fr/decret>
- [13] JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, *DECRETS*, vol. 15-09. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.arh.gov.dz/index.php/fr/decret>
- [14] *Journal officiel, Union européenne*.
- [15] « ISO - La famille ISO 45000 — Santé et sécurité au travail », ISO. <https://www.iso.org/fr/iso-45001-occupational-health-and-safety.html> (consulté le juill. 03, 2021).
- [16] « ISO - ISO 14000 — Management environnemental ». <https://www.iso.org/fr/iso-14001-environmental-management.html> (consulté le juill. 03, 2021).
- [17] « Flaque de feu », *Wowhead*. <https://fr.wowhead.com/object=207734/flaque-de-feu> (consulté le juill. 04, 2021).
- [18] D. Bradley, G. A. Chamberlain, et D. D. Drysdale, « Large vapour cloud explosions, with particular reference to that at Buncefield », *Phil. Trans. R. Soc. A.*, vol. 370, n° 1960, p. 544-566, févr. 2012, doi: 10.1098/rsta.2011.0419.

- [19] « Flash fire », *Wikipedia*. avr. 11, 2021. Consulté le: juill. 04, 2021. [En ligne].  
Disponible sur: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Flash\\_fire&oldid=1017194241](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Flash_fire&oldid=1017194241)
- [20] « Pollution et environnement ». <http://www.vedura.fr/environnement/pollution>  
(consulté le juill. 07, 2021).
- [21] « RETOUR D'EXPÉRIENCE sur ACCIDENTS INDUSTRIELS ». Séminaire IMPEL  
Lyon, 31 mai et 1er juin 2017, 2017.
- [22] Division du contrôle des risques chimiques, « RUPTURE D'UN RESERVOIR DE  
STOCKAGE », n° Document n°: CRC/ONG/013-F, p. 12, nov. 2006.
- [23] « RETOUR D'EXPERIENCE sur accidents industriels ». Séminaire IMPEL Paris, les  
3 et 4 juin 2009, 2009.
- [24] « S. O et B. E, «  $\Omega$  7 - Outils d'analyse des risques générés par une installation  
industrielle », INERIS, mai 2003. »
- [25] A. BOUHAFS, « Identification des éléments importants pour la sécurité(EIPS), cas de  
la sphère 44T409 de la zone 26, au niveau de la RA1/Z. », Ecole de Boumerdes, 2018.
- [26] « Identification et caractérisation des effets dominos au niveau du complexe GL1/K –  
Skikda. Mémoire d'ingénieur spécialisé HSE. »
- [27] « AFNOR (Norme X-510). »
- [28] Yves MORTUREUX, « se4040 AMDE (C) ». Centre français d'exploitation, mars 01,  
2012.
- [29] N. Bennedjai et O. abd elghafour Douahi, « Etude et analyse des risques industriels  
(Etude de cas) », BADJI MOKHTAR- ANNABA, Annaba.
- [30] Y. Mortureux, « Arbres de défaillance, des causes et d'événement », p. 26, mars 2012.
- [31] « Analyse de risques : Identification et estimation : Démarches d'analyse de risques -  
Méthodes qualitatives d'analyse de risques - Méthode de l'Arbre de Défaillance ou de  
Défaut ou de Faute », mai 01, 2021.  
[http://www.unit.eu/cours/cyberriques/etage\\_3\\_aurelie/co/Module\\_Etage\\_3\\_synthese\\_39.html](http://www.unit.eu/cours/cyberriques/etage_3_aurelie/co/Module_Etage_3_synthese_39.html)  
(consulté le mai 01, 2021).
- [32] « Analyse par arbre d'événements », mai 01, 2021.  
[http://gpp.oiq.qc.ca/analyse\\_par\\_arbre\\_d\\_evenements.htm](http://gpp.oiq.qc.ca/analyse_par_arbre_d_evenements.htm) (consulté le mai 01, 2021).
- [33] Michel ROYER et Ingénieur chimiste, « se4030 HAZOP : une méthode d'analyse des  
risques - Présentation et contexte ». Centre français d'exploitation, mars 01, 2012.
- [34] « DEBRAY.B, CHAUMETTE.S, DESCOURIERE.S, TROMMETER.V, Méthode  
d'analyse des risques générés par une installation industrielle. »  
[https://www.google.fr/search?q=DEBRAY.B%2C+CHAUMETTE.S%2C+DESCOURIERE.S%2C+TROMMETER.V%2C+M%3%A9thode++d%E2%80%99analyse+des+risques+g%3%A9n%3%A9r%3%A9s+par+une+installation+industrielle.&bih=600&biw=1252&hl=fr&sxsrf=ALeKk00p9Mtc\\_SS7YYfXIFiHCqpGDFWnvg%3A1619737019849&ei=uzmLYLinM-yFhbIPsoqluAc&oq=DEBRAY.B%2C+CHAUMETTE.S%2C+DESCOURIERE.S%2C+TROMMETER.V%2C+M%3%A9thode++d%E2%80%99analyse+des+risques+g%3%A9n%3%A9r%3%A9s+par+une+installation+industrielle.&gs\\_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EAMyBwgAEEcQsAMyBwgAEEcQsAMyBwgAEEcQsAMyBwgAEEcQsAMyBwgAEEcQsAMyBwgAEEcQsAMyBwgAEEcQsAMyBwgAEEcQsANQu5JzWLuSc2DPIXNoAHAFeACAAQCIAQCSAQCYAQGgAQKgAQGqAQdnd3Mtd2l6yAEIwAEB&scient=gws-wiz&ved=0ahUKEwj48MnNxqTwAhXsQkEAHTJFCXcQ4dUDCA0&uact=5](https://www.google.fr/search?q=DEBRAY.B%2C+CHAUMETTE.S%2C+DESCOURIERE.S%2C+TROMMETER.V%2C+M%3%A9thode++d%E2%80%99analyse+des+risques+g%3%A9n%3%A9r%3%A9s+par+une+installation+industrielle.&bih=600&biw=1252&hl=fr&sxsrf=ALeKk00p9Mtc_SS7YYfXIFiHCqpGDFWnvg%3A1619737019849&ei=uzmLYLinM-yFhbIPsoqluAc&oq=DEBRAY.B%2C+CHAUMETTE.S%2C+DESCOURIERE.S%2C+TROMMETER.V%2C+M%3%A9thode++d%E2%80%99analyse+des+risques+g%3%A9n%3%A9r%3%A9s+par+une+installation+industrielle.&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EAMyBwgAEEcQsAMyBwgAEEcQsAMyBwgAEEcQsAMyBwgAEEcQsAMyBwgAEEcQsAMyBwgAEEcQsAMyBwgAEEcQsAMyBwgAEEcQsAMyBwgAEEcQsANQu5JzWLuSc2DPIXNoAHAFeACAAQCIAQCSAQCYAQGgAQKgAQGqAQdnd3Mtd2l6yAEIwAEB&scient=gws-wiz&ved=0ahUKEwj48MnNxqTwAhXsQkEAHTJFCXcQ4dUDCA0&uact=5)  
(consulté le avr. 30, 2021).
- [35] « INERIS (DRA-039) Omega- 10.Evaluation des Barrières Techniques de Sécurité. »
- [36] Mouloud Bourareche, Nouara Ouazraoui, Rachid Nait-Saïd, Ilyas Sellami, et Hassene Boussejdada, « Performances des barrières de sécurité, un indicateur de bonne maîtrise des risques d'un procédé industriel ».

