REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Hygiène et sécurité industrielle
Spécialité : Hygiène et sécurité industrielle

Développement d'un système de gestion des risques dans les installations Pétrolières

(Cas : bac de stockage des hydrocarbures.)

Présenté par :

BELHADJ Abdessalam

TEBIB Anfal

Proposé et Dirigé par :

Pr. HFAIFA Ahmed

Promotion 2019

DEDICASE

Avant toute chose je remercie ALLAH Tout Puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour accomplir cet humble travail, fruit de mes années de dur labeur.

A l'homme, mon précieux offre d'***ALLAH***, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : **mon cher père**

A la femme qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon **adorable mère.**

A ma chère sœur ***Yasmine*** qui a toujours été à mes côtés, pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral

A mes chers frères ***Mohamed*** et ***Haithem*** pour leur appui et encouragement

A tous mes amies et cousines

A mon cher frère et binôme ***Abdessalem***, Qu'ALLAH te réalise tes rêves et te protège.

A monsieur ***Bennour Alaa Eddine*** pour tout ce qu'il m'a apporté lors de l'élaboration de mon travail

A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment

Anfal

DEDICASE

Avant toute chose je remercie ALLAH Tout Puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour accomplir cet humble travail, fruit de mes années de dur labeur.

. Mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un Magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce Travail toute ma reconnaissance et tout mon amour

A mes frères et sœurs et ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail.

A ma fiancée ***Halla***, qui m'a chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.

A monsieur ***Rahmani Ahmed*** pour tout ce qu'il m'a apporté au long mon parcours d'étude

A tous mes amies qui m'ont toujours encouragé, et a qui souhaite plus

De succès.

Abdessalam

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers tous ceux qui nous ont aidés et soutenus dans les moments difficiles.

Tout d'abord nous remercions **ALLAH** de nous avoir guidé et donné le courage et la force d'accomplir ce modeste travail.

Nos remerciements vont à notre promoteur **Mr.HFAIFA Ahmed** pour avoir eu la patience de répondre à nos questions.

Nous adressons nos profonds remerciements à **Mr.BENNOUR Alaa Eddine**, doctorant à l'institut d'hygiène et sécurité environnemental de Batna pour sa patience, encouragement et ses précieuses orientations pour structurer ce travail et améliorer sa qualité.

Notre respect aux membres de jury qui ont bien voulu accepter de juger ce modeste travail, d'adopter leurs réflexions et leurs critiques scientifiques.

A la fin, nous aimerions exprimer notre gratitude à tous les enseignants et les employeurs de notre université **YAHIA FARES**.

A toute les personnes qui nous ont encouragé et soutenu du pré ou du loin durant la réalisation de ce travail.

ملخص

عادة ما تواجه المنشآت النفطية مشاكل صناعية كبرى التي تهدد استدامتها امام هذا التحدي من واجب المصانع خلق استراتيجية لإدارة المخاطر وذلك بوضع طرق تحليل وتقييم هذه المخاطر لإثبات وبرهنة امان نظامها والهدف من هذا العمل هو تطبيق هذه الاستراتيجية على حوض تخزين المنتجات الهيدروكربونية لتحسين الوقاية من مخاطر الحوادث التكنولوجية المتصلة بتخزين المنتجات البترولية والهدف من هذا العمل هو مراقبة مستوى سلامة الصناعية وأخذ المعايير الاساسية لفعالية الوقاية.

المفاتيح: إدارة المخاطر، المنشآت النفطية، حوض تخزين المحروقات، الوقاية.

Résumé

Les installations pétrolières sont confrontées à des problèmes industriels majeurs qui menacent leur pérennité et remettent en cause leurs objectifs. Devant ce défi, les industries doivent défendre leur existence en instaurant une stratégie de gestion des risques et en mettant en place des méthodes d'analyse et d'évaluation de ces risques et ce, pour garantir que leurs installations fonctionnent dans toute sécurité

Le but du travail est de développer cette stratégie dans ces installations (bac de stockage des produits hydrocarbures), pour améliorer la prévention des risques d'accidents technologiques liées au stockage des produits pétroliers.

L'objectif de ce travail de Master est de contrôler le niveau de sécurité industrielle et de prendre les mesures nécessaires pour une prévention efficace contre les feux des hydrocarbures dans ces installations industrielles dangereuses.

Mots clés : gestion des risques, installations pétrolières, bac de stockage, feux des hydrocarbures, HAZOP, prévention.

Abstract

Oil companies are facing major industrial problems that threaten their survival and jeopardize their objectives. Faced with this challenge, industries must defend their existence by implementing a risk management strategy and by implementing methods for analyzing and assessing these risks. To ensure their facilities operate safely
the aim of the work is to develop this strategy in these installations (storage tank of hydrocarbons), to improve the prevention of the risks of technological accidents related to the storage of petroleum products.
The objective of this Master's work is to monitor the level of industrial safety and to take the necessary measures for an effective prevention against hydrocarbon fires in these dangerous industrial installations.
Keywords: risk management, oil installations, storage tank, hydrocarbon fires, HAZOP, prevention.

Liste des figures

Chapitre I : Système de gestion de risque

Figure I.1. Les quatre concepts fondamentaux du risque 6

Figure I.2. Principales phases, étapes et étapes du système de gestion des risques 10

Figure I.3. Processus de management de risque 14

Figure I.4. Méthodologie de l'analyse des risques 15

Figure I.5. Causes et conséquences de la défaillance des réservoirs de stockage 16

Figure I.6. Principe ALARP (As Low As Reasonably Practicable) 19

Chapitre II : Approches et outils de gestion de risque

Figure II.1. Approches d'analyse de risque 22

Figure II.2. Typologie des méthodes d'analyse de risque 23

Figure II.3. Classification des principales méthodes d'analyse de risque qualitatives 25

Figure II.4. Processus de danger du modèle MADS (Perilhon, 1999) 31

Figure II.5. Exemple de nœuds 38

Figure II.6. Schéma d'analyse (HAZOP) 40

Chapitre III : Stockages des produits pétroliers

Figure III.1. Les sphères 46

Figure III.2. Les réservoirs horizontaux 46

Figure III.3. Bac à toit flottant 47

Figure III.4. Bac à toit Fixe 47

Figure III.5. Exemple de cuvettes de rétention 49

Figure III.6. Exemple de cuvette combinant merlon et mur 50

Liste des figures

Figure III.7. Cuvette déportée 50

Figure III.8. L'analyse de risques et l'intervention sur les feux d'hydrocarbures 51

Figure III.9. Flamme rouge et fumeuse 60

Figure III.10. Flamme claire sans fumée 61

Figure III.11. Sans flamme visible 61

Figure III.12. Feux de surface obstruée par un toit coulé 62

Figure III.13. Feux de pleine surface 62

Figure III.14. Feu de cuvette de rétention 63

Chapitre IV : Etude de cas CTH-BRN Groupement SONATRACH-AGIP

Figure IV.1. Situation géographique du champ BRN 66

Figure IV.2. Description du procédé de l'Usine CTH 69

Figure IV.3. Système de stockage /unité 220 71

Liste des tableaux

Chapitre I : Système de gestion de risque

Tableau I.1. Quelque définition de système de gestion de risque 8

Chapitre II : Approches et outils de gestion de risque

Tableau II.1. Documents relatifs au procédé pour une étude HAZOP 35

Tableau II.2. Rôles et fonctions du membre de l'équipe HAZOP 36

Tableau II.3. Présentation des résultats de l'étude HAZOP 41

Chapitre III : Stockages des produits pétroliers

Tableau III.1. Le taux d'application d'émulseur 55

Chapitre IV : Etude de cas CTH-BRN Groupement SONATRACH-AGIP

Tab IV.1. Unité de l'usine CTH à BRN 67

Tableau IV.2. Caractéristique des bacs du stockage 70

Tableau IV.3. Equipement étudié dans le scénario 72

Tableau IV.4. Description de l'équipement étudié 73

Tableau IV.5. Moyen disponible pour la génération de la mousse pour le scénario étudié 74

Tableau IV.6. Fiche d'évaluation des risques 76

Sommaire

Introduction générale **1**

Chapitre I : Système de gestion de risque

I.1. Introduction 4

I.2. Notion et classification de risque 4

I.2.1. Quelques définitions officielles 5

I.2.2. classification de risque 7

I.3. Système de gestion de risque 7

I.3.1. Un concept unifié du système de gestion des risques 9

I.3.2. Principaux composants du système de gestion du risque 10

I.4. Démarches de management des risques 10

I.4.1. Processus de mangement des risques 11

I.4.1.1. L'identification et la caractérisation des risques 11

I.4.1.2. L'évaluation et la hiérarchisation des risques 12

I.4.1.3. Le traitement des risques 12

I.4.1.4. Le suivi et le contrôle des risques 12

I.4.1.5. La capitalisation et la documentation des risques 13

I.4.2. Processus d'analyse et d'évaluation de risque 14

I.4.2.1. Identification des dangers et sélection des scénarios 15

I.4.2.2. Estimation de Conséquences 16

I.4.2.3. Estimation du risque 18

I.4.2.4. Acceptation du risque 18

I.4.2.5. Réduction du risque 19

I.5. Conclusion 21

Chapitre II : Approches et outils de gestion de risque

II.1. Introduction 22

II.2. Classification des méthodes d'analyse des risques 22

II.2.1. Approche déterministe 23

II.2.2. Approche probabiliste 23

II.2.3. Méthodes qualitatives vs Méthodes quantitatives 23

II.2.3.1. Méthodes quantitatives 24

II.2.3.2. Méthodes qualitatives 25

II.3. Méthodes d'analyse de risque 26

II.3.1. L'Analyse Préliminaire de Risque - APR / Analyse Préliminaire de Danger – APD (Preliminary Hazard Analysis –PHA) 26

II.3.2. Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets AMDE /et de leur Criticité - AMDEC (Failure Modes, and Effects Analysis FMEA / Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis - FMECA) 26

II.3.3. What-If Analysis 27

II.3.4. Analyse par Arbre de Défaillances, Arbre de Causes ou Arbre de Fautes (Fault Tree Analysis - FTA) 27

II.3.5. Analyse par Arbre d'Evènements (Event Tree Analysis - ETA) 29

II.3.6. Nœud papillon (Bowtie Model) 30

II.3.7. Analyse de la fiabilité humaine (Human Reliability Analysis) 30

II.3.8. Modèle de danger MADS 31

II.3.9. La méthode MOSAR 31

II.4. Critères de choix d'une méthode d'analyse de risque 32

II.5. La méthode HAZOP 33

II.5.1. Définition et Principe de la méthode 33

II.5.2. Organisation de l'étude HAZOP 34

II.5.3. Déroulement de l'étude HAZOP 37

II.5.4. Phase d'enregistrement et présentation des résultats 40

II.6 Conclusion 42

Chapitre III : Stockages des produits pétroliers

III.1. Introduction 43

III.2. Généralités sur les hydrocarbures 43

III.2.1. Définition 43

III.2.2. Propriétés physiques 43

III.2.3. Propriétés chimiques 44

III.3. Stockage des hydrocarbures 45

III.3.1. Rôle du stockage 45

III.3.2. Type de Stockage 45

III.3.2.1. Réservoirs sous pression 45

III.4. Cuvette de rétention 48

III.4.1. Caractéristiques des cuvettes de rétention 48

III.4.2. Différents types de cuvette de rétention 49

III.5. Feu des hydrocarbures dans la zone de stockage 50

III.5.1. Défense contre l'incendie 51

III.5.1.1. Planification des urgences 51

III.6. Intervention incendie 59

III.6.1. Protéger les installations de lutte contre l'incendie 59

III.6.2. Protéger les installations de l'exploitant susceptibles de propager le sinistre ou d'en augmenter ses effets 59

III.6.2.1. Pour un feu de réservoir 60

III.6.2.2 Pour un feu de cuvette de rétention 62

III.7. Conclusion 64

Chapitre IV : Etude de cas CTH-BRN Groupement SONATRACH-AGIP

IV.1 Introduction 65

IV.2. Description de l'entreprise 65

I.2.1. Présentation du groupement SH-AGIP 65

IV.2.2. Situation géographique du champ BRN 66

IV.2.3. Description générale de l'usine CTH à BRN 66

IV.2.4. Description du procédé de CTH 68

IV.2.5. Délimitation du champ d'étude (l'unité de Stockage 220) 69

IV.2.5.1. Caractéristique des bacs du stockage 69

IV.2.5.2. Composition et fonctionnement du système de bacs de stockage 70

IV.3. Analyse des risques de la Zone de stockage 72

IV.3.1. Identification des risques 72

IV.3.2. Scénario de référence 72

IV.3.2.1. Equipement étudié dans le scénario 72

IV.3.2.2. Description de l'équipement étudié 72

IV.3.2.3. Scénario 73

IV.3.2.3.1. Rupture complète et instantanée 73

IV.3.2.3.2. La rupture de la plus grande bride de connexion 73

IV.4. Stratégie d'intervention de la Zone de stockage 73

IV.4.1. Moyens d'intervention 73

IV.4.2. Demande en Emulseur /eau 74

IV.4.2.1. Calcul du débit de solution moussante par minute 74

IV.4.2.2. Calcul du volume de l'émulseur 74

IV.4.2.3. Calcul du volume de l'eau 74

IV.5. Fiche d'évaluation des risques 76

IV.6. Conclusion 77

Conclusion générale 78

Référence bibliographique 79

Annexe

Introduction générale

Actuellement, le monde industriel est devenu plus sensible à la maitrise des accidents majeurs à cause des conséquences graves et même catastrophiques matérielles, humaines et environnementales dont la mauvaise organisation liée à la gestion des risques pour combattre ces conséquences.

Un risque n'étant pas la résultante d'une cause unique mais de l'interaction de plusieurs situations. De ce fait, un processus décisionnel global en matière de gestion de risques s'impose [1]. Ce processus, qu'est itératif, a pour objectif d'identifier, évaluer, neutraliser et manager les événements non souhaités qui peuvent être générés par le système ou par son environnement [2].

Le management des risques vise à maîtriser l'ensemble de ces risques, ce dernier fait appel à un ensemble de méthodes et d'outils dans le but d'identifier, analysé, évaluer et traiter les risques.

L'évaluation des risques industriels, étape incontournable dans ce processus, est une procédure fondée sur l'analyse des risques pour décider si un risque tolérable est atteint ou non [3]. Elle s'effectue souvent de manière semi-quantitative à partir d'un niveau de probabilité qu'un dommage survienne et de son niveau de gravité, et doit être réalisée afin de hiérarchiser les risques identifiés et de les comparer à un niveau de sécurité prédéfini. Bien entendu, l'acceptation de ce risque est conditionnée par la définition préalable des critères d'acceptabilité du risque. Par conséquent, la finesse dans l'appréciation des grandeurs du risque dépend en partie, de ces critères.

Le but de l'évaluation des risques est d'éliminer, d'écarter ou du moins de diminuer les risques existants et de déterminer les mesures indispensables afin de garantir la sécurité et la santé des salariés sur leurs postes de travail.

Les réservoirs de stockage sont des équipements stratégiques construits dans installations de traitement de pétrole brut et dans des raffineries pour contenir de grandes quantités des hydrocarbures traitées. Multiples sont les causes qui pourraient enclencher des accidents majeurs conduisant (des feux de grandes ampleurs) à des pertes de vies humaines, de grandes dépenses pour rétablir les situations de dépollution environnementales, de destruction des installations et des budgets pour leur reconstruction avec l'interruption de production et les retombées sur la relation avec les clients surtout dans les périodes de grand besoin

Donc, les feux de réservoirs de stockage ont été identifiés comme de grands risques industriels qui ne sont pas des risques émergents dont leur appréhension et leur prévention restent aujourd'hui encore un réel défi pour les sociétés modernes qui semblent désemparées et n'ont pas toujours su développer les bons outils de gestion d'événements catastrophiques.

Comme l'occurrence de ce risque est à prévoir, En effet, la gestion des urgences et crises et la mise en place d'une stratégie de lutte contre ces feux reste le meilleur moyens qui rentre dans une approche globale de la gestion de risque appliquée selon un processus allant de l'identification des risques, l'évaluation jusqu'à la prise de décision sur la criticité du risque ,le choix des options de contrôle de risque résiduel et en fin l'intervention pour contenir ce risque en cas d'échec des mesures de prévention . Dans l'industrie pétrolière la méthode Hazop sont les plus appropriées pour l'identification des scénarios dangereux), la modélisation des ces conséquences est étudiée pour déterminer les distances d'effets qui seront la base de la planification des urgences suite à l'avènement de ces risques pour développer une stratégie de lutte contre ces effets par la mise en place d'une organisation humaine et l'utilisation de moyens matériels lourds définis dans un plan appelé le plan d'intervention interne(PII) qui vont servir à une stratégie d'attaque qui se base sur la disponibilité de nombre et de quantité des moyens qui devrait être calculé avant selon des scénarios et des résultat de calcul de risque définis par l'étude de danger.

Le mémoire est subdivise en quatre chapitres :

- Le premier chapitre consiste à présenter des compréhensions unifiées des concepts risques, gestion de risques et leurs évaluation afin d'explore en détail les principales phases et étapes du processus de management du risque.
- Les méthodes utilisées pour l'analyse et l'évaluation des risques sont présentées dans le deuxième chapitre.
- Dans le troisième chapitre de ce manuscrit, on présente des généralités sur les hydrocarbures, leurs différents types de stockage et proposer un modèle qui décrit d'une manière détaillée le processus d'intervention sur les feux des hydrocarbures et relation avec l'analyse des risques.
- Le quatrième chapitre est consacré à la modélisation des conséquences des événements indésirables liés au stockage des hydrocarbures et déterminer ainsi, les moyens nécessaires pour une éventuelle intervention incendient et en fin ressortir une fiche d'évaluation des risques pour le Plan d'intervention interne.

Le mémoire est achevé par une conclusion générale qui résume les différents moyens et équipement pour une prévention efficaces contre ces feux.

I.1. Introduction

La catastrophe de Tchernobyl en ex Union Soviétique (explosion d'une centrale nucléaire), la catastrophe de Bhopal en Inde (explosion dans un complexe chimique), la catastrophe de Toulouse en France et plusieurs d'autres catastrophes aussi bien naturelles que causée par l'homme sont des conséquences de l'insécurité industrielle.

Le terme « risque » est devenu un mot clé de notre monde contemporain et pour le management d'une entreprise. Il mérite que l'on s'y intéresse pour comprendre toutes ses facettes mais, tout d'abord, comment le définir ? Le risque est-il une probabilité [4] ? Un danger sans cause [5] ?

Dans ce chapitre, nous avons tenté de fournir une compréhension unifiée du domaine de la gestion des risques. Le chapitre commence par quelques-unes des nombreuses définitions des concepts risque. Ensuite, la définition d'un concept unifié du système de gestion des risques est fournie. Sur la base des connaissances acquises dans le cadre de cette recherche, un modèle conceptuel du système de gestion des risques a été présenté. Le chapitre explore en détail les principales phases et étapes du processus de management du risque ainsi que le processus d'évaluation de risque qui est devenu un enjeu réel ainsi qu'un passage obligatoire dans le but de réduire cette vulnérabilité et améliorer l'intervention en cas de catastrophes.

I.2. Notion et classification de risque

L'étymologie ainsi que l'origine de ce mot sont difficiles à définir. Le dictionnaire Littré propose les étymologies suivantes :

- Du latin médiéval : risicus, risigus ;
- De l'espagnol : riesgo ;
- De l'italien : risico, risco ;
- Du latin : resecara qui signifie couper ;
- Du provençal moderne : rezegue qui signifie danger ;
- Du Dialecte de Milan : resege qui signifie scie et danger.

Toutes les étymologies présentées sont bien antérieures à l'ère moderne.

Comment est donc défini ce terme ? Comment pouvons-nous définir la notion de risque pour une installation industrielle ?

I.2.1. Quelques définitions officielles

Tout comme son étymologie, le mot « risque » présente plusieurs définitions. Premièrement, les définitions du dictionnaire seront présentées puis, nous nous intéresserons aux définitions de l'Organisme International de Standardisation (ISO).

Nous pouvons trouver trois définitions différentes dans le dictionnaire Larousse. Ces définitions sont :

- « Possibilité, probabilité d'un fait, d'un événement considéré comme un mal ou un dommage ».
- « Danger, inconvénient plus ou moins probable auquel on est exposé » ;
- « Fait de s'engager dans une action qui pourrait apporter un avantage, mais qui comporte l'éventualité d'un danger. » ;

Dans en second temps, le guide pratique de la norme ISO 31 000:2009[6] intitulée «Management du risque » défini le risque comme l'« effet de l'incertitude sur l'atteinte des objectifs ». Le guide donne davantage de précisions sur les trois termes clés de cette définition :

- Un effet est un écart, positif et/ou négatif, par rapport à une attente donnée ;
- Les objectifs peuvent avoir différents aspects (financiers, de santé et de sécurité, environnementaux) Et peuvent concerner différents niveaux stratégiques :

(i) d'un projet, (ii) d'un produit, (iii) d'un processus ou (iv) d'un organisme tout entier ;

- L'incertitude fait référence à un défaut d'informations concernant la compréhension ou la connaissance d'un événement, de ses conséquences ou de sa vraisemblance.

Un risque est souvent mis en relation avec des événements et des conséquences potentiels ou alors à une combinaison de ces deux éléments. Dans ce cas, un risque sera exprimé à l'aide d'une combinaison des conséquences d'un événement (incluant des changements de circonstances) et de sa vraisemblance ; éléments plus communément appelés gravité et probabilité.

En parallèle, la troisième édition du Guide 51 « Aspects liés à la sécurité – Principes directeurs pour les inclure dans les normes » rédigée par les organismes ISO et la Commission Technique Électrotechnique (IEC), référencée ISO/IEC GUIDE 51:2014[7]

définit un risque comme étant la : « combinaison de la probabilité de la survenue d'un dommage et de sa gravité. » Ils ajoutent que : « la probabilité de survenue inclut l'exposition à une situation dangereuse, la survenue d'un évènement dangereux et probabilité d'éviter ou de limiter le dommage ».

Nous constatons que les définitions se multiplient. Malgré cette multiplicité, l'ensemble des définitions reposent toutes sur les quatre mêmes concepts qui lui donnent ses connotations fondamentales [8]. Ces concepts sont représentés à l'aide de la figure suivante :

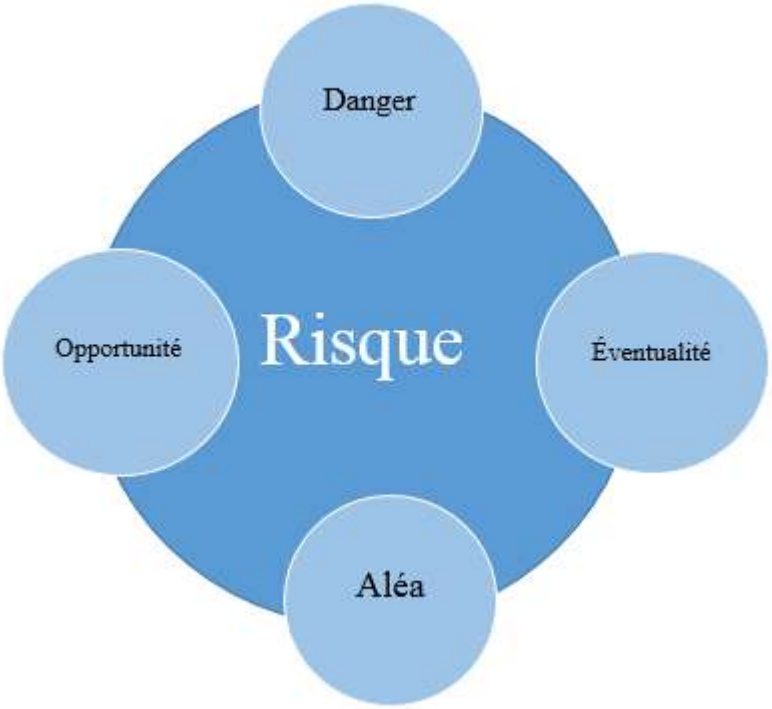


Figure I.1. Les quatre concepts fondamentaux du risque [8].

En s'appuyant sur toutes les notions précédentes, nous sommes capables d'affirmer qu'un risque est l'expression d'un dommage (caractérisé par sa probabilité et sa gravité) suite à l'exposition à un danger. Ces deux paramètres permettent de déterminer la criticité du risque, un élément essentiel lors de leurs évaluations. La criticité se calcule selon l'équation suivante :

$$crticité\ (c) = probabilité(p) \times gravité\ (g)$$

I.2.2. classification de risque

Dans la littérature, on trouve plusieurs classifications des risques. Selon Tanzi [9], l'analyse des risques permet de les classer en quatre grandes familles :

- Les risques naturels : inondation, feu de forêt, avalanche, tempête, séisme, etc.
- les risques technologiques : d'origine anthropique, ils regroupent les risques industriels, nucléaires, biologiques, ruptures de barrage, etc.
- les risques de transports collectifs (personnes, matières dangereuses) sont aussi considérés comme des risques technologiques.
- les risques de la vie quotidienne : accidents domestiques, accidents de la route, etc.
- les risques liés aux conflits.

