



# Université du 20 Août 1955 SKIKDA



## Institut des sciences et techniques Appliquées (ISTA)

Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme de master en  
Sécurité des procédés pétroliers et gazières

**Etude et Analyse des risques d'un système industriel**

**ETUDE DE CAS : Centre portuaire de bitume  
- Skikda -**

Présenté et soutenu publiquement le : 04/07/2024

Par:

Djabali Mohamed Amine  
Benabbes Abdrrahim Iskandar

Devant le jury :

<b>Président :</b>	Dr. Mechhoud Elarkam	U- 20 Août 1955. Skikda
<b>Rapporteur :</b>	Dr. Hichem Bounezour	U- 20 Août 1955. Skikda
<b>Examineur :</b>	Pr. Youcef Zennir	U- 20 Août 1955. Skikda
<b>Examineur :</b>	Ing Ahmed Khazouz	U- 20 Août 1955. Skikda

2023 - 2024

## **Remerciements**

Nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la force, la patience et la volonté pour réaliser ce mémoire

« El hamdo li Allah »

Également nos remerciements du fond du cœur, à tous ceux et toutes celles qui, pendant cette période de mémoire nous ont dirigé, soutenu, aidé et encouragé.

Nous tenons à remercier « Dr. Hicham Bounezour » pour avoir supervisé ce travail, et les excellents conseils et la patience qu'il n'a cessé de prodiguer toute la période de notre travail, nous le remercions pour sa disponibilité et sa rigueur. Nous n'oublions pas remercier l'équipe pédagogique de l'institut des sciences et techniques appliquées de Skikda.

En fin, nous tenons à exprime nos remerciements à tous ceux qui ont contribué de pré ou loin à la réalisation de ce modeste travail.

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Ma mère, qui m'a entouré d'amour et d'affection et qui fait tout pour ma réussite, et à mon père, qui m'a aidé à devenir ce que je suis aujourd'hui et pour tous ses sacrifices et son soutien.*

*Je tiens également à remercier mes sœurs, toute ma famille et tous mes amis pour leurs encouragements et leur soutien constants tout au long de mon parcours universitaire.*

*Djabali Mohamed Amine*

*À mes chers parents,*

*Je vous dédie ce travail en reconnaissance de votre amour inconditionnel, de votre soutien indéfectible et de vos encouragements constants tout au long de ma vie. Vous avez été mes piliers de force et mes sources d'inspiration, et je ne pourrais jamais être la personne que je suis aujourd'hui sans vous. Votre foi en moi m'a donné la confiance nécessaire pour poursuivre mes rêves et relever les défis qui se sont présentés sur mon chemin. Je vous remercie du fond du cœur pour tout ce que vous avez fait pour moi.*

*Je vous dédie également ce travail à ma sœur qui m'a choisi cette filière et à ma famille en signe de gratitude pour votre présence chaleureuse et votre soutien indéfectible. Vous avez toujours fait partie de ma vie et vous m'avez accueilli comme l'un des vôtres. Vos encouragements et vos conseils m'ont été précieux, et je suis reconnaissant pour les liens forts que nous partageons. Je vous remercie de faire partie de ma famille.*

*Benabbes Abdrrahim Iskandar*

## ملخص :

تتنوع المخاطر في النظام الصناعي ويمكن أن يكون لها عواقب وخيمة على صحة وسلامة العمال، وعلى معدات العمل، وكذلك على البيئة. تستكشف هذه الأطروحة تحليل المخاطر في النظام الصناعي لمركز الزفت في سكيكدة. ويهدف إلى تحديد وتقييم المخاطر المحتملة المرتبطة بعمليات معالجة الزفت، بما في ذلك المخاطر الكيميائية والفيزيائية والتشغيلية. في هذه الدراسة، اخترنا الطريقتان ( HAZOP ) و ( AMDEC ) . تعرض هذان الطريقتان أسباب المخاطر وعواقبها بالإضافة إلى التدابير اللازمة للوقاية وتحسين سلامة العمال وحماية البيئة. ويسلط التحليل الضوء على أهمية تدابير الوقاية والوقاية من الحوادث والاستعداد للحد من الآثار السلبية المحتملة في هذا التركيب الاستراتيجي للصناعة الجزائرية

**الكلمات المفتاحية : تحليل المخاطر، النظام الصناعي ، تدابير الوقاية ، HAZOP ، AMDEC**

## Résumé :

Les risques dans un système industriel sont variés et peuvent avoir des conséquences graves sur la santé et la sécurité des travailleurs, et sur les équipements de travail, ainsi que sur l'environnement, Ce mémoire explore l'analyse des risques dans le système industriel du Centre bitume de Skikda. Il vise à identifier et évaluer les dangers potentiels liés aux opérations de traitement du bitume, incluant les risques chimiques, physiques et opérationnels. Dans cette étude, nous avons choisi les deux méthodes HAZOP et AMDEC. Ces deux méthodes présentent les causes et les conséquences des dangers ainsi que les mesures nécessaires à la prévention et à l'amélioration de la sécurité des travailleurs et de la protection de l'environnement. L'analyse met en évidence l'importance de la prévention, des mesures de prévention et de préparation aux accidents pour réduire les impacts négatifs potentiels dans cette installation stratégique de l'industrie algérienne.

**Mots clés :** l'analyse des risques, le système industriel, HAZOP, AMDEC, mesures de prévention

## Abstract :

The risks in an industrial system are varied and can have serious consequences on the health and safety of workers, and on work equipment, as well as on the environment. This dissertation explores the analysis of risks in the industrial system of Centre Bitumen of Skikda. It aims to identify and evaluate the potential dangers linked to bitumen processing operations, including chemical, physical and operational risks. In this study, we have chosen the two methods HAZOP and AMDEC. These two methods present the causes and consequences of hazards as well as the measures necessary for prevention and improvement of worker safety and environmental protection. The analysis highlights the importance of prevention, accident prevention and preparedness measures to reduce potential negative impacts in this strategic installation of Algerian industry.

**Keywords:** risk analysis, industrial system, HAZOP, AMDEC, prevention measures

## Liste des tableaux

<b>Tableau.I.1.</b> Exemples de dangers et de leurs effets	<b>04</b>
<b>Tableau.I.2.</b> Niveau de criticité : graduée de P1 à P5 (la matrice de centre bitume de Skikda)	<b>10</b>
<b>Tableau.II.1.</b> Classification de quelques méthodes d'analyses des risques	<b>29</b>
<b>Tableau.II.2.</b> Exemple de tableau de type « APR »	<b>33</b>
<b>Tableau.II.3.</b> Exemple de tableau de type « HAZOP »	<b>41</b>
<b>Tableau.II.4.</b> Exemples de mots-clés pour l'HAZOP	<b>41</b>
<b>Tableau.II.5.</b> Exemple de tableau de type « AMDEC »	<b>44</b>
<b>Tableau III.1.</b> Résultats de l'application de la méthode HAZOP sur le bac de stockage	<b>49</b>
<b>Tableau III.2.</b> Application la méthode AMDEC sur les deux principaux modes de défaillances la surchauffe et la suppression de la chaudière.	<b>54</b>
<b>Tableau III.3.</b> Application de la méthode HAZOP sur les risques liés aux opérations de réception et de stockage du bitume.	<b>56</b>
<b>Tableau III.4.</b> Application de la méthode HAZOP sur Les risques liées à la fabrication des cut backs et la formulation des émulsions.	<b>59</b>

## Liste des figures

<b>Figure.I.1.</b> Catégories d'incendies	<b>05</b>
<b>Figure.I.2.</b> Catégories d'explosions	<b>06</b>
<b>Figure.I.3.</b> Dimensions du risque	<b>07</b>
<b>Figure.I.4.</b> Processus de gestion des risques Guide ISO/CEI 73, 2009	<b>08</b>
<b>Figure.I.5.</b> Les classe des matières dangereuses	<b>12</b>
<b>Figure I.6.</b> Les neuf pictogrammes de danger des produits chimiques	<b>14</b>
<b>Figure I.7.</b> Limites d'inflammabilité	<b>15</b>
<b>Figure I.8.</b> Réaction de la combustion	<b>16</b>
<b>Figure I.9.</b> Localisation d'unité (A) de centre de bitume – SKIKDA –	<b>22</b>
<b>Figure I.10.</b> Plan de masse de l'unité A du Centre Bitume de Skikda	<b>23</b>
<b>Figure I.11.</b> Plan de masse de l'unité B du Centre Bitume de Skikda	<b>24</b>
<b>Figure I.12.</b> Procédé discontinu de fabrication de Cut-back	<b>26</b>
<b>Figure I.13.</b> Procédé de formulation des émulsions	<b>27</b>
<b>Figure.II.1.</b> Exemple d'un arbre de causes	<b>35</b>
<b>Figure.II.2.</b> Exemple d'arbre d'événements (CEI 2064/09)	<b>36</b>
<b>Figure.II.3.</b> Exemple d'analyse par arbre de défaillance (CEI 60300-3-9)	<b>37</b>
<b>Figure II.4.</b> Représentation de scénarios d'accident selon le modèle du nœud papillon	<b>38</b>
<b>Figure II.5.</b> Schéma de déroulement de la méthode HAZOP	<b>40</b>
<b>Figure III.1.</b> Résumé des résultats obtenus dans la matrice de risques utilisée (bac de stockage)	<b>53</b>

## Liste des Abréviations

**ISO** : International Organization for Standardization

**CEI** : Council of Engineering Institutions

**GNL** : gaz naturel liquéfié

**APR** : Analyse préliminaire des risques

**AMDE** : Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets

**AMDEC** : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité

**ADE** : Arbre d'évènements

**ETA** : Event tree Analysis

**ADD** : Arbre de défaillance

**HAZOP** : Hazard Operability

**ICI** : Impérial Chemical Industries

**UIC** : Union des Industries Chimiques

**PID** : Piping & Instrumentation diagram

**HSE** : Hygiène, sécurité et environnement.

**JO** : journal officiel

**LII** : Limite Inférieure d'Inflammabilité

**LIS** : Limite Supérieure d'Inflammabilité

**EPI** : Equipement de protection individuel

**EPC** : Equipement de protection collective

**AT** : accident de travail

**MP** : maladie professionnelle

# Sommaire

<b>Introduction générale .....</b>	<b>01</b>
<b>Chapitre I : Généralités sur les risques et les hydrocarbures</b>	
Introduction .....	03
I.1. Notion générale sur les risques.....	03
I.1.1. Danger.....	03
I.1.2. Situation dangereuse.....	04
I.1.3. Evènement indésirable .....	04
I.1.4. Phénomène dangereux.....	04
I.1.4.1 Incendie.....	05
I.1.4.2 Explosion.....	05
I.1.5. Risque.....	06
I.1.6. Principales dimensions du risque.....	07
I.1.7. Typologies des Risques Industriels.....	07
I.1.8. Processus de gestion des risques.....	08
I.1.8.1. L'analyse des risques.....	09
I.1.8.2. Evaluation des risques.....	09
I.1.8.3. Acceptabilité et maîtrise des risques.....	09
I.1.8.4. Matrice de risque .....	10
I.2. Généralités sur les matières dangereuses.....	10
I.2.1. Définition.....	10
I.2.2. Classification.....	11
I.3. Caractéristiques générales liées aux risques des produits chimiques.....	12
I.4. Caractéristiques des matières liquides inflammables .....	14
I.5. Combustion .....	16
I.5.1. Triangle du feu .....	16
I.6. Cadre réglementaire et normatif.....	16
I.7. Exemples des catastrophes historiques.....	20
I.8. Présentation de l'entreprise NAFTAL.....	21
I.8.1. Présentation du centre portuaire de bitume NAFTAL de Skikda.....	21
I.8.2. Les activités du centre bitume .....	21