- [37] R. MELLAL, « Etude HAZOP selon le référentiel de SONATRACH « Identification des Dangers et Evaluations des Risques HSE » Cas pratique sur la section de Four de reforming F201 de l'unité Méthanol – Complexe CP1Z », Ecole de Boumerdes, Boumerdas, 2018.
- [38] « SH-GTL-2015/2016-gassi touil ». 2016 2015.
- [39] *Handboek Faalfrequenties 2009 – Gouvernemend Flamand (Belgique)*.
- [40] « DNV GL AS Phast Safeti 8.0.33.0 - ShareAppsCrack ».  
<https://shareappscrack.com/dnv-gl-as-phast-safety/?token=66870598> (consulté le juill. 04, 2021).
- [41] M.Sandjek, « Cours IAP 2018-2019 sur les EIPS ». 2019 2018.
- [42] JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, *prévention des risques majeurs et la gestion des catastrophes*, vol. 04-20. p. 20. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.interieur.gov.dz/index.php/fr/le-ministere/le-minist%C3%A8re/textes-legislatifs-et-reglementaires/62-les-risques-majeurs/530-loi-04-20-du-25-d%C3%A9cembre-2004-relative-%C3%A0-la-pr%C3%A9vention-des-risques-majeurs-et-%C3%A0-la-gestion-des-catastrophes,-dans-le-cade-du-d%C3%A9veloppement-durable.html>

# **Annexes :**

**Annexe 01 : Décret et article réglementaire**

✚ **Le décret exécutif n° 06- 198 du 4 Jomada El Oula 1427 correspondant au du 31 mai 2006 :**

**Article 3 :**

Les établissements classés sont subdivisés en quatre catégories :

- **Etablissement classé de première catégorie :** comportant au moins une installation soumise à autorisation ministérielle.
- **Etablissement classé de deuxième catégorie :** comportant au moins une installation soumise à autorisation du wali territorialement compétent.
- **Etablissement classé de troisième catégorie :** comportant au moins une installation soumise à autorisation du président de l'assemblée populaire communale territorialement compétent. [1]

**Article 12 :**

L'étude de danger a pour objet de préciser les risques directs ou indirects par lesquels l'activité de l'établissement classé met en danger les personnes, les biens et l'environnement, que la cause soit interne ou externe.

L'étude de danger doit permettre de définir les mesures d'ordre technique propres à réduire la probabilité et les effets des accidents ainsi que les mesures d'organisation pour la prévention et la gestion de ces accidents. [1]

**Article 13 :**

Les études de danger sont réalisées, à la charge du promoteur, par des bureaux d'études, des bureaux d'expertise ou des bureaux de consultation compétents en la matière et agréés par le ministre chargé de l'environnement, après avis des ministres concernés, le cas échéant. [1]

**Article 14 :**

L'étude de danger doit comporter les éléments suivants :

- 1) une présentation générale du projet ;
- 2) la description de l'environnement immédiat du projet et du voisinage potentiellement affecté en cas d'accident comprenant :
  - a) les données physiques : géologie, hydrologie, météorologie et les conditions naturelles (topographie, sismicité,) ;
  - 5 b) les données socio-économiques et culturelles : population, habitat, points d'eau, captage, occupation des sols, activités économiques, voies de communication ou de transport et aires protégées ;
- 3) la description du projet et ses différentes installations (implantation, taille et capacité, accès, choix du procédé retenu, fonctionnement, produits et matières mis en oeuvre,) en se servant au besoin de cartes (plan d'ensemble, plan de situation, plan de masse, plan de mouvement. ) ;
- 4) l'identification de tous les facteurs de risques générés par l'exploitation de chaque installation considérée. Cette évaluation doit tenir compte non seulement des facteurs intrinsèques mais également des facteurs extrinsèques auxquels la zone est exposée ;
- 5) l'analyse des risques et des conséquences au niveau de l'établissement classé afin d'identifier de façon exhaustive les événements accidentels pouvant survenir, leur attribuer une cotation en termes de gravité et de probabilité permettant de les hiérarchiser, ainsi que la méthode d'évaluation des risques utilisée pour l'élaboration de l'étude de danger ;
- 6) l'analyse des impacts potentiels en cas d'accidents sur les populations (y compris les travailleurs au sein de l'établissement), l'environnement ainsi que les impacts économiques et financiers prévisibles ;
- 7) Les modalités d'organisation de la sécurité du site, les modalités de prévention des accidents majeurs et du système de gestion de la sécurité et des moyens de secours. [1]

**Article 15 :**

Les modalités d'examen et d'approbation des Études de danger sont fixées par arrêté conjoint des ministres chargés de l'intérieur et de l'environnement.[1]

**Article 19 :**

L'autorisation d'exploitation de L'établissement classé n'est délivrée qu'après visite sur site de la commission à l'issue de la réalisation de l'établissement classé, afin de vérifier sa conformité aux documents du dossier de demande et aux termes de l'accord préalable. [1]

✚ **La loi n° 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable :**

**Art. 60 :**

Sans préjudice des dispositions de la loi n° 03-10 du 19 Jomada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003, susvisée, toute installation industrielle doit, avant sa mise en exploitation, être soumise à une étude de danger. [42]

✚ **Le décret exécutif n°07-144 du 19 Mai 2007 fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement :**

**Art. 4. :**

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

- L'Evaluation de l'accidentologie avec l'analyse du retour d'expérience ;
- Les modalités d'organisation et d'intervention en cas d'urgence.

L'étude de dangers relative aux activités citées à l'article 2 du présent décret, non régies par la réglementation relative aux installations classées doit comporter :

- une présentation de l'environnement de l'ouvrage ou de l'installation ;
- une description de l'ouvrage ou de l'installation ;
- l'évaluation de l'accidentologie avec l'analyse du retour d'expérience ;
- une identification des dangers et évaluation des risques d'accident ;
- un descriptif des mesures de prévention et de protection pour limiter les conséquences d'un accident majeur ;
- un système de gestion de sécurité ;



- les modalités d'organisation et d'intervention en cas d'urgence. [13]

**Art. 5 :**

La présentation de l'environnement de l'ouvrage ou de l'installation comporte les Eléments suivants :

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

b) le recensement des activités, Etablissements voisins, zones, aménagements et ouvrages susceptibles d'être à l'origine, ou d'accroître le risque ou les, d'un accident majeur et d'effets domino ;

c) la description des zones où un accident majeur peut survenir. [13]

**Art. 6. :**

La description de l'ouvrage ou de l'installation doit contenir les Eléments suivants :

- La description des activités et des parties de l'ouvrage ou de l'installation qui peuvent être des sources de risque d'accidents majeurs et des conditions dans lesquelles cet accident majeur pourrait survenir ;
- La description des procédés et leurs modes opératoires. Ces descriptions doivent être accompagnées de plans, et documents cartographiques (plan synoptique, plan de masse, plan de mouvement, diagramme des flux, plan des canalisations et diagramme de l'instrumentation).
- La description des substances utilisées :
- Déclaration et inventaire des substances comprenant : l'identification des substances : désignation chimique, désignation dans la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement conformément à la réglementation en vigueur la quantité maximale de substances dangereuses présentes ou susceptibles d'être présentes ;
- Caractéristiques physiques, chimiques, toxicologiques, Éco-toxicologiques et indication des dangers, aussi bien immédiats que différés, pour la santé humaine et l'environnement notamment les aquifères ;
- comportement physique ou chimique dans les conditions normales d'utilisation ou dans les conditions accidentelles prévisibles. [13]

**Article 9 :**

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

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

**Article 11 :**

L'Étude de dangers doit contenir les méthodes d'Evaluation des risques utilisés avec une analyse des risques spécifiques aux activités et aux opérations particulières et les mesures d'atténuation y afférentes.