Une des classifications les plus répandues est de classer les risques en deux catégories : les risques naturels et les risques liés à l'activité humaine. Selon cette classification, les risques peuvent être naturels dans le sens où ils ont trait à un événement sans cause humaine directe avérée. Les causes directes supposées ou indirectes ne doivent pas modifier cette distinction.
Les risques liés à l'activité humaine recouvrent un ensemble de catégories de risques divers [10] :

- les risques techniques, technologiques, industriels et nucléaires ;
- les risques liés aux transports ;
- les risques sanitaires ;
- les risques économiques, financiers, managériaux ;
- les risques médiatiques ;
- les risques professionnels.

I.3. Système de gestion de risque

Le domaine de la gestion des risques est confronté à des difficultés pour définir et s'accorder sur des principes. Les risques sont traités différemment selon les pays, les industries et les secteurs [11]. Les termes, définitions et interprétations sont aussi variés que le nombre de sources les fournissant. Il n'existe pas de définitions unifiées pour l'analyse, l'évaluation et la gestion des risques. Il y a souvent des idées fausses. Le tableau 1 fournit quelques-unes des nombreuses définitions disponibles :

Tableau I.1. Quelque définition de système de gestion de risque.

Termes	Définitions et sources
Analyse de risque	• L'élaboration d'une estimation quantitative du risque basée sur une évaluation technique et des techniques mathématiques permettant de combiner des estimations des conséquences des incidents et des fréquences (USEPA et CEPPO, tirées de CARAT4, 2001). • L'utilisation des informations disponibles pour estimer le risque que représentent les dangers pour les individus ou les populations, les biens ou l'environnement. L'analyse des risques comprend généralement les étapes suivantes : définition du champ d'application, identification des dangers et estimation des risques (NOVA Chemicals Corporation Canada, CARAT 2001). •Processus d'évaluation quantitative des risques d'une activité donnée (RIVM, Pays-Bas, CARAT 2001).
L'évaluation des risques	• Le processus d'analyse et d'évaluation des risques (NOVA Chemicals Corporation, Canada, CARAT 2001). • Le processus dans lequel le risque analysé est jugé pour son acceptabilité (RIVM aux Pays-Bas, de CARAT 2001).
Gestion des risques	• La gestion des risques consiste à peser les alternatives politiques et à sélectionner l'action réglementaire la plus appropriée, en intégrant les résultats de l'évaluation des risques à des données supplémentaires sur les préoccupations sociales, économiques et politiques afin de prendre une décision impliquant l'approche suivante: identification des produits chimiques à prendre en compte, risque évaluation, évaluation des risques et atténuation ou réduction des risques (EC 1997a). • La gestion des risques est un processus formel de gestion des risques. Le processus comprend la définition du système, l'identification des dangers, l'identification des scénarios d'accident, la quantification des probabilités et des conséquences, l'évaluation du risque, l'identification des options de contrôle du risque, la décision de mise en œuvre, l'identification et la gestion du risque résiduel (EC 1999)

	• La gestion des risques comprend un éventail d'activités de gestion et d'élaboration de politiques, telles que la définition d'un agenda, la prise de décision en matière de réduction des risques, la mise en œuvre de programmes et l'évaluation des résultats (ACS 1998) • La gestion des risques (sécurité) est le processus continu de contrôle des risques dans le cadre de la gestion des opérations du navire. Elle englobe des tâches telles que la commande d'évaluations des risques, la prise de décisions concernant les recommandations issues d'études, ainsi que la mise en œuvre et le suivi des solutions choisies (DNV 1996)

I.3.1. Un concept unifié du système de gestion des risques

Ces dernières années, bien que certaines sources aient une vision étroite, le terme «système de gestion des risques» peut être utilisée pour représenter le concept le plus large, en particulier dans les domaines de la sécurité et de la santé des personnes, de la protection de l'environnement et des biens, de la protection chimique et industries maritimes. Dans la section suivante, nous avons tenté de fournir une compréhension unifiée des concepts centraux liés au système de gestion ou management des risques :

Un système de management des risques est un dispositif de gestion combinant personnes, politiques, moyens et visant à améliorer les performances d'une entreprise en matière de santé et de sécurité au travail (SST). C'est un outil qui permet de mieux maîtriser l'organisation de l'entreprise et de progresser en continu en intégrant la SST à toutes les fonctions.

Le management des risques consiste à mettre en place une organisation pour Identifier, évaluer et gérer les risques afin de garantir un niveau de fiabilité élevé de la maîtrise des risques.

La mise en place de SMR repose sur l'identification des dangers puis sur l'évaluation des risques industriels, professionnels et environnementaux qui leur sont associés.[2]

Le management des risques c'est le processus de définition, évaluation et la mise en œuvre des actions correctives afin d'éviter ou de corriger les conséquences du risque.

Le management des risques est un processus mis en œuvre par le conseil d'administration, la direction générale, le management et l'ensemble des collaborateurs de l'organisation. Il est

pris en compte dans l'élaboration de la stratégie ainsi que dans toutes les activités de l'organisation. Il est conçu pour identifier les évènements potentiels susceptibles d'affecter l'organisation et pour gérer les risques dans les limites de son appétence pour le risque. Il vise à fournir une assurance raisonnable quant à l'atteinte des objectifs de l'organisation.

I.3.2. Principaux composants du système de gestion des risques

Le système de gestion des risques est défini et décrit avant l'examen et l'évaluation des cadres et techniques d'évaluation des risques, Les cadres et techniques d'évaluation des risques constituent les éléments constitutifs du système de gestion des risques global.

Le modèle (Figure 2) montre les composants constitutifs génériques du système de gestion des risques. Comme mentionné ci-dessus, le système de gestion des risques est un processus par étapes comprenant les phases interdépendantes mais distinctes suivantes :

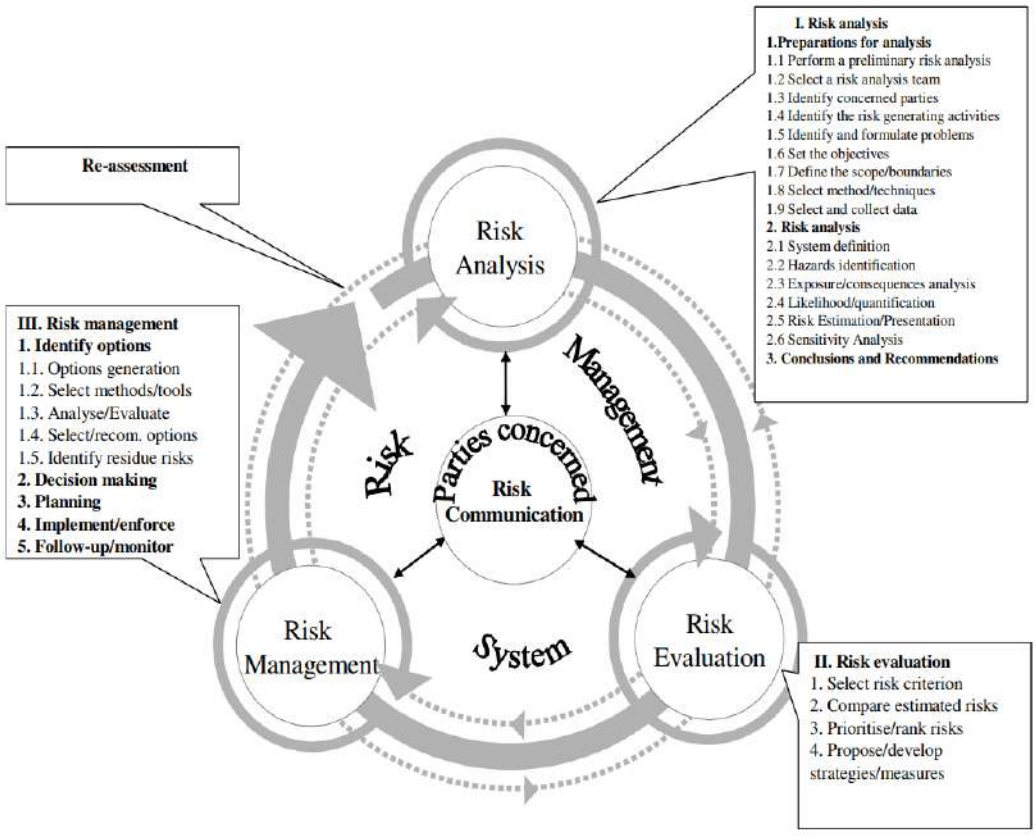


Figure I.2. Principales phases, étapes et étapes du système de gestion des risques [11].

I.4. Démarches de management des risques

La démarche de management des risques d'un projet s'appuie en général sur un processus continu et itératif qui vise successivement, à identifier et analyser les risques encourus, à les

évaluer et les hiérarchiser, à envisager les moyens de les maîtriser, à les suivre et les contrôler, et enfin à capitaliser le savoir-faire et l'expérience acquis dans ce domaine. [12]

I.4.1. Processus de management des risques

Ce processus se décompose donc en cinq grandes étapes :

Étape n°1 : L'identification et la caractérisation des risques.

Étape n°2 : L'évaluation et la hiérarchisation des risques.

Étape n°3 : Le traitement des risques.

Étape n°4 : Le suivi et le contrôle des risques.

Étape n°5 : La capitalisation et la documentation des risques.

I.4.1.1. L'identification et la caractérisation des risques

Le préalable à toute démarche de gestion des risques consiste à répertorier, de manière la plus exhaustive possible, tous les événements générateurs de risques pour le projet et pouvant conduire à sa remise en cause ou au non-respect de ses objectifs. Pour entreprendre ce recensement plusieurs techniques peuvent alors être utilisées, puis combinées : l'analyse de la documentation existante, l'interview d'experts, la réalisation de réunions de brainstorming, l'utilisation d'approches méthodologiques (comme l'AMDEC, l'APR, les arbres de causes…), la consultation de bases de données de risques rencontrés lors de projets antérieurs ou encore l'utilisation de check-lists ou de questionnaires préétablis et couvrant les différents domaines du projet.

Une fois cette identification réalisée, il convient ensuite d'analyser, de manière plus ou moins détaillée, leurs causes et leurs incidences potentielles, et de les caractériser. Mais il s'agit également d'examiner les interactions possibles et les combinaisons éventuelles, afin de déceler les risques qui peuvent en découler et compléter ainsi la liste de risques déjà identifiés.

Il en résulte alors une liste de risques possibles qu'il convient ensuite de classifier selon différentes typologies de causes possibles (causes techniques, politiques, organisationnelles…), de façon à définir des actions de maîtrise adaptées à chaque risque.

I.4.1.2. L'évaluation et la hiérarchisation des risques

La gestion des risques s'appuie également sur une analyse quantitative pour mieux appréhender et estimer leurs impacts sur les coûts, les délais et/ou les spécifications techniques du projet.

L'objectif de cette quantification est alors double. Il s'agit, tout d'abord, de bien distinguer parmi les risques préalablement identifiés, ceux qui n'en sont pas ou qui sont non fondés, et qu'il convient par conséquent de rejeter de l'analyse, et ceux qui sont réels et susceptibles d'affecter le déroulement du projet, qui demandent alors une attention constante et qui doivent faire l'objet d'un traitement et d'un suivi particuliers.

Cette seconde étape consiste à évaluer, dans la mesure du possible, la probabilité d'apparition de chaque risque recensé et à estimer la gravité de leurs conséquences directes et indirectes sur les objectifs du projet.

Une fois les risques évalués, il convient ensuite de les hiérarchiser, c'est-à-dire fournir un ordre de grandeur permettant de distinguer les risques acceptables des risques non acceptables pour le projet. Le but de cette hiérarchisation est d'apprécier l'impact de chacun des risques détectés sur le projet et de déterminer globalement le niveau d'exposition aux risques du projet. Il en résulte alors une liste ordonnée et valorisée de risques associés au projet.

La finalité de cette quantification est de pouvoir ainsi se focaliser sur les risques prépondérants, de préparer les parades les plus efficaces possibles et de définir les actions à mener en priorité pour les maîtriser.

I.4.1.3. Le traitement des risques

Le management des risques consiste également à les traiter, c'est-à-dire définir et mettre en œuvre les dispositions appropriées pour les ramener à un niveau acceptable et les rendre ainsi plus supportables dans le cadre du projet. Cela nécessite donc de définir des réponses types et de mettre en œuvre, risque par risque, un certain nombre d'actions visant soit à supprimer ses causes, soit à transférer ou partager sa responsabilité ou le coût du dommage à un tiers, soit à réduire sa criticité (en diminuant sa probabilité d'apparition ou en limitant la gravité de ses conséquences), soit à accepter le risque tout en le surveillant.

I.4.1.4. Le suivi et le contrôle des risques

Au fur et à mesure que le projet se déroule، le portefeuille des risques potentiels doit être réajusté en fonction des nouvelles informations recueillies. Certains risques pouvant

disparaître, d'autres apparaître ou d'autres encore, considérés initialement comme faibles, pouvant devenir rapidement inacceptables pour l'entreprise dès lors qu'ils n'ont pu être maîtrisés, le niveau d'exposition aux risques du projet est amené à changer. C'est pourquoi il est important de procéder périodiquement au suivi et au contrôle des risques encourus.

L'objet de cette quatrième étape est de mettre à jour la liste initiale des risques identifiés, d'affiner les données caractéristiques des risques déjà connus, de réévaluer leur criticité, de contrôler l'application des actions de maîtrise, d'apprécier l'efficacité des actions engagées, et de surveiller le déclenchement des événements redoutés et leurs conséquences

I.4.1.5. La capitalisation et la documentation des risques

Le management des risques d'un projet nécessite enfin de capitaliser le savoir-faire et les expériences acquises et d'établir une documentation rigoureuse sur les risques associés au projet. Cela doit permettre d'enrichir la connaissance des risques potentiels et dommageables, d'accroître la réactivité à chaque niveau d'intervention, de faciliter la prise de décision et d'améliorer l'efficacité des actions de maîtrise.

Pour cela, il convient, d'une part, de formaliser un certain nombre de documents spécifiques (le Plan de Management des Risques du projet, le Dossier de Management des Risques du projet…) permettant d'assurer la traçabilité des risques rencontrés, des actions engagées, ainsi que les résultats obtenus. D'autre part, il convient d'organiser et de planifier la collecte et le stockage des informations utiles. Cette capitalisation et cette documentation des risques doivent être effectuées de manière périodique afin de donner l'état global des risques encore encourus et d'apprécier l'état d'avancement des actions de maîtrise mises en œuvre.

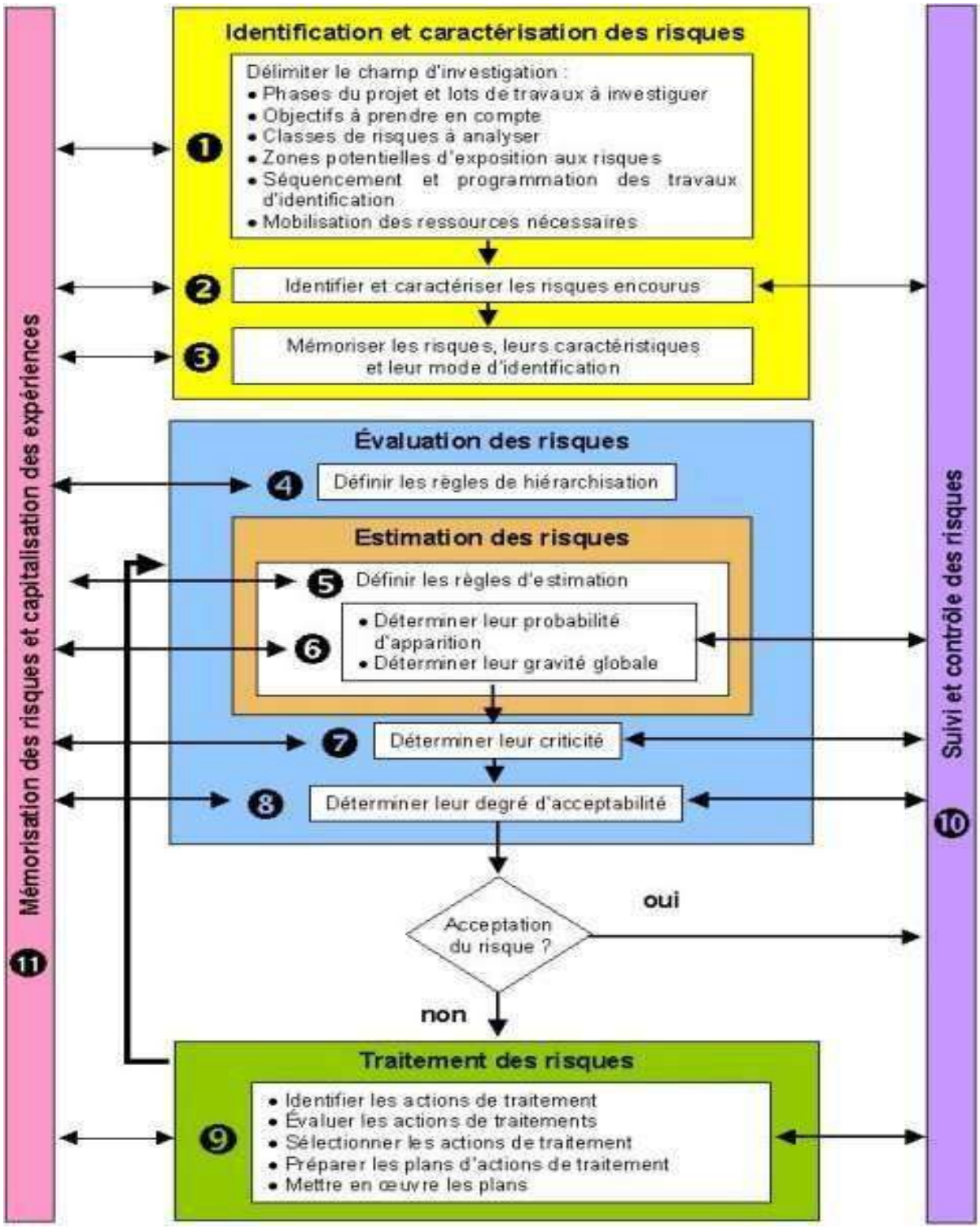


Figure I.3. Processus de management de risque [12].

I.4.2. Processus d'analyse et d'évaluation de risque

L'analyse et l'évaluation des risques industriels exigent la disposition de certaines données et informations sur les différents composants du système étudié.

Le processus de l'évaluation de risque est comme suit :

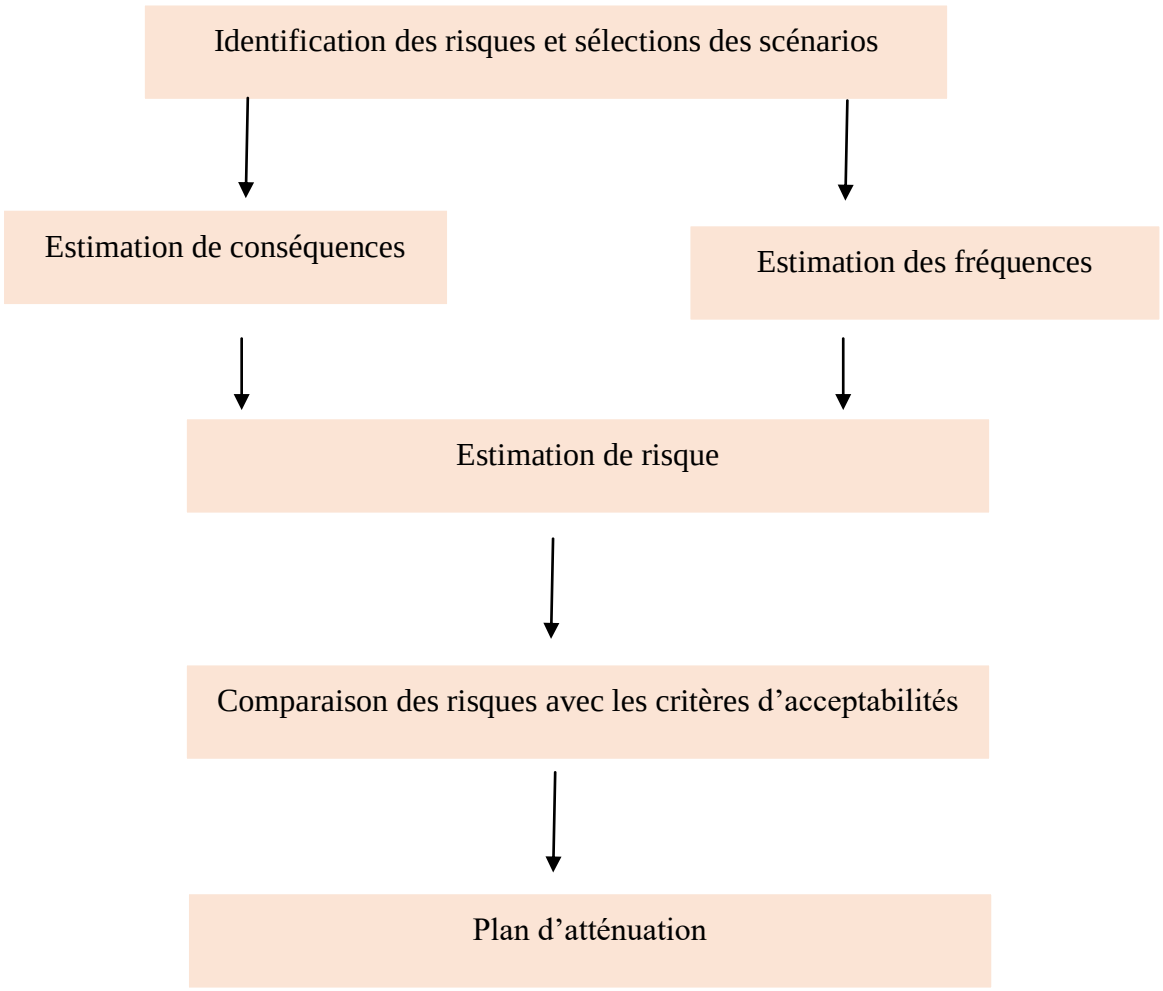


Figure I.4. Méthodologie de l'analyse des risques.

I.4.2.1. Identification des dangers et sélection des scénarios

- ✓ **Identification des dangers :**

L'identification des dangers vise à dresser l'inventaire des dangers liés à un projet, une installation, une activité. Elle fait appel à plusieurs sources d'information, dont notamment l'expérience, les codes en vigueur, les descriptions de procédés, les informations sur les matières dangereuses, etc. Les méthodes d'analyse qualitative tel que (HAZOP, APR, What - if, HAZID) sont utilisées à cette fin.

Les dangers sont associés aux matières dangereuses nécessaires au projet, aux procédés et aux équipements ainsi qu'à la localisation géographique du projet.

✓ **Sélection des scénarios :**

À partir des informations recueillies sur le projet, les matières dangereuses présentes, les quantités en cause et les accidents passés, l'élaboration des scénarios d'accidents permet d'établir la liste des événements anormaux susceptibles de survenir. Des méthodes qualitatives, développées au fil des ans, permettent l'identification des séquences d'événements menant à la matérialisation d'accidents technologiques majeurs**. [13]**

I.4.2.2. Estimation de Conséquences

L'estimation des conséquences liées aux scénarios d'accidents retenus permet d'établir et de quantifier les impacts de ces événements sur le milieu environnant.

Les conséquences d'un scénario d'accident se définissent à l'aide de deux notions : les caractéristiques de l'accident et son impact. Les caractéristiques de l'accident sont celles pouvant générer un effet négatif sur les éléments sensibles du milieu. L'impact définit cet effet. Par exemple, lors d'un incendie (événement accidentel), la radiation thermique (caractéristique) entraîne des brûlures (impact) aux individus exposés. **[13]**

Les causes et conséquences pour les bacs de stockages hydrocarbures sont liées et peuvent être représentées dans la Figure (I.5).