I.8.3. Localisation de l'entreprise.....	22
I.8.4. Produits commercialisés.....	24
I.8.5. Description de l'activité de centre bitume de Skikda.....	24
I.8.5.1. Ligne de dépotage navire.....	24
I.8.5.2. Ligne de fabrication de cut-backs.....	25
Conclusion.....	27
<b>Chapitre II : Méthodes d'analyse des risques</b>	
Introduction.....	29
II.1. Méthodes d'analyse des risques.....	29
II.1.1. Classification .....	30
II.1.1.1. Approche probabiliste.....	30
II.1.1.2. Approche déterministe.....	30
II.1.1.3. Démarche inductive.....	31
II.1.1.4. Démarche déductive.....	31
II.1.1.5. Méthodes qualitatives.....	31
II.1.1.6. Méthodes quantitatives.....	31
II.1.1.7. Méthodes Semi-Quantitative .....	32
II.1.2. Critères de choix des méthodes .....	32
II.2. Exemples des méthodes d'analyse.....	32
II.2.1. Analyse préliminaire des risques (APR).....	32
II.2.2. Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE)....	33
II.2.3. Arbre des causes .....	33
II.2.4 Arbre d'évènements.....	35
II.2.5. Arbre de défaillance .....	36
II.2.6. La méthode Nœud Papillon.....	37
II.3. Méthodes d'analyse des risques et outils retenus pour l'étude et l'analyse des risques dans le Centre Bitume de Skikda.....	38
II.3.1. Description de la méthode HAZOP.....	38
II.3.2. Déroulement .....	39
II.3.3. Avantages et Limites de la méthode HAZOP.....	43
II.3.4. Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC) .....	43
II.3.5. Avantages et Limites de la méthode AMDEC .....	44

Conclusion .....	44
<b>Chapitre III. Application des méthodes d'analyse des risques (HAZOP et AMDEC) au niveau de Centre Bitume de Skikda</b>	
Introduction .....	47
III.1.les équipements étudiés .....	47
III.1.1 Les bac de stockages du bitume .....	47
III.1.1.1 Application de la méthode HAZOP sur les risques existants sur les bacs de stockages du bitume et aux tâches liées..	47
III.1.2 la chaudière à huile diathermique.....	54
III.1.2. Application de la méthode AMDEC sur les risques existants sur la chaudière.....	54
III.2. Les principales activités du centre portuaire de bitume -Skikda- .....	55
III.2.1 Application de la méthode HAZOP sur les risques liés aux opérations de réception et de stockage du bitume.....	55
III.2.2. Application de la méthode HAZOP sur Les risques liés à la fabrication des cut backs et la formulation des émulsions.....	59
III.3. Résultats et discussions.....	61
III.4. Recommandations pour réduire les risques au sein du centre portuaire de bitume -Skikda-.....	62
Conclusion.....	63
<b>Conclusion général.....</b>	<b>66</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>68</b>

# **INTRODUCTION**

## **GENERALE**

# Introduction Générale

---

Durant les dernières décennies, le secteur industriel mondiale ainsi qu'Algérien ont enregistré des catastrophes industrielles marquantes ayant occasionné des impacts et des effets dévastateurs sur l'environnement humain et naturel telles que la catastrophe Seveso, Deep water horizon, l'éruption de Nezla en 2006 et l'explosion de Skikda en 2004 et bien d'autres incidents majeurs. Ces accidents ont causé des dommages considérables, chiffrés à des millions de dollars, sur l'environnement humain et naturel. Ils sont définis comme des événements d'importance majeure résultant de développements incontrôlés lors de l'exploitation d'une installation, entraînant des dommages graves et irréversibles pour la santé humaine et l'environnement. L'Algérie a connu plusieurs catastrophes industrielles majeures ces deux dernières décennies, notamment l'explosion de Skikda en 2004 qui a fait 27 morts, 7 disparus et 72 blessés. C'est la plus grande catastrophe industrielle de l'histoire de l'Algérie indépendante, détruisant la moitié du complexe de gaz naturel liquéfié (GNL) de Skikda.

Un accident industriel majeur est un incident inattendu et souvent catastrophique qui se produit dans une installation industrielle, tel qu'une usine chimique, une raffinerie, une centrale nucléaire ou toute autre installation où des substances dangereuses sont manipulées, produites ou stockées. Ces accidents peuvent être causés par des défaillances techniques, des erreurs humaines, des catastrophes naturelles ou des actes malveillants. Ces accidents majeurs désignent un événement comme un incendie ou une explosion d'importance majeure qui résulte de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation d'une installation, et qui entraîne pour la santé humaine, à l'intérieur ou à l'extérieur de l'installation, et/ou pour l'environnement des dommages graves et irréversibles, immédiats ou différés, la maîtrise de ces phénomènes se fait par différentes approches d'analyse et d'évaluation des risques, qualitatives, semi-quantitatives et quantitatives, reposant sur un certain nombre de données et d'informations sur le système analysé et son environnement ainsi que le phénomène étudié

La problématique soulevée dans ce mémoire de fin d'étude consiste particulièrement à minimiser les risques qu'un accident puisse survenir au sein de NAFTAL bitume Skikda qui se situe au sein de l'entreprise portuaire de Skikda EPS.

L'objectif recherché à travers ce projet est l'amélioration des procédures de dépotage du bitume, et assurer la sécurité durant toute l'opération de traitement et de distribution du bitume au sein du centre NAFTAL Bitume Skikda

# Introduction Générale

---

Pour résoudre cette problématique nous avons exploités et analysés les données accidentologie survenus sur site ainsi que l'étude de danger de ce dernier, nous avons utilisés comme outils les méthodes et logiciels les plus développer dans ce domaine (HAZOP, AMDEC, PHAWorks RA Edition, PHAST, QGIS, Google Earth). La méthodologie suivit, pour atteindre l'objectif général de cette étude, reprend les enchainements du processus méthodologique de maîtrise des risques majeurs donné par la norme ISO 31000. [1]

Le présent travail comporte trois chapitres dans lesquels nous allons détailler le travail effectué pour maîtriser les risques au niveau du centre bitume Skikda

***Le premier chapitre*** vise à introduire des notions générales sur les risques et présentation de Centre Bitume de Skikda

***Le deuxième chapitre*** traite les différentes approches et méthodes d'analyse des risques, ainsi que leurs classifications, et présenté les méthodes d'analyse des risques et outils retenus pour notre étude (HAZOP) et (AMDEC)

***Le troisième chapitre*** est totalement consacré à l'application des méthodes d'analyse des risques (HAZOP et AMDEC) au niveau de Centre Bitume de Skikda, et la présentation des résultats obtenus lors de l'analyse des risques

# **CHAPITRE I : Généralité sur les risques et les hydrocarbures**

## Introduction

La gestion des risques est un domaine crucial qui touche à tous les aspects de la vie professionnelle et personnelle. Que ce soit dans le cadre de la planification stratégique d'une entreprise, de la conception d'un projet technologique ou de la prise de décisions financières, le risque est un élément omniprésent qui doit être soigneusement évalué et géré. Ce projet se propose d'explorer les concepts fondamentaux liés au risque, en mettant en lumière les différentes formes qu'il peut prendre, ainsi que les méthodologies et les outils disponibles pour le gérer efficacement. En développant une compréhension globale des risques, nous pourrions non seulement mieux nous protéger contre les imprévus, mais aussi exploiter les opportunités qui sa canalisation.

## I.1. Notion générale sur les risques

### I.1.1. Définition de danger

Le sens du mot « **danger** » peut être ambigu. Souvent, les dictionnaires ne donnent pas de définitions précises du mot ou associent ce dernier au terme « **risque** ». Par exemple, plusieurs dictionnaires proposent « risque » comme synonyme de « danger », ce qui explique pourquoi un grand nombre de personnes utilisent indifféremment ces termes.

Il existe un grand nombre de définitions de « danger », on trouve par exemple :

- Un **danger** est toute source **potentielle** de dommage, de préjudice ou d'effet nocif à l'égard d'une chose ou d'une personne [2].
- La notion de danger définit une propriété intrinsèque à une substance (butane, chlore...), à un système technique (mise sous pression d'un gaz...), à une disposition (élévation d'une charge...), à un organisme (microbes), etc., de nature à entraîner un dommage sur un « élément vulnérable [3].

Fondamentalement, le danger peut entraîner un préjudice ou des effets nocifs pour les personnes (p. ex. des effets sur la santé), pour les organisations (p. ex. pertes de biens ou d'équipement) ou pour l'environnement.

Les dangers dans le milieu de travail peuvent provenir de nombreuses sources. Les exemples généraux comprennent les substances, les procédés, les pratiques, etc., qui peuvent entraîner un préjudice ou un effet nocif pour la santé humaine ou pour les biens.

Le tableau I.1 ci-dessous regroupe quelques exemples de danger

Tableau I.1 - Exemples de dangers et de leurs effets [2]

Danger dans le milieu de Travail	Exemple de danger	Exemple de préjudice
Chose	Couteau	Coupure
Substance	Benzène	Leucémie
Matière	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tuberculose
Source d'énergie	Électricité	Choc, électrocution
Condition	Plancher glissant	Chutes
Procédé	Soudage	Maladie des fondeurs de Laiton
Pratique	Exploitation minière en roche Dure	Silicose
Comportement	Intimidation	Anxiété, peur, dépression

### I.1.2. Situation dangereuse

Toute situation dans laquelle une (plusieurs) personne(s) est (sont) exposée(s) à un ou plusieurs dangers. L'exposition peut entraîner un dommage immédiat ou à plus long terme [4]

### I.1.3. Évènement indésirable

Il existe plusieurs définitions d'un évènement, on retrouve :

- Évènement indésirable (EI) : Accident, incident ou dysfonctionnement dont les conséquences sont ou auraient pu être dommageables pour les patients, les professionnels, les visiteurs ou les biens.
- Évènement indésirable grave (EIG) : Accident, incident ou dysfonctionnement avec des conséquences, réversibles ou non, sur les personnes [5].