**Art 5 : Obligations générales de l'exploitant :**

Les Etats membres veillent à ce que l'exploitant soit tenu de prendre toutes les mesures qui s'imposent pour prévenir les accidents majeurs et pour en limiter les conséquences pour l'homme et l'environnement. [14]

**Art 7 : Politique de prévention des accidents majeurs :**

Les Etats membres veillent à ce que l'exploitant soit tenu de rédiger un document définissant sa politique de prévention des accidents majeurs et de veiller à sa bonne application. La politique de prévention des accidents majeurs mise en place par l'exploitant vise à garantir un niveau élevé de protection de l'homme et de l'environnement par des moyens, des structures et des systèmes de gestion appropriés. [14]

**Art 9 : Le rapport de sécurité est périodiquement revu et, si nécessaire, mis à jour :**

Au moins tous les cinq ans, à n'importe quel autre moment à l'initiative de l'exploitant ou à la demande des autorités compétente lorsque des faits nouveaux le justifient ou pour tenir compte de nouvelles connaissances techniques relatives à la sécurité, ainsi que de l'évolution des connaissances en matière d'évaluation des dangers. [14]

### **Annexe 02 : Présentation de logiciel PHAST**

#### **Présentation du logiciel DNV PHAST :**

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

#### **Description de l'outil PHAST :**

Le logiciel PHAST (Process Hazard Analysis Software Tool), est un outil d'analyse des risques d'une installation industrielle. PHAST simule l'évolution d'un rejet accidentel d'un produit toxique et/ou inflammable, depuis la fuite initiale jusqu'à la dispersion atmosphérique en champ lointain, incluant la modélisation de l'épandage et de l'évaporation de flaque.

#### **Modélisation par le logiciel PHAST :**

La modélisation des effets d'un phénomène accidentel comprend trois composantes, à savoir les modélisations du « terme source », de la « propagation » de cette source dans l'environnement et l'effet sur les « cibles ».

La dispersion atmosphérique d'un produit rejeté accidentellement dépend essentiellement :

- Des caractéristiques de la source d'émission (énergie cinétique, direction du rejet, densité du produit rejeté, durée de la fuite, conditions de la fuite...).
- Des conditions météorologiques comme la vitesse du vent, la stabilité de l'atmosphère, l'hygrométrie, la température ambiante.
- Des conditions de relief et de la présence d'obstacles.

Le logiciel, commercialisé par DNV Software, est largement utilisé dans l'industrie pour l'estimation des conséquences d'accidents. Il permet de modéliser les phénomènes suivants : Feu chalumeau (jet fire), Feu de flaque (nappe), Feu nuage (feu flash), Boule de feu (BLEVE), des Explosions

#### **Avantage de logiciel PHAST :**

- Déterminer le niveau de risque
- Modélisation des conséquences des incidents
- Améliore la compréhension des dangers potentiels par les ingénieurs.
- Il fournit des résultats fiables avec très bonne précision
- Les mises à jour régulières du logiciel incorporent les expériences et l'expertise les plus

## **Annexe 02 : Présentation de logiciel PHAST**

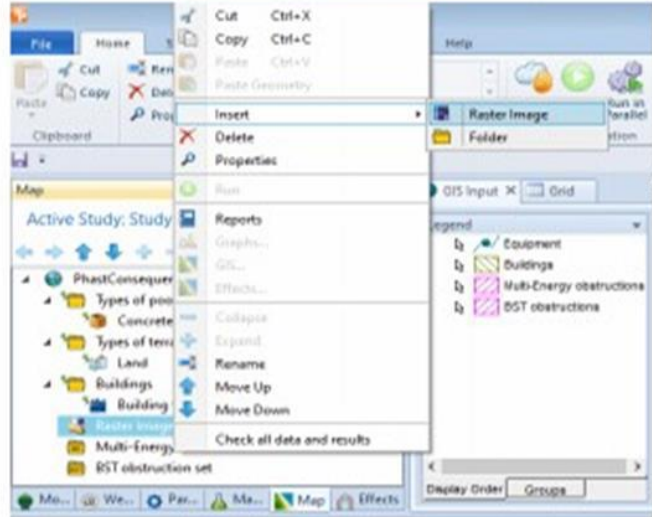
- Récentes dans l'industrie
- Il permet d'obtenir une réponse rapide en cas d'incidents à risques

### **Les industries utilisant actuellement PHAST :**

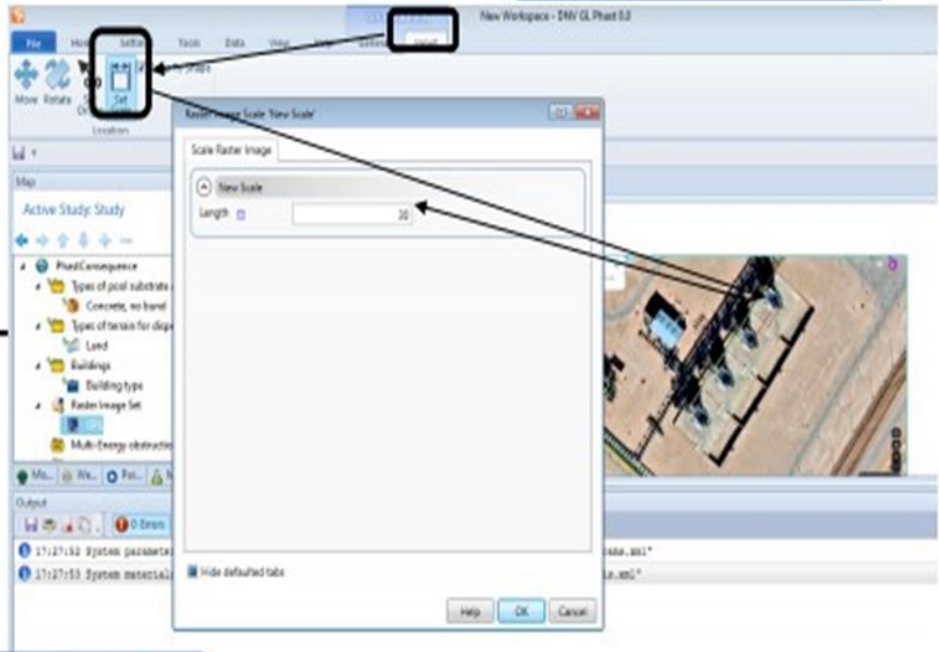
- Pétrole et gaz.
- Universités.
- Fabricants de produits chimiques.
- Gouvernements et autorités chargées de la réglementation.
- Services de conseil et de conception.
- Compagnies