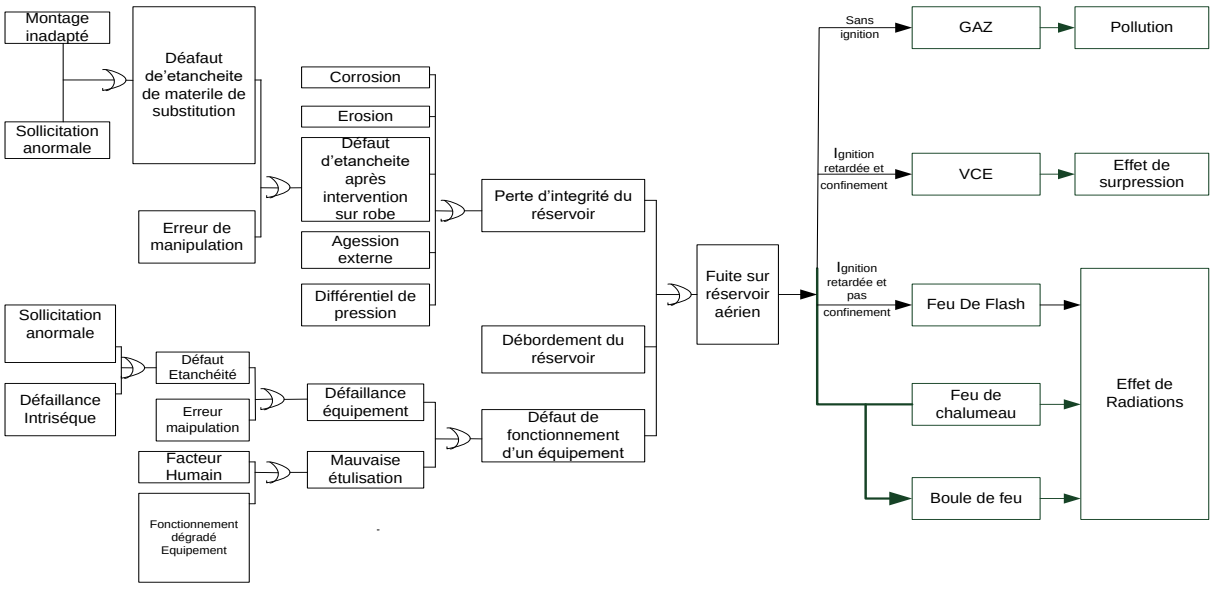


Figure I.5. Causes et conséquences de la défaillance des réservoirs de stockage [13].

Pour le stockage des hydrocarbures (bacs à toit flottant) plusieurs types d'évènements accidentels sont généralement considérés : Nuage polluant, incendies (feu de flash), explosion boilover, boule de feu.

- **Nuage polluant :**

Un nuage polluant est formé lorsqu'il y a perte de confinement du réservoir de stockage et dispersion du gaz à température et pression ambiantes. Les caractéristiques du nuage polluant (dimensions, durée, localisation, etc.) sont en fonction notamment de la nature des produits, des réactions, des conditions de perte de confinement (grosseur et localisation de la fuite, présence d'un bâtiment, etc.) et des conditions météorologiques. Des modèles de dispersion atmosphérique permettent de connaître les concentrations du nuage polluant en fonction de la distance et du délai écoulé, en tenant compte notamment des conditions météorologiques et de la topographie**.**

- **Feu de flash :**

Le feu de flash, également appelé feu de nuage résulte de la combustion non explosive d'un nuage de gaz ou de vapeurs inflammables avec l'air en milieu non confiné. En général, la durée d'un tel feu ne dépasse pas la dizaine de secondes. Les effets d'un feu flash sont donc limités.

Par ailleurs, pour estimer les effets thermiques générés par un jet enflammé alimenté sur une longue durée (typiquement 1 minute ou plus), nous utilisons le module spécifique du Logiciel PHAST, basé sur la méthode préconisée par l'API-RP-5213.

- **Explosion d'un nuage gazeux (VCE) :**

Lorsqu'un gaz inflammable est relâché, son mélange avec l'air formera un nuage de gaz inflammable. Si ce nuage s'enflamme, la vitesse de la flamme peut s'accélérer et atteindre de grandes vélocités et produire des conditions significatives d'explosion. Pour qu'il y ait explosion d'un nuage gazeux, il faut habituellement que le gaz soit confiné ou partiellement confiné, (présence d'obstacles tels que tuyauteries, etc.) sinon le gaz brûlera en feu-de flash. (CCPS 1989).

- **Boilover :**

Le boilover est un phénomène de grande ampleur impliquant le feu du réservoir de stockage, et entraînant la vaporisation d'un fond d'eau, d'eau libre ou en émulsion dans la masse. Le boilover est un phénomène thermique radiatif de courte durée (inférieure à une minute) dont la valeur du flux est fortement variable dans le temps. Pour qu'un boilover se produise, il faut que les 4 conditions suivantes soient réunies :

- Un feu de bac,
- La présence d'eau à transformer en vapeur,

- La création d'une onde de chaleur qui entre en contact avec le fond d'eau situé sous la masse d'hydrocarbures,
- Un liquide stocké suffisamment visqueux que la chaleur ne puisse pas traverser facilement depuis le bas.

I.4.2.3. Estimation du risque

Estimation globale de la probabilité et de la gravité d'un risque pouvant survenir face à un danger, en vue de sélectionner des mesures de sécurité appropriées.

L'occurrence d'un dommage exprime la probabilité que ce dommage survienne.

La gravité exprime l'importance du dommage. Elle peut être estimée en prenant en compte le nombre de personnes subissant un dommage ainsi que la gravité des lésions ou des atteintes à la santé : légères (généralement réversibles), graves (généralement irréversibles) et décès. Le niveau de risque est défini ainsi par une grandeur à deux dimensions associée à une phase précise de l'activité de l'installation étudiée et caractérisant un évènement indésirable par :

- ✓ **Le niveau de probabilité :**

Estimation de sa probabilité d'occurrence. Les fréquences d'occurrence des évènements initiateurs (causes) peuvent être estimées de différentes façons (à partir de valeurs issues de bases de données, à partir du retour d'expérience d'un groupe de travail ….).

- ✓ **Le niveau de gravité :**

Évaluation des dommages potentiels aux personnes (létalité, blessures irréversibles) et des dégâts aux équipements (biens internes et externes à l'entreprise).

I.4.2.4. Acceptation du risque

Ce processus vient généralement après l'évaluation des risques en utilisant une matrice de risque pour classer le risque selon la politique des entreprises , il s'agit d'une étape-clé dans le processus de gestion du risque dans la mesure où elle va nous guider vers des nouvelles mesures de réduction du risque jusqu'au à un niveau aussi bas que raisonnablement praticable (ALARP niveau attendu du contrôle du risque) en vue de réduire le risque à un niveau jugé tolérable ou acceptable, ceci a pour but de mesurer le risque comparé aux ennuis, temps et à l'argent nécessite le contrôle de ce risque.

Ainsi l'objectif principal est d'assurer que le risque a été réduit au niveau ALARP de telle sorte que toutes nouvelles tentatives ou dépenses pour une autre réduction seraient vaines.

Le terme « risque acceptable » peut prendre des significations différentes.

Le risque acceptable est celui qui est « négligeable ». Le risque « tolérable » n'est pas négligeable, mais les gens sont prêts à faire avec s'il leur procure des bénéfices et s'ils ont

confiance en son contrôle. Dans ce cas, les limites maximales de risques admises par les normes de sécurités sont basées sur le risque tolérable en insistant sur le fait que des mesures « raisonnables » et/ou « praticables » doivent être mises en place pour réduire le risque jusqu'à obtention d'un risque « négligeable » au- delà de ce seuil, il n'y a aucune obligation de prendre des mesures pour réduire encore le risque.

ALARP : As Low As Reasonably Practicable ou " aussi bas que raisonnablement réalisable'' : un risque est jugé « ALARP » si le cout d'une mesure de réduction supplémentaire serait disproportionné par rapport à la réduction du risque escompté (au bénéfice attendu de la mesure)

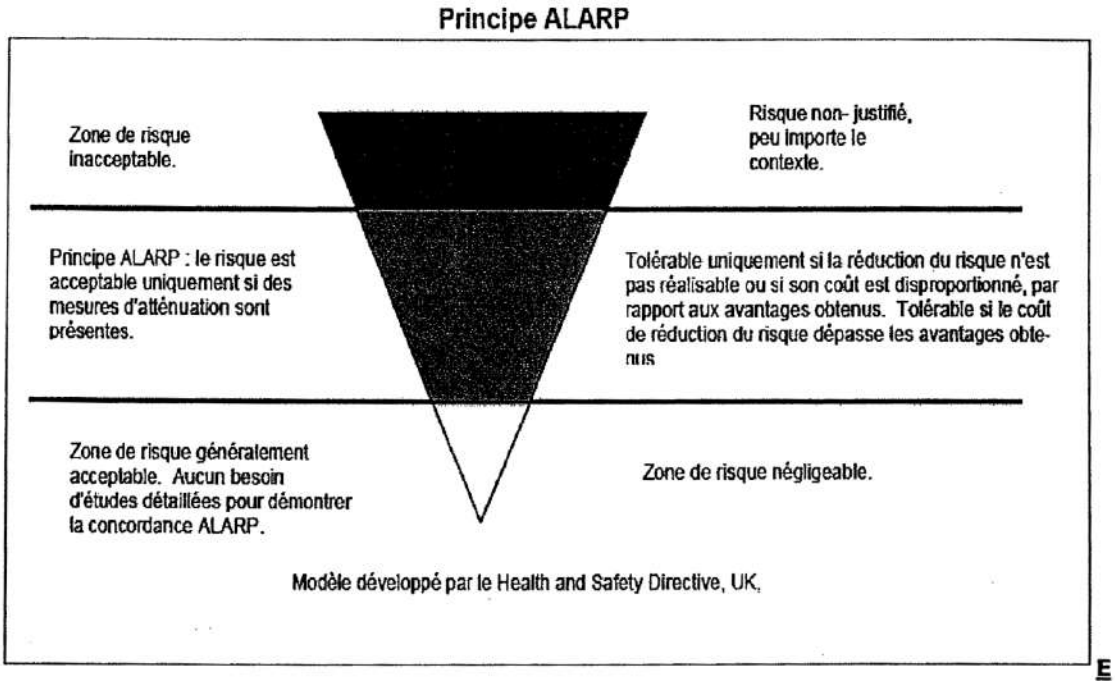


Figure I.6. Principe ALARP (As Low As Reasonably Practicable).

I.4.2.5. Réduction du risque

La réduction du risque comprend l'ensemble des mesures, actions, et dispositions entreprises en vue de diminuer la probabilité ou la gravité des dommages associés à un risque particulier lorsque celui-ci est jugé inacceptable, jusqu' à un niveau aussi bas que raisonnablement praticable (ALARP). Ce processus vient généralement après l'évaluation du risque.

De manière générale, les mesures de maitrise du risque se répartissent en :

- ✓ **Mesures (barrières) de prévention :** mesures visant à éviter ou limiter la probabilité d'un évènement indésirable, en amont du phénomène dangereux.
  - **Identification :** connaitre les dangers liés aux produits et techniques, les risques liés au procédé et aux activités de production, de manutention et de transport, afin de les prévenir et les limiter.

- **Substitution :** remplacer une substance par une autre présentant un potentiel de danger inférieur (toxicité, inflammabilité, instabilité …)
- **Réduction :** réduire les volumes et flux de substances dangereuses.
- **Atténuation :** rechercher les conditions : pression, température, concentration, etc.., pour lesquelles les dangers liés aux substances mises en œuvre et les risques associés sont réduits,
- **Simplification :** rechercher :

- les conditions de procédé aisées à maitriser dans la conduite en marche stable et dans les phases transitoires ;
- une configuration simple des systèmes de conduite et de sécurité.

- **Protections multiples :** par interposition de sécurités, automatismes, barrières multiples (notion de défense en profondeur).
- **Redondance**
- **Conception intrinsèquement sure :** visant à entrainer la mise en sécurité de tout ou partie d'une installation sur défaillance d'un instrument ou d'un automatisme

✓ **Mesures (barrières) de limitation :** mesures visant à limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux.

- **Confinement :** réduire ou supprimer, sur incident, la propagation de flux matière ou d'énergie vers l'extérieur, en captant ou retenant à la source (double enveloppe, rétention, bâtiment).

- **Mitigation :** atténuer les conséquences d'un incident en réduisant la durée, le débit d'émission ou le flux d'énergie rayonnée.

✓ **Mesures (barrières) de protection** : mesure visant à limiter les conséquences sur les cibles potentielles par diminution de la vulnérabilité.

- Implantation, ségrégation, bâtiments, résistant aux effets d'un événement accidentel, plan d'évacuation, protection anti incendie…

En effet, L'analyse des risques qui est un processus itératif nécessite pour sa réalisation comme déjà étudié de mettre en œuvre une démarche systématique et structurée basée sur l'utilisation des méthodes (outils) permettant d'identifier à priori les risques générés par les installations industrielles.

I.5. Conclusion

Le risque pour un secteur industriel est la possibilité qu'il ne se déroule pas comme on l'avait prévu, ce risque est de nature très diverse il peut être technique, organisationnel ou bien lié ou management de projet. L'impact du risque sur le projet peut être :

- De type délai ;
- De type coût ;
- De type performance ou qualité.

Pour faire face à ses risques il est nécessaire d'intégrer une démarche de management de risque qui contient un processus de management de risque et un processus d'analyse et d'évaluation de risque. Ces processus comportent des méthodes et outils qui peuvent être utile pour gérer le risque projet qu'l'on va voir dans le chapitre suivant.

II.1. Introduction

L'analyse et l'évaluation des risques industriels exigent la disposition de certaines données et informations sur les différents composants du système étudié et donc, sur les différents paramètres caractérisant les risques. A cet égard, l'application des méthodes d'analyse et d'évaluation des risques est souvent difficile car fautes de données correcte, elle est utilisée hors de son domaine de validité.

Dans ce chapitre, nous allons dans premier temps aborder quelques méthodes d'analyse et d'évaluation de risques, en décrivant brièvement leurs principes de déroulement et la méthode d'HAZOP fera l'objet d'une présentation détaillée.

II.2. Classification des méthodes d'analyse des risques

Dans cette partie nous allons décrire brièvement les différentes principales méthodes utilisées dans une démarche d'analyse de risques. Ces méthodes seront classées dans trois principales catégories [14] :

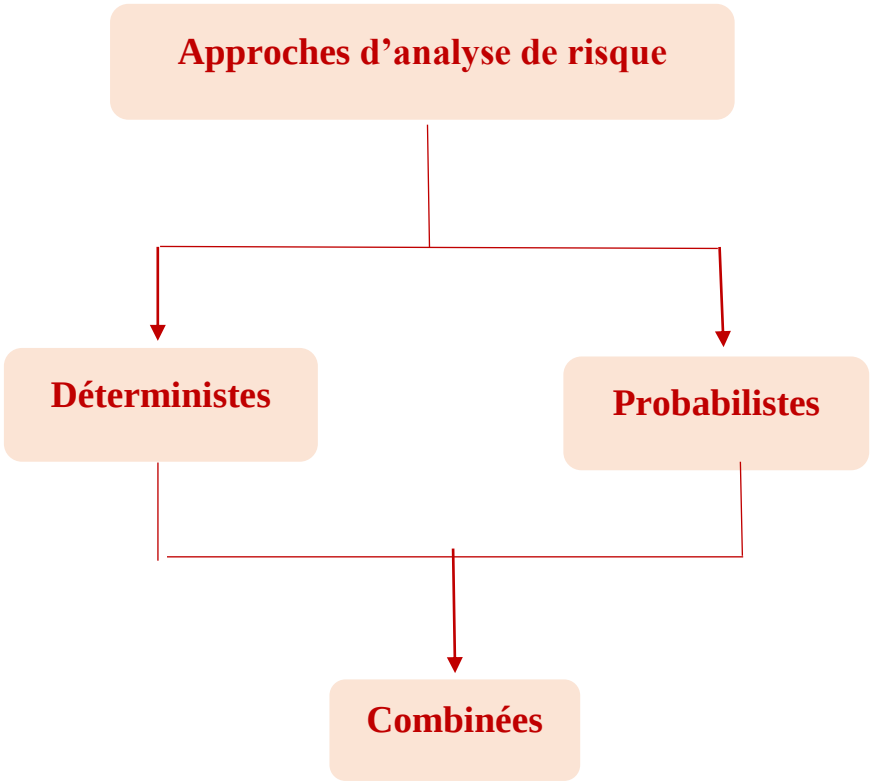


Figure II.1. Approches d'analyse de risque [14]

II.2.1. Approche déterministe

L'approche déterministe a généralement été adoptée dans les domaines à haut risque tels que nucléaire, militaire, transports guidés, où le moindre risque significatifs est traqué et réduit à la source. Elle consiste à recenser les événements pouvant conduire à un scénario d'accident en recherchant le pire cas possible (The Worst Case) et en affectant une gravité extrême à ses conséquences potentielles. Par conséquent, les sous-systèmes critiques (systèmes de sauvegarde, de protection et de prévention) sont dimensionnés pour éviter toute défaillance dangereuse et organisés rigoureusement selon une stratégie de défense en profondeur.

II.2.2. Approche probabiliste

L'approche probabiliste fait intervenir le calcul de probabilités relatives à l'occurrence d'événements faisant partie du processus de matérialisation d'un scénario d'accident donné.

Il s'agit d'une approche complémentaire qui permet d'analyser le dispositif de défense en profondeur décidé à l'issue d'une approche purement déterministe, ceci a été le cas dans le domaine nucléaire ou les techniques probabilistes viennent appuyer l'approche déterministe.[14]

II.2.3. Méthodes qualitatives vs Méthodes quantitatives

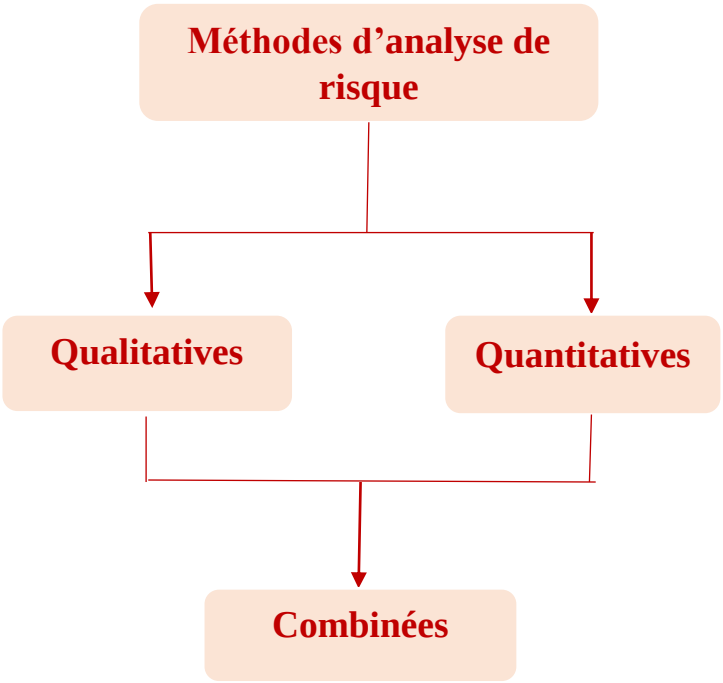


Figure II.2.Typologie des méthodes d'analyse de risque [14].

II.2.3.1. Méthodes quantitatives

Les analyses quantitatives sont supportées par des outils mathématiques ayant pour but d'évaluer la sûreté de fonctionnement et entre autres la sécurité. Cette évaluation peut se faire par des calculs de probabilités (par exemple lors de l'estimation quantitative de la probabilité d'occurrence d'un événement redouté) ou bien par recours aux modèles différentiels probabilistes tels que les Chaines de Markov, les réseaux de pétri, les automates d'états finis, etc.

Les analyses quantitatives ont de nombreux avantages car elles permettent :

- D'évaluer la probabilité des composantes de la sûreté de fonctionnement.
- De fixer des objectifs de sécurité.
- De juger de l'acceptabilité des risques en intégrant les notions de périodicité des contrôles, la durée des situations dangereuses, la nature d'exposition, etc.
- D'apporter une aide précieuse pour mieux juger du besoin d'améliorer la sécurité.
- De hiérarchiser les risques.
- De comparer et ensuite ordonner les actions à entreprendre en engageant d'abord celles permettant de réduire significativement les risques.
- De chercher de meilleures coordination et concertation en matière de sécurité entre différents opérateurs (sous-systèmes interagissant) ou équipes (exploitation, maintenance, etc.).

Quoique l'utilité des méthodes quantitatives soit indiscutable, ces dernières présentent tout de même un certain investissement en temps, en efforts et également en moyens (logiciels, matériels, financiers, etc.). Il peut s'avérer que cet investissement soit disproportionné par rapport à l'utilité des résultats attendus, le cas échéant l'analyse quantitative est court-circuitée pour laisser la place aux approximations qualitatives (statistiques, retour d'expérience, jugement d'expert, etc.).

Un point très important mérite d'être clarifié, c'est que les résultats de l'analyse quantitative ne sont pas des mesures absolues, mais plutôt des moyens indispensables d'aide au choix des actions pour la maîtrise des risques. Nous citons par exemple l'évaluation par des techniques floues/possibilistes de la subjectivité des experts humains, ou la priorisation de certaines actions de maîtrise par rapport à d'autres par une analyse de type coût/bénéfices. [14]

II.2.3.2. Méthodes qualitatives

L'APR, l'AMDEC, l'Arbre de Défaillances ou l'Arbre d'Evénements restent des méthodes qualitatives même si certaines mènent parfois aux estimations de fréquences d'occurrence avant la classification des risques.

L'application des méthodes d'analyse de risque qualitatives fait systématiquement appel aux raisonnements par induction et par déduction [15].

La plupart des méthodes revêtent un caractère inductif dans une optique de recherche allant des causes aux conséquences éventuelles. En contrepartie, il existe quelques méthodes déductives qui ont pour but de chercher les combinaisons de causes conduisant à des évènements redoutés.

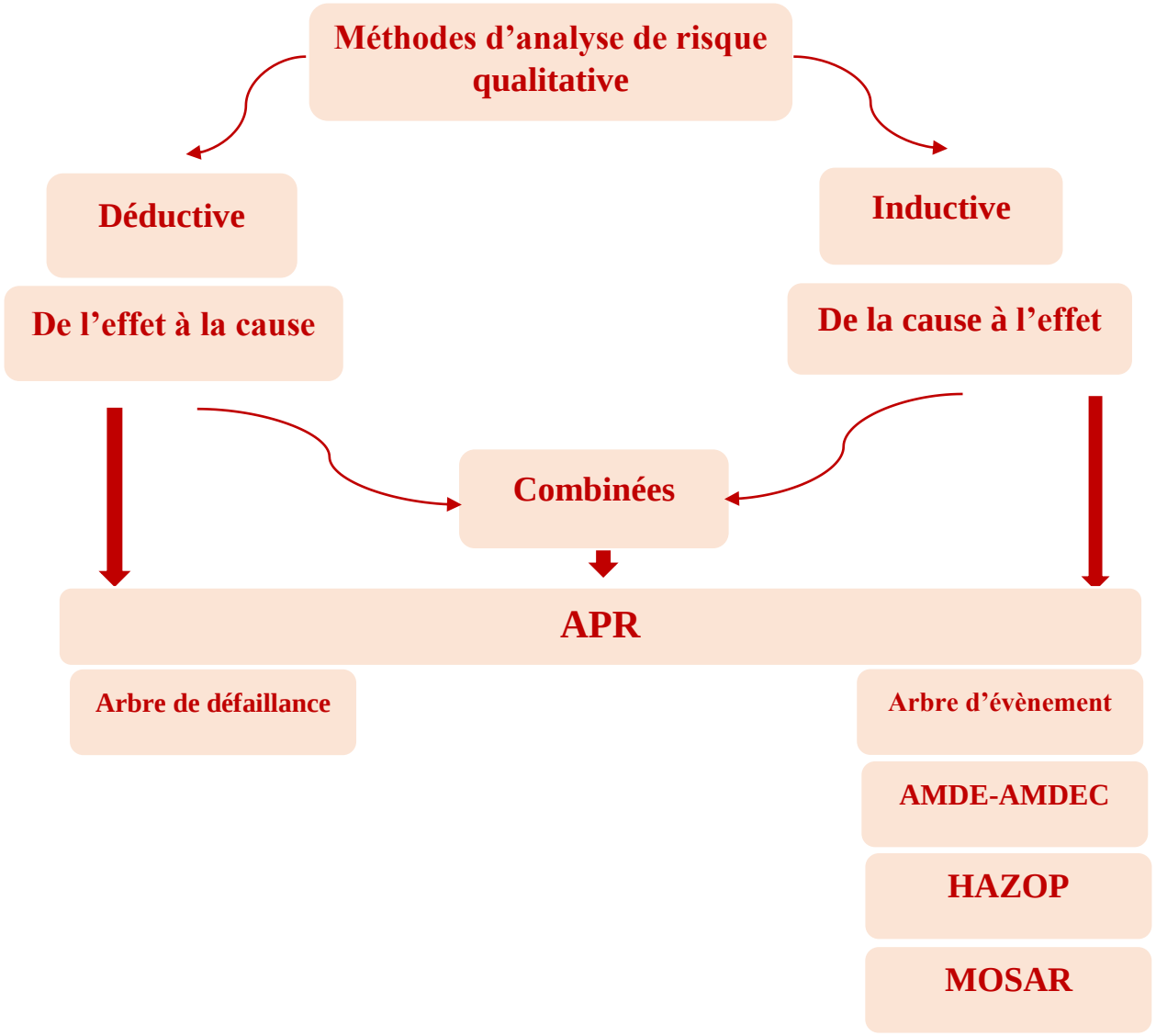


Figure II.3. Classification des principales méthodes d'analyse de risque qualitatives [14]

II.3. Méthodes d'analyse de risque

Nous allons présenter dans cette section un échantillonnage de l'ensemble des méthodes d'analyse de risque. Chacune d'entre elle sera présentée brièvement.