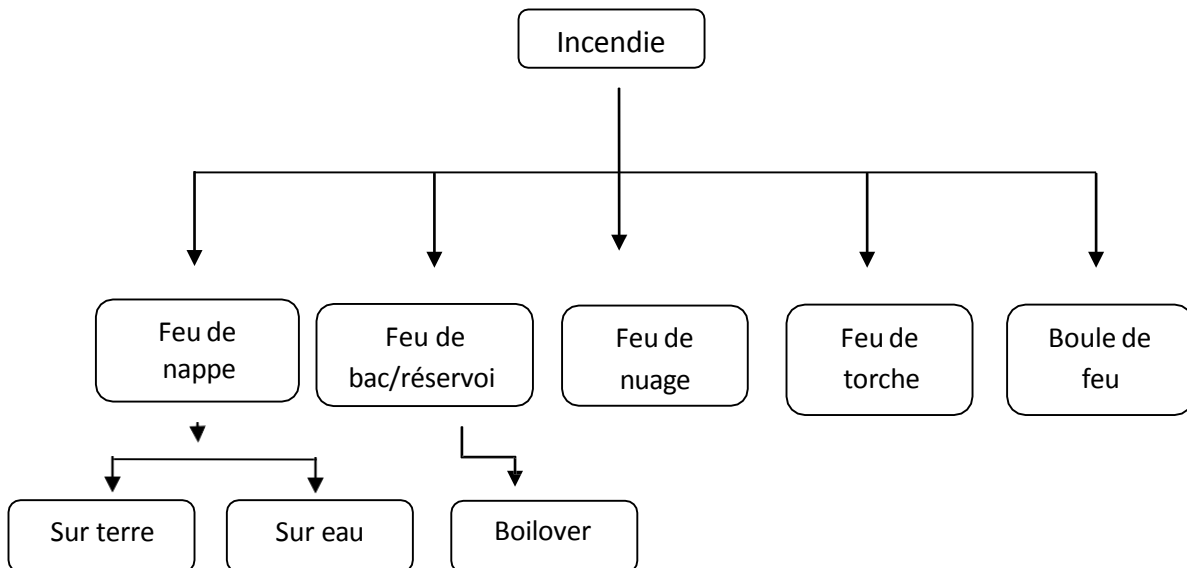
### I.1.4. Phénomène dangereux

Les phénomènes dangereux accidentels correspondent à une libération d'énergie ou de substance produisant des effets susceptibles d'infliger un dommage à des enjeux humains ou matériels. Ils sont caractérisés par leur probabilité de survenue, leur intensité et leur comportement dynamique (cinétique). Et sont regroupé en trois grandes catégories [6]

## I.1.4.1. Incendie

C'est la combustion (non contrôlée) auto-entretenue qui se développe sans contrôle dans le temps et dans l'espace. L'étude du phénomène est fondée sur le triangle du feu : présence simultanée d'un comburant (oxygène), d'un produit combustible et d'une source d'inflammation. La typologie des incendies dépend de la nature du combustible, qui peut se présenter sous forme solide, liquide ou gazeuse. Les boules de feu sont des phénomènes associés à l'incendie mais traités à part, du fait de leurs caractéristiques particulières : durée très courte, projections enflammées...

Les accidents d'incendie peuvent être classés dans les catégories générales suivantes :



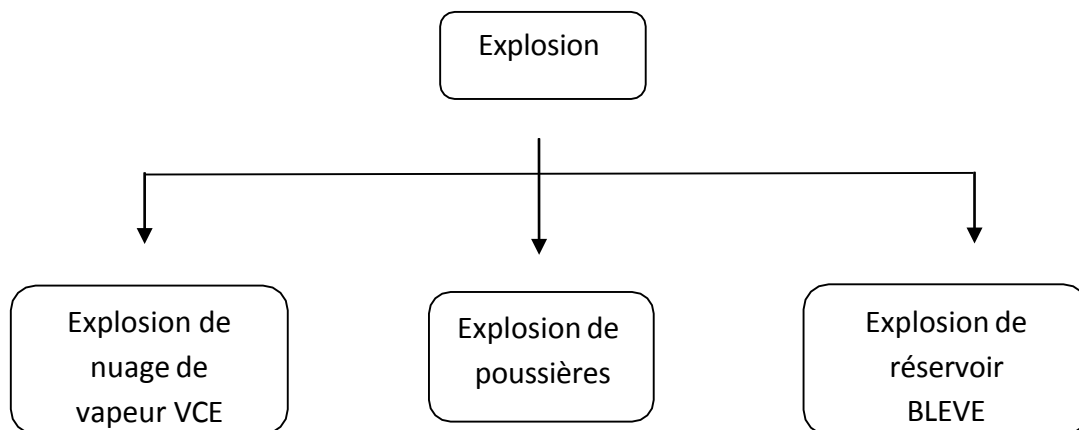
**Figure I.1. Catégories d'incendies [7]**

## I.1.4.2. Explosion

C'est une réaction soudaine d'oxydation ou de décomposition produisant une augmentation de température, de pression, ou des deux simultanément. On distingue deux grandes familles d'explosion : physique (éclatement pneumatique, changement d'état physique de la matière)

et chimique (combustion, réactions de décomposition de substance). Pour les explosions de type combustion de poussières ou de gaz, on différencie la déflagration (la flamme produite par l'explosion se propage à une vitesse inférieure à la vitesse du son, de l'ordre de quelques mètres par seconde) de la détonation (la flamme produite par la combustion se propage à une vitesse supérieure à la vitesse du son, de l'ordre de plusieurs kilomètres par seconde). Une même explosion peut passer d'un régime de déflagration à un régime de détonation [6].

Les explosions peuvent être classées dans les catégories suivantes :



**Figure I.2. Catégories d'explosions [7]**

### I.1.5. Risque

Le risque est défini, de façon générale, comme étant lié à un danger ou un inconvénient plus ou moins probable auquel un individu ou un système est exposé [Larousse, 2012].

Plusieurs définitions du risque peuvent être rencontrées :

- [Villemeur, 1988] : Mesure d'un danger associant une mesure de l'occurrence d'un événement indésirable et une mesure de ses effets ou conséquences.
- [European Council, 1997] : Probabilité pour qu'un effet spécifique se produise dans une période donnée ou dans des circonstances déterminées.
- [Gouriveau, 2003] : Association des caractéristiques des événements causes et conséquences d'une situation donnée.

- [Guide ISO/CEI 73, 2002] : combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences. Le terme «risque» est généralement utilisé uniquement lorsqu'il existe au moins la possibilité de conséquences négatives.

Le risque, dans un système industriel, se réfère la probabilité qu'un événement inattendu ou indésirable survienne dans un contexte industriel, entraînant des impacts négatifs tels que des accidents, des interruptions de production, des pertes financières, des dommages matériels, des atteintes à l'environnement, ou des préjudices à la santé et à la sécurité des travailleurs.

### I.1.6. Principales dimensions du risque

Une mesure du danger est le risque. L'ingénieur caractérise le risque comme une entité à deux dimensions :

$$\text{(Risque)} = \text{(Probabilité)} \times \text{(Gravité)}$$

La **probabilité** permet de caractériser la facilité avec laquelle se produit l'enchaînement d'événements qui conduit à l'accident (il survient plus ou moins souvent). La **gravité** mesure les effets sur les cibles de l'accident (il a des conséquences plus ou moins importantes). [8]

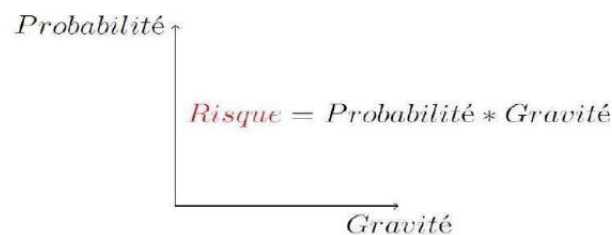


Figure I.3 : Démonstrations du risque

### I.1.7. Typologies des Risques Industriels

1. **Risques de Sécurité** : Incluent les accidents de travail, les explosions, les fuites de substances dangereuses, etc.
2. **Risques Techniques** : Pannes d'équipements, défaillances technologiques, obsolescence des machines.
3. **Risques Opérationnels** : Interruptions de production, inefficiences dans les processus, erreurs humaines.
4. **Risques Environnementaux** : Catastrophes naturelles, pollution, impact environnemental des opérations industrielles.

- 5. **Risques Financiers** : Fluctuations des coûts des matières premières, risques de change, contraintes budgétaires.
- 6. **Risques de Conformité** : Non-respect des réglementations et des normes industrielles, sanctions légales.

### I.1.8. Processus de gestion des risques

La gestion des risques désigne l'ensemble des actions entreprises ayant pour objectif de réduire les risques, depuis le recensement et l'étude des accidents, la reconnaissance des situations dangereuses, l'identification des risques correspondants, puis leur analyse, leur estimation et leur évaluation. Cette gestion des risques ne saurait bien entendu s'arrêter là, sans quoi elle serait vaine : il s'agit ensuite de traiter les risques ayant été ainsi appréciés, de façon à les réduire ou les maîtriser. La seule façon de supprimer un risque consisterait à en supprimer les sources, ce qui reviendrait à refuser ce risque. [9]

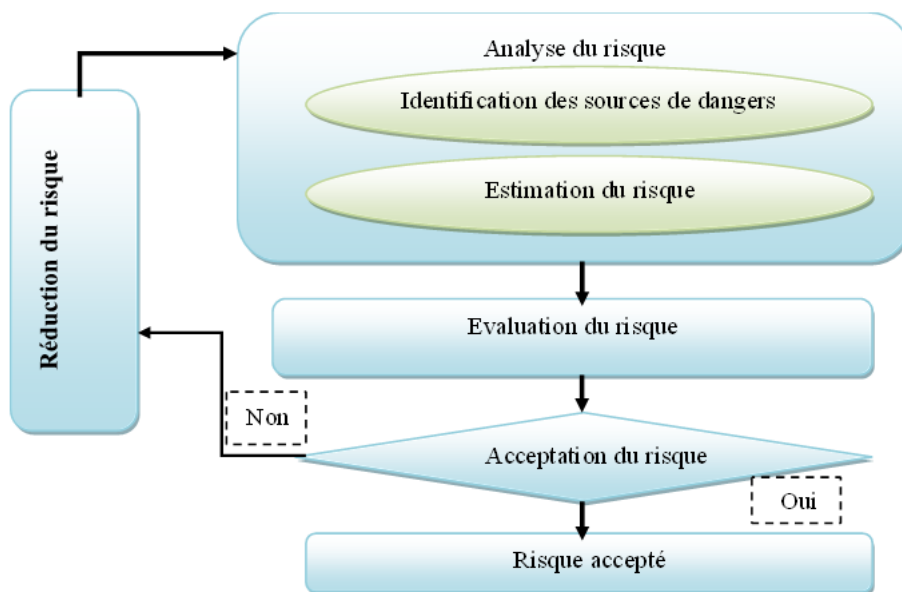


Figure I.4. Processus de gestion des risques Guide ISO/CEI 73, 2009

### **I.1.8.1. L'analyse des risques**

Dans le [Guide ISO/CEI 51,1999], l'analyse du risque est définie comme : « Utilisation des informations disponibles pour identifier les phénomènes dangereux et estimer le risque ».