# Annexe 02 : Présentation de logiciel PHAST

Télécharger l'image



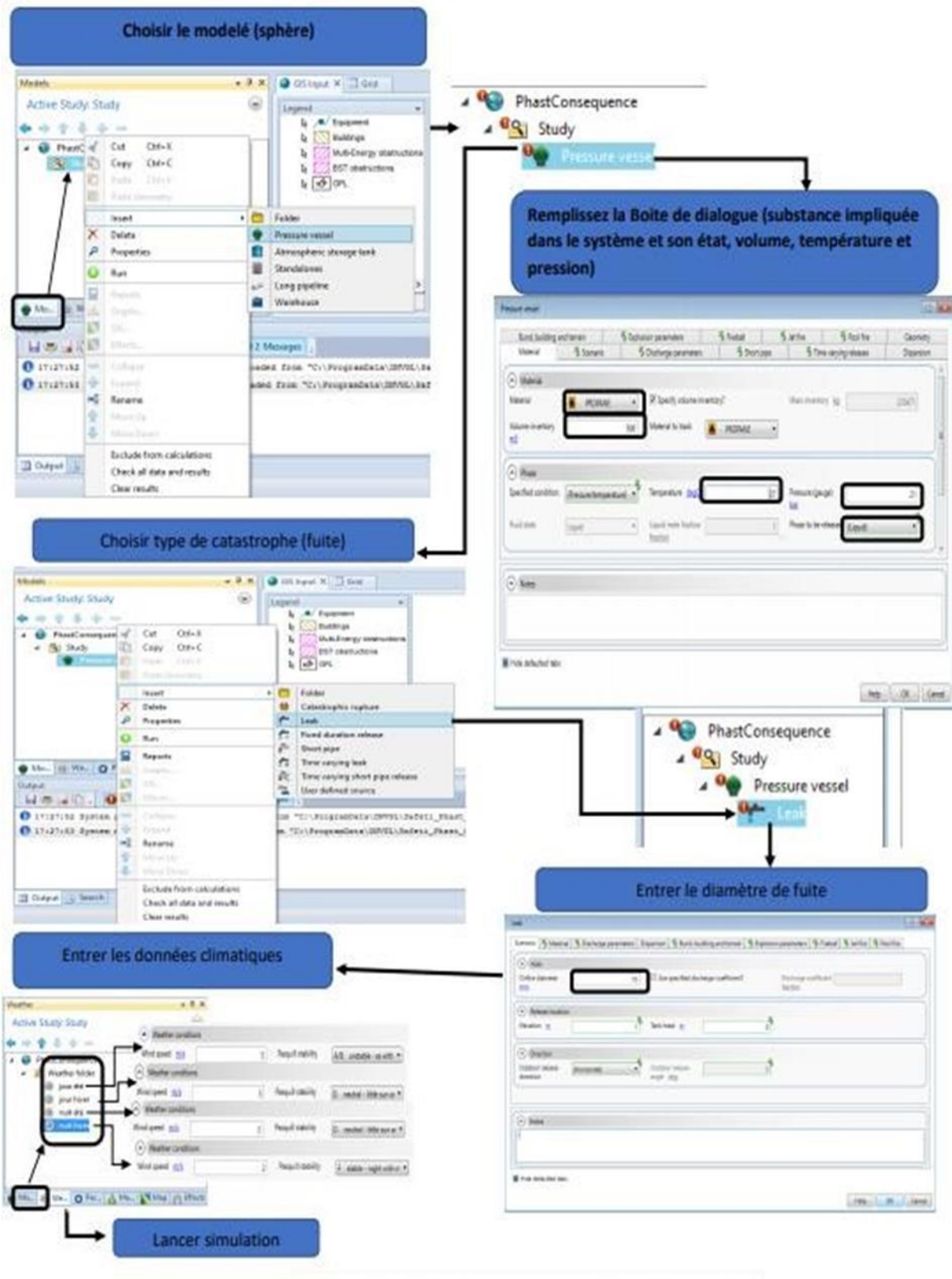
Définir la dimension dans le schéma et rentrer la valeur réelle dans le tableau après



Actualise l'image avec ses dimensions réelles



## Annexe 02 : Présentation de logiciel PHAST



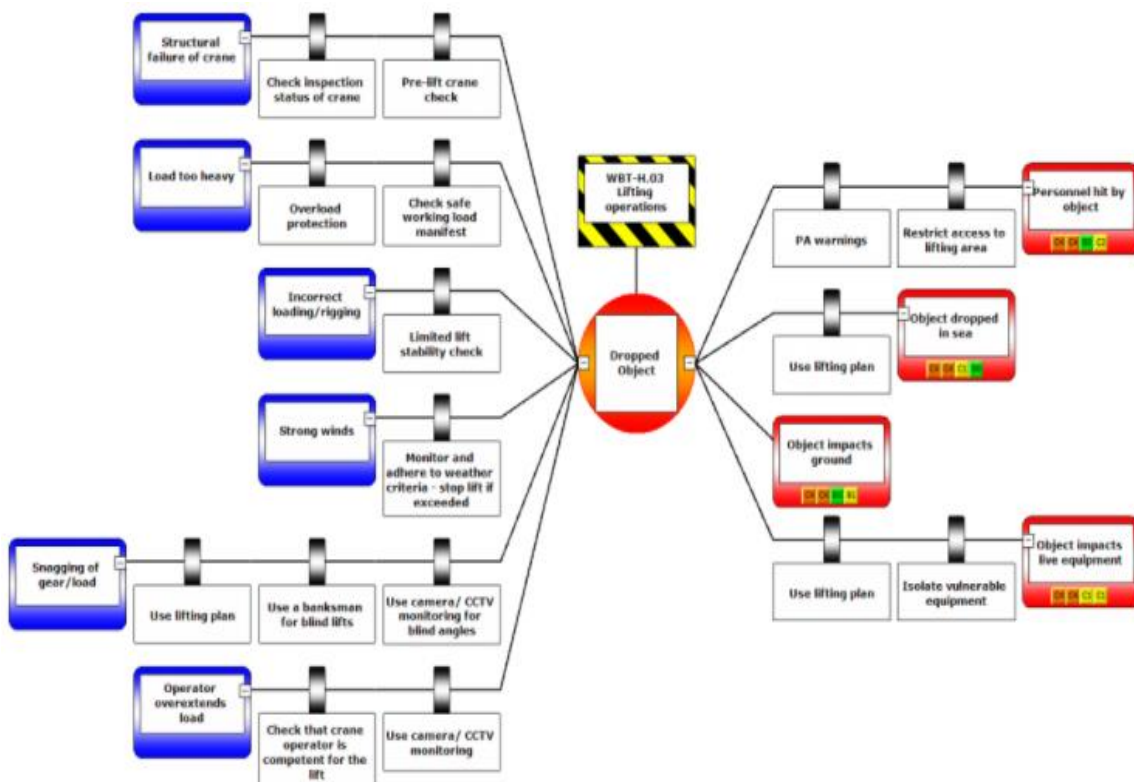


**Annexe 03 : Présentation des fonctionnalités de BowTieXP**

**Présentation :**

BowTieXP est le logiciel d'évaluation des risques le plus utilisé, cet outil est basé sur la méthode nœud papillon. Il vous permet de créer facilement des diagrammes nœud papillon pour évaluer le risque. BowTieXP est unique dans sa capacité à visualiser des risques complexes de manière compréhensible, mais permet également d'élaborer des plans d'amélioration détaillés basés sur les risques.