II.3.1. L'Analyse Préliminaire de Risque - APR / Analyse Préliminaire de Danger – APD (Preliminary Hazard Analysis –PHA)

L'analyse Préliminaire de Risque (Danger) a été développée au début des années 1960 dans les domaines aéronautique et militaire.

Selon la norme CEI-300-3-9 [16] : « L'APR est une technique d'identification et d'analyse de la fréquence du danger qui peut être utilisée lors des phases amont de la conception pour identifier les dangers et évaluer leur criticité ».

Le but consiste à identifier les entités dangereuses d'un système, puis à regarder pour chacune d'elles comment elles pourraient générer un incident ou un accident plus ou moins grave suite à une séquence d'événements causant une situation dangereuse.

Pour identifier les entités et les situations dangereuses susceptibles d'en découler, l'analyste est aidé par des listes de contrôles (check-lists) d'entités dangereuses, de situations dangereuses et d'événements redoutés. Ces check-lists sont spécifiques au domaine d'étude concerné.

Comme son nom l'indique, cette méthode n'est pas destinée à traiter en détail la matérialisation des scénarios d'accident, mais plutôt à mettre rapidement en évidence les gros problèmes susceptibles d'être rencontrés pendant l'exploitation du système étudié.

Cependant, l'APR peut aussi et même doit être complétée par la plupart des analyses de risques fonctionnelles telles que l'AMDEC ou l'Arbre de Défaillances.

II.3.2. Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets - AMDE /et de leur Criticité - AMDEC (Failure Modes, and Effects Analysis - FMEA / Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis - FMECA)

L'AMDE a été employée pour la première fois dans le domaine de l'industrie aéronautique durant les années 1960. Son utilisation s'est depuis largement répandue à d'autres secteurs industriels. L'AMDEC est l'extension de l'étude AMDE quand il est question d'évaluer la criticité des défaillances.

Selon la norme CEI-300-3-9 [16],l'AMDE est une technique fondamentale d'identification et d'analyse de la fréquence des dangers qui analyse tous les modes de défaillances d'un équipement donné et leurs effets tant sur les autres composants que sur le système lui-même.

Cette analyse vise d'abord à identifier l'impact de chaque mode de défaillance des composants d'un système sur ses diverses fonctions et ensuite hiérarchiser ces modes de défaillances en fonction de leur facilité de détection et de traitement.

L'AMDE(C) traite des aspects détaillés pour démontrer la fiabilité et la sécurité d'un système. Elle contient(4) parties primaires :

1. Identification des modes de défaillance.

2. Identification des causes potentielles de chaque mode.

3. Estimation des effets engendrés.

4. S'il s'agit d'une AMDEC : Evaluation de la criticité de ces effets.

L'analyse commence toujours par l'identification des défaillances potentielles des modes opérationnels. Elle se poursuit, par des inductions afin d'identifier les effets potentiels de ces défaillances (situation dangereuse, événement dangereux et dommages). Une fois les effets potentiels établis, on estime le risque on spécifie les actions de contrôle.

II.3.3. What-If Analysis

What-if est une forme dérivée de HAZOP, dont l'objectif est d'identifier les phénomènes dangereux régissant le fonctionnement d'un système.

La méthode consiste à réaliser un brainstorming partant généralement de situations dangereuses ou d'événements dangereux imaginés, en essayant de répondre à la question :

« Qu'arrive-t- il si tel paramètre ou tel comportement n'est pas nominal ? ».Ceci va permettre d'identifier les effets provoquant des dommages.

II.3.4. Analyse par Arbre de Défaillances, Arbre de Causes ou Arbre de Fautes (Fault Tree Analysis - FTA)

L'analyse par Arbre de Défaillances a été élaborée au début des années 1960 par la compagnie américaine « Bell Téléphone ». Elle fut expérimentée pour l'évaluation de la sécurité des systèmes de tir de missiles. Elle est employée pour identifier les causes relatives aux événements redoutés. En partant d'un événement unique, il s'agit de rechercher les

combinaisons d'événements conduisant à la réalisation de ce dernier. L'analyse par Arbre de Défaillances peut également être poursuivie dans le cadre d'une reconstitution des causes d'un accident.

La méthode consiste en une représentation graphique des multiples causes d'un événement redouté. Elle permet de visualiser les relations entre les défaillances d'équipement, les erreurs humaines et les facteurs environnementaux qui peuvent conduire à des accidents. On peut donc éventuellement y inclure des facteurs reliés aux aspects organisationnels.

L'analyse par Arbre de Défaillances se déroule généralement en 3 étapes :

- Spécification du système et de ses frontières.
- Spécification des événements redoutés préalablement identifiés par exemple par APR.
- Construction des arbres de défaillances : On cible les événements redoutés un par un et on essaye d'identifier les successions et les combinaisons d'événements de base permettant de les atteindre.

Toutefois, un événement de base doit répondre à un certain nombre de critères, en l'occurrence :

- Il doit être indépendant des autres événements de base.
- Il ne doit pas être décomposable en éléments plus simples.
- Il doit avoir une fréquence évaluable.

Le calcul de la probabilité de l'événement sommet se fait à travers la propagation des probabilités d'occurrence des événements de base vers le sommet. Le calcul des coupes minimales peut s'effectuer avec le même principe en essayant cette fois-ci de trouver les plus petits ensembles d'événements de base pouvant mener à un événement redouté. Ceci permettrait de hiérarchiser les événements et d'implanter stratégiquement les barrières de défense afin d'améliorer la fiabilité et la sécurité en même temps.

Une coupe minimale représente la plus petite combinaison d'évènements (chemin critique) pouvant conduire à un événement indésirable (intermédiaire) ou redouté (final). Plus l'ordre d'une coupe minimale est petit, plus l'occurrence de l'événement final suivant ce chemin critique peut paraître probable.

L'affectation des probabilités des événements de base se fait par extraction des bases de données, essais, retour d'expérience (REX), jugement d'experts, audits, etc. [14]

II.3.5. Analyse par Arbre d'Evènements (Event Tree Analysis - ETA)

L'analyse par Arbre d'Evènements a été développée au début des années 1970 pour l'évaluation du risque lié aux centrales nucléaires.

C'est une technique d'identification et d'analyse de la fréquence des dangers moyennant un raisonnement inductif pour convertir différents événements initiateurs en conséquences éventuelles relatives au fonctionnement ou à la défaillance des dispositifs techniques/humains/organisationnels de sécurité.

À l'inverse de l'analyse par Arbre de Défaillances, l'analyse par Arbre d'Evènements suppose la défaillance d'un composant ou d'une partie du système et s'attache à déterminer les évènements qui en découlent.

L'analyse par Arbre d'Evènements se déroule en plusieurs étapes préliminaires :

- Considération d'un événement initiateur.
- Identification des fonctions de sécurité prévues pour contrôler son évolution.
- Construction de l'arbre.
- Description et exploitation des séquences d'évènements identifiées.

Il serait plus pertinent d'élaborer un Arbre d'Evènements à l'issue d'une première analyse identifiant les accidents potentiels à l'image de l'APR.

Les fonctions de sécurité doivent être assurées par des barrières ayant pour objectif d'empêcher le processus de matérialisation d'un accident provoqué par un événement initiateur.

La construction de l'arbre consiste à envisager soit le bon fonctionnement soit le dysfonctionnement de la première fonction de sécurité en partant de l'événement initiateur.

La suite de la méthode consiste à examiner le développement de chaque branche en considérant systématiquement le fonctionnement ou la défaillance de la fonction de sécurité jusqu'à l'atteinte d'un accident potentiel. La propagation des probabilités d'occurrence des évènements initiateurs permet de calculer la probabilité de l'évènement redouté

.

II.3.6. Nœud papillon (Bowtie Model)

Le « Nœud Papillon » est une approche arborescente développée par SHELL. Il permet de considérer une approche probabiliste dans le management du risque.

Le nœud papillon est une connexion d'un Arbre de Défaillances et d'un Arbre d'Evènements, généralement établie lorsqu'il s'agit d'étudier des évènements hautement critiques.

Le point central du Nœud Papillon est l' « Evénement Redouté Central ». Généralement, ce dernier désigne une perte de confinement ou une perte d'intégrité physique (décomposition). La partie gauche sert à identifier les causes de cette perte de confinement, tandis que la partie droite du nœud s'attache à déterminer les conséquences de cet événement redouté central [17] [18].

Chaque scénario d'accident est relatif à un évènement redouté central et est représenté à travers un chemin possible allant des évènements indésirables ou courants jusqu'à l'apparition des effets majeurs.

Un Nœud Papillon est généralement précédé par une analyse de risque plus générique de type APR ou What-If.

II.3.7. Analyse de la fiabilité humaine (Human Reliability Analysis)

HRA traite l'impact des facteurs humains sur la qualité de fonctionnement du système. Elle peut être employée afin évaluer l'influence des erreurs humaines sur la sécurité.

L'erreur humaine (Mistake, Human error) est définie dans la norme CEI 50(191) [19] comme une : « action humaine qui produit un résultat différent de celui qui est recherché ». Selon la même norme : « une erreur est un écart ou discordance entre une valeur ou une condition calculée, observée ou mesurée, et la valeur ou la condition vraie, prescrite ou théoriquement correcte ».

L'humain est souvent perçu comme le maillon faible d'un système sociotechnique bien que l'action humaine dans certaines situations demeure la meilleure si ce n'est la seule défense permettant d'éviter qu'une défaillance n'entraine un accident.

La technique HRA comporte 3 étapes principales : l'analyse de la tâche, l'identification de l'erreur humaine et la quantification de la fiabilité humaine. La deuxième étape est la plus longue et nécessite le plus d'efforts.

II.3.8. Modèle de danger MADS

Le modèle MADS (Méthodologie d'Analyse de Dysfonctionnement des Systèmes) est une conceptualisation d'une approche systémique du risque d'accident. Le danger est représenté comme un ensemble de processus conduisant à un processus principal représentant le flux de danger pouvant être généré par un système source de danger.

Selon B. Saoulé [20] : « Le flux de danger peut être constitué d'énergie, de matière ou d'information. Il est généré par un événement (ou processus) initiateur d'origine interne ou externe. Ceci se déroule en plusieurs phases, d'abord l'occurrence d'un facteur de déclenchement (événement initiateur) qui génère un flux de danger entre les constituants du système global faisant de l'un d'eux une source et d'un autre une cible de danger. Un Evénement Non Souhaité (ENS) se produit alors et peut générer un dommage subi par la ou les cibles, qui peut être de surcroît accru par un processus renforçateur ».

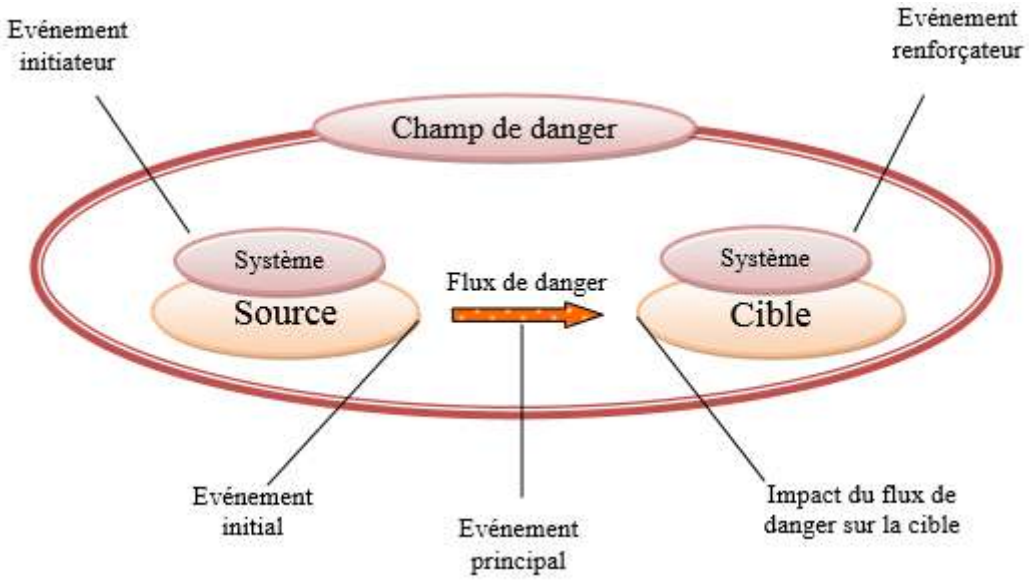


Figure II.4. Processus de danger du modèle MADS (Perilhon, 1999) [21].

Le modèle MADS permet de mettre en relation un système source et un système cible par l'intermédiaire des flux de danger dans un environnement dit « champ de danger ».

II.3.9. La méthode MOSAR

La méthode MOSAR (Méthode Organisée et Systémique d'Analyse des Risques) a été mise au point par Pierre PERILHON au CEA. Elle est utilisée dans divers domaines, en particulier

dans l'étude des risques d'installations à hauts risques (nucléaire, chimique, etc.). En effet, la méthode a été effectivement appliquée dans le domaine nucléaire et notamment à EDF (Centres de recherches et d'essais) et au CEA (Installations d'essais).

MOSAR contient deux modules hiérarchiques, un module macro « module 'A' » et un module micro « module 'B' ». Le module 'A' a pour but d'identifier les dysfonctionnements techniques et opératoires provoquant un événement indésirable. Les scénarios d'accident sont examinés d'une manière macroscopique, autrement dit, sans traiter en détail des aspects fonctionnels du système et de ses interfaces. Principalement, le module 'A' se décompose en 6 étapes :

- Modélisation de l'installation.
- Identification des sources de danger.
- Identification des scénarios d'accident.
- Evaluation des scénarios de risque.
- Négociation des objectifs.
- Définition des moyens de maîtrise des risques.

Le module 'A' s'appuie essentiellement sur le modèle MADS dans la phase d'identification des sources, flux et cibles de dangers ainsi que les différents événements du processus de danger. Le module B de la méthode MOSAR qui se présente d'ailleurs comme une suite logique du module A. Il permet d'effectuer une analyse plus détaillée des dysfonctionnements techniques et opératoires et aussi de l'impact qu'ils pourraient engendrer sur le système global. Ce module se décompose en 5 étapes [14] :

- Identification des risques de dysfonctionnement.
- Evaluation des risques en constituant des Arbres de Défaillances.
- Négociation des objectifs précis de maîtrise des risques.
- Affinement des moyens complémentaires de maîtrise des risques.
- Gestion des risques.

II.4. Critères de choix d'une méthode d'analyse de risque

Nous avons retenu l'essentiel des critères pesant dans la mise en œuvre d'une méthode plutôt qu'une autre dans l'étude d'un système donné :

- Domaine de l'étude.
- Stade de l'étude (spécification, conception, .., démantèlement).

- Perception du risque dans ce domaine.
- Culture de la Sûreté de Fonctionnement de l'organisation.
- Caractéristiques du problème à analyser.
- Niveau envisagé de la démonstration de la sécurité.
- Savoir-faire des intervenants.
- Nature des informations disponibles (spécifications du système et de ses interfaces, contraintes, etc.).
- Retour d'expérience et base de données disponibles.
- Moyens humains, logistiques et autres.
- Délais et autres contraintes de management de projet.

Toutefois, l'utilisation séparée d'une seule méthode d'analyse de risque peut ne pas apporter une démonstration définitive de la réalisation des objectifs de sécurité. En effet, il est nécessaire de combiner plusieurs méthodes pour une meilleure complétude et une bonne cohérence en termes de résultats [14]

Pour des fins spécifiques à ce travail de recherche appliqué dans une installation pétrolière, usine de production de brut, nous allons présenter en détail la méthode HAZOP.

II.5. La méthode HAZOP

La méthode HAZOP (HAZard OPerability), appelée aussi (Etude de sécurité sur schéma de circulation des fluides), a été développée par la société Imperial Chemical Industries (ICI) au début des années 1970. Elle a, depuis, été adaptée dans différents secteurs d'activité. L'Union des Industries Chimiques (UIC) a publié en 1980 une version française de cette méthode dans son cahier de sécurité n°2 intitulé « Etude de sécurité sur schéma de circulation des fluides ».

II.5.1. Définition et 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, le débit…

Cette méthode considère de manière systématique les dérives des paramètres d'une installation en vue d'en identifier les causes et les conséquences, cette méthode est particulièrement utile pour l'examen de systèmes thermo-hydrauliques, pour lesquels des

paramètres comme le débit, la température, la pression, le niveau, la concentration… sont particulièrement importants pour la sécurité de l'installation.

De par sa nature, cette méthode requiert notamment l'examen de schémas et plans de circulation des fluides ou schémas P&ID (Piping and Instrumentation Diagramme).

L'HAZOP suit une procédure assez semblable à celle proposée par l'AMDE. L'HAZOP ne considère plus des modes de défaillances mais les dérives potentielles(ou déviations) des principaux paramètres liés à l'exploitation de l'installation. De ce fait, elle est centrée sur l'installation à la différence de l'AMDE qui est centrée sur les composants.

Pour chaque partie constitutive du système examiné (ligne ou maille), la génération 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 concernent la température, la pression, le débit, la concentration, mais également le temps ou des opérations à effectuer.

(Mot-clé + Paramètre = Dérive).

II.5.2. Organisation de l'étude HAZOP

- ✓ **Préparation de données :** Pour bien mener cette étude :
- Il est important que le leader réunisse et prépare les données nécessaire à la réussite de l'étude et si nécessaire les réorganiser ou demander des données supplémentaires.
- Une visite sur site lors de l'étude d'une installation existante pour toute l'équipe est très utile.
- La connaissance d'incidents antérieurs sur le même site ou sur des installations similaires est très importante. Mais si les données historiques (n'existent pas, le recours aux bases de données telles qu''ICHEM Accident Data base ou CCPS pourrait être d'une grande utilité.
- Pour qu'une étude HAZOP soit possible, il est nécessaire pour l'équipe d'avoir une représentation complète, précise et fidèle du procès. Ceci est basé sur les PID, les spécifications du design, flow sheets (PFD), équilibre (bilans) matinière /énergie, spécifications des équipements et instrument……

L'ensemble de la documentation est décrite dans le tab Voici un exemple de documents à collecter relatifs au procédé pour une étude HAZOP :

Tableau II.1. Documents relatifs au procédé pour une étude HAZOP

Thème à documenter		Documents à collecter
Implantation du site	Bâtiment : fabrication, production d'énergie et d'utilités, réseaux, traitement des rejets, stockage, magasins	Plans : site et son environnement, zones de dangers, circuits des produits, utilités, collecte et d'évacuation des rejets, réseau incendie, boucles de régulation
Installation	Equipements, tuyauteries, vannes	PFD et PID à jour, listes, spécifications et notes de calculs, fiches constructeur et fiches de suivi des équipements, positions de repli des vannes automatiques (ouverte ou fermée) par défaut d'énergie (air et électricité)
Eléments de sécurité	Soupape de sécurité, disque de rupture	Listes, spécifications, implantations (y compris les évents), notes de calculs et scénarios, traitement des rejets
Organes de sécurité	Capture, organe de mesures, alarmes, sécurités	Liste, implantations de déclanchement seuils de déclanchement, modes d'actions (manuels ou automatiques), modes d'alimentations (électriques ou pneumatiques).
Actions de sécurités	Matrice des sécurités	Liste des actions (manuelles ou automatique) entrainées par les détections ou les alarmes
Gestion des risques	Plan de vérification des organes de sécurité	Liste des tests (nature et fréquences) sur les seuils, les actions, les chaines de sécurité
Maintenance et contrôle des équipements	Procédure et plans de contrôle	Permis (intervention, feu …), fiches d'entretien préventif d'équipements (graissage…) rapports des visites réglementaires (inspection)

- ✓ **Composition de l'équipe HAZOP :** L'équipe est constituée de spécialiste de plusieurs disciplines confondue **(voir Tab 02)** Le nombre et la composition de

l'équipe varient en fonction de la complexité de l'étude. Le minimum serait quatre personnes.

Elle devrait avoir une vue d'ensemble sur tout le système de telle sorte que des causes et/ou conséquences de ces sections ne seront pas omises.

Une fois les délimitations de l'étude effectuées, une estimation du nombre de réunion peut alors être faite. Elle peut être basée sur des études effectuées sur des installations similaires. L'idéale c'est de tenir au plus trois ou quatre sessions par semaine chacune limitée à la demi-journée ; les réunions devraient être tenues dans un endroit parfaitement confortable car les meilleurs résultats sont obtenus quand les membres sont dans les meilleures dispositions physiques et mentales.

Un autre aspect à établir au départ de l'étude est le domaine des modes opérationnels couvert : en marche normale, arrêt…etc. ; car ceci implique des conditions opératoires différentes des paramètres comme la pression, la température, le débit….

Il n'est pas possible d'estimer la durée de cette étude ou planifier en détail tant que ces limites n'ont pas été établies.

Tableau II.2. Rôles et fonctions du membre de l'équipe HAZOP

Membre de l'équipe	Rôle et fonctions
Le secrétaire	Sa tâche est l'enregistrement, prépare et remplit les feuilles de travail pendant que l'étude progresse. Un bon progiciel rend ce travail beaucoup plus facile et plus efficace.
Concepteur (ingénieur méthodes, automaticien, ingénieur mécanicien, selon le projet)	Explique la conception et sa représentation sur les diagrammes et les schémas à l'étude. Explique comment le système peut répondre aux déviations suggérées. La connaissance de cette personne du système est essentielle.
Ingénieur de projet (peut également être le concepteur)	La personne qui représente le projet intéresse en termes de couts et progrès. Cette personne saura également les implications des actions recommandées.
Utilisateur ou le directeur de production	Explique le contexte opérationnel pour les équipements à l'étude. Leur expérience pratique est essentielle pour équilibrer les plans des concepteurs
Expert en HSE	Cette personne représentera l'intérêt de la sécurité et la santé au travail et peut servir d'observateur indépendant pour observer que l'étude se déroule d'une façon satisfaisante.

Autres spécialistes	Ils fournissent l'expertise relativement au système et à l'étude si nécessaire. c'est le meneur d'équipe qui devra décider, de telles personnes sont nécessaires. Les candidats probables incluent : • Chimiste de recherches pour de nouveaux processus • Ingénieur électrique • Spécialiste en pollution environnementale • Spécialiste effluents en traitement • Spécialiste en sureté • Software Engineer de système de contrôle
Instrumentiste /automaticien	L'ingénieur d'instrument représente les aspects techniques et fonctionnels du système de contrôle en tant qu'élément de l'équipement de processus. Cette personne peut donner un avis sur des réponses de système de contrôle aux déviations et en tant que causes des déviations. Le deuxième rôle est de donner un avis sur l'exécution des sauvegardes utilisant des alarmes L'ingénieur d'instrument sera requis de mettre en application toutes les nouvelles mesures 'instrumentation de sureté réclamées pendant les Etudes.
Représentations d'entrepreneur et de client	Si l'usine est conçue par un entrepreneur, l'équipe de HAZOP devrait contenir des représentations d'entrepreneur et de client.

II.5.3. Déroulement de l'étude HAZOP

- ✓ **description de la partie et la section du procès a analysé :**

Il est essentiel que l'équipe commence par une compréhension totale de la section ou de l'étape à analyser. Une description détaillée devrait être développée incluant tous les paramètres clés (le rapport qui sera établi à la fin devrait faire référence à la description du design).

Ensuite une intention du design pour l'étape en question est formulée et enregistrée. Ceci permettra à l'équipe de reconnaitre toutes situations qui seraient en dehors du domaine opérationnel comme étant une déviation.

Une fois que le niveau de détails requis a été obtenue, la prochaine étape consiste en le partage des PID en sections et équipent à des mots guides seront appliqués.