L'analyse des risques consiste à identifier les dangers et les sources de dangers, elle se fait à travers plusieurs méthodes d'analyse, qui peuvent être qualitatives, quantitatives ou probabilistes.

Quant à l'estimation du risque, elle implique la détermination [10] :

- D'un niveau de probabilité que le dommage survienne.
- D'un niveau de gravité de ce dommage

L'estimation de ces grandeurs peut être qualitative, quantitative ou semi-quantitative, selon le contexte, les exigences des décideurs et les outils et les données disponibles.

### **I.1.8.2. Evaluation des risques**

Egalement, dans le [Guide ISO/CEI 51,1999], l'Évaluation du risque, est définie comme : « Processus de comparaison des résultats de l'analyse du risque avec les critères de risque afin de déterminer si le risque et/ou son importance sont acceptables ou tolérables. L'évaluation du risque aide à la prise de décision relative au traitement du risque ».

### **I.1.8.3. Acceptabilité et maîtrise des risques**

L'Acceptabilité de risque, est définie selon [Guide ISO/CEI 51,1999], comme : « Acceptation du risque une décision argumentée en faveur de la prise d'un risque particulier. Les risques acceptés font l'objet d'une surveillance et d'une revue ». Cette notion, définie à travers un ensemble de critères (d'acceptabilité), permet d'améliorer, de réviser ou de proposer des mesures de réduction du risque.

Quant à la réduction ou maîtrise de risque, elle est définie comme : « Actions entreprises en vue de diminuer la probabilité, les conséquences négatives, ou les deux associés à un risque. C'est une mesure qui modifie un risque ».

## I.1.8.4. Matrice de risque :

« Outil permettant de classer et de visualiser des risques en définissant des catégories de conséquences et de leur vraisemblance » [Guide ISO/CEI 73, 2009].

C'est un outil d'aide à la décision pour :




- hiérarchiser de scénarios d'accidents
- définir et contrôler les mesures de réduction des risques (techniques et/ou organisationnelles)

La matrice de risque (grille de criticité) permet d'estimer l'ampleur d'un risque, et de décider s'il est acceptable où inacceptable. A l'issue d'un tel résultat, qu'on décide de l'opportunité des mesures nécessaires pour maîtriser ce risque.

**Tableau 2 : Niveau de criticité : graduée de P1 à P5 (la matrice de centre bitumes)**

NR	NG1	NG2	NG3	NG4	NG5
NE=F	P5	P4	P4	P2	P1
NE=M	P5	P4	P3	P2	P1
NE=I	P4	P3	P3	P1	P1

**Criticité : p5 : Acceptable. P4 : Dangereux. P3 : Urgent. P2 : Critique. P1 : Catastrophique.**

	Zone des EPI et des actions palliatives.
	Zone des protections collectives et des EPI.
	Zone de la suppression du danger à la source.

## I.2. Généralités sur les matières dangereuses

### I.2.1. Définition

Les matières dangereuses sont « des substances qui, soit par leurs propriétés chimiques ou celles de leurs composants, soit par la nature des réactions physiques qu'elles sont susceptibles de mettre en œuvre, présentent un risque pour l'homme ou son environnement » [11]. Selon le Décret exécutif n° 90-79 du 27 février 1990 portant réglementation du transport de matières dangereuses « est qualifié de dangereux, tout produit ou matière qui mettent en danger, causent des dommages, nuisent à la santé [12] ».

### I.2.2. Classification

Pour mieux définir les Matières Dangereuse et surtout pour les gérer, des classifications ont été mises en place à l'échelle internationale et nationale.

Au niveau national, selon le Décret exécutif n° 90-79 du 27 février 1990 [12], les matières dangereuses sont classées par famille de produits dans neuf (09) classes, en fonction de leurs caractéristiques propres ainsi que de la nature des dangers qu'elles présentent :

- classe I: matières et objets explosifs,
- classe II: gaz, comprimés, liquéfiés, dissous sous pression, ou liquéfiés à très basse température,
- classe III: matières liquides inflammables,
- classe IV: matières solides inflammables, matières inflammables spontanément, matières qui, au contact de l'eau, émettent des gaz inflammables,
- classe V: matières comburantes, peroxydes organiques,
- classe VI: matières toxiques et matières infectieuses,
- classe VII: matières radioactives,
- classe VIII: matières corrosives,
- classe IX: matières dangereuses diverses.

Au niveau international, plus précisément en Europe, l'Accord Européen relatif au Transport International des Marchandises Dangereuses par Route, où cinquante-et-un États ont ratifié l'ADR (Accord for Dangerous goods by road), les matières dangereuses sont classées en neuf classes [13] :

Classe 1 : Matières et objets explosibles

Classe 2 : Gaz

Classe 3 : Liquide inflammable

Classe 4.1 : matières solides inflammables, matière auto-réactive, matière solides explosibles

Classe 4.2 : matières surjettes à l'inflammation spontanée

Classe 4.3 : Matières qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammable

Classe 5.1 : Matière comburante

Classe 5.2 : Peroxyde organique

Classe 6.1 : Matières toxiques

Classe 6.2 : Matières infectieuses

Classe 7 : Matières radioactives

Classe 8 : Matières corrosives

# CHAPITRE I : Généralités sur les risques et les hydrocarbures

## Classe 9 : Matières et objets dangereux divers

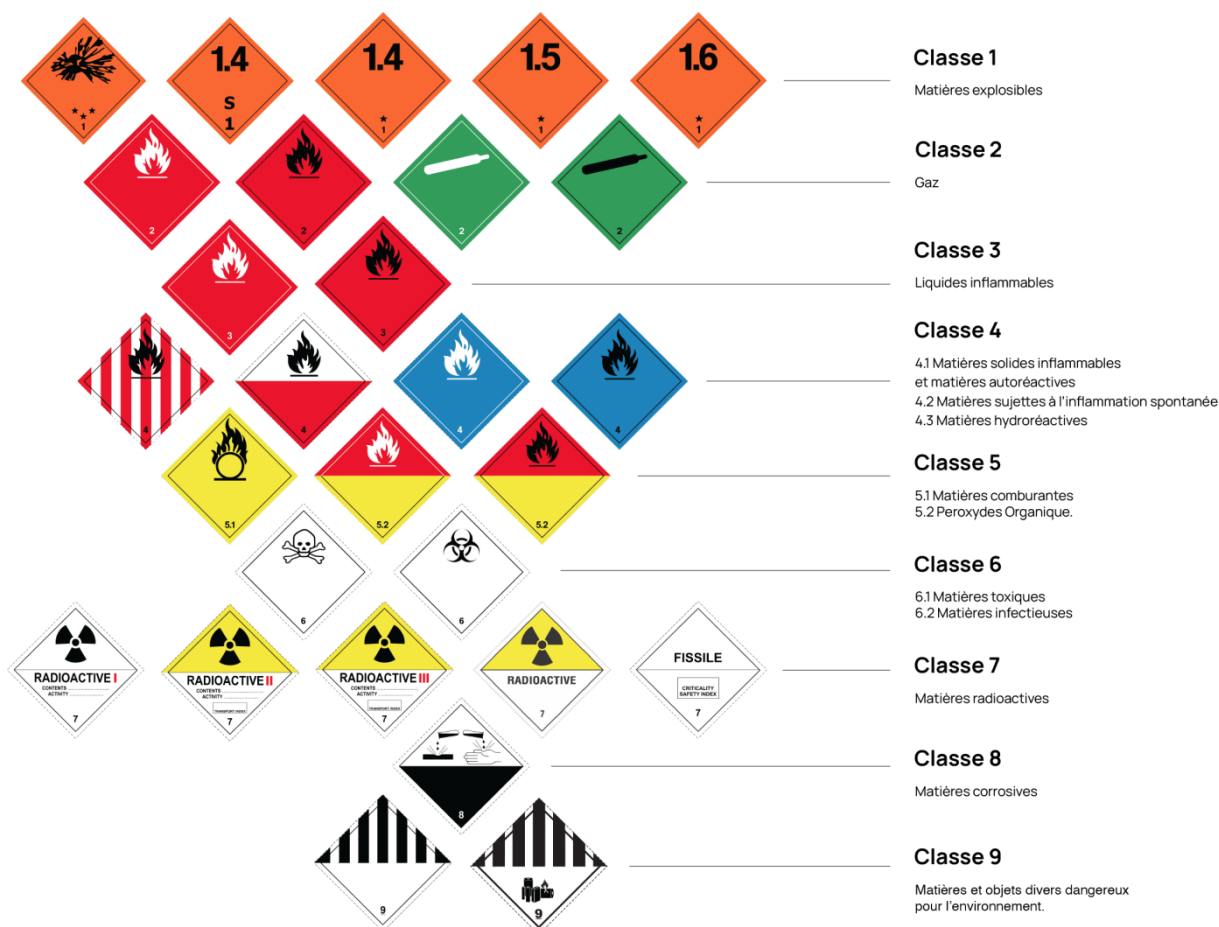


Figure I.5 : Les classes des matières dangereuses

### I.3. Caractéristiques générales liées aux risques des produits chimiques

En général un produit ou substance chimique peut être dangereux ou présenter des risques sur les populations, l'être humain en particulier ou l'environnement.

**a) Très toxiques** : substances ou préparations qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée en très petites quantités, entraînent la mort ou des risques aigus ou chroniques.