Un diagramme nœud papillon permet de visualiser le risque, auquel vous faites face, dans un seul schéma compréhensible. Le diagramme a la forme d'un nœud papillon et crée une distinction claire entre les aspects proactifs et réactifs de la gestion des risques. Dans BowTieXP, le diagramme nœud papillon vous donne un aperçu de plusieurs scénarios d'incidents plausibles et indique quelles barrières vous avez mis en place pour contrôler ces scénarios. Le logiciel BowTieXP est développé pour l'utilisateur final, ce qui en fait l'un des outils d'évaluation des risques les plus simples à utiliser. Il est facile de créer un diagramme dans BowTieXP, mais le logiciel vous permet également d'actualiser le diagramme pour qu'il reflète toujours l'état actuel de vos barrières de sécurité.

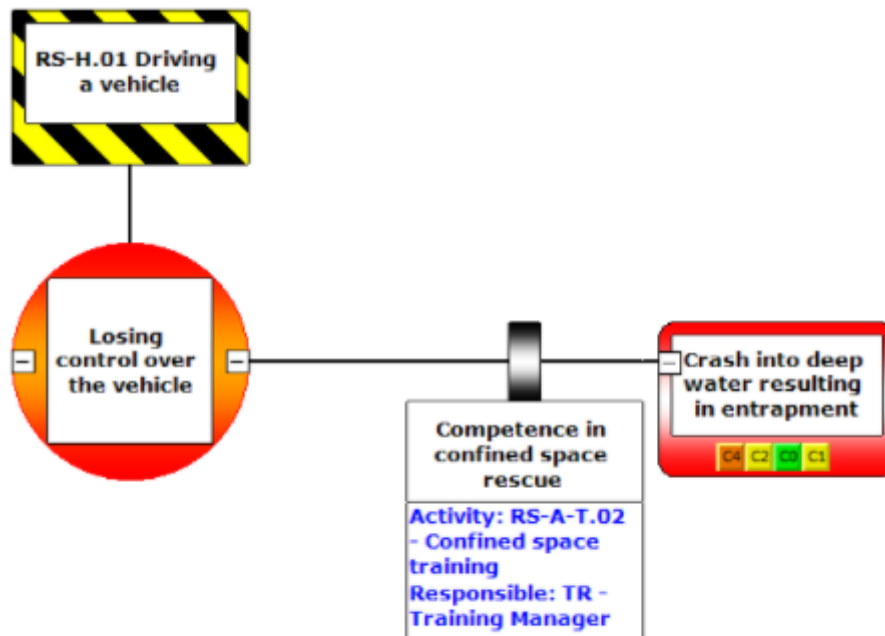




## Structure de la connaissance :

La méthode nœud papillon structure les risques majeurs de votre organisation et vous indique clairement comment vos risques sont contrôlés. Les barrières dans le diagramme nœud papillon indiquent les contrôles que vous avez mis en place pour empêcher, atténuer ou éliminer les conséquences principales. En responsabilisant le personnel sur les barrières, le diagramme montre clairement ce que chacun doit faire pour agir avec sécurité. Si le personnel est impliqué dans le développement d'un nœud papillon, il apporte des informations précises sur les opérations quotidiennes et s'approprie ainsi les diagrammes nœuds papillon.

BowTieXP offre la possibilité de visualiser votre système de gestion de la sécurité (SGS) sur le diagramme. Chaque activité peut être reliée à la barrière qu'elle soutient. Le SGS sert principalement à identifier des activités critiques pour la sécurité, entreprises pour assurer l'intégrité continue des barrières de risque. Grâce à l'affichage de toutes les données sur le nœud papillon, chaque membre peut voir le contexte de risque complet, ainsi que les activités dont il est responsable.



Visualiser le système de gestion de la sécurité (SGS) sur un diagramme nœud papillon.

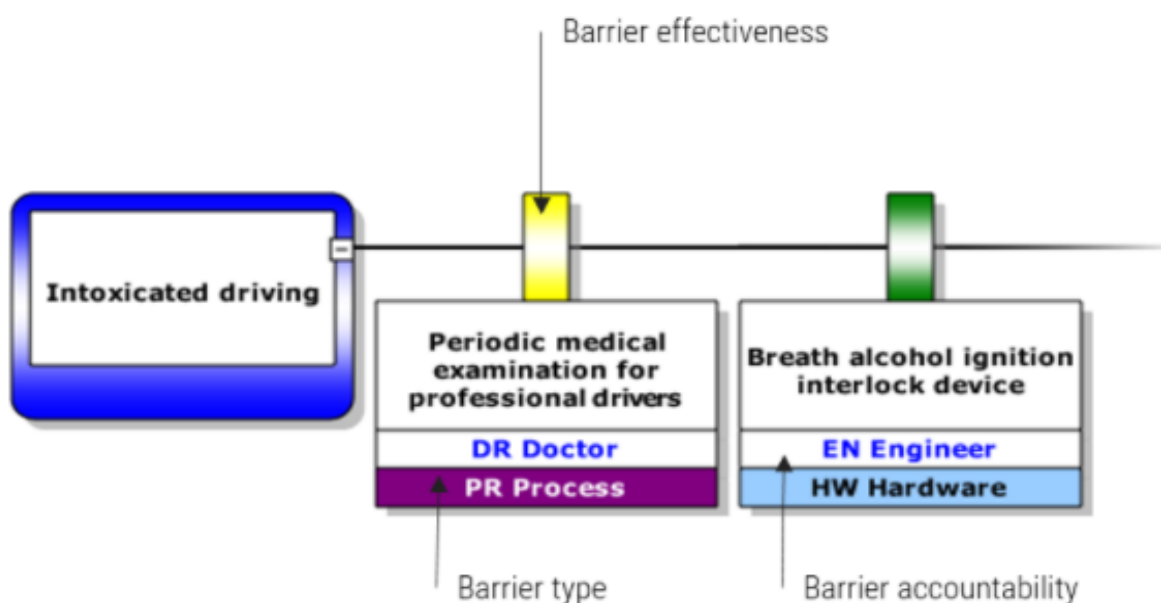
## Analyse et évaluation :

Une fois que vous avez construit un diagramme nœud papillon, vous pouvez analyser et évaluer les barrières de sécurité que vous avez mis en place. Diverses catégories peuvent être reliées à chaque barrière afin d'identifier notamment son efficacité, son type ou le responsable de l'action. Analyser **l'efficacité de vos barrières** pour obtenir un aperçu visuel instantané de leurs performances. Dans BowTieXP, l'efficacité de la barrière est souvent indiquée avec un code de couleur (feux tricolores), mais vous pouvez le personnaliser en fonction de vos besoins.