✓ **Définition des nœuds :**

Les lignes directrices pour identifier et sélectionner les nœuds sont les suivantes :

a- Diviser l'installation dans les systèmes de processus et sous-systèmes

b- Suivez le déroulement du processus du système à étudier.

c- Isoler les sous-systèmes en composantes principales qui permettent d'atteindre un seul objectif (augmenter la pression, retirer l'eau, les gazes séparés …).

Exemple de nœuds :

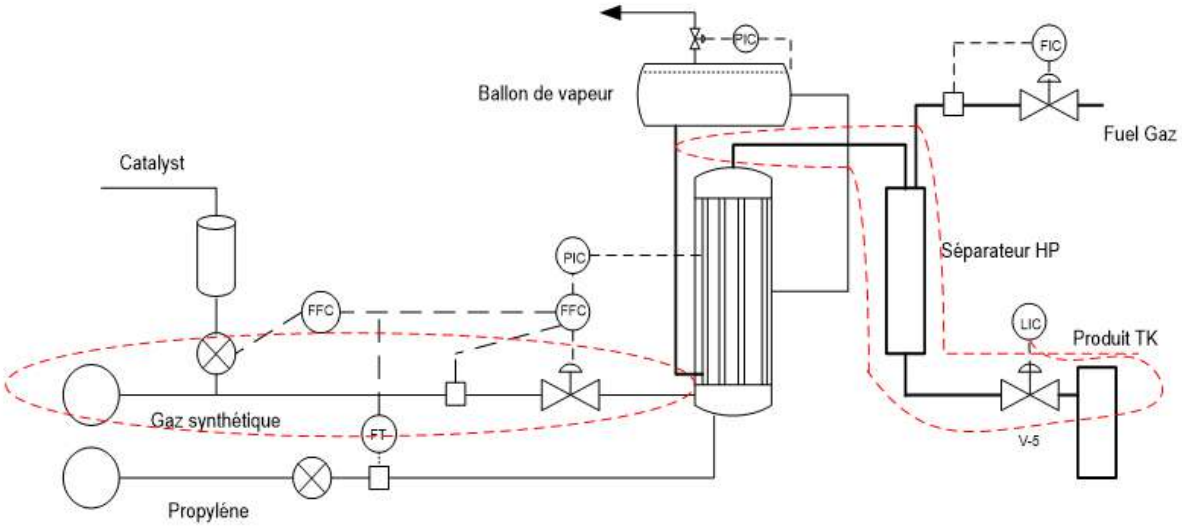


Figure 11 : exemple de nœuds [22]

En tenant compte de la définition des nœuds nous présentons Quelques exemples typiques nœuds identifiés dans l'industrie pétrolière et chimiques :

A. colonne de distillation

B. Séparateur multi phase

C. Colonne de stabilisation

D. Unité de pompage

E. Aerorefrigerant

F. Echangeur de chaleur

G. Compresseur

H. Réservoir de stockage

M. Four et incinérateur

N. Torche

O. Pompe incendie.

- ✓ **Génération d'une dérive :**

La prochaine étape est la génération d'une dérive significative en couplant un 'mot guide' et 'un paramètre', la température, la pression, le débit, le niveau, la concentration, le temps, des opérations à réaliser, etc. pour définir les types de dérives. L'objectif des mots guides est d'assister l'équipe dans la recherche créative et approfondie de déviations significative, il est important de sélectionner ceux qui pourraient mener à bien cette tâche.

Une dérive peut être générée en combinant un paramètre avec chaque mots guide et voir si une déviation significative peut en résulter.

Par exemple, moins et débit signifie que le débit est insuffisant ; pas de et niveau signifie que le contenant est vide.

On procède de cette façon systématiquement pour tous les compartiments du système étudié. On vérifie que les dérives sont significatives avant d'en étudier les causes et les conséquences. On examine les moyens à mettre en œuvre pour détecter précocement la dérive afin de prévenir le dysfonctionnement possible ou d'en atténuer les impacts.

Ensuite on propose des recommandations ou des améliorations pour les procédures ou les conduits. Comme c'est souvent le cas, la méthode HAZOP est une méthode continue, c'est-à-dire que quand toutes les procédures sont menées à terme, il est nécessaire de reprendre la procédure depuis le début. C'est à cette condition que la sécurité est garantie sur la durée

Le schéma d'analyse pour HAZOP est présenté dans l'organigramme suivant :

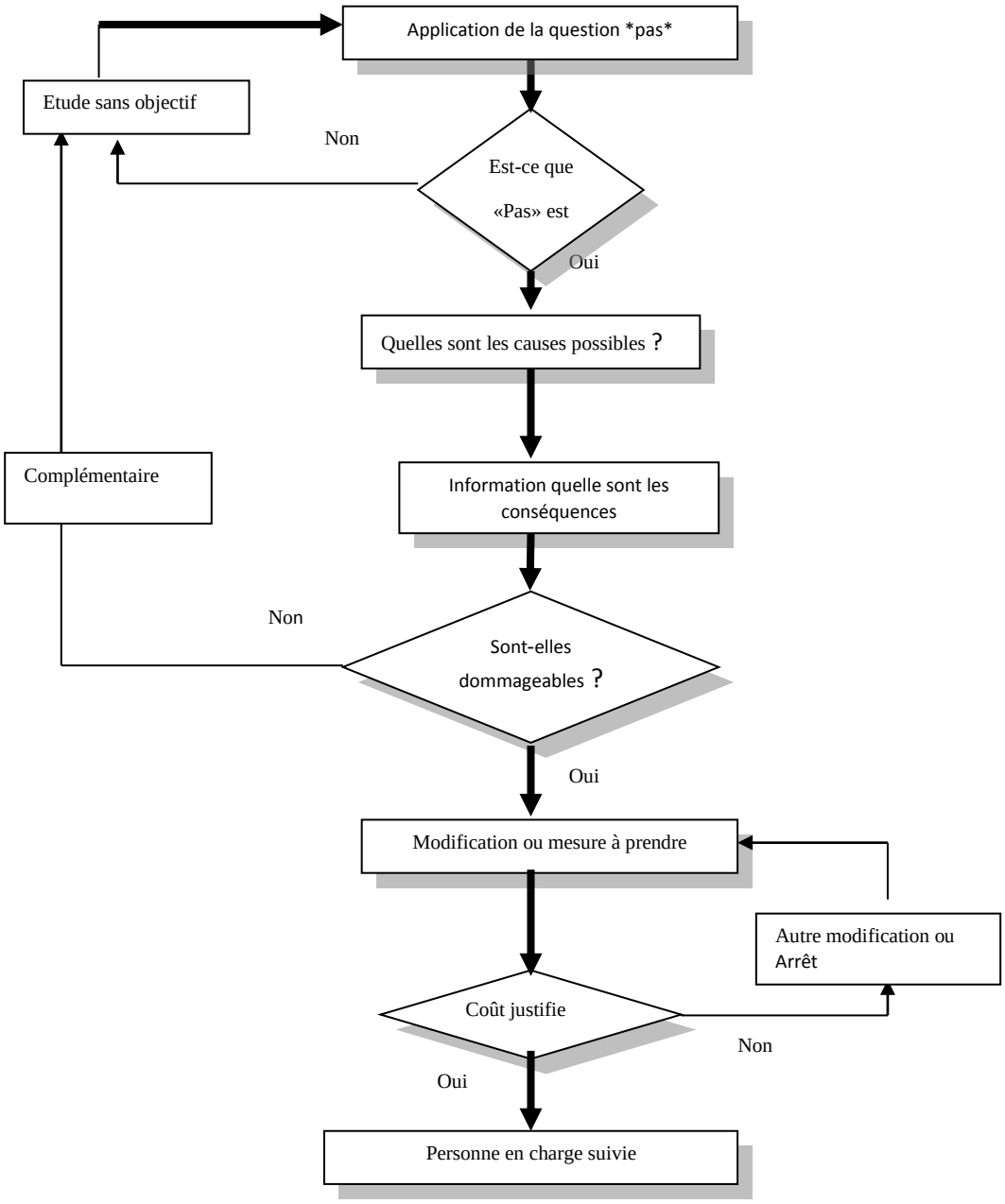


Figure II.5. Schéma d'analyse (HAZOP).

II.5.4. Phase d'enregistrement et présentation des résultats

- ✓ **Phase d'enregistrement :**

Les conclusions atteintes durant l'étude devraient être entièrement enregistrées, le rapport représente typiquement le seul enregistrement compréhensif de l'étude HAZOP.

Il est particulièrement important d'enregistrer les détails suffisants à même de paramètre aux personnes qui n'ont pas assisté ce qui leur permettrait de comprendre parfaitement les problèmes potentiels soulevés.

Les résultats d'une étude HAZOP devraient être enregistrés et pour ce faire un format de type rapport serait comme suit :

- Résumé générale
- Introduction et organisation du rapport
- Etendue et objectifs
- L'approche
- Description du procès
- Résultats de l'étude
- Conclusion et actions

✓ **Phase de présentation :**

Les résultats de l'étude HAZOP sont présentés dans un tableau **(Voir Tab).**qui identifie le nœud étudié, le numéro du plan, le numéro de la révision, la date, la composition de l'équipe, les causes, conséquences, les mesures de prévention et protection existantes et ainsi les recommandations y afférente s'il y a un besoin.

Tableau II.3. Présentation des résultats de l'étude HAZOP

Projet :				**Plan N°**					**Composition de l'équipe de travail**								
Nœuds étudie													**Date de la revue :**				
Item	**causes**	**conséquences**	**G**	**P**	**CR**	**CAT**	**Prévention**	**G**	**P**	**CR**	**CAT**	**Protection**	**G**	**P**	**CR**	**CAT**	Recommandations

- Présentation de la déviation
- étude des causes et conséquences :

Une fois la dérive envisagée, doit identifier les causes de cette dérive, puis les conséquences potentielles de cette dérive.

- Moyens de détection, sécurités existantes :

La méthode HAZOP prévoit d'identifier pour chaque dérive les moyens accordés à sa détection et les barrières de sécurité prévues pour en réduire l'occurrence ou les effets. Exemple (AHL : Alarme haut niveau).

- Moyens de détection, sécurités proposés :

Si les mesures mises en place paraissent insuffisantes au regard du risque encouru, le groupe de travail peut proposer des améliorations en vue de pallier à ces problèmes ou du moins définir des actions à engager pour améliorer la sécurité quant à ces points précis

II.6 Conclusion

Nous avons présenté tout au long de ce chapitre rapidement les principales méthodes d'analyse de risque sachant qu'il existe d'autres méthodes moins utilisées dans un contexte industriel telles que : Analyse des Défaillances de Mode Commun, Modèles de Conséquences, Listes des contrôles, Technique de Delphi, Indice de danger, Comparaison par paires, Analyse transitoire, etc.

Ensuite, nous avons essayé de proposer des critères de choix de la méthode la plus convenable à une étude donnée. Ainsi qu'on a choisi la méthode HAZOP dans notre travail pour évaluer les risques liée au domaine pétrolier.

III.1. Introduction

Pour la plupart des activités industrielles et d'une manière spécifique l'activité pétrolière et pétrochimique, il existe un nombre important des installations fixes servant à stocker des produits, plus ou moins dangereux, pour créer une réserve permettant d'assurer la fourniture du produit à tout moment en cas de besoin.

Le stockage et l'utilisation d'une quantité toujours croissante de produits dangereux entraîneraient dans l'industrie une augmentation considérable des risques d'accident majeur. Pour maîtriser ces risques et protéger la sécurité travailleurs, la population et l'environnement, il est indispensable de mettre en œuvre de façon systématique un ensemble de mesures bien définies. [23] pour se faire, il est important de maitriser le fonctionnement des installations, de s'inspirer du retour d'expérience des accidents survenus n'importe où dans le monde, de se conformer à la réglementation et les bonnes pratiques (normes, procédures...).

Le présent chapitre étudie les types de stockage des hydrocarbures, la réglementation et les normes y afférentes et ainsi un recueil de retour d'expérience relatif à l'analyse des accidents déjà survenus pour en bénéficier des résultats obtenus dans cadre de notre étude pratique sur la prévention des risques d'accidents majeurs liés au stockage des hydrocarbures.

III.2. Généralités sur les hydrocarbures

III.2.1. Définition

Les hydrocarbures sont des produits naturels composés uniquement d'atomes de carbone et d'hydrogène Ils sont, dans des conditions normales de température et de pression, solides(Paraffine), liquides (essences, pétrole, etc.) ou gazeux (méthane, butane, etc.).

La presque totalité des hydrocarbures sert à produire de l'énergie sous forme de chaleur. Cependant, une part toujours croissante de produits issus du pétrole sert de matière première à la pétrochimie et notamment à l'industrie des matières plastiques. **[24]**

III.2.2. Propriétés physiques

- ✓ **État naturel :**

Dans la nature, les hydrocarbures se présentent le plus souvent sous la forme d'hydrocarbures solides sous forme de sables ou de schistes bitumeux

Le pétrole brut est un mélange d'hydrocarbures que l'on doit séparer par raffinage d'un liquide que l'on appelle le pétrole brut. Il existe cependant des gisements d'hydrocarbures gazeux, et plus exceptionnellement des gisements pour obtenir des produits utilisables. L'opération de raffinage donne des produits gazeux, liquides et solides. **[24]**

- ✓ **Densité :**

Presque tous les hydrocarbures liquides sont plus légers que l'eau. Pour les produits les plus courants, la densité varie de 0,7 à 0,9. **[24]**

- ✓ **Vapeurs :**

Les hydrocarbures liquides émettent des vapeurs inflammables dans certaines conditions de température et de pression.

Les hydrocarbures gazeux sont entièrement à l'état de vapeur dans les conditions normales de température et de pression.

À l'exception du méthane et de l'acétylène qui sont plus légers que l'air, de l'éthane et de l'éthylène qui ont une densité voisine de l'air, les autres vapeurs d'hydrocarbures sont plus lourdes que l'air (2,5 à 3 fois). Aussi, tendent-elles à s'accumuler dans les parties basses : caniveaux, fosses, sous-sols et à y séjourner faute de ventilation suffisante. Toutefois, elles diffusent dans l'atmosphère suivant les mouvements de l'air. Ces vapeurs peuvent former avec l'air des mélanges inflammables. **[24]**

- ✓ **Tension de vapeur :**

Les vapeurs d'hydrocarbures exercent dans une enceinte fermée, une pression déterminée et constante pour chaque température. Cette pression s'appelle " tension de vapeur ".Elle augmente rapidement avec la température.

Lorsque la température est stable, l'évaporation de liquide cesse dès que la tension de vapeur est atteinte. Ces données sont importantes en cas d'incendie car :

-Un récipient clos contenant des hydrocarbures peut être soumis à des pressions internes rapidement croissantes avec la température

-L'évaporation à l'air libre d'un hydrocarbure s'accentue avec l'élévation de la température et la turbulence de l'air. **[24].**

III.2.3. Propriétés chimiques

Les propriétés chimiques des hydrocarbures sont innombrables et la chimie est certainement loin d'avoir exploré la totalité des domaines offerts par l'aptitude qu'a l'atome de carbone à réaliser des combinaisons chimiques. Cependant, deux grandes familles de propriétés chimiques sont intéressantes. **[24]**

- ✓ **Propriétés de liaison :**

L'atome de carbone peut non seulement être associé à des atomes d'hydrogène, mais encore être lié à un autre atome de carbone qui sera lui-même lié à d'autres atomes d'hydrogène.

Cette aptitude permet la formation de chaînes linéaires ou fermées. Si l'on ajoute que les atomes d'hydrogène peuvent être remplacés par d'autres atomes, on peut imaginer la multitude de combinaisons possibles et par conséquent le nombre considérable de produits imaginables. **[24]**

- ✓ **Propriétés d'oxydation :**

L'action brutale de l'oxygène sur les hydrocarbures conduit à une oxydation rapide qui détruit l'édifice moléculaire en formant du gaz carbonique et de l'eau en libérant une grande quantité de calories. La quantité de chaleur ainsi dégagée est très importante : 1 kg de combustible a un pouvoir calorifique d'environ 1 000 kilocalories.

Cette aptitude des hydrocarbures à fournir de l'énergie sous forme de chaleur est exploitée à grande échelle pour toutes sortes de besoins industriels et domestiques lorsque la combustion est contrôlée. Mais cette dernière peut également être accidentelle et dans ce cas provoquer des dégâts importants, voire même des catastrophes **[24].**

III.3. Stockage des hydrocarbures

Le stockage du pétrole et du gaz consiste à immobiliser temporairement certains volumes de pétrole ou de gaz dans des capacités de stockage appelées appareils à pression ou réservoirs selon que le produit stocké est ou n'est pas sous pression. **(wikipidia2012)**

III.3.1. Rôle du stockage

Le stockage des ressources énergétiques est non seulement nécessaire pour compenser les fluctuations d'approvisionnement dues à toutes sortes d'aléas lors de la production, du transport et du raffinage, ou les variations de la consommation, qui dépendent notamment des conditions météorologiques. Il est aussi stratégique pour assurer un minimum d'autonomie énergétique du pays consommateur.

Le stockage doit être assuré aux différentes étapes du cheminement du pétrole, depuis le puits de production jusqu'aux lieux de consommation.

Les dépôts pétroliers importants se trouvent essentiellement sur les lieux de production du pétrole brut, aux extrémités des oléoducs, dans les terminaux de chargement et de déchargement du pétrole, à proximité des raffineries. Ces stockages concernent le pétrole brut, les charges, les coupes intermédiaires et les produits finis avant expédition. **(wikipidia2012)**

III.3.2. Type de Stockage

III.3.2.1. Réservoirs sous pression

- ✓ **Les sphères :**

Dans ce type de réservoir, et pour ce qui concerne les raffineries, sont stockés sous pression des produits sous phase liquide tels que le propane, le butane, …Leur rayon est compris entre

5 et 10 m, pour un volume de 500 à 4500 m3. Actuellement les normes limitent le stockage à une capacité de 500m3.

La masse stockée varie selon la densité de la phase de liquide de produit stocké pour une sphère de 1000 m3, la masse varie de 400 t (propanes) à 700 t (oxyde d'éthylène).

L'épaisseur de la paroi est toujours supérieure à 10 mm. Ce réservoir doit résister à des pressions internes de 8-9 bars pour le butane jusqu'à 25 bars pour le propane.

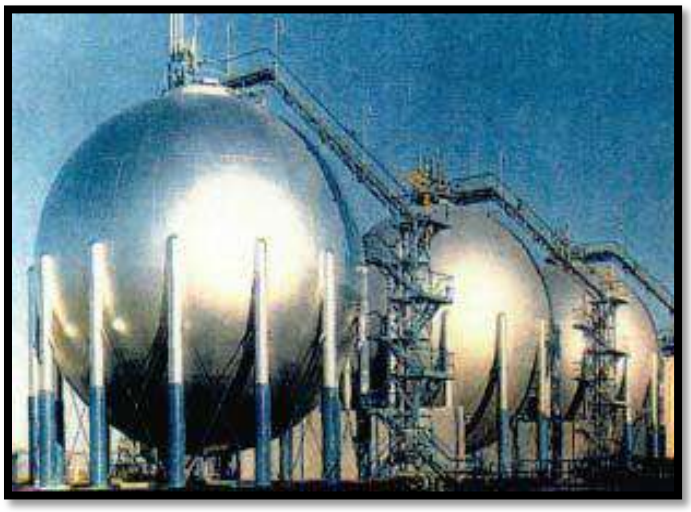


Figure III.1. Les sphères.

Les fondations superficielles sont constituées de fûts en béton localisés, isolés ou reliés entre eux par des longrines. Elles peuvent, le cas échéant, être associées à des fondations profondes sur pieux.

- ✓ **Les réservoirs horizontaux :**

Ce type de réservoirs cylindriques est susceptible de stocker les mêmes produits que les sphères dont il vient d'être question



Figure III.2. Les réservoirs horizontaux.

La majorité de ces réservoirs présente un diamètre de 1,5 m à 3 m, pour une longueur d'une dizaine de mètres, ce qui correspond à un volume compris entre100 à 2 000 m3.Les plus longs réservoirs peuvent mesurer quelques dizaines de mètres.

Les réservoirs horizontaux sont, dans le cas général, posés sur des berceaux. Il est possible de rencontrer des cas où ils sont ceinturés sur les berceaux. **[24]**

- ✓ **Réservoirs atmosphériques :**

Les réservoirs atmosphériques représentent la très grande majorité du parc de réservoirs de grande capacité contenant des liquides inflammables. Ils présentent classiquement un grand diamètre et donc par voie de conséquence un élancement faible. Ils sont constitués d'une unique enveloppe ou d'une double enveloppe métallique.

Ces réservoirs sont le plus souvent :

▪ Métalliques : leurs fonds, leurs robes et leurs toits sont en acier ;

▪ Verticaux : leur axe de symétrie est vertical.

Les différents réservoirs se distinguent par :

▪ Le type et le nombre de viroles dont ils sont constitués ;

▪ La présence ou non de raidisseurs ;

▪ Leurs fondations :

- Un radier ou une semelle annulaire ;
- Sur pieux ou puits ;
- Réservoir simplement posé ou ancré ;

▪ Leur toit, flottant ou fixe.

- A toit flottant : essence légère, naphta…,
- A toit fixe : solvant léger, fluxant…. Ce toit fixe peut être supporté par la robe ou, parfois, par la robe et quelques piliers dévolus à cet effet. **[24]**

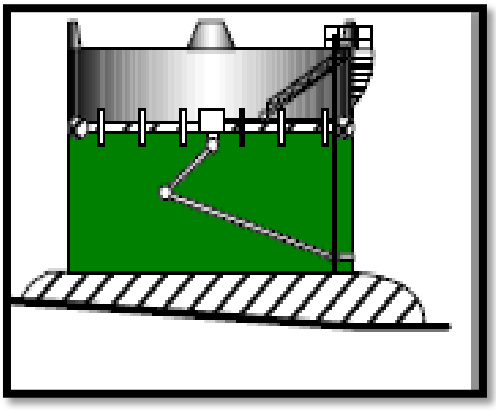


Figure III.3. Bac à toit flottant.

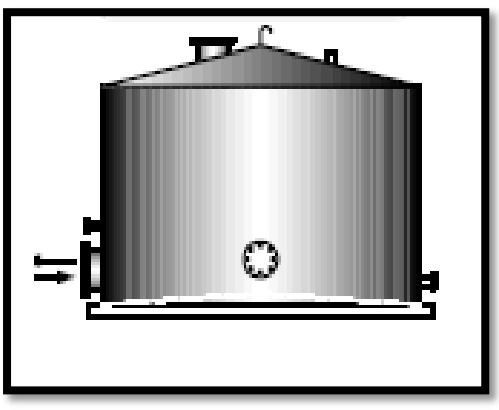


Figure III.4. Bac à toit Fixe.

III.4. Cuvette de rétention

Les cuvettes de rétention (fondations et enceintes) ont pour but de recueillir et contenir les produits qui peuvent accidentellement se répandre hors du ou des réservoirs concerné(s) (une cuvette pouvant contenir plusieurs réservoirs si les produits stockés ne sont pas incompatibles).