**b) Toxiques** : substances et préparations qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée en petites quantités, entraînent la mort ou des risques aigus ou chroniques.

**c) Comburantes** : substances ou préparations qui, au contact d'autres substances, notamment des substances inflammables, présentent une réaction fortement exothermique.

**d) Explosibles** : substances ou préparations solides, liquides, pâteuses ou gélatineuses qui, même sans intervention d'oxygène atmosphérique, peuvent présenter une réaction exothermique avec développement rapide de gaz et qui, dans des conditions d'essais déterminées, détonent, déflagrent rapidement ou, sous l'effet de la chaleur, explosent en cas de confinement partiel.

**e) Inflammables** : substances ou préparations liquides, dont le point d'éclair est égal ou supérieur à

## CHAPITRE I : Généralités sur les risques et les hydrocarbures

---

21°C et inférieur ou égal à 55°C.

**f) Corrosives** : substances et préparations qui, en contact avec des tissus vivants, peuvent exercer une action destructrice sur ces derniers.

**g) Irritantes** : substances non corrosives mais qui peuvent provoquer des Inflammations douloureuses en contact immédiat, prolongé ou répété avec la peau ou les muqueuses. Se dit de ce qui rend sensible ou plus sensible à l'action d'un certain agent.

**h) Sensibilisantes** : substances qui peuvent développer des allergies ou des hypersensibilités lorsqu'il y a inhalation ou pénétration cutanée.

**i) Cancérogènes** : substances qui peuvent provoquer des cancers ou augmenter leur fréquence lorsque on y est exposé par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée.

**j) Mutagènes** : substances qui peuvent produire des mutations ou défauts génétiques héréditaires ou en augmenter la fréquence lorsque on y est exposé par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée.

**k) Toxiques pour la reproduction** : substances qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent produire ou augmenter la fréquence d'effets indésirables non héréditaires dans la progéniture ou porter atteinte aux fonctions ou capacités reproductives.

**l) Dangereuses pour l'environnement** : substances qui, si elles entraînent dans l'environnement, présenteraient ou pourraient présenter un risque immédiat ou différé pour une ou plusieurs de ses composantes.



Figure I.6 : Les neuf pictogrammes de danger des produits chimiques

## I.4. Caractéristiques des matières liquides inflammables :

**-Point éclair ou point d'inflammabilité :** Le point éclair est la température minimale à partir de laquelle un liquide inflammable forme suffisamment de vapeurs pour que celles-ci donnent avec l'air un mélange inflammable produisant une inflammation de brève durée en présence d'une flamme d'ignition. A cette température, si l'on retire la source de chaleur, l'inflammation s'arrête, la combustion ne s'entretient pas car la quantité de vapeur n'est suffisante.

**-Point d'inflammation :** C'est la température minimale à partir de laquelle un liquide inflammable émet suffisamment de vapeur pour former avec l'air un mélange inflammable et la combustion s'entretient d'elle-même après retrait de la source d'ignition. **Il est légèrement supérieur au point d'éclair.** Entre le point d'éclair et le point d'inflammation, les vapeurs s'enflamment mais ne peuvent continuer à brûler sans apport extérieur d'énergie.

**- Point d'auto inflammation :** Le point d'auto-inflammation est la température minimale à partir de laquelle une substance s'enflamme spontanément même en l'absence d'énergie d'activation et la combustion se maintient d'elle-même.

## CHAPITRE I : Généralités sur les risques et les hydrocarbures

- **Limites d'inflammabilité ou d'explosivité** : Elles sont spécifiques à chaque produit et s'expriment en %. Elles varient en fonction de la température, taux d'oxygène, et de la pression.

**a. Limite Inférieure d'Inflammabilité (LII)** : C'est le taux (%) de gaz dans

L'air au-dessous duquel la réaction chimique de combustion ou le feu ne se réalise pas en présence d'une énergie d'activation.

**b. Limite Supérieure d'Inflammabilité (LIS)** : C'est le taux (%) de gaz dans l'air au-dessus duquel la réaction chimique de combustion ne se réalise pas en présence d'une énergie d'activation.

**c. La zone entre ces deux limites (LII et LIS) c'est l'intervalle d'inflammabilité.**

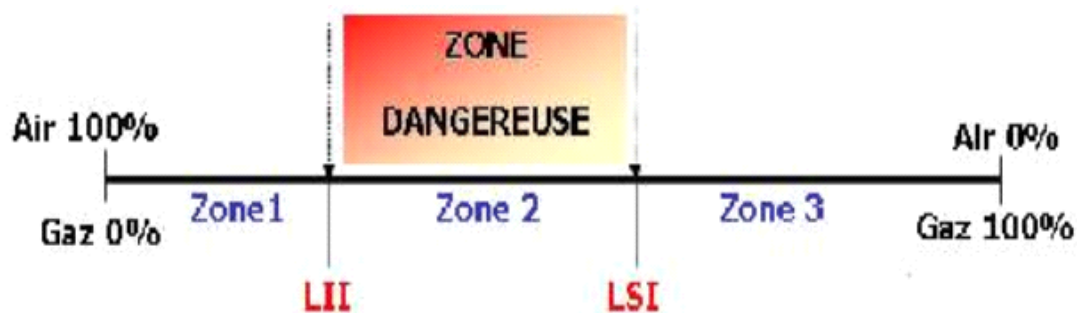


Figure I.7. Limites d'inflammabilité

- Zone 1: % en gaz insuffisant pour être dangereuse. Atmosphère explosible.
- Zone 2: Mélange explosible ou inflammable. Atmosphère explosive.
- Zone 3: Plus assez d'oxygène pour permettre une combustion du gaz.

### Atmosphère explosible.

- **Tension de vapeur** : C'est la pression la plus grande que puisse supporter une vapeur, à une certaine température, sans se liquéfier.

- **Densité de vapeur/air** : C'est le rapport de la densité de la vapeur du produit sur la densité de l'air.

- **Taux d'évaporation** : C'est la vitesse d'évaporation d'un produit par rapport à celle de l'éther.

- **Pouvoir calorifique** : Le pouvoir calorifique d'un combustible est la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète sous les conditions normales de la pression atmosphérique et de la température. Unité : [kJ/kg de combustible] ou [kJ/m<sup>3</sup> de combustible]

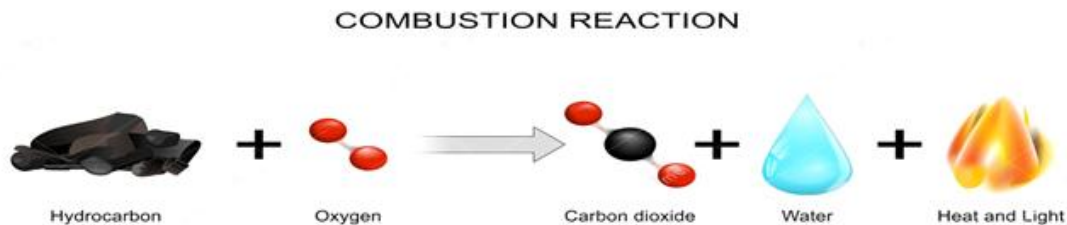
**Pouvoir calorifique inférieur** : Le pouvoir calorifique est dit inférieur

(PCI) quand l'eau résultant de la combustion de l'hydrogène et des hydrocarbures est supposée à l'état de vapeur dans les produits de combustion.

**Pouvoir calorifique supérieur** : Le pouvoir calorifique est supérieur (PCS) quand cette eau de combustion est ramenée à l'état liquide dans les fumées

### I.5. Combustion

La combustion est une réaction chimique d'oxydation exothermique (elle dégage de la chaleur, une partie se perd et l'autre se transforme en énergie mécanique) entre le combustible qui est la matière qui brûle (il peut être solide, liquide ou gazeux) et le comburant en présence de l'énergie d'activation. Ces éléments sont appelés: triangle du feu.



**Figure I.8 Réaction de la combustion**

#### I.5.1 Triangle du feu

- **Combustible** : Le combustible est une substance susceptible de brûler ou subir la réaction de combustion et libérer une quantité de chaleur. Les combustibles solides et liquides ne brûlent pas en tant que tels mais ils émettent les gaz et les vapeurs qui brûlent.
- **Comburant** : Un comburant est un corps chimique qui a pour propriété de permettre la combustion d'un combustible. Dans la plus part des cas le comburant est l'oxygène présent dans l'air de l'atmosphère (environ 21 % d'oxygène 79 % d'azote). Pour que l'air soit un comburant efficace, il faut qu'il contienne plus de 15 % d'oxygène, mais il existe d'autres comburants comme Le chlore, le fluor, l'acide nitrique etc.
- Energie d'activation** : C'est l'énergie nécessaire pour déclencher la réaction chimique de combustion. Il peut s'agir d'une flamme, d'une étincelle, d'un frottement ou d'une source de chaleur. Une fois la réaction dégage de la chaleur le feu s'auto entretient par la chaleur produite

### I.6. Cadre réglementaire et normatif

La sécurité est un enjeu majeur pour toutes les entreprises et tous les secteurs d'activité en Algérie et partout dans le monde. En mettant en œuvre des mesures de prévention efficaces et en respectant le cadre réglementaire et normatif, les entreprises peuvent contribuer à créer un environnement de travail plus sûr et plus sain pour tous.

## CHAPITRE I : Généralités sur les risques et les hydrocarbures

---

Le cadre réglementaire et normatif en matière de sécurité peut évoluer en fonction des avancées technologiques, des nouvelles connaissances sur les risques professionnels

### **I.6.1. Réglementations nationales :**

En Algérie, le secteur des hydrocarbures est régi par plusieurs lois et décrets qui visent à assurer la sécurité et la protection de l'environnement. Parmi les principales réglementations, on trouve :

**Loi n° 05-07 du 28 avril 2005** relative aux hydrocarbures, modifiée et complétée par la loi n° 13-01 du 20 février 2013. Cette loi établit le cadre général pour les activités liées aux hydrocarbures, incluant la prospection, l'exploitation, le transport, et la commercialisation.

**Décret exécutif n° 07-145 du 19 mai 2007** fixant les règles techniques pour la conception, la construction, l'exploitation, et l'entretien des installations de transport par canalisations d'hydrocarbures et de leurs dérivés. Ce décret met l'accent sur les mesures de sécurité nécessaires pour prévenir les incidents.

**Décret exécutif n° 06-199 du 31 mai 2006** relatif à la sécurité industrielle et à la protection de l'environnement dans les activités de l'industrie des hydrocarbures. Ce texte précise les obligations des opérateurs en matière de prévention des risques et de gestion des situations d'urgence.