L'analyse **des types de barrières** vous aidera à renforcer votre organisation et à réduire les risques de défaillance de mode commun.

La **responsabilité** peut être liée à des barrières via des intitulés de poste personnalisables. Vous savez ainsi quelles personnes sont responsables de la performance des barrières de sécurité. Cela rend transparent ce que tout le monde est censé faire pour fonctionner en toute sécurité et accroît l'appropriation des performances de chaque barrière.

Dans BowTieXP, vous pouvez aisément **créer des matrices de risque** pour déterminer visuellement si vous maîtrisez de manière adéquate tous vos risques. Les matrices de risques peuvent facilement être personnalisées en fonction des standards de l'entreprise. Les évaluations des risques inhérents et résiduels permettent la démonstration de l'amélioration des niveaux de risque.

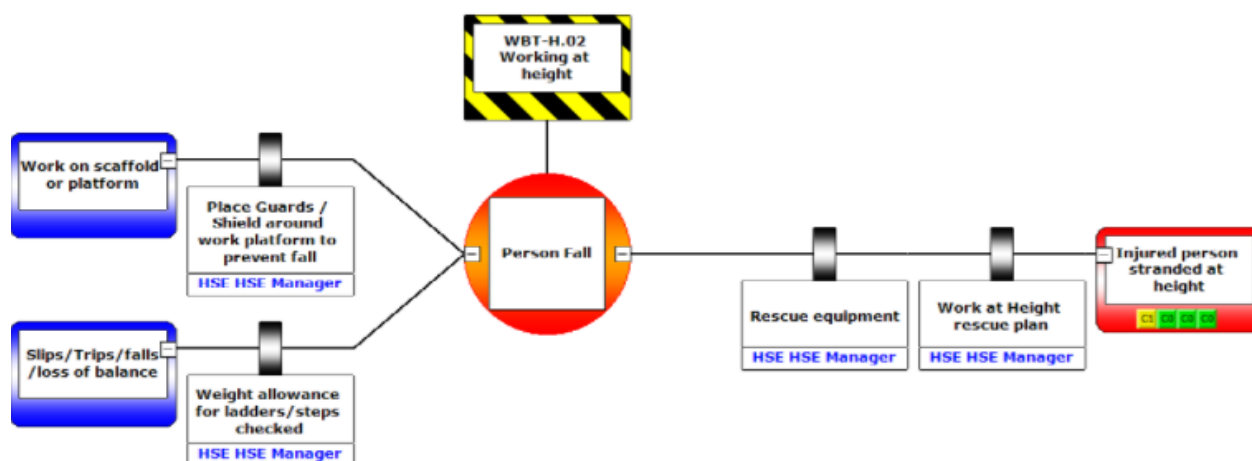


### Lecture et communication :

Les diagrammes nœuds papillon garantissent une communication aisée des risques en rendant le risque visuel et compréhensible au bon niveau d'abstraction. Pour promouvoir les diagrammes nœuds papillon, les organisations utilisent des affiches, des livrets et des dépliants, par exemple pour mettre en évidence les principaux problèmes de maîtrise des risques. Les diagrammes nœuds papillon accessibles sur le web font de plus en plus partie des systèmes de formation et d'information en ligne. Cela garantit une intégration complète de la communication des risques dans l'organisation.

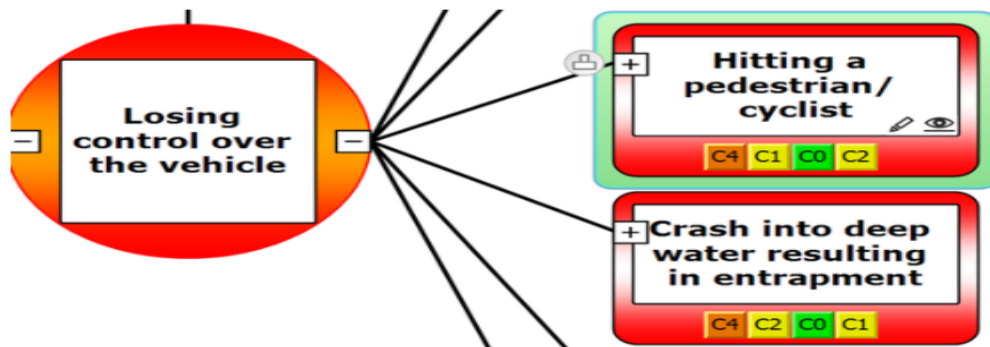
Les diagrammes nœuds papillon sont non seulement faciles à comprendre, mais fournissent également une vue d'ensemble et des informations pour l'analyse et l'évaluation des risques. Les diagrammes nœuds papillon réduisent notamment la complexité à une taille gérable sans perdre de vue le contexte et l'attention sur les éléments critiques. Le diagramme nœud papillon peut être communiqué à tous les départements de votre organisation, en utilisant plusieurs options de filtres dans le logiciel. Les filtres vous permettent de décider des informations que vous souhaitez afficher sur votre diagramme, sans supprimer aucune information. Par exemple, vous pouvez filtrer le diagramme en fonction d'une description de poste pour montrer les informations pertinentes pour cette personne responsable.

Les diagrammes nœuds papillon peuvent également être utilisés pour démontrer que les risques sont maîtrisés. Cela fournit à la Direction l'assurance que les risques sont gérés correctement. C'est ce qui a motivé Shell à mettre en œuvre cette approche au milieu des années 1990. En raison de la puissance visuelle du diagramme nœud papillon, de nombreux organismes de régulation dans diverses industries recommandent l'utilisation des diagrammes nœud papillon dans des études de sécurité ou dans des études de cas de sécurité.