III.4.1. Caractéristiques des cuvettes de rétention

Les cuvettes de rétention doivent répondre aux caractéristiques définies ci-dessous :

- En fonction du produit stocké, la législation (RAEDLH, installations classées, ...) impose des capacités de rétention minimales. Par exemple, pour le cas de stockages de capacité unitaire supérieure à 120 m3 de gaz inflammables liquéfiés sous pression, il est stipulé que la capacité de rétention choisie ne peut être inférieure à 20% de la capacité du plus gros réservoir desservi.
- Elles doivent être étanches aux liquides déversés pour en particulier éviter une pollution des sols ou de la nappe phréatique. Elles doivent donc résister physicochimique mentaux produits déversés. Il est ainsi important de connaître la composition précise du sol et du sous-sol, d'utiliser des matériaux et un compactage adaptés pour les enceintes.
- Elles doivent pouvoir résister à une vague de produits déferlants à la suite d'une fuite du réservoir ou de sa rupture. Elles ne doivent pas être inondables c'est-à-dire que les eaux d'incendie et pluviales doivent pouvoir être évacuées. Un auvent est parfois utilisé pour évacuer les eaux pluviales mais il est plus efficace d'utiliser un système qui draine les eaux hors de la cuvette au moyen de collecteurs et de canalisations équipées de vannes. Ce système doit être actionnable depuis l'extérieur de la cuvette.
- Elles doivent être conçues en fonction de l'environnement climatique (séismes, grands vents, périodes de gel, fortes précipitations). Il faut ainsi régulièrement les entretenir et les surveiller pour repérer des signes d'érosion, d'infiltration d'eau, ... Une attention particulière doit aussi être portée sur les galeries d'animaux fouisseurs qui affaiblissent la structure de l'enceinte.
- Elles doivent respecter les règles d'implantation (distances par rapport aux habitations, circulation autour des rétentions, ...).
- Elles doivent être conçues de manière à limiter les risques liés à un feu de cuvette. Pouce faire, leur surface doit être la plus petite possible afin de limiter la surface d'évaporation. Dans ce but, la cuvette est parfois en pente (pour que le produits 'accumule en partie basse) ou segmentée en compartiments distincts. D'autre part il est préférable que le matériau constituant le fond de la cuvette soit de faible conductivité thermique (bétons isolants, mousse de polyuréthane...). Des moyens de lutte contre l'incendie sont disposés autour et dans la

cuvette (dispositifs à eau, à mousse). Les enceintes (murs ou merlons) doivent être coupe-feu quatre heures et les éventuelles canalisations traversant les enceintes jointoyées par des produits coupe-feu quatre heures **[25].**

III.4.2. Différents types de cuvette de rétention

On peut dans un premier temps classer les cuvettes en deux catégories selon qu'elles contiennent ou non des réservoirs :

- Les cuvettes contenant un réservoir **(Figure III.5)** : elles peuvent être hautes ou basses, compartimentées, en pente ou étagées. Elles peuvent contenir un ou plusieurs réservoirs. Elles sont utilisées dans le cas où une rupture d'un des réservoirs ne peut pas être exclue. Ces cuvettes sont très utilisées dans le domaine pétrolier (c'est-à-dire dans le cas des réservoirs verticaux atmosphériques) et dans le cas des réservoirs cryogéniques. **[25]**

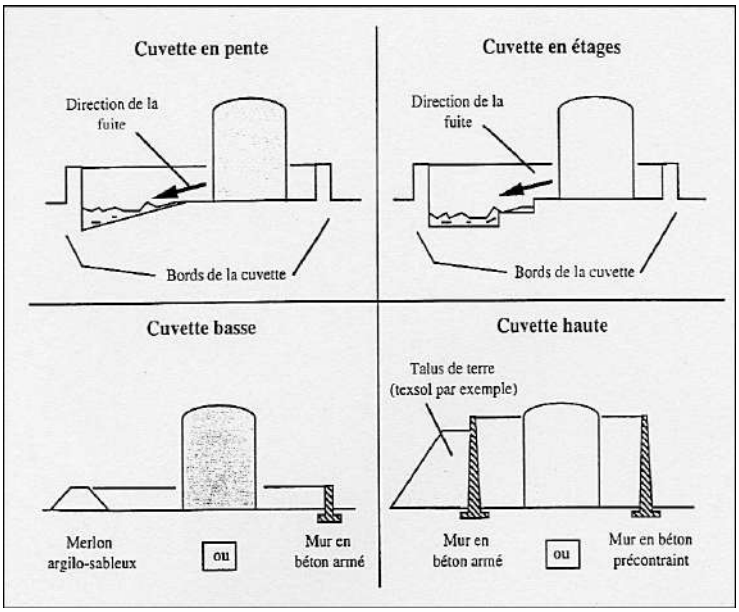


Figure III.5. Exemple de cuvettes de rétention **[25]**

Les enceintes de ces cuvettes peuvent être classiquement de deux types :

- des murs verticaux en béton armé,
- des merlons en matériau argilo-sableux.

Les merlons (bien conçus) présentent une meilleure tenue au feu mais plus de risques de débordement que les murs. De plus, contrairement aux murs, les risques de ruines sont quasiment écartés si le merlon est bien conçu et régulièrement surveillé.

Une solution mixte est à l'étude **Figure III.6.** Elle permettrait peut-être d'obtenir une bonne tenue au feu, de limiter les risques de ruine et de débordement (grâce à un déflecteur de vague.)

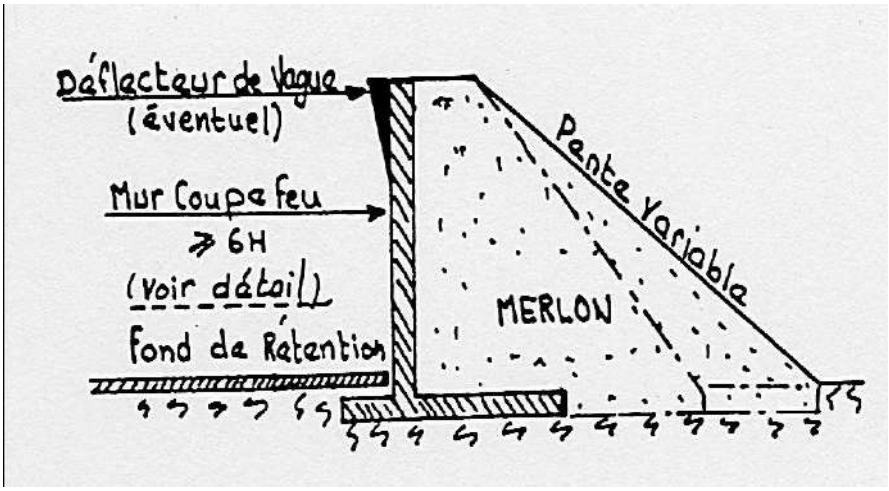


Figure III.6. Exemple de cuvette combinant merlon et mur **[25]**

- La cuvette qui ne contient pas de réservoirs. Les fuites éventuelles de produit issu du réservoir sont guidées sur un sol en pente par des murets de quelques dizaines de centimètres vers la cuvette de rétention située à l'écart des bâtiments et des réservoirs. Les réservoirs contenant des gaz liquéfiés sous pression sont souvent équipés de ce type de cuvette. **[25]**

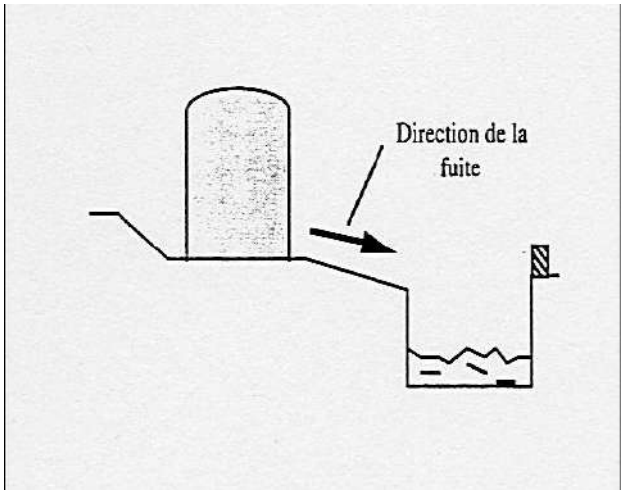


Figure III.7. Cuvette déportée **[25]**

Ces deux types de cuvettes sont parfois associés, c'est-à-dire que la cuvette haute est une autre cuvette qui recueille les épandages accidentels de moyenne importance. **[25]**

III.5. Feu des hydrocarbures dans la zone de stockage

Comme en témoignent les rapports d'interventions relatifs aux accidents survenus partout dans le monde dans les dépôts pétroliers ou des raffineries, les feux engendrés par l'exploitation des réservoirs de stockage du pétrole sont désastreux et complexes et se déclarent en général :

1 / Sur le toit à cause de l'électricité statique, foudre .etc.

2/ Dans la cuvette de rétention suite aux fuites au niveau du rim, des connections ou du bac même.

Pour lutter contre ce feu tout dépôt de liquides inflammables dispose de moyens matériels et d'une organisation adaptée qui doivent être planifiés pour répondre à toute urgence. **[26]**

III.5.1. Défense contre l'incendie

Les méthodes de lutte contre les grands feux de dépôts d'hydrocarbures ont évolué dans le temps en fonction des connaissances nouvelles sur les produits stockés et les émulseurs, des moyens et techniques de mise en œuvre, de nouvelles notions de tactique et des enseignements tirés du retour d'expérience des sinistres importants de ces dernières années (Florange, Wolppy, Châteauroux, Port Edouard Herriot à Lyon). **[27]**

III.5.1.1. Planification des urgences

Le processus de planification des urgences vient en aval du processus d'analyse de risques. Ce processus systématique, servant à planifier les situations d'urgence, est constitué des éléments principaux indiqué dans la (Fig.III.8).

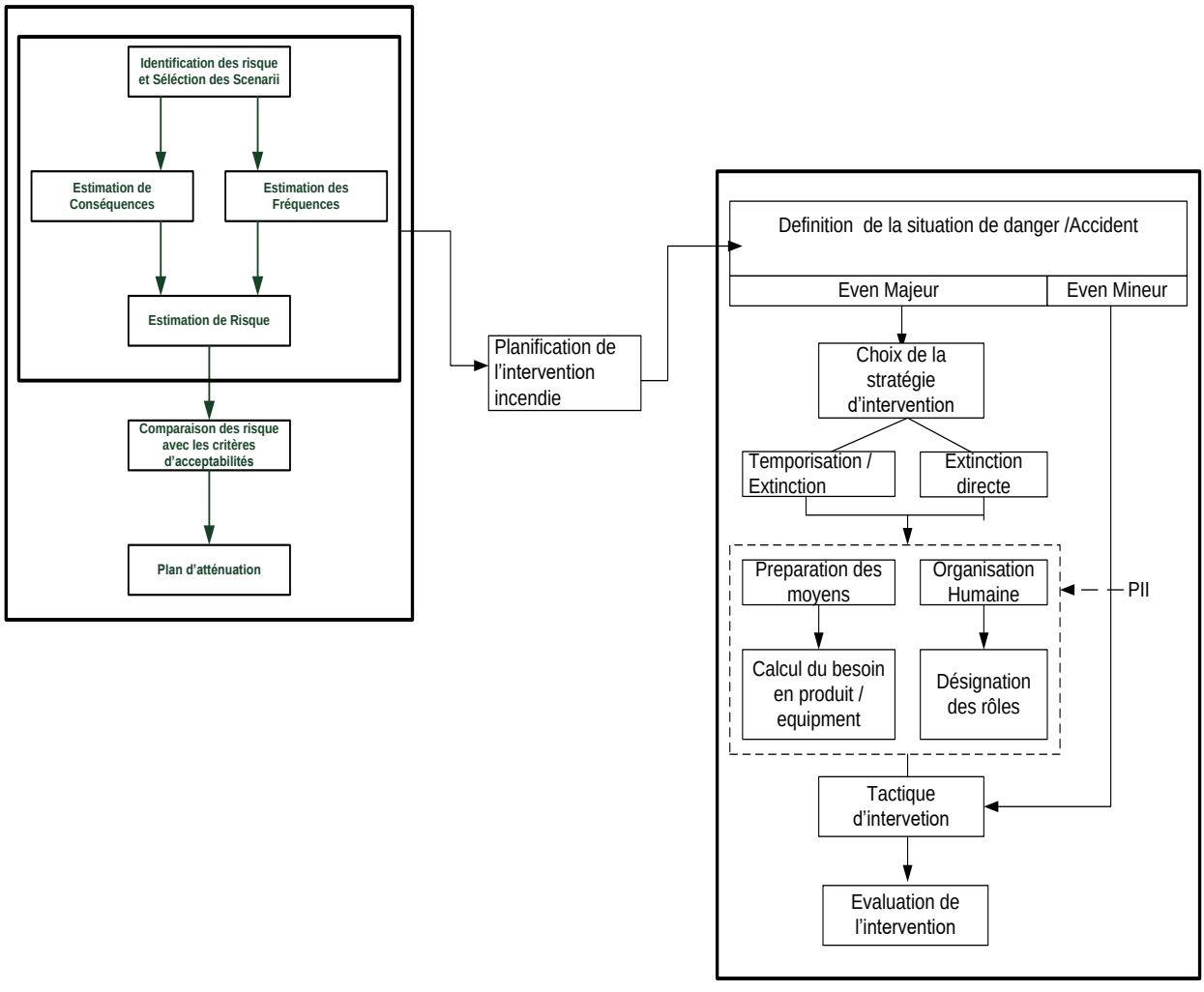


Figure III.8. L'analyse de risques et l'intervention sur les feux d'hydrocarbures.

- ✓ **Définition de la situation de danger /accident** :

Elle consiste à l'identification des scénarios indésirables relatifs aux événements majeurs ou mineurs par le moyen de l'analyse de risque, Les scénarios d'urgence associés au réservoir de stockage des hydrocarbures sont liés aux risques de perte de confinement du contenu **(Voir figure III.8).**

- ✓ **Stratégie de lutte contre l'incendie :**

L'exploitant élabore une stratégie de lutte contre l'incendie pour faire face aux incendies susceptibles de se produire dans ses installations et pouvant porter atteinte, de façon directe ou Indirecte, à ses intérêts.

Dans le cadre de cette stratégie, il s'assure de la disponibilité des moyens nécessaires à l'extinction de scénarios de référence calculés au regard du plus défavorable de chacun des scénarios suivants pris individuellement :

- Feu du réservoir nécessitant les moyens les plus importants de par son diamètre et la nature du liquide inflammable stocké ;
- Feu dans la cuvette de rétention, surface des réservoirs déduite, nécessitant les moyens les plus importants de par sa surface, son emplacement, son encombrement en équipements et la nature des liquides inflammables contenus. Afin de réduire les besoins en moyens incendie, il peut être fait appel à une stratégie de sous-rétentions ;
- Feu de récipients mobiles de liquides inflammables ou d'équipements annexes aux stockages.

La stratégie est dimensionnée pour un objectif d'une extinction des scénarios de référence en moins de trois heures après le début de l'incendie.

Cette stratégie est formalisée dans un plan de défense incendie (qui peut être le plan d'intervention Interne PII et elle ne peut être conduite avec succès que si **[27] :**

-Au stade de la prévision, un travail préparatoire a été effectué pour chaque dépôt : c'est l'objet du Plan d'intervention Interne (PII) **[28]** relatif au décret.

-Pendant l'intervention, une méthode de raisonnement tactique cohérente a permis d'arrêter les meilleures solutions et un dispositif structuré permet la mise en application sur le terrain.

Le PII est un outil de gestion de crises et une aide à la décision pour les managers des entreprises à risque majeur. Il comprend un ou plusieurs scénarios d'accident pour lesquels sont retenues des conséquences.

Chaque scénario :

-Définit les risques (produits, processus opératoire) et les conséquences

-Évalue les moyens nécessaires

-Définit les missions à accomplir

Aussi, chaque scénario comprend :

-Une fiche décrivant les équipements en cause et les produits utilisés pouvant créer un danger

-Un schéma simplifié du lieu de l'accident (points sensibles, accès, installations fixes de lutte, installations à protéger)

-Une liste des moyens nécessaires.

- ✓ **Préparation des moyens** :

La préparation des moyens à mobiliser et les procédures à mettre en œuvre lors d'une urgence rentrent dans le cadre de l'établissement d'un Plan d'Intervention Interne (PII) exigé par la réglementation algérienne par l'Arrêté interministériel du 25 octobre 2010 fixant le canevas relatif à l'élaboration du plan interne d'intervention. En application des dispositions de l'article 7 du décret exécutif n°09-335 du 20 octobre 2009, relatif à l'élaboration du plan interne d'intervention **[29].**

En cette phase pré accidentelle, les mesures préventives consistent au calcul des besoins en produits et équipements de lutte contre l'incendie afin d'agir rapidement et d'une façon fiables sur les scénarios risques identifiés par le processus d'analyse des risques.

Dans notre cadre d'étude, nous allons porter notre travail sur le scénario à risque relatif à la zone de stockage (réservoir de stockage et cuvette de rétention).

L'exploitant dispose des ressources et réserves en eau et en émulseur nécessaires à la lutte contre les incendies définis au point 43-1 et à la prévention d'une éventuelle reprise de ces incendies. Il peut avoir recours à des protocoles ou conventions de droit privé et, dans ce cas, il veille à la compatibilité et à la continuité de l'alimentation en eau ou en émulseur en cas de sinistre. **[28].**

Les réserves d'émulseur et points de raccordement de moyens de pompage mobiles aux ressources en eau sont implantés hors des zones d'effet thermique d'intensité supérieure à 5 kW/m² identifiées dans l'étude de dangers pour les phénomènes dangereux hors effet thermique transitoire **[28].** Cette prescription n'est pas applicable :

- pour un équipement qui peut être sollicité à distance par un opérateur ;
- ou lorsque, pour un scénario d'incendie considéré, l'équipement est doublé et que l'équipement redondant est situé hors des zones d'effets thermiques susmentionnées.

Le débit d'eau incendie, de solution moussante et les moyens en émulseur et en eau sont déterminés, justifiés par l'exploitant en fonction des scénarios définis dans les fiches

d'évaluation des risques définis dans le PII. Ils tiennent compte de la demande en eau et mousse pour l'extinction et le refroidissement des installations menacées.

- **Demande en Emulseur pour la phase d'extinction :**

L'efficacité d'une mousse (compatibilité avec le produit, rapidité de l'extinction, non contamination par le produit, résistance à un ré inflammation accidentelle) dépend étroitement de l'émulseur qui lui a donné naissance. Il existe plusieurs variétés d'émulseurs (émulseurs protéiniques, fluor protéiniques, synthétiques, AFFFs (agent formant un film flottant), polyvalents, ...) qui confèrent aux mousses engendrées des propriétés différentes. Pour les feux de réservoirs d'hydrocarbures, on utilise généralement des émulseurs protéiniques menant à des mousses bas foisonnements qui doivent être appliquées sans violence. En effet, si cette mousse pénètre dans le liquide en feu avant de s'étaler, elle s'imprègne de produit et devient partiellement combustible : elle est dite contaminée. Dans les cas difficiles (grandes surfaces en feu par exemple), on leur préfère les fluors protéiniques, pouvant être utilisées en application violente, afin d'éviter le phénomène de contamination. On peut aussi utiliser les AFFFs (protéiniques et fluor protéiniques) qui donnent des mousses à très faibles ou faibles TF. Les mousses engendrées agissent non seulement par étouffement mais aussi en donnant naissance par décantation à un film aqueux flottant qui limite l'évaporation. Elles résistent par ailleurs à la contamination.

Par contre les émulseurs et AFFFs synthétiques ne sont pas employés pour les feux de réservoirs du fait de leur mauvaise résistance à la chaleur.

En résumé, pour les réservoirs contenant des hydrocarbures, on utilise des émulseurs, polyvalents ou non, protéiniques, fluor protéiniques ou les AFFFs (protéiniques et fluor protéiniques). Par contre pour les réservoirs de liquides polaires, seul l'usage des émulseurs polyvalents protéiniques, fluor protéiniques ou les AFFFs (protéiniques et fluor protéiniques) est recommandé. Le choix d'un émulseur doit toujours se réaliser en fonction du produit stocké.

Remarque :

- Les hydrocarbures contenant plus de 5% d'additifs oxygénés nécessitent l'utilisation d'émulseurs polyvalents (réglementation française).
- Les émulseurs de types différents sont en général incompatibles entre eux. En particulier, on ne peut mélanger un émulseur de nouvelle génération avec un ancien. Il existe cependant des

émulseurs qui permettent de "régénérer" et de rendre plus performants les stocks d'émulseurs protéiniques d'ancienne génération qui ont vieilli (oxydation par l'air en particulier). **[30]**

Le besoin du volume de l'émulseur à appliquer est calculé à travers le taux d'application.

- **Taux d'Application :**

Il est communément admis qu'un feu de liquide inflammable se définit par la surface libre exposée au feu, exprimée en m2.

Cette surface libre devra en cas de feu être intégralement recouverte de mousse, appliquée à un certain débit pendant une certaine durée.

Cela nous donne deux éléments clefs, qui ressortent en premier lieu dans une étude de protection incendie :

• Le taux d'application appliqué en L/m2/min (débit total/surface)

• La durée de l'application de la mousse

Il conviendra de prendre en compte pour le choix de l'émulseur puis du taux d'application de :

• La nature du liquide combustible,

• La température du liquide combustible

• L'épaisseur de la couche de mousse voulue sur le liquide en feu,

• Le mode d'application de la mousse. **[31]**

T.A = la quantité de solution moussante déversée par unité de temps sur l'unité de surface**.**

$$\text{T.A (l/min/m}^2\text{)}=\frac{Débit\ (l/min)}{Surface\ (m^2)}$$

Le taux d'application minimum à appliquer par la réglementation est de 3.33 L/Mn/m2, lequel est calculé comme suit :

20 cm de mousse = 0.02m x 1 m2 = 0.02 m3 ou 20 litres soit 20/6 = 3.33 l (pour un Foisonnement de 6).

Tableau III.1. Le taux d'application d'émulseur **.**

Emulseur	Foisonnement	T.A	Concentration
Protéinique	BF	5l/mn/m2	5%
Fluor-protéinique	BF	4l/mn/m2	5%
Synthétique	MF et HF	1.5l/mn/m2	3% - 1%
AFFF	BF	2.5l/mn/m2	3%- 6%
FFFP/AR	BF	2.5/mn/m2	3%

Mais en pratique et pour les feux des hydrocarbures il recommandé d'utiliser :
Taux d'application

- **Equipements fixes :**
  - Toit flottant : 12,2 l/min/m² pendant 20 min.
  - Toit fixe : 4,1 l/min/m² pendant 20 min.
  - Canons : 7 l/min/m² pendant 20 min
- **Equipements mobiles** :
  - 6,5 litres/min/m² en 65 min.
  - 8 litres/min/m² recommandé par les experts.
  - Un autre facteur plus important lors de la préparation des scenarios d'intervention est le choix du taux de foisonnement :

- **Taux de foisonnement** :
- F= $\frac{Volumedemousse \quad (l)}{Volumedesolutionmoussante \quad (L)}$

On distingue les foisonnements suivants :

- Bas foisonnement s'emploie à l'extérieur (hydrocarbures, VL, plastique) varie entre 2 et 20.
- Moyen foisonnement s'emploie dans les locaux (plastique, hydrocarbures ou préventivement en extérieur) varie entre 20 et 200.
- Haut foisonnement s'emploie dans les locaux de grands volumes (neutralisation d''atmosphère).

En pratique, le type de mousse le plus employé sur les réservoirs de stockages d'hydrocarbures ou de liquides polaires est la mousse à bas foisonnement. **[28]**

La concentration d'un émulseur

- - La concentration c'est tout simplement le dosage du produit mélangé à l'eau. Ce dosage est défini par le fabriquant en fonction.
- Exemple : un émulseur à 3% correspond à 3 litres d'émulseur pour 97 litres d'eau. –

La durée de la phase d'extinction

Pour la détermination des réserves minimales en émulseur et éventuellement des réserves en eau, la durée de la phase d'extinction est la suivante :

- 1/ Feu de réservoir :

- 20 minutes en cas d'usage de moyens fixes ou semi-fixes ;

- 20 minutes pour une surface de réservoir inférieure à 2 000 mètres carrés, plus 10 minutes Par tranche de 1 000 mètres carrés de surface de réservoir au-delà des 2 000 mètres carrés en cas d'usage de moyens mobiles.

- 2/ Feu de rétention ou de sous-rétention :

- réduction du flux thermique par application de mousse d'extinction le temps de réunir l'intégralité des moyens d'extinction ;

- extinction en 20 minutes. » **[28].**

Calcul du débit de solution moussante par minute :

Prenant en compte la durée d'extinction estimée à 20 min, alors le volume de la solution moussante est :

Volume de solution moussante = surface x taux d'application

Volume de la Solution moussante = débit de la solution moussante x temps d'extinction (20min).

Calcul du volume de l'émulseur :

Prenant en compte le taux de la concentration qui est 6% alors le volume de l'émulseur est :

Volume d'émulseur = volume de solution moussante x taux de concentration (6%)

1- **Demande en eau pour la phase d'extinction :**

Le débit d'eau prévu pour cette phase est :

$Q=Q_1+Q_2$

Q_1=Débit correspondant l'extinction du feu.

Q_2=Débit correspondant au refroidissement.

Débit correspondant à l'extinction

Débit correspondant à la production de mousse Q_1=sur le réservoir supposé en feu

Il est caractérisé par un volume calculé comme suit :

Volume d'eau = volume de solution moussante – volume d'émulseur.

Débit d'eau $=\frac{volume\ \ d^{'}eau\ (l)}{Temps\ \ d^{'}extinction\ \ (min)}$

Le temps d'extinction est supposé 20 min.