**Décret n° 63-344 du 11 septembre 1963** portant adhésion de la république algérienne démocratique et populaire (R.A.D.P) à la convention internationale pour la prévention de la pollution des eaux de la mer par les hydrocarbures (J.O n° 66).

**Décret exécutif n° 06-198 du 4 Jomada El Oula 1427** correspondant au 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement (JO N° 37).

Au sens du présent décret, il est entendu par :

- **Installation classée** : toute unité technique fixe dans laquelle interviennent une ou plusieurs activités figurant dans la nomenclature des installations classées telle que fixée par la réglementation en vigueur.
- **Etablissement classé** : l'ensemble de la zone d'implantation comportant une ou plusieurs installations classées et qui relève de la responsabilité d'une personne physique ou morale, publique ou privée qui détient, exploite ou fait exploiter l'établissement et les installations classées qui en relèvent.
- **La classification des établissements** : Les établissements classés sont subdivisés en quatre catégories :

Etablissement classé de première catégorie : Comportant au moins une installation soumise à autorisation ministérielle.

## CHAPITRE I : Généralités sur les risques et les hydrocarbures

---

Etablissement classé de deuxième catégorie : Comportant au moins une installation soumise à autorisation du wali territorialement compétent.

Etablissement classé de troisième catégorie : Comportant au moins une installation soumise à l'autorisation du président de l'assemblée populaire communale territorialement compétent.

Etablissement classé de quatrième catégorie : Comportant au moins une installation soumise au régime de la déclaration auprès du président de l'assemblée populaire communale territorialement compétent.

Le régime de classement d'une installation est déterminé en fonction de la "capacité totale équivalente" exprimée en capacité équivalente à celle d'un liquide inflammable de 1ère catégorie, selon la formule suivante :

$$\text{Capacité totale équivalente} = 10 A + B + C/5 + D/15$$

Où

**A** : représente la capacité relative aux liquides extrêmement inflammables (coefficient 10) : oxyde d'éthyle, et tout liquide dont le point d'éclair est inférieur à 0°C et dont la pression de vapeur à 35°C est supérieure à 105 pascals.

**B** : représente la capacité relative aux liquides inflammables de 1ère catégorie (coefficient 1) : tous liquides dont le point d'éclair est inférieur à 55°C et qui ne répondent pas à la définition des liquides extrêmement inflammables.

**C** : représente la capacité relative aux liquides inflammables de 2ème catégorie (coefficient 1/5) : tout liquide dont le point d'éclair est supérieur ou égal à 55°C et inférieur à 100°C, sauf les fuels lourds.

**D** : représente la capacité relative aux liquides peu inflammables (coefficient 1/15): fuels (ou mazout) lourds tels qu'ils sont définis par les spécifications administratives.

Le classement des liquides inflammables est régi par la loi du 19 juillet 1976 et le décret du 21 septembre 1977.

Catégorie A, liquides dont le point éclair (PE) est Inférieur à 0°C.

Catégorie B, liquides 0°C < PE < 55°C.

Catégorie C, liquides 55°C PE < 100°C.

Catégorie D, liquides dont le point éclair est supérieur à 100°C.

N° de la rubrique : 1532 du exécutif n° 07-144 suscités, Désignation de l'activité : Liquides inflammables manufacturés

### **I.6.2. Réglementations internationales :**

Les activités de l'industrie des hydrocarbures en Algérie doivent également se conformer à certaines réglementations internationales pour garantir une gestion sécuritaire et respectueuse de l'environnement. Parmi les principales, on peut citer :

**Convention de Bâle** sur le contrôle des mouvements transfrontaliers de déchets dangereux et de leur élimination. Bien que principalement axée sur les déchets, cette convention influence les pratiques de gestion des résidus et déchets de l'industrie pétrolière. [14]

**Convention de Rotterdam** sur la procédure de consentement préalable en connaissance de cause applicable à certains produits chimiques et pesticides dangereux dans le commerce international. Cette convention assure que les substances dangereuses, y compris certains produits chimiques utilisés dans l'industrie des hydrocarbures, sont gérées de manière responsable. [15]

**Accords de Paris (COP21)** sur les changements climatiques. Les entreprises opérant dans le secteur des hydrocarbures sont de plus en plus tenues de réduire leurs émissions de gaz à effet de serre et de se conformer aux objectifs fixés par ces accords. [16]

### **I.6.3. Normes de sécurité (ISO, OSHA, etc.)**

#### **I.6.3.1. Normes ISO : [17]**

Les normes ISO (Organisation internationale de normalisation) fournissent un cadre de référence pour la gestion de la sécurité et des risques dans l'industrie des hydrocarbures. Voici quelques normes pertinentes :

**ISO 31000** : Gestion du risque - Lignes directrices. Cette norme offre des principes et des lignes directrices pour la gestion du risque de manière systématique et transparente.

**ISO 45001**: Systèmes de management de la santé et de la sécurité au travail. Cette norme spécifie les exigences pour un système de management de la santé et de la sécurité au travail (SST), permettant aux organisations de fournir des lieux de travail sûrs et sains en prévenant les accidents du travail et les maladies professionnelles.

**ISO 14001**: Systèmes de management environnemental. Cette norme aide les entreprises à améliorer leurs performances environnementales par une utilisation plus efficace des ressources et la réduction des déchets.

#### **I.6.3.2. Normes OSHA : [18]**

L'Occupational Safety and Health Administration (OSHA) des États-Unis établit des normes pour garantir la sécurité et la santé des travailleurs dans diverses industries, y compris celle des

## CHAPITRE I : Généralités sur les risques et les hydrocarbures

---

hydrocarbures. Bien que spécifiques aux États-Unis, ces normes sont souvent utilisées comme référence mondiale

**29 CFR 1910** : Réglementations pour la sécurité et la santé des employés dans les industries générales. Ce code couvre une gamme de sujets, y compris la sécurité des machines, la protection contre les chutes, et les exigences en matière de protection incendie.

**Process Safety Management (PSM) - 29 CFR 1910.119** : Cette norme traite de la gestion des risques associés aux processus chimiques dangereux. Elle inclut des exigences pour la formation des employés, la maintenance des équipements, et la gestion des modifications.

### I.7. Exemples des catastrophes historiques

#### **Explosion de complexe de GNL de Skikda (2004)**

L'explosion de complexe de GNL de Skikda, survenue le 19 janvier 2004, est l'un des incidents industriels les plus graves de l'Algérie. Cette catastrophe s'est produite au complexe de gaz naturel liquéfié (GNL) de Skikda, exploité par la société nationale Sonatrach, où une série d'explosions dans une unité de liquéfaction de gaz naturel a provoqué un incendie dévastateur. Le bilan humain de l'accident est lourd, avec 27 morts et 74 blessés. Les dégâts matériels ont été considérables, causant une interruption significative de la production de gaz naturel liquéfié et entraînant d'importantes pertes financières. L'enquête a révélé des défaillances techniques et des erreurs humaines, accentuées par des insuffisances dans les procédures de sécurité et la formation du personnel. Cet incident a conduit à la mise en place de mesures renforcées pour améliorer la gestion des risques et la sécurité des installations industrielles.

#### **Catastrophe de Seveso (1976) :**

La catastrophe de Seveso, survenue le 10 juillet 1976 près de Seveso en Italie, a été déclenchée par une explosion dans l'usine chimique Icmesa, libérant un nuage de dioxine TCDD, une substance extrêmement toxique. Cet incident a causé des problèmes de santé immédiats, tels que des cas de chlorant chez les habitants, et a nécessité l'évacuation de 700 personnes. La contamination environnementale a été grave, affectant les sols et les écosystèmes locaux, avec des effets à long terme sur la santé, y compris une augmentation des cas de cancer. En réponse, des efforts de décontamination massive ont été entrepris, et l'incident a conduit à la mise en place de la Directive Seveso par la Communauté européenne en 1982, visant à renforcer les mesures de prévention et de contrôle des risques industriels. Cette catastrophe a souligné l'importance cruciale de la réglementation stricte et de la gestion proactive des substances dangereuses.

### **Explosion de la Raffinerie de Texas City (2005)**

L'explosion de la raffinerie de Texas City s'est produite le 23 mars 2005 dans l'installation de BP située à Texas City, au Texas. Cet incident tragique a été causé par des défaillances de sécurité et des erreurs humaines lors du démarrage de l'unité d'isomérisation, entraînant une accumulation dangereuse de vapeur d'hydrocarbures. La catastrophe a causé la mort de 15 personnes et en a blessé plus de 170, détruisant plusieurs unités de la raffinerie et occasionnant des dommages matériels importants. Les conséquences économiques pour BP ont été considérables, avec des coûts élevés liés aux amendes et aux compensations, ainsi que des pertes de production. En réponse, BP a entrepris des réformes majeures pour améliorer la culture de sécurité et la gestion des risques, tandis que les autorités de régulation ont renforcé les inspections et la surveillance pour prévenir de futurs accidents similaires.

### **Catastrophe Deep water horizon (2010):**

L'explosion de la plateforme Deep water Horizon en avril 2010 dans le golfe du Mexique a provoqué une catastrophe environnementale majeure, tuant 11 personnes et déversant environ 4,9 millions de barils de pétrole dans l'eau. Cette marée noire a dévasté la vie marine et les écosystèmes côtiers, perturbant gravement les industries de la pêche et du tourisme dans la région. Cette catastrophe a souligné les risques liés au forage pétrolier en mer profonde et a conduit à un renforcement des réglementations de l'industrie pétrolière.

## **I.8. Présentation de l'entreprise NAFTAL :**

Naftal est une société par actions (SPA) au capital social de 40 000 000 000 DA. Fondée en 1982 et filiale à 100% du Groupe Sonatrach, elle est rattachée à l'activité commercialisation. Elle a pour mission principale, la distribution et la commercialisation des produits pétroliers et dérivés sur le marché national.

### **I.8.1. Présentation du centre portuaire de bitume NAFTAL de Skikda :**

Les centres bitumes sont des installations industrielles classées qui doivent faire l'objet d'une demande d'autorisation d'exercice au préalable dans le cadre de la législation algérienne.

### **I.8.2. Les activités du centre bitume :**

1. La réception, le stockage et la vente en vrac des bitumes purs.
2. La fabrication, le stockage et la commercialisation des cut-backs et des émulsions.

## CHAPITRE I : Généralités sur les risques et les hydrocarbures

### 3. Le stockage et la vente du bitume oxydé 85/25.

#### Il existe au sein de NAFTAL deux types des centres bitumes :

- Les centres portuaires.
- Les centres de l'intérieur.

Le bitume issu de la raffinerie peut être pur ou oxydé.