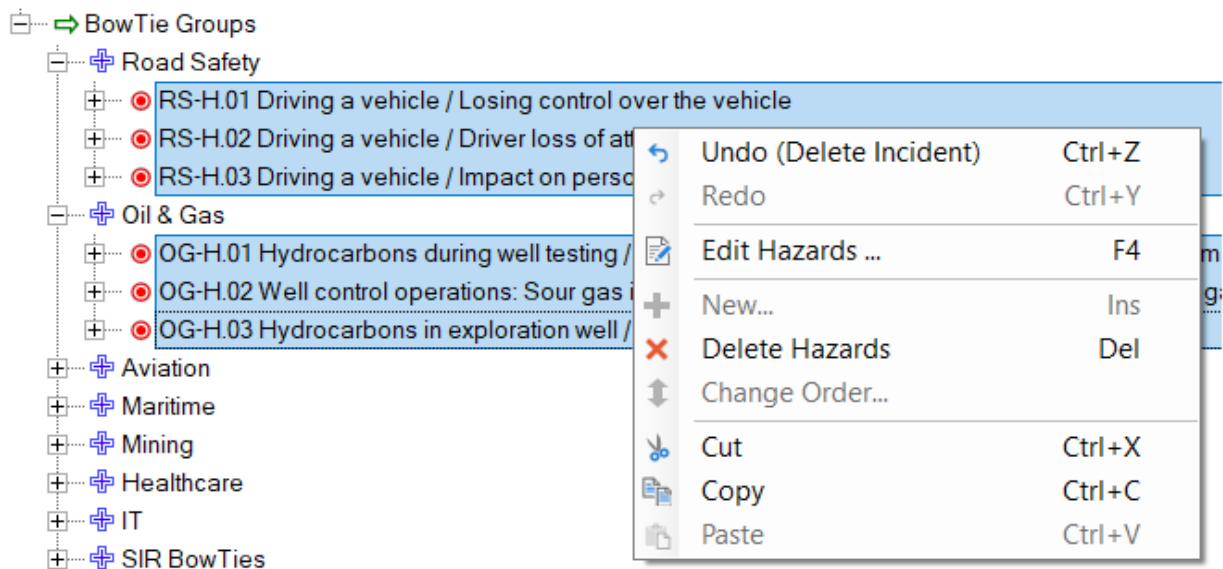


### Utilisation des diagrammes :

Il est simple et facile d'utiliser le diagramme BowTieXP. En survolant les éléments, des boutons Plus s'afficheront pour vous permettre d'ajouter de nouveaux éléments nœud papillon. Ces boutons Plus rendent le logiciel plus intuitif et beaucoup plus rapide à utiliser. Il est possible d'ajuster votre nœud papillon à tout moment et des informations peuvent être facilement ajoutées au diagramme avec la fonctionnalité « glisser-déposer ».

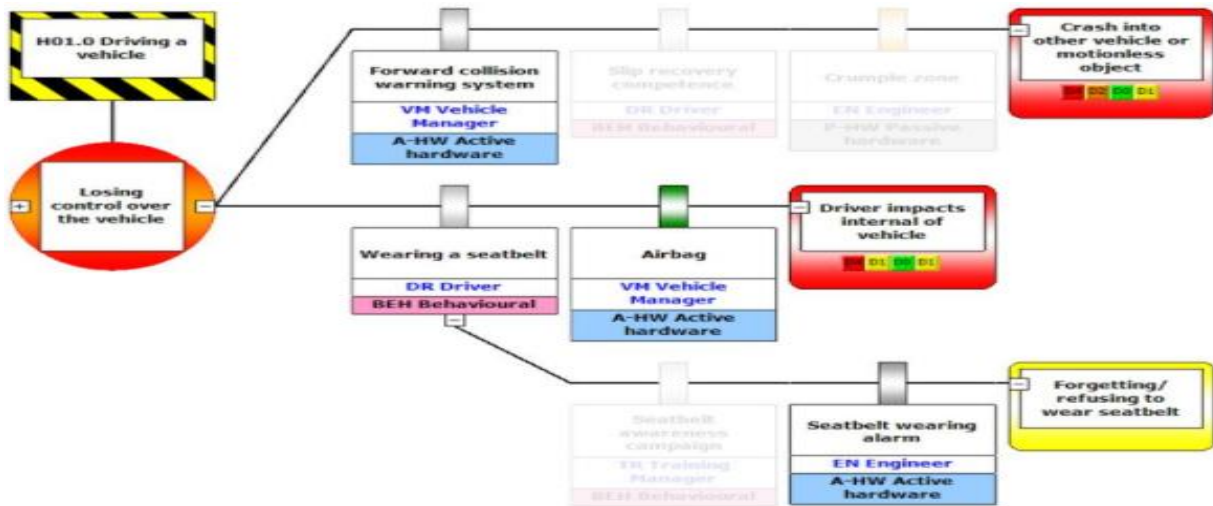


Un exemple de fonctionnalité simple à utiliser dans BowTieXP est « Édition de groupe ». Cette fonctionnalité vous permet de sélectionner plusieurs éléments dans vos diagrammes pour l'édition en masse. Par exemple, si vous souhaitez définir la criticité, ou éditer le texte sur 15 barrières à la fois.

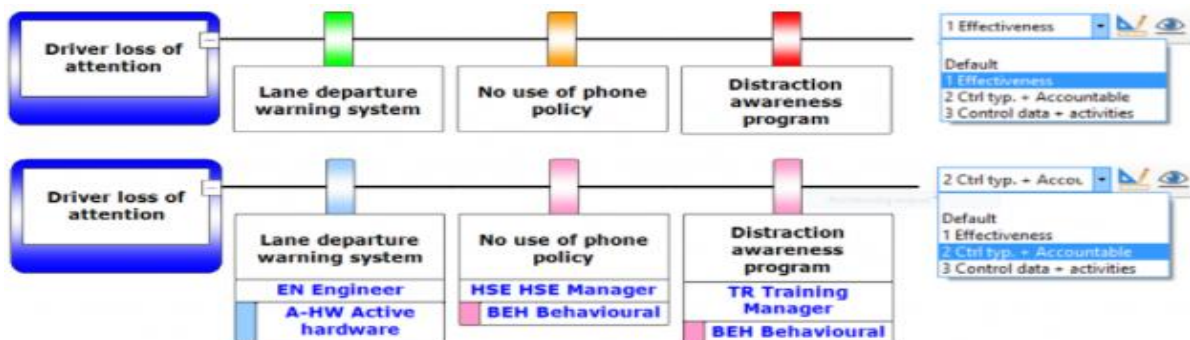


**Profils filtres et affichage :**

Les filtres dans BowTieXP peuvent être utilisés pour communiquer les nœuds papillon à vos employés ou à la direction. Avec le filtre de visibilité sélective, vous pouvez sélectionner les informations à masquer en marquant simplement les éléments que vous ne souhaitez pas afficher. Le filtre avancé vous permet de filtrer pratiquement tous les éléments que vous avez ajouté au diagramme.



Vous pouvez également choisir de ne sélectionner qu'une seule caractéristique (comme la description de poste et les valeurs d'efficacité), qui deviendra visible sur votre diagramme nœud papillon. Dans BowTieXP Standard, cela se fait en ajustant les paramètres d'affichage, où les types d'informations peuvent être activés ou désactivés. Dans BowTieXP Avancé, ces paramètres peuvent être sauvegardés en tant que profils d'affichage personnalisés. De cette façon, vous pouvez sauvegarder vos paramètres d'affichage favoris et accéder à ceux-ci à partir du menu déroulant (voir image). Il fournit un aperçu rapide de toutes les données que vous trouvez pertinentes.