Débit correspondant au refroidissement

Pour la protection des installations, le dimensionnement des besoins en eau est basé sur les débits suivants :

a/cas d'un réservoir en feu (feu dans le réservoir) :

La robe du réservoir en feu est refroidie au débit classique de 15 l/mn/m de circonférence (valeur typique de la réglementation sur les hydrocarbures). Le cas des réservoirs à axe horizontal n'est pas vraiment prévu mais ce type de réservoir, n'est normalement pas sujet à un feu de réservoir.

b/ cas d'un réservoir en feu, refroidissement des réservoirs voisins (qu'ils soient dans la même cuvette ou en dehors) :

La robe est refroidie à 1 l/m²/mn de surface exposée de robe à plus de12 kW/m² ou à 15 l/mn/m de circonférence. Les deux valeurs sont très proches car 15 l/mn/m produisent un débit supérieur à 1 l/m²/mn pourvu que la hauteur de robe ne dépasse pas 15 m. Pour les réservoirs à axe horizontal la réglementation sur les hydrocarbures prenait le périmètre de la projection verticale du réservoir, pour appliquer le taux de 15 l/mn/m de circonférence.

c/Cas d'un feu de cuvette (ou sous-cuvette) :

Il faut assurer le refroidissement des réservoirs situés dans une cuvette contiguë ou pour le cas d'une stratégie sous-cuvette, dans les sous cuvettes non encore en feu :

La robe est refroidie à 1 l/mn/m² de surface exposée à plus de 12 kW/m²ou à 15 l/mn/m de circonférence. Il n'est donc pas prévu de refroidissement à l'eau pour les réservoirs pris dans un feu de rétention, car il convient de ne pas perturber l'attaque à la mousse ou la temporisation.

d/Cas particuliers autres que les réservoirs de liquides inflammables :

Il pourrait être sensible au flux thermique (exemple, wagons exposés, stockages de GPL, parc à fûts,..)à un seuil de 8 kW/m² et une valeur de base de 1 l/m²/mn qui peut être revue à la hausse au vu de l'étude de dangers, notamment compte tenu de la nature de l'installation (ce point est à étudier localement). La référence à 15 l/mn/m de circonférence est peu utile car il est peu probable, que ces autres installations soient des réservoirs.

e/Refroidissement par les moyens mobiles :

Il est prévu d'utiliser un débit estimé à 10 l/m/m[2b] **[28]**.

- ✓ **Organisation Humaine** :

Compte-tenu des dangers omniprésents (propagation, explosion), de l'importance des moyens mis en œuvre, seule, une idée de manœuvre cohérente, élaborée à partir de la méthode de raisonnement tactique peut garantir le succès d'une opération de lutte contre un incendie de dépôt d'hydrocarbures.

La désignation des moyens matériels et humains à engager ainsi que la définition des rôles et des procédures opérationnelles d'intervention spécifique à l'établissement ne peuvent être

validées qu'à partir d'un document rédigé par l'exploitant qui détermine à titre prévisionnel les mesures d'organisation interne et les modalités d'intervention en fonction des risques potentiels, c'est-à-dire le Plan Interne d'Intervention (PII**) [28].**

Dès que le Plan Interne d'Intervention (PII) est mis en œuvre, les différentes fonctions se mettent progressivement en place.

La mise sur pied rapide d'un Poste de Commandement (PC) est d'une importance capitale dans ce type d'intervention, son organisation s'articule autour des cellules suivantes :

-Commandement, anticipation

-Renseignements et calculs

-Moyens, logistique et émulseur

-Transmissions

-Presse, communication

-Moyens médicaux

III.6. Intervention incendie

Pour l'intervention incendie, on applique les grands principes de la stratégie de lutte contre les feux des hydrocarbures.

- **Principe de temporisation :**

Cette phase correspond à ce que l'on appelle la temporisation avec un taux d'application réduit. Il s'agit de :

III.6.1. Protéger les installations de lutte contre l'incendie

- Préserver les installations participant à la lutte contre l'incendie.
- la protection des installations fixes qui risquent d'être endommagées par le feu.
- la protection éventuelle de bâtiments tels que ceux abritant la pomperiez (s'ils sont Particulièrement menacés).

III.6.2. Protéger les installations de l'exploitant susceptibles de propager le sinistre ou d'en augmenter ses effets

- il s'agit du refroidissement proprement dit avec les valeurs définies aux points
- réduire le flux thermique émis par l'incendie par la mise en œuvre de moyens adaptés aux risques à couvrir :

En effet, la phase peut être sautée si l'on dispose immédiatement de moyens d'extinction pour éteindre l'incendie :

- **Principe d'extinction (taux et durées définis) :**

Cette phase correspond à la lutter contre un feu des hydrocarbures, il existe un ensemble de tactiques à prendre en compte :

III.6.2.1. Pour un feu de réservoir

Feu à un évent :

- La flamme est rouge et fumeuse

Explication : L'atmosphère est trop riche, pas de risque d'explosion.

Tactique d'intervention :

- Il faut souffler la flamme par : extincteur, jet d'eau ou de mousse
- pas d'eau, pas de mousse sur la robe et le toit du bac

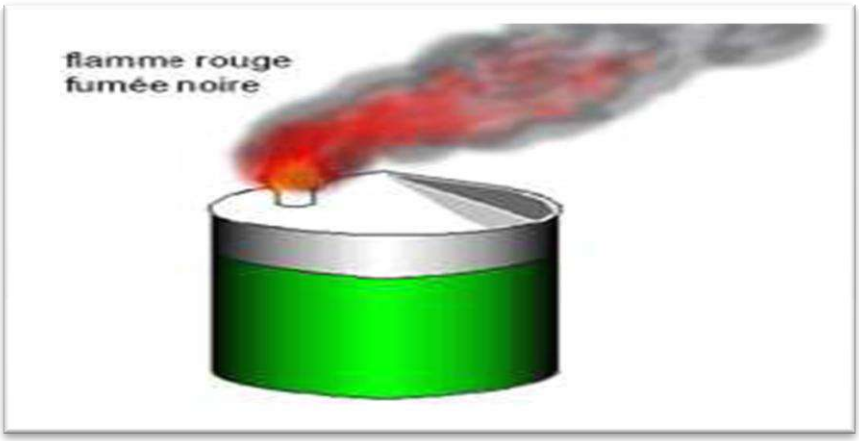


Figure III.9. Flamme rouge et fumeuse.

- **La flamme est claire sans fumée :**

Explication : L'atmosphère est proche de la zone d'explosivité : risque d'explosion.

Tactique d'intervention :

- Pas d'eau, pas de mousse sur la robe et le toit du bac.
- Si possible, envoyer du produit pour enrichir la phase gazeuse et diminuer son volume puis opérer comme précédemment

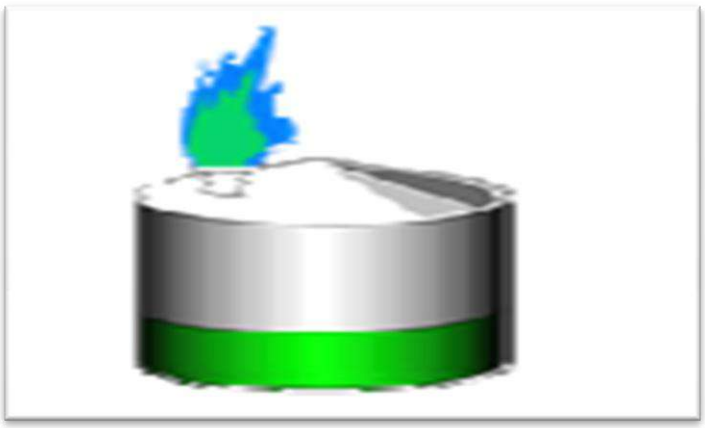


Figure III.10. Flamme claire sans fumée.

- **Sans flamme visible :**

Explication : Combustion interne : risque d'explosion.

Tactique d'intervention :

- Si le bac est équipé de boites à mousse, envoyer la mousse pour tenter d'éteindre. Ne jamais refroidir.

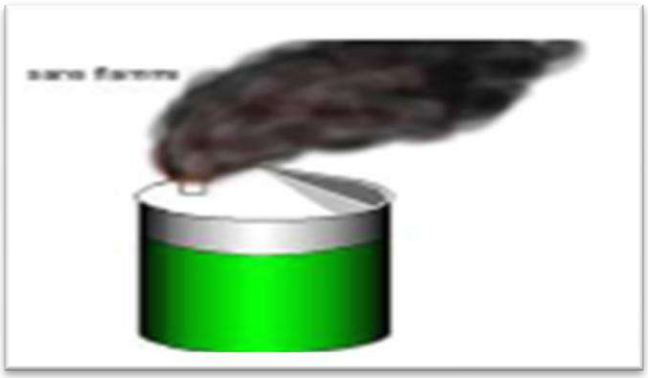


Figure III.11. Sans flamme visible.

- **Feux de surface obstruée par un toit coulé :**

Éviter l'injection de mousse par le bas :

- Envoyer la mousse par le haut
- Prévoir un supplément de mousse pour combler les zones obstruées.

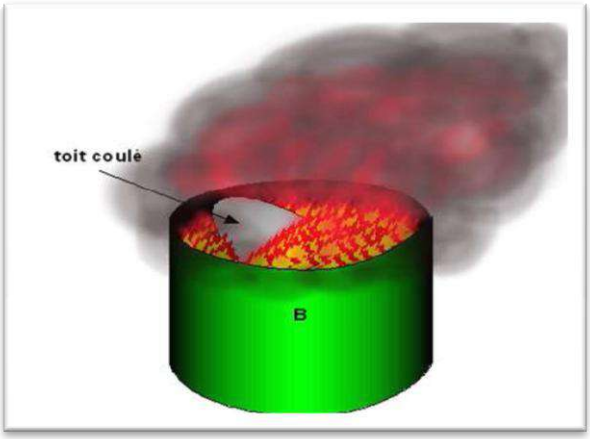


Figure III.12. Feux de surface obstruée par un toit coulé.

- **Feux de pleine surface**

Feux durs mais moins grave que les feux de bac avec un toit coulé.

- Par expérience, destruction des moyens fixes d'extinction.
- Moyens Mobiles par le haut avec débit haut.
- Injection de mousse par le bas.

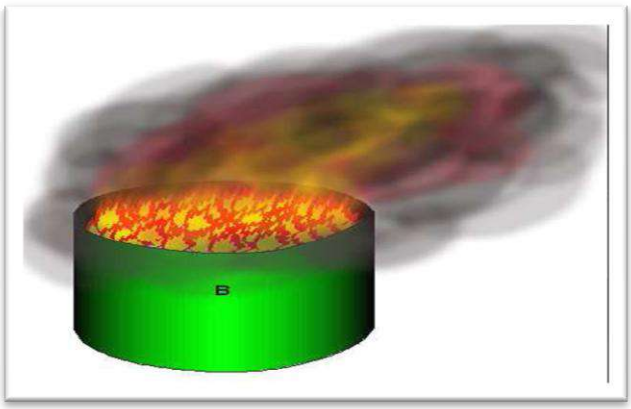


Figure III.13. Feux de pleine surface.

III.6.2.2 Pour un feu de cuvette de rétention

- Contenir les hydrocarbures
- Envoyer la mousse sur les parois des réservoirs au canon, Les déversoirs en appoint
- Protéger les réservoirs les plus menacés

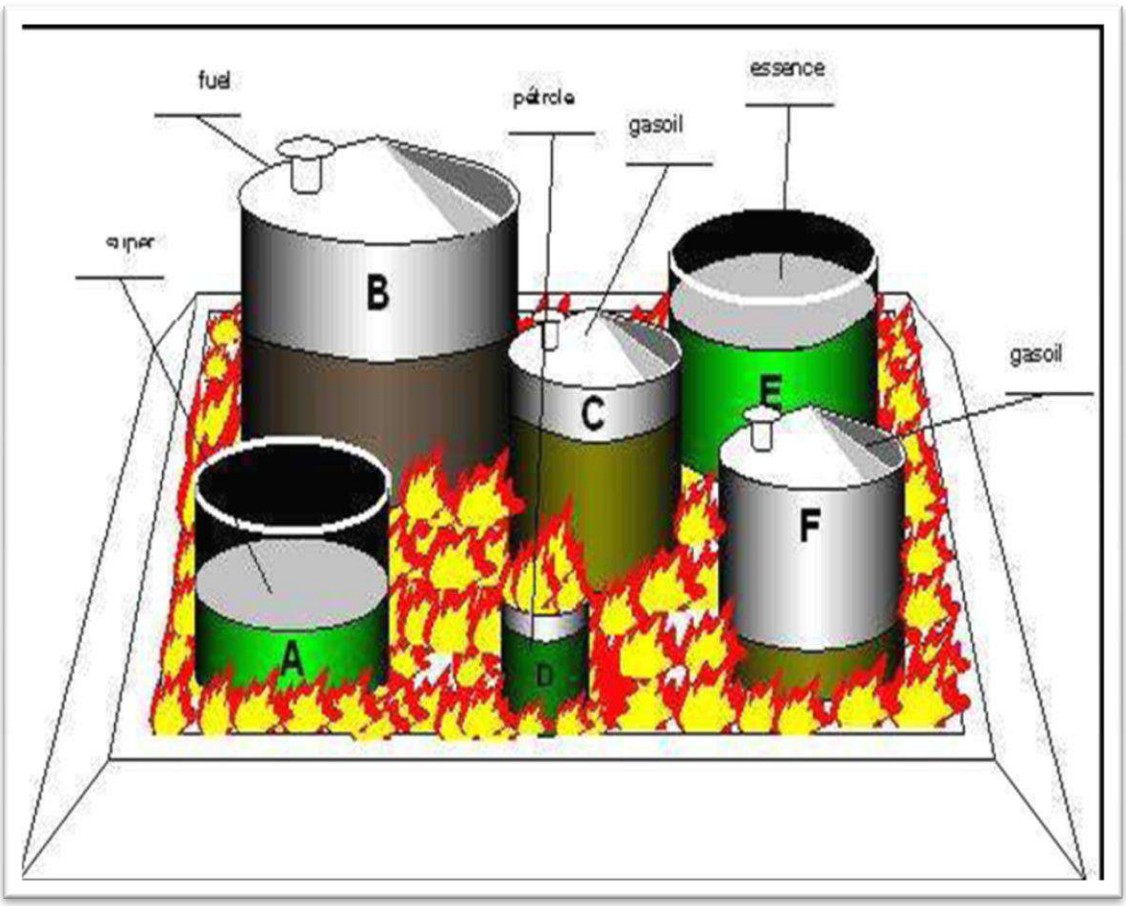


Figure III.14. Feu de cuvette de rétention.

Le réservoir le plus en danger et le plus dangereux est dans l'ordre :

- le bac le plus petit
- le bac qui a le niveau de liquide le plus bas
- le bac à toit fixe
- le bac à toit flottant **[28]**

Evaluation de l'intervention :

- Bilan de l'intervention **[28]**
  - avec
    - le Directeur des opérations internes
    - les secours extérieurs (aide mutuelle et secours publics)
    - l'exploitant
  - pour mettre en évidence
    - les aspects positifs

        - les aspects négatifs
    - et tirer les enseignements utiles et engager les actions correctives
- Réarmement dotation
    - matériel
    - équipements produits

III.7. Conclusion

Le model proposé représente un outil important pour maitriser le processus d'intervention sur les feux des hydrocarbures. Ce modèle va aider les manager pour une bonne préparation proactive et réactive au sein de l'entreprise.

IV.1 Introduction

L'analyse des risques liés aux stockages des hydrocarbures ne peut être bénéfique sans applications sur des cas réels, donc cette utilité est vitale pour des installations existante afin de :

-S'assurer si les études d'engineering ont été réalisée correctement.

-Préparer une planification de la gestion des urgences par l'implantation de la stratégie et des tactiques afin de contenir les effets désastreuses d'un éventuel événement des risques.

-Sensibiliser les travailleurs sur le comportement à adopter en cas de catastrophe. Pour cette raison nous allons appliquer les notions et principes étudiés dans les chapitres précédents sur une installation de traitement de pétrole brut appartenant au Groupement Sonagraphe –Agip.

Dans ce chapitre, nous allons modéliser les conséquences des événements indésirables liés au stockage des hydrocarbures et déterminer ainsi, les moyens nécessaires pour une éventuelle intervention incendient et en fin ressortir une fiche d'évaluation des risques demandée par l'arrêté interministériel pour le Plan d'intervention interne.

IV.2. Description de l'entreprise

I.2.1. Présentation du groupement SH-AGIP

Le GSA est un groupement pétrolier régi par le décret 93 08 du 25 avril 1993, il est Constitué de deux grandes compagnies :

♦ SONATRACH (51 %).

♦ Agip – EniAlgeria – (49 %)

Les activités de l'association remontent au 15/12/1987, date de signature du premier contrat d'association entre Sonatrach (Société nationale de transport et commercialisation d'hydrocarbures) et la société Italienne Eni (Ente Nazionaleidrocarburo) pour la recherche et l'exploitation d'hydrocarbures sur le bloc 403.En suite, un autre contrat est signé le 10/04/2002 entre GSA et BHP Billiton pour l'exploitation des gisements Blocs ROD et Gis Sat.

Depuis cette date à ce jour le GSA est arrivé à gérer cinq blocs (403,403a, 403d, ROD &Gis SAT) d'une moyenne de production de 117000 bbls/jour.

Le siège de GSA se trouve à Hassi Messaoud tandis que le champ opérationnel de production se trouve à BRN environ 315 Km à l'Est de Hassi Messaoud.

IV.2.2. Situation géographique du champ BRN

L'usine de BRN (BirRebaa Nord) se trouve dans la zone homonyme du Sahara à environ 315 Km de Hassi Messaoud, wilaya d'Ouargla. (Voir Figure IV.1)

L'usine est conçue pour traiter l'huile brute arrivant des puits du gisement de BRN et l'expédier par oléoduc 20"au terminal de MESDAR éloigne d'environ 230 Km.

Un centre huile satellite nommé ROM a été réalisé pour permettre l'exploitation du gisement et plus les autres petits gisements limitrophes ZEK et ZEA. La production de ROM est collectée sur les réseaux de collecte de BRN par un oléoduc de 8" de 32 Km.

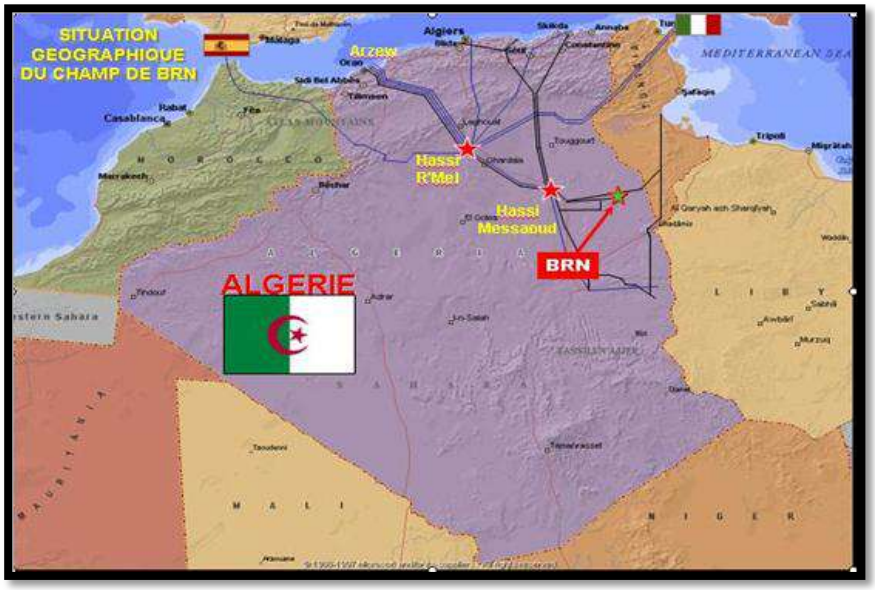


Figure IV.1. Situation géographique du champ BRN.

IV.2.3. Description générale de l'usine CTH à BRN [29]

Le but de l'usine BirRebaa Nord est l'extraction de l'huile brute, l'expédition de l'huile stabilisée et la réinjection du gaz non utilisé.

L'usine comprend les unités indiquées dans le **Tableau** suivant :

Tab IV.1. Unité de l'usine CTH à BRN.

UNITE DE PROCEDE
Unité 100 : Têtes des puits producteur et réseau de collecte
Unité 110 : Têtes des puits réinjecteur et réseau de réinjection
Unité 130 : Manifold d'entrée
Unité 200 : séparation de l'huile
Unité 210 : Traitement de l'huile
Unité 250 : huile off-spec
Unité 310 : déshydratation du gaz
Unité 670 : système d'injection inhibiteur de corrosion
Unité 680 : système d'injection méthanol
Unité 690 : système d'injection désemulsionant
UNITES AUXILIAIRES
Unité 220 : stockage de l'huile et l'expédition
Unité 230 : système torches
Unité 420 : système de gaz combustible
Unité 130 : système huile combustible
Unité 450 : centrale électrique partie commune
Unité 480 : groupe électrogène de secours
Unité 920 : centrale électrique-distribution
Unité 490 : système d'air comprimé
Unité 530 : système eau de service et procédé
Unité 540 : système des drainages et bourbier
Unité 550 : purification et stockage de l'huile de lubrification
Unité 560 : traitement des eaux huileuse
Unité 730 : système d'eau anti-incendie

L'ensemble des unités forme le procédé d'extraction, de traitement, d'expédition de brut et de réinjection du gaz, cet enchainement est expliqué d'une façon succincte dans ce qui suit. Têtes

IV.2.4. Description du procédé de CTH

Le pétrole brut arrivant des puits producteurs à différentes pressions passe par le manifold d'entrée, les arrivées qui ont une haute pression sont envoyées vers le séparateur HP et celles à moyenne et basse pression sont envoyées respectivement vers les séparateur MP et le séparateur BP où on sépare par gravité les trois produits principaux (huile, gaz, eau).

L'huile qui sortit est envoyée vers le dessaleur électrostatique et en injectant un produit dés émulsifiant pour déshydrater et dessaler.

L'huile dessalée est envoyée vers la colonne de stabilisation après le passage par l'échangeur de chaleur pour préchauffage et chauffer dans le four de remouillage. Pour être prêt à stocker, l'huile passe par les aérons pour refroidissement. Le stockage est la dernière phase de procédé, l'huile stabilisée avec une TVR entre 8 et 10 est stockée dans les bacs de stockage.

Le gaz est envoyé vers l'unité de déshydratation à l'aide des compresseurs.

Le gaz déshydraté est divisé en deux parties : fuel gaz et gaz de réinjection. Le fuel gaz est utilisé comme combustible pour les fours et les turbines, le gaz de réinjection est envoyé vers les unités de réinjection de gaz pour maintenir le gisement en pression.

L'eau est envoyée vers l'unité de traitement des eaux huileuses qui a pour objet d'enlever les traces d'huile entraînées avec l'eau de purge des séparateurs. L'eau purifiée est envoyée vers le bassin évaporateur**.** Voir **Figure IV.2.**

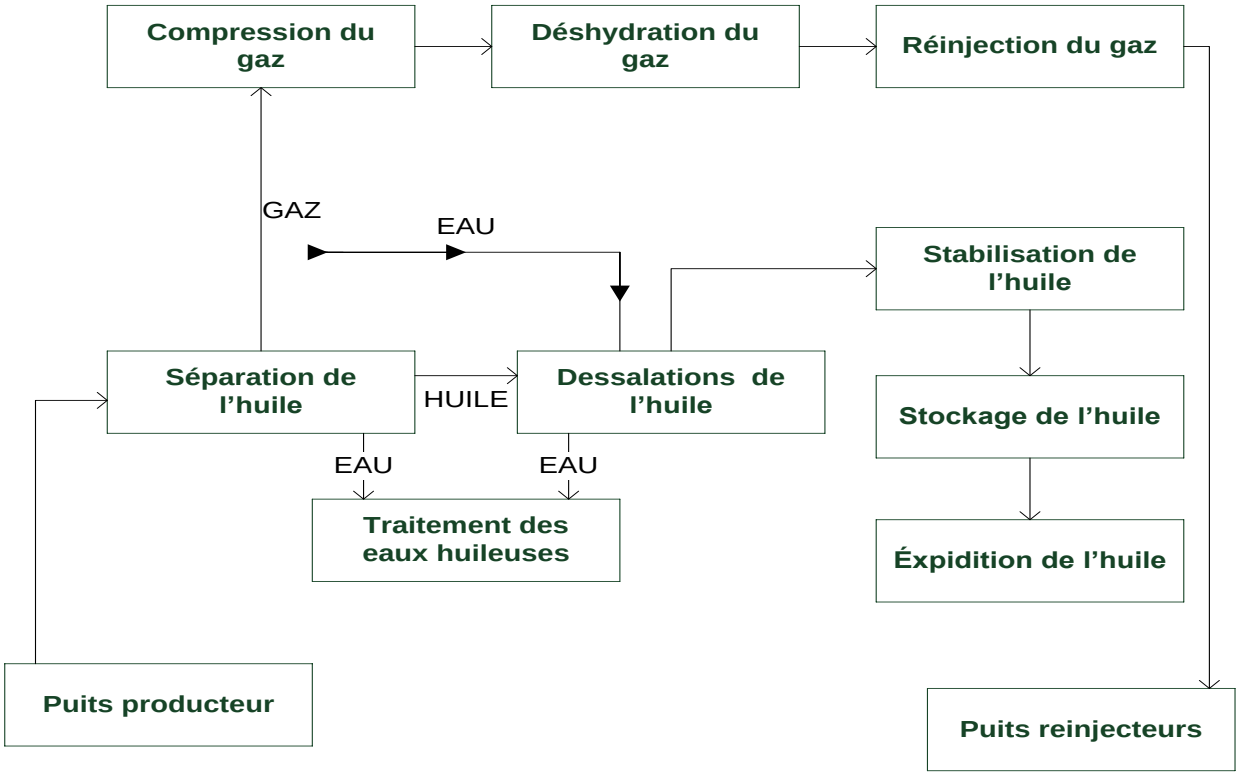


Figure IV.2. Description du procédé de l'Usine CTH.