Les bitumes purs sont traités pour la fabrication de bitumes plus légers et plus pratiques à l'utilisation

- **Les bitumes fluidifiés**

Ils sont appelés aussi cut backs Les grades de cut backs fabriqués et commercialisés par NAFTAL sont le 0/1,150/250 et le 400/600.

- **Les émulsions de bitumes**

Ceux sont de fines dispersions de bitume ou de préparation bitumineuse dans l'eau, où le bitume est la phase dispersée, En Algérie les émulsions cationiques sont utilisées le plus fréquemment pour les applications de bitume.

Les émulsions fabriquées et commercialisés par NAFTAL sont les émulsions cationiques acides d'enrobage et de répannage (60% et 65%).

#### I.8.3. Localisation de l'entreprise [19] :

Ce centre est à l'intérieur, face à l'entrée principale de l'ancien port de Skikda, et occupe une superficie 1994 m<sup>2</sup> dont 285 sont couvertes. Cette unité a été mise en service en 1956.

Il est limité

- ↖ Nord : Quais.
- ↖ Sud : Bureaux Centre de Bitume SKIKDA.
- ↖ Est : Bureaux EPS
- ↖ Ouest : ONAB

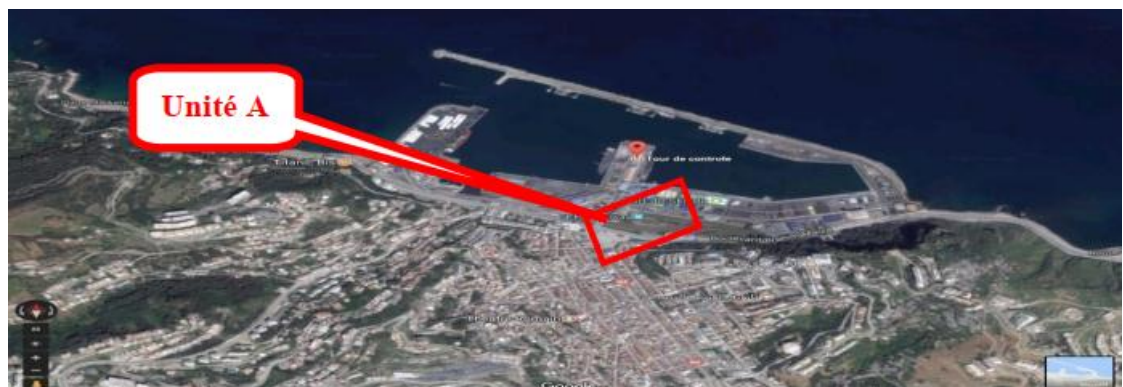


Figure I.9. Localisation d'unité (A) de centre de bitume – SKIKDA – [19]

# CHAPITRE I : Généralités sur les risques et les hydrocarbures

## Unité A :

- **Localisation :** Ce centre est à l'intérieur, face l'entrée principale de l'ancien port de Skikda, et occupe une superficie 1994 m<sup>2</sup> dont 285 m<sup>2</sup> sont couvertes. Cette unité a été mise en service en 1956.

Il est limité :

- Nord : quais 6
- Sud : bureaux A
- Est : bureaux EPS
- Ouest : ONAB b.

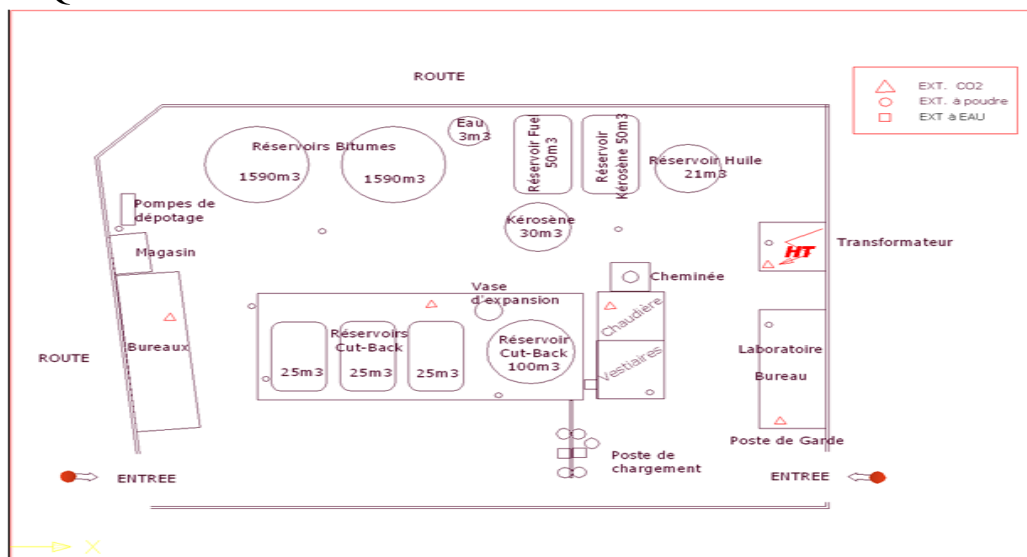


Figure I.10 : Plan de masse de l'unité A du Centre Bitume de Skikda

## Unité B:

- **Localisation :** Cette unité est implantée à l'intérieur de l'ancien port de Skikda, face l'entrée principale. Elle a été mise en service en 1958 sur une superficie totale 1994 m<sup>2</sup> dont 550 m<sup>2</sup>.

Il est limité :

- Nord : les quais
- Sud : OAIC
- Est : bacs raffinerie
- Ouest : bureaux b.

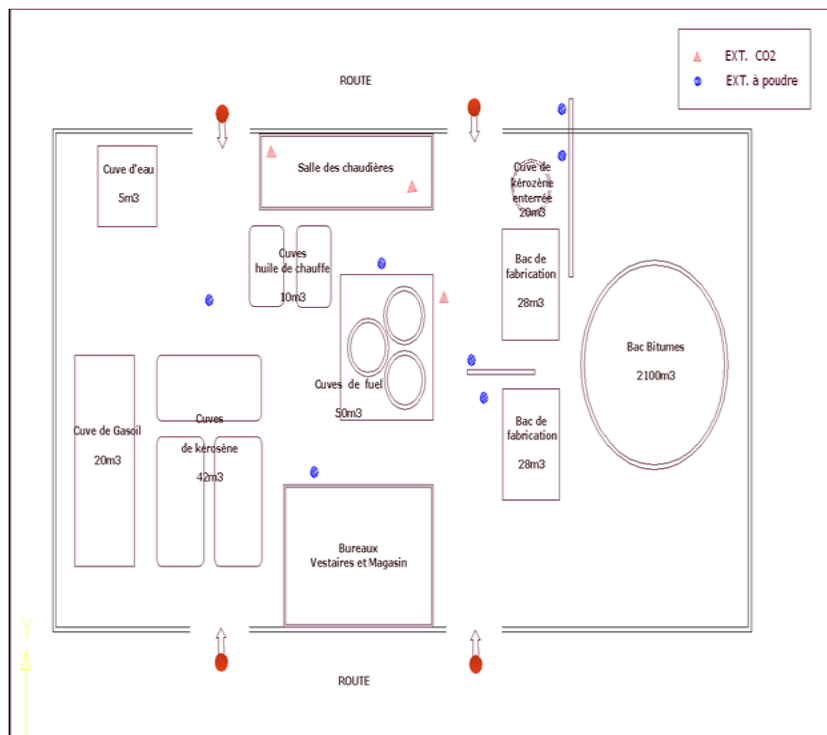


Figure I.11 : Plan de masse de l'unité B du Centre Bitume de Skikda [19]

### I.8.4. Produits commercialisés :

Les produits commercialisés au niveau du centre de bitume de Skikda sont ;

- Bitume (40/50 ; 60/70 ; 80/100)
- Cut-back (0/1 ; 150/250)

### I.8.5. Description de l'activité de centre bitume de Skikda

Le Centre BTM de Skikda est un centre de réception, stockage et distribution de Bitume. Le processus du centre Bitume contient trois lignes principales :

1. Ligne de dépotage navire.
2. Ligne de fabrication de cut-back.
3. Ligne de chargement camion.

#### I.8.5.1. Ligne de dépotage navire :

L'approvisionnement du centre en Bitume se fait par bateau, les bacs de stockage de bitume sont reliés par une pipe de réception Bitumes 6X8 de longueur environ de 100 mètres jusqu'au poste à quai le plus proche. Dès que le bateau chargé de Bitume accoste au niveau du poste à quai les conduites du bateau sont raccordées avec celles du centre, les pompes du bateau envoient le Bitume vers les bacs de stockage.

### **I.8.5.2. Ligne de fabrication des cut-backs :**

Le bitume est rendu fluide pour être utilisé en l'état par trois voies :

- La mise en émulsions : dispersion fine du bitume dans l'eau (70% de bitume)
- La fluidification : addition au bitume à de différentes proportions de diluant (pétrole lampant) pour la fabrication des cut backs.
- Le fluxage : bitumes ramollis par addition d'huiles de fluxage.

En Algérie, les bitumes formulés les plus utilisés sont les bitumes fluidifiés (*cut-backs*) et les émulsions cationiques.

### **Fabrication des Cut-backs**

Les bitumes fluidifiés sont classés en cinq (05) grades, en fonction de leur pseudo viscosité à 25°C : 0/1, 10/15, 150/250, 400/600, 800/1400.

En Algérie les classes les plus utilisées dans les techniques routières sont le 0/1 ; le 150/250 et le 400/600. Tous les centres bitumes sont dotés d'une installation de fabrication des cut-backs, néanmoins, le procédé de fabrication diffère d'une unité à une autre grâce à l'évolution de la technologie et de la date de réalisation de ces centres.

Nous distinguons trois procédés de fabrication, parmi eux le procédé discontinu : ce type de procédé est utilisé dans les centres dotés d'unités fixes. Il consiste à :

- Envoyer les proportions de bitume et de kérosène voulus dans une cuve de malaxage.
- Faire circuler le mélange dans un circuit fermé à l'aide d'une pompe jusqu'à atteindre un mélange homogène.

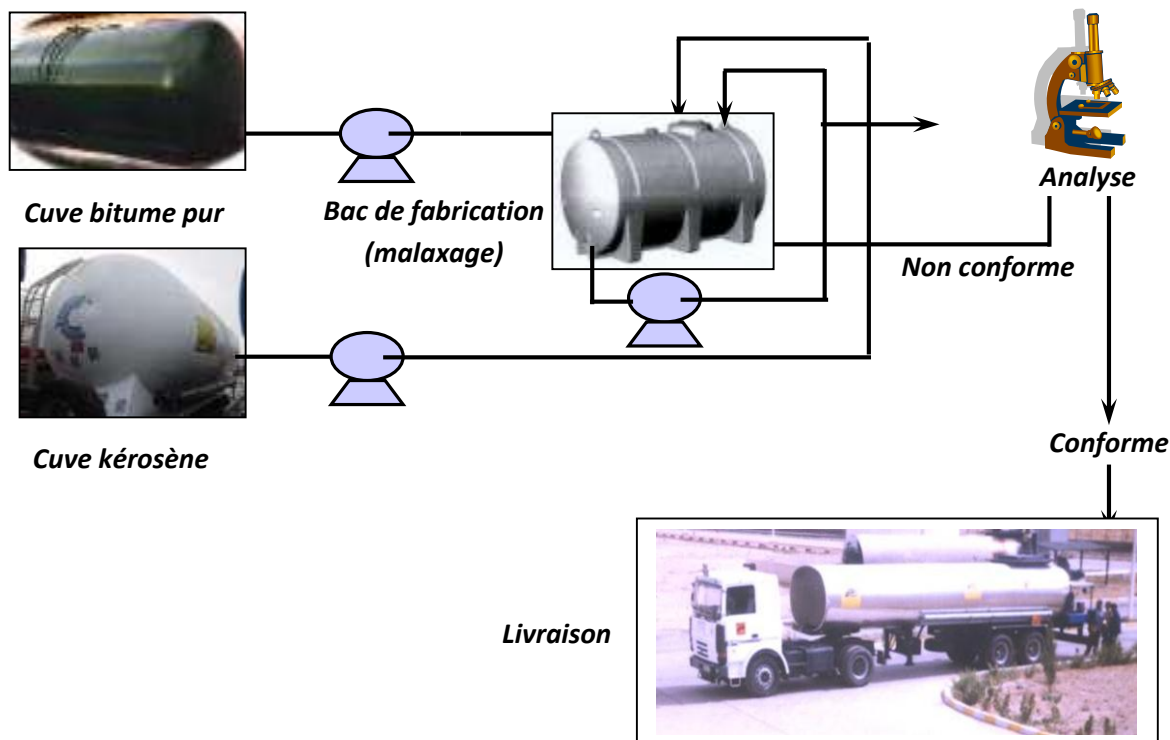


Figure I.12: Procédé discontinu de fabrication de Cut-back.

### Formulation des émulsions :

L'émulsion est une dispersion d'un liquide en fines globules (*le bitume*) dans un autre liquide en phase continue ou dispersante contenant un émulsifiant en solution aqueuse (*le savon*).

Il existe deux systèmes de fabrication :

- Le système direct consiste à mélanger le bitume au savon
- Le système indirect consiste à fabriquer le cut-back 400/600 d'abord ensuite à partir de ce dernier on fabrique le grade d'émulsion voulu.

Dans notre cas nous aborderons le système direct qui adopté au centre de Skikda. Cette méthode se décrit comme suit :

- On prépare dans un bac à savon : de l'eau chaude (50°C), de l'acide et un émulsifiant, dont les proportions préalablement fixées.
- On enclenche le groupe doseur, qui à l'aide de pompes, aspire le bitume le fluxant (Cut back 0 /1) et le savon qu'il envoie vers l'homogénéisateur.
- Après mélange dans l'homogénéisateur, l'émulsion est envoyée vers la cuve de stockage.

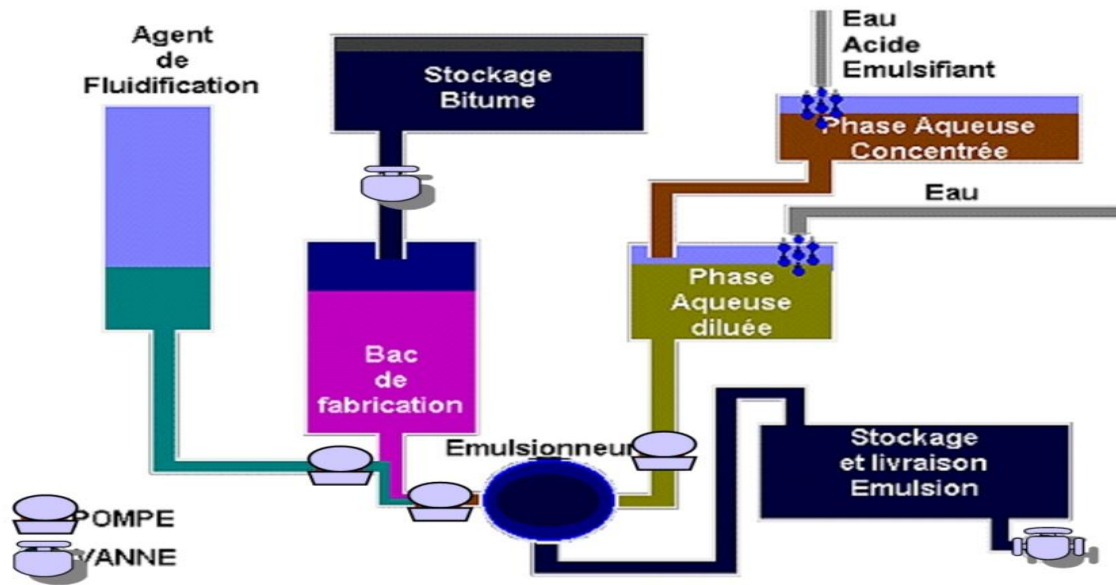


Figure I.13 : Procédé de formulation des émulsions.

### Conclusion :

Nous avons consacré ce chapitre à la présentation des concepts théoriques de base qui ont un intérêt avec notre travail, en l'occurrence notions générales sur les risques y compris les phénomènes dangereux tels que les incendies, explosions et la dispersion atmosphérique. L'accent a été mis également sur les matières dangereuses, leurs classifications, et les produits chimiques et les matières liquides inflammables

Nous avons également présenté l'entreprise de « Centre Bitume de Skikda » et sa localisation, et nous avons décrit l'activité de ce centre de bitume

Ce chapitre est considéré comme une introduction au chapitre suivant qui sera focalisé majoritairement sur les méthodes d'analyse des risques.

# **CHAPITRE II : Méthodes d'analyses des risques**

### Introduction

Dans le domaine industriel, la gestion des risques revêt une importance cruciale pour assurer la sécurité, l'efficacité et la continuité des opérations. Les systèmes industriels sont exposés à une multitude de risques potentiels, allant des pannes d'équipement aux erreurs humaines, en passant par les incidents de sécurité et les perturbations environnementales. L'analyse de ces risques permet non seulement de les anticiper et de les atténuer, mais aussi de transformer les menaces en opportunités d'amélioration et d'innovation.

Le choix de la méthode ou des méthodes nécessaires pour réaliser l'analyse des risques est primordial. Il n'existe pas une méthode unique miraculeuse qui permettrait à toutes les entreprises de toutes tailles et de tous secteurs d'analyser leurs risques afin de déterminer les mesures de prévention. Ce chapitre a pour objectif de fournir un cadre méthodologique détaillé pour l'analyse des risques, en mettant en lumière l'importance de cette démarche dans le contexte de l'étude menée, et pour consacrer aux méthodes d'analyses des risques existantes, en donnant des explications sur certaines d'entre elles. Nous allons aussi expliquer la démarche qu'on va suivre pour réaliser notre étude, à savoir le choix de la méthode d'analyse des risques et l'outil informatique de modélisation des phénomènes dangereux.

### II.1 Méthodes d'analyse des risques :

Afin d'étudier et analyser les risques potentiels sur différentes installations et sites industriels, des méthodes d'analyses et d'évaluations des risques ont été développés par des chercheurs pour faciliter ces études.

Ces méthodes d'analyses et d'évaluation des risques sont classifiées en fonction de plusieurs critères, on peut trouver dans l'étude de J. Texier, la classification des méthodes d'analyses des risques, qui sont résumés dans le tableau II.1 ci-dessous :

Tableau II.1 – classification de quelques méthodes d'analyses des risques [1]

Risk analysis methods				
	N°	Qualitative	N°	Quantitative
<b>Determinis</b>	1	Checklist	15	Dow's Chemical Exposure Index CEI
	2	Failure Mode Effect Analysis FMEA	16	Dow's Fire and Explosion Index FEI
	3	Hazard and Operability HAZOP	17	Fire and Explosion Damage Index FEDI
	4	Human Hazard and Operability (Human HAZOP)	18	Hazard Identification and Ranking HIRA
			19	Methodology of domino effects analysis

## CHAPITRE II : Méthodes d'analyses des risques

	5	Optimal Hazard and Operability (OptHAZOP)	20	Toxic Damage Index TDI
	6	Preliminary Risks Analysis PRA		
	7	Task Analysis TA		
	8	What if? Analysis		
<b>Probability</b>	9	Accident Sequences Precursor ASP	21	Event Tree Analysis ETA
	10	Delphi Technique	22	Fault Tree Analysis FTA
	11	Earthquake safety of structures and installations in chemical industries	23	Maintenance Analysis MA
			24	Short Cut Risk Assessment SCRA
			25	Work Process Analysis Model WPAM
<b>Determinist &amp; probability</b>	12	Reliability Block Diagram RBD Safety	26	Failure Mode Effect Criticality Analysis
	13	Analysis SA		FMECA
	14	Safety Culture Hazard and Operability SCHAZOP	27	Method Organised Systematic Analysis of Risk MOSAR
			28	Optimal Risk Assessment ORA
			29	Probabilistic Safety Analysis PSA
			30	Quantitative Risk Assessment QRA

### II.1.1. Classification

#### II.1.1.1 Approche probabiliste

L'étude probabiliste permet d'apprécier la probabilité des scénarios accidentels identifiés. Partant de la fréquence d'apparition des événements initiateurs (dérive d'un paramètre, brèche, corrosion, etc.), cette approche prend en compte la probabilité de succès ou d'échec des barrières de défense prévues (défense en profondeur) pour limiter les conséquences de ces événements initiateurs.

La probabilité de succès ou d'échec dépend du comportement des opérateurs et de la fiabilité des systèmes déduite de l'expérience acquise en exploitation. On calcule alors la probabilité que chaque scénario accidentel conduise aux conséquences redoutées calculées pour l'environnement.

#### II.1.1.2. 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 [20].

## CHAPITRE II : Méthodes d'analyses des risques

---

L'approche déterministe consiste alors à recenser les événements pouvant conduire à un accident grave pour l'environnement pour définir des accidents enveloppes, c'est-à-dire majorants du point de vue de leurs conséquences. On utilise ensuite le concept de défense en profondeur pour maintenir