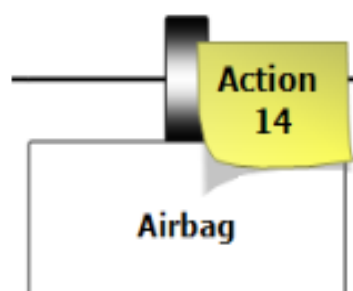
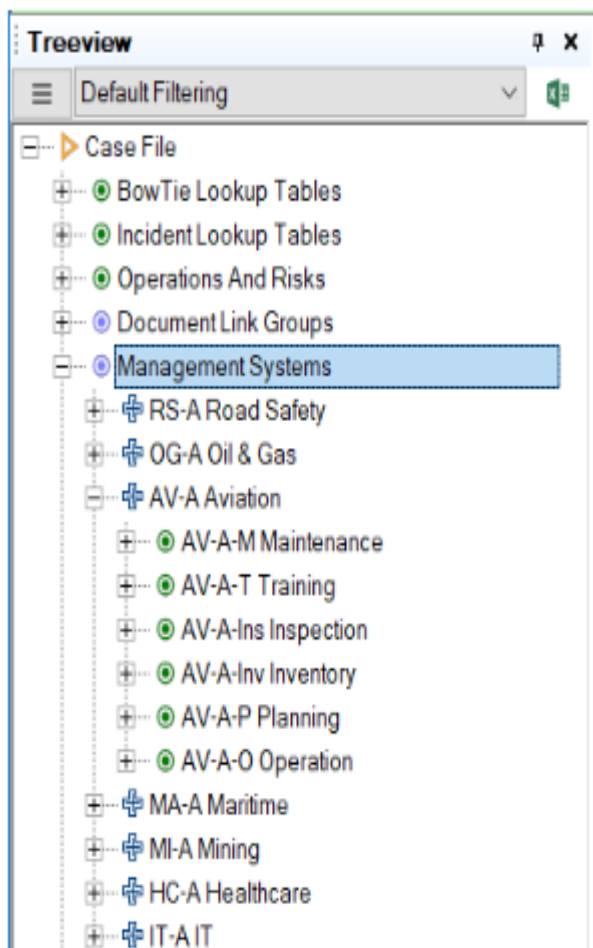
Afficher les informations de barrière en fonction du profil d'affichage dans BowTieXP Avancé. Dans cet exemple, la même ligne de menace est affichée tandis que différents profils sont sélectionnés.

### Relier les systèmes de gestions :

BowTieXP vous permet de relier vos systèmes de gestion à votre diagramme nœud papillon en créant des activités et des liens de document. Les activités décrivent toutes les tâches à accomplir pour assurer l'intégrité des barrières. Les activités sont utilisées pour décrire des tâches récurrentes régulières comme la maintenance et la formation qui font partie de votre système de gestion de la sécurité. Ces activités et liens de documents peuvent facilement être ajoutés au diagramme nœud papillon en utilisant la fonctionnalité « glisser-déposer ».

### Actions et recommandions :

BowTieXP favorise les améliorations organisationnelles pertinentes pour actualiser votre nœud papillon. Les diagrammes nœuds papillon peuvent mettre en évidence les points faibles du contrôle organisationnel, pour cibler les ressources sur les zones permettant d'obtenir un bénéfice maximum. Une liste de recommandations et d'actions uniques peut être obtenue auprès de BowTieXP. Par la suite, cette liste peut être communiquée à la personne responsable afin d'améliorer votre nœud papillon et la gestion des risques.





### Notions et catégories personnalisables :

Alors que dans certaines industries, il est courant d'utiliser la notion de barrière, d'autres utilisent le terme « contrôle de sécurité ». Toute étiquette du logiciel peut être modifiée pour répondre à vos propres exigences en matière de terminologie.

BowTieXP fournit des catégories standard dans le logiciel, mais certaines organisations souhaitent avoir des catégories spécifiques à l'industrie. Dans les tableaux de recherche, vous pouvez changer vos types de barrières, l'efficacité de la barrière, etc., en fonction des besoins de votre entreprise.

Edit Property Descriptions
X

WARNING: Editing of property descriptions is complex functionality. DO NOT USE THIS FUNCTIONALITY WITHOUT PROPER TRAINING AND INSTRUCTION.

Object/Property	Custom Description	Custom Plural Description	Custom Abbreviation
+ Action	Action	Actions	Actn
+ Action Category	Action Category	Action Categories	Cat
- Action Category Container	Action Category Container	Action Category Containers	Action cat. cont.
+ Activity	Activity	Activités	Act
+ Activity Category	Activity Category	Activity Categories	Act. Cat.
- Activity Category Container	Activity Category Container	Activity Category Containers	Act. Cat. cont.
+ Answer	Answer	Answers	Answ.
+ Attachment	Attachment	Attachments	Att.
+ Audit	Audit	Audits	Aud.
- Audits	Audits	Audits	Aud. Cont.
+ <b>Barrier</b>	<b>Safety Control</b>	<b>Barriers</b>	<b>Br.</b>
+ Barrier Category	Barrier Category	Barrier Categories	Br. Cat.
- Barrier Category Container	Barrier Category Container	Barrier Category Containers	Br. Cat. cont.
+ Barrier Type	Barrier Type	Barrier Types	Br. Tpe.
- Barrier Type Container	Barrier Type Container	Barrier Type Containers	Br. Tpe. cont.
- Barrier Type Container	Barrier Type Container	Barrier Type Containers	Br. Tpe. cont.
+ BFA Causation	BFA Causation	BFA Causations	Assmnt.
+ BFA Primary Cause	BFA Primary Cause	BFA Primary Causes	BFA 1C
- BFA Primary Causes	BFA Primary Causes	BFA Primary Cause Containers	BFA 1C Cont.
+ BFA Secondary Cause	BFA Secondary Cause	BFA Secondary Causes	BFA 2C
- BFA Secondary Causes	BFA Secondary Causes	BFA Secondary Cause Containers	BFA 2C Cont.
+ BFA Tertiary Cause	BFA Tertiary Cause	BFA Tertiary Causes	BFA 3C
- BFA Tertiary Causes	BFA Tertiary Causes	BFA Tertiary Cause Containers	BFA 3C Cont.
+ BowTie Group	BowTie Group	BowTie Groups	Grp.
- BowTie Group Container	BowTie Group Container	BowTie Group Containers	Grp. cont.
- BowTie Lookup Tables	BowTie Lookup Tables	BowTie Lookup Tables	BT. Lkup. tble
+ BRF Code	BRF Code	BRF Codes	BRF
- BRF Codes Container	BRF Codes Container	BRF Codes Containers	BRF cont.
+ BSCAT Basic Cause	BSCAT Basic Cause	BSCAT Basic Causes	BSCAT B.C.

Export to Excel...
Import from Excel...
OK
Cancel



### Rapports :

BowTieXP Standard contient de nombreux rapports parmi lesquels vous pouvez choisir. Les rapports seront exécutés sous Microsoft Word ou Microsoft Excel. Dans BowTieXP Avancé, il est possible de générer des rapports basés sur vos propres modèles personnalisés. Par exemple, un modèle peut être créé pour un rapport trimestriel standard sur toutes les barrières ou vos résultats d'audit. En utilisant Microsoft Word, des liens peuvent être ajoutés dans un document Word classique dans lequel BowTieXP Avancé va insérer les données demandées. Cela peut être fait sous forme de tableau, avec des images ou d'autres formes de données. Le résultat peut être un rapport généré automatiquement, y compris la page de titre, les logos d'entreprise, la numérotation des chapitres, la table des matières et bien plus.