IV.2.5. Délimitation du champ d'étude (l'unité de Stockage 220)

Nous avons choisi l'unité de Stockage 220 comme champ de notre étude et ce pour les raisons suivantes :

-Le risque majeur encouru par cette unité qui stocke une quantité importante de brut et qui risque d'avoir un effet dominos sur les installations adjacentes.

- La disponibilité des données pour la réalisation de cette étude.

L'unité de stockage 220 a été conçue pour recevoir l'huile stabilisée produite par l'unité de procédé, la stocker dans les réservoirs et l'expédier par pipeline ; En outre est prévue l'expédition par pipeline de l'huile hors spécification venant du réservoir 250-T-01.

Il est prévu aussi le retour de l'huile hors spec vers l'unité de séparation de l'huile (unité200).

IV.2.5.1. Caractéristique des bacs du stockage

Les bacs de stockage de l'unité 220 présente les caractéristiques décrites dans le **Tableau IV.2.**

Tableau IV.2. Caractéristique des bacs du stockage.

Repère	220-T-01 A	
Service	Stockage de l'huile stabilisée	
Fluide	Hydrocarbures	
Type	Toit flottant à double ponton	
diamètre interne	Mm	35200
Hauteur	Mm	17080
Pression d'étude	bar	Hydraulique
Pression de service	bar	ATM
Température d'étude	°C	85
Température de service	°C	20/58

IV.2.5.2. Composition et fonctionnement du système de bacs de stockage

Le système de stockage et d'expédition de l'huile stabilisée voir Figure IV.3. comprend

- Trois réservoirs (220-T-01 A/B/C) pour le stockage de l'huile stabilisée ;
- Deux pompes de reprise (220-P-01 A/B) pour l'envoi de l'huile vers les pompes d'expédition ;
- Trois pompes d'expédition de l'huile (220-P-02A/B/C) ; pour l'envoi de l'huile vers pipeline ;
- Une gare de lancement (220-X-01).

Les réservoirs 220-T-01 A/B/C reçoivent l'huile stabilisée de l'unité 210 (traitement d'huile) sous contrôle de niveau du stripper (210-C-01).

Dans le cas où le niveau du réservoir en phase de réception devient très haut, intervient l'interrupteur de haut niveau qui ferme la vanne à l'entrée du réservoir et la vanne à la sortie de l'unité 220.

Dans le cas où le niveau du réservoir en phase de pompage vers pipeline devient très bas, intervient l'interrupteur de bas niveau qui arrête la pompe 220-P-01A/B et ferme la vanne de l'huile de réservoir vers les pompes et la vanne de recyclage des pompes.

L'huile venant des réservoirs hors spécification (250-T-01) et pompée par les pompes de reprise (220-P-01 A/B). Si, durant le pompage le niveau du réservoir hors spec devient très bas, l'interrupteur 250-LAXL-8 arrêts les pompes.

L'huile pompée par les pompes 220-P-01 peut être envoyé :

- Vers les pompes d'expédition ;

- Vers le réservoir de l'huile combustible ;
- Vers la séparatrice basse pression (200-V-03) pour le retraitement.

Pour le réservoir 220-T-01A il est prévu :

- Un indicateur de niveau (LI-1) ;
- Un indicateur de niveau à DCS (LI-1) et alarmes (LAL/LAH-1) ;
- Un indicateur de température local (TI-101) ;
- Un interrupteur de haut niveau (LSXH-2) et alarme (LAXL-2) ;
- Un interrupteur de bas niveau (LSXH-3) et alarme (LAXL-3) ;
- Une vanne motorisée (MOV-151) sur la ligne de l'huile depuis unité 210 ;
- Une vanne motorisée (MOV-152 B) sur la ligne de retour (protection des pompes)
- Une vanne motorisée (MOV-152 A) sur la ligne de l'huile vers les pompes.

L'unité 220 nécessite des utilités suivantes :

- Air pour instrument ;
- Air pour les services ;
- Energie électrique ;
- Azote ;
- Eau potable ;
- Eau service.

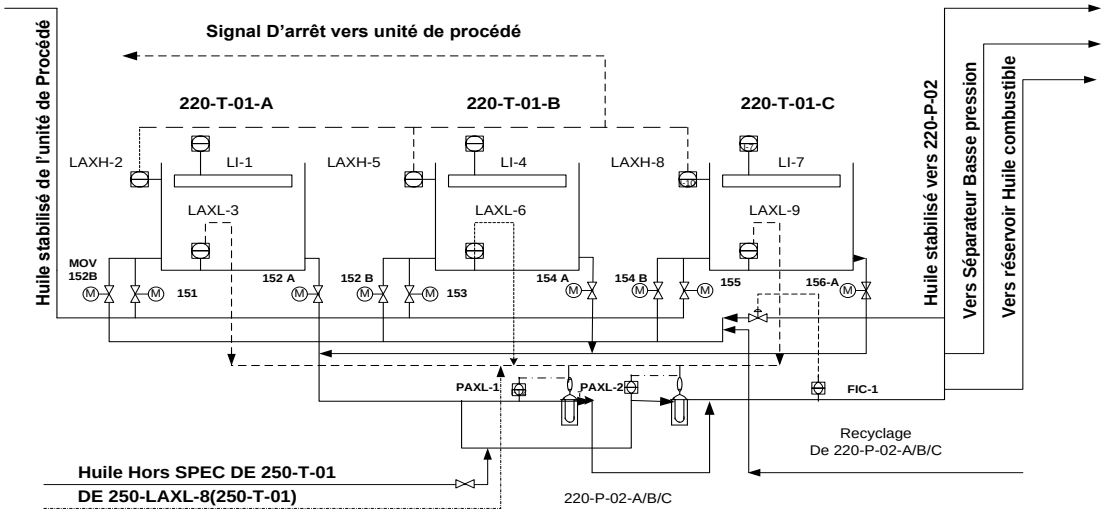


Figure IV.3. Système de stockage /unité 220.

La description du fonctionnement du système facilite l'analyse des risques liée au stockage des hydrocarbures laquelle nous allons traiter dans ce qui suit.

IV.3. Analyse des risques de la Zone de stockage

IV.3.1. Identification des risques

Cette phase de l'analyse des risques vise à identifier les sources de dangers reliées au système de stockage de l'unité 220, dans ce cas et comme défini ci- ,avant , la méthode la plus appropriée pour les systèmes techniques thermo hydrauliques **[30]**est la méthode Hazop , dont les résultats issus de l'application de cette méthode sont présentées dans l'annexe N°03.

IV.3.2. Scénario de référence

IV.3.2.1. Equipement étudié dans le scénario

Plusieurs bacs de stockage et de décantation d'huile brute sont présents au sein de l'unité 220 du CTH. Les bacs concernés sont listés dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV.3. Equipement étudié dans le scénario.

Bacs	Type	Equipements
6 bacs de stockage	Bacs à toit flottant	220T01A/B/C 220TB02A/B/C
2 bacs de stockage off-spec	Bacs à toit fix	250T01 250T03

Le bac 220T01A a été sélectionné, sur base des volumes de substance impliqués, pour représenter l'ensemble de ces stockages. Les bacs sont associés à une série de pompes de

Transfert liquide.

IV.3.2.2. Description de l'équipement étudié

Les caractéristiques principales du bac 220-T-01 sont reprises dans le tableau suivant.

Tableau IV.4. Description de l'équipement étudié.

Type de bac	Valeurs
Substance	Bac de stockage à toit flottant
T (°C)	Brut stabilize
P (bara)	T° ambiante
Volume (m^3)	Atmosphérique
Densité (kg/m^3)	
Diamètre (m)	35.2
Hauteur (m)	17.08

Les bacs de stockage sont situés dans un bassin de rétention en béton d'une hauteur minimale de 2.6 m et d'une surface de 6400 m^2 (80 X 80 m).

IV.3.2.3. Scénario

L'événement redouté dans ce scénario est une défaillance du bac à pression atmosphérique. Les différentes fuites pouvant survenir sur ce type d'équipement sont nombreuses. Les défaillances les plus graves vont être étudiées en détails.

IV.3.2.3.1. Rupture complète et instantanée

D'un bac de stockage de brut complètement rempli. L'entièreté du brut déversé serait maintenue dans la zone de rétention. Au vu des surfaces concernées, le feu de bac est considéré comme minorant du feu de cuvette étudié lors de la rupture catastrophique du bac.

IV.3.2.3.2. La rupture de la plus grande bride de connexion

Est également envisagée. Pour la représenter, l'étude de la rupture de la plus grande bride (24'') a été réalisée. Au vu de la similitude du phénomène physique, les ruptures au niveau des pompes sont assimilées à des fuites de lignes.

IV.4. Stratégie d'intervention de la Zone de stockage

IV.4.1. Moyens d'intervention

Les moyens que dispose l'usine CTH de GSA pour la zone de stockage sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau IV.5. Moyen disponible pour la génération de la mousse pour le scénario étudié.

Types de moyen	Débit (L/Min)	Pression (bar)	Portée (m)
CANONS CUVETTE	2000	8	60
SILVANI Trivalent	7500	10	105
SILVANI Mixte	2000	8	45-50
VMR-SIDES	4500	10-11	60-70

IV.4.2. Demande en Emulseur /eau

Pour éteindre l'incendie de la cuvette de rétention du Bac 220-T-01-A/B, il ya lieu de calculer :

IV.4.2.1. Calcul du débit de solution moussante par minute :

Volume de solution moussante = surface x taux d'application

= (80x80) m2 x 8l/min/m2.

= 51 200 l/min.

Prenant en compte la durée d'extinction estimée à 20 min, alors le volume de la solution moussante est :

Volume de la Solution moussante = débit de la solution moussante x temps d'extinction

= 51200 x 20

= 1024000 l.

IV.4.2.2. Calcul du volume de l'émulseur

Prenant en compte le taux de la concentration qui est 6% alors le volume de l'émulseur est :

Volume d'émulseur = volume de solution moussante x taux de concentration

=1024000x6/100

= 61440l soit 61,44 m^3.

IV.4.2.3. Calcul du volume de l'eau.

Volume d'eau = volume de solution moussante – volume d'émulseur

= 1024000- 61440

= 962560 l soit 962,56m^3

Les résultats obtenu suite à l'étude de la modélisation des conséquences et celle des moyens d'intervention sur le feu d'hydrocarbure déclaré dans la cuvette de rétention ,ont permis de renseigner une fiche analyse de risque exigé par Arrêté interministériel du 25 octobre 2010 fixant le canevas relatif à l'élaboration du plan interne d'intervention est établie.

IV.5. Fiche d'évaluation des risques :

Tableau IV.6. Fiche d'évaluation des risques.

Fiche analyse de risques						
Incendie dans la uvette de rétention d'unréservoire de stockage d'huile stabilisée						**Fiche**
Evaluation des risques /zones d'effets						
		Distance d'effet de radiation (m)				
	Phénoméne dangereux	3kw/m^2 SEI	5 kw/m^2 SEL	8 kw/m^2 SELS	16 kw/m^2 effets dominos	
Scénario :zone de stockege de brut stabilsé	**Feu de cuvette**	149	116	87	72	
		Distance d'effet de surpression (m)				
	Phénoméne dangereux	50mbr SEI	140mbr SEL	200mbr SELS	200mbr effet dominos	
Scénario :zone de stockege de brut stabilsé	**Feu de cuvette**	813	465	395	395	
Moyen de détection /Alerte						
Moyen de détection				**Moyens d'Alerte**		
Detection Feu	pas de detecteur sur site			Manual alarme cazll point (MAC)	x	
Detection Gaz	pas de detecteur sur site			Interphone de sécurité	x	
Consigne et mesure desécurité						
Consigne de sécurité génerale				consignes particuliéres		
1- Contenir le produit						
2-Donner l'alerte						
3-Apprecier l'ampleur de l'accident						
4-Couper l'alimentation electrique de la zone						
5-Sécurisation de la zone : deviatuion de la circulation des peronnne et vehicules						
6-Evacuer les blessés						
7-Mettre en oevre les moyens fixes et mobiles de lutte contre l'incendie pour maitriser l'incendie						
8-Alerte les autorités selon shéma d'alerte						
Moyens de lutte contre l'incendie implanté dans la zone concernée et Materiel Divers						
Moyen fixes	**Caratecristique**			Moyens mobiles		
	Debit (L/Min)	**Pression (Br)**	**Portée (m)**	Extincteur Mobile poudre A/B/C (9Kg)	X	
4x Canons de cuvette (mousse),	2000	8	60	Extincteur Mobile poudre A/B/C (25Kg)	X	
				Extincteur Mobile CO2 (5Kg)	X	
Moyens de lutte contre l'incendie Complementaire						
Vehicules d'Intervetion	**Caratecristique**			**Materiels d'intervention Divers**		
	Debit (L/Min)	**Pression (Br)**	**Portée (m)**	Apreil respiratoire Isolant	X	
Silvani trivalent	7500	10	105			
Silvani Mixte	2000	8	45 à 50			
VMR -Sides	4500	10 à 11	60 à 70			
Demande en Eau et en Emulseur						
Eau Incendie				**Emulseur**		
Demande en Eau	962,56 m3			Demande en emulseur	61,44 m3	
Moyens disponible sur site				Moyens disponible sur site		
Reserve d'eau incendie				Réserve en emulseur		
Mouyens humains						
Equipe d'intervention						

IV.6. Conclusion

Les résultats obtenus, dans cette étude, montre l'importance de l'utilisation de la méthode HAZOP dans l'identification des scénarios notamment le scénario catastrophique relatif à la perte de confinement totale du produit contenu et ainsi son allumage qui donne un feu de nappe. Ensuite, le calcul des moyens d'émulseur d'eau nécessaire pour l'extinction des feux de nappes pour une bonne opération d'extinction a été réalisé.

En fin, La fiche d'évaluation de risque représente un mémorandum pour les managers au moment de la gestion de crise.

Conclusion générale

Les feux des hydrocarbures qui apparaissent sur les réservoirs de stockages 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.

En effet, un accident doit être restitué dans son contexte et en particulier son contexte technologique. La plupart de ces accidents de réservoir aurait pu être évitée si l'art dans la conception, la construction, l'entretien et l'exploitation a été pratiquées et les exigences de système de la sécurité a été mis en œuvre et exécuté. Donc, la maitrise des accidents qui apparaissent sur les réservoirs de stockages rentre dans une approche générale de la gestion de risque qu'est une fonction fondamentale dans la gestion dans l'industrie. 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 son image de qualité. 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.

Les résultats obtenus, dans cette étude, montre l'importance de l'utilisation de la méthode HAZOP dans l'identification des scénarios notamment le scénario catastrophique relatif à la perte de confinement totale du produit contenu et ainsi son allumage qui donne un feu de nappe. Ensuite, le calcul des moyens d'émulseur d'eau nécessaire pour l'extinction des feux de nappes pour une bonne opération d'extinction a été réalisé.
En fin, La fiche d'évaluation de risque représente un mémorandum pour les managers au moment de la gestion de crise.

Annexe

-UNITE/ OPERATION : usine de CTH BRN (unité 220)
-LIGNE/ EQUIPEMENT : Bac de stockage (220-t-01)
-PARAMETRE : La température / La pression

Mot clé	Paramètre	cause	Conséquence	Détection	Sécurité existant	Proposition d'amélioration	Observation
Plus de	Température (haute)	-Feu à l'extérieur de bac (à proximité) - Augmentation de la température ambiante (été).	-Risque d'incendie et l'explosion de bac. -Evaporation de brut. - Elévation de pression. -Endommagement du bac.	- Câbles thermo sensibles installé au niveau de bac. -Détection visuelle.	-Système d'extinction Par l'eau et refroidissement. - Système d'extinction par la mousse. -Le bac protégé par un isolant thermique (revêtement)	- Contrôle et vérification des systèmes d'extinction. -Localiser et éliminer les sources d'ignition ou d'étincelle.	- Préparer les moyens d'intervention
Moins de	Température (basse)	-Conditions climatiques température de l'air ambiant basse (hiver).	- Changement l'état de brut vers le gel (graisse). -Risque de bouchage des canalisations. - Mauvaise pompage (endommagement la pompe de vidange).	- Détection visuelle (vérifier l'état de brut stocké).	- Inspection périodique de la Propriétés physicochimiques de brut.	-Ajouter des capteurs de température au niveau de bac.	- Cas très rare, la région de Hassi Messaoud est une région chaude.

Mot clé	Paramètre	cause	Conséquence	Détection	Sécurité existant	Proposition d'amélioration	Observation
Plus de	Pression (très haute)	- Augmentation excessive de la température (incendie à proximité du bac). -Le bac est en sur remplissage. -Conditions climatique (été)	* Risque d'explosion et d'incendie. - L'apparition de fissures au niveau de la robe du bac. -Endommagement du bac	- Détection visuelle (déformation du bac) -Emission du gaz (grand quantité)	-Ouverture des évents de bac. - Système d'extinction à l'eau et refroidissement.	-Contrôle et vérification l'état de bac	- Préparer les moyens d'intervention
Moins de	Pression (basse)	--Basse température ambiant (hiver) - Fissures au niveau de la robe de bac	Modification les propriétés physico -chimiques de brut. - Pas de pression en sortie	- Détection visuelle. - Vérification de l'état de brut stocké	-Inspection périodique de la situation de bac et les Caractéristiques physico-chimiques de brut.	-Ajouter un manomètre au niveau de bac	Intervention et maintenance

Références bibliographiques

[1] Santé Canada, « Cadre décisionnel du Santé Canada pour la détermination, l'évaluation et la gestion des risques pour la santé », Ottawa, 2000.

[2] Perilhon P., Méthode organisée systématique d'analyse des risques, Document CEA-ISTN, 1992.

[3] ISO, « Aspects liés à la sécurité : Principes directeurs pour les inclure dans les normes », Organisation internationale de normalisation, 1999

[4] SAVAGE.L, 1995, « The Foundations of Statistics », Numéro d'édition non précisé. Dover : Dover Publications Inc, 310p. Collection, « Dover Books on Mathematics »

[5] PERETTI-WATEL P, 2001, « La société du risque », Numéro d'édition non précisé. Paris : La découverte. Collection « Repères »

[6] ISO, ITC et ONUDI, 2015, « Guide pratique pour les PME, ISO 31 000, Management du risque ». Disponible sur le lien suivant : <https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/fr/iso_31000_for_smes.pd>

[7] ISO, 2015, « Système de management de la qualité ». ISO 9000, 60p

[8] LAROUSSE, (). « Précaution » [en ligne]. Disponible sur internet :

< http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/pr%C3%A9caution/63304 > [consulté le 23/06/17]

[9] [TAN 03] T. Tanzi and F. Delmer, « Ingénierie du risque', Lavoisier, France, 2003.

[10] apport de la logique floue à l'analyse de criticité des risques industriels, NOUHED ACHOURI, octobre 2009.

[11] LAROUSSE, (). « Risque » [en ligne]. Disponible sur internet :

< http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/risque/69557 > [consulté le 25/05/2017]

[12] Management des risques, BENNOUR ALAA EDDINE ,2017

[13] B.DEBRAY. Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle, INERIS-DRA 2006.

Références bibliographiques

[14] thèse : pour une meilleure approche de management des risques, MOHAMED HABIB MAZOUNI, 2008

[15] Monteau, M., & Favaro, M. (1990). Bilan des méthodes d'analyse à priori des risques. INRS.

[16] CEI 300-3-9. (1995). Gestion de la sûreté de fonctionnement. CEI.

[17] INERIS-DRA. (2003). Outils d'analyse des risques générés par une installation industrielle. INERIS, Direction des Risques Accidentels.

[18] Joly, C., & Vallee, A. (2004). Analyse des risques et prévention des accidents majeurs : Synthèse vis-à-vis de l'étude de danger. INERIS-Direction des Risques Accidentels.

[19] CEI 50(191). (1990). International Electro-technical Vocabulary, Chapter 191: Dependability and quality of service. CEI.

[20] Saoulé, B. (2002). Les risques en station de ski alpin : d'une explication mono causale à une perspective d'analyse systémique.

[21] Périlhon, P. (1999). Du risque à l'analyse des risques, développement d'une méthode MOSAR.

[22] la contribution à l'évaluation des risques chimiques par la méthode HAZOP, Bennour Alaa Eddine ,2017

[23] l'arrêté du 3 octobre 2010 relatif au stockage en réservoirs aériens manufacturés de liquides inflammables).

[24] Les feux d'hydrocarbures Sergent-chef LESCOLE C. Centre de Secours de Divonne-les-Bains

[25] Décret exécutif n° 2009-335 du 20 octobre 2009 fixant les modalités d'élaboration et de mise en oeuvre des plans internes d'intervention par les exploitants des installations industrielles.

[26] Rapport technique projet Rabaska, analyse des risques technologiques

[27] Guide technique relatif aux valeurs de référence de seuils d'effet des phénomènes accidentels des installations classées, ministère de l'écologie et du développement durable.

Références bibliographiques

Guide technique relatif aux valeurs de référence de seuils d'effet des phénomènes accidentels des installations classées, ministère de l'écologie et du développement durable.

[28] l'étude de l'optimisation de la gestion des ressources liées à la gestion des interventions sur les feux des hydrocarbures. Cas de GTFT, Réalisée par : - BOUNAB Med Amin ZKRAOUI Sabi, 2017

[29] l'article 7 du décret exécutif n°09-335 du 20 octobre 2009

[30] http://petrofreelance.voila.net/emulseurs.htm

[31] la mousse, école départementale des sapeurs-pompiers de la haute Garonne

[32] Guide de lecture de la règlementation sur le stockage et le chargement/ déchargement de liquides inflammables, partie stockage (1432 a), titre vi – défense incendie ; arrête 1432 a du 3 octobre 2010 ; modifie par l'arrête du 10 février 2011 ; rapport 2011/02, GESIP 2011.*

[33] les feux de bac risques et stratégies de lutte contre l'incendie ; Amrioruche REMINI 1ères journées nationales sur la sécurité industrielle et la gestion des risques majeurs sigrm'07 ,26 & 27 mars 2007 à hassi Messaoud.

[34] INERIS DRA- PREV - Juillet 2005 - 46059/Liq.infl_arrosage à la mousse_V2.doc ; www.ineris.fr/badoris/Pdf/liquides.../Liq_infl_arrosage_mousse_V2.pd

[35] Dossier Technique, Les Mousses Extinctrices, ISI - Industrie Services International 3bis rue Préaux, Villers Sur Fère, Franc

[36] DCDEP (Directorate for Civil Defence and Emergency Planning, Norway) (2000), Risk Assessment in Europe. A summary report from the EU Workshop on Risk Assessment, Part 2, Oslo 25-26 November 1999, ISBN: 82-993462-8-2

[37] USEPA (U.S. Environment Protection Agency) (2000) Water Quality Standards Handbook. EPA 823–B94–005a, Section 304(a) of the Clean Water Act (CWA)

[38] EC (European Commission) (1997) Summary of Member Submissions from Work Package 2.1 of "State of the Art Papers". The BERTRANC Project, European Commission, D.G. VII, Transport

[39] EC (European Commission) (1999) The Concerted Action on Formal Safety and Environmental Assessment of Ship Operations. Report by Germanischer Lloyd and Det Norske Veritas, project funded by the European Commission under the Transport RTD Programme of the 4th Framework Programme, 1999

[40] ACS (American Chemical Society) (1998) Understanding Risk Analysis, Guide for Health, Safety and Environmental Policy Making. American Chemical Society

[41] DNV (Det Norske Veritas) (1996) Safety Assessment of Passenger/RoRo Vessels. Summary report for the North West European Project on Safety of Passenger/Ro-ro Vessels, Det Norske Veritas Ltd., Technical Consultancy, London

[42] CCPS (Center for Chemical Process Safety) (1989) Chemical Process Quantitative Risk Analysis. Report of the Centre for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York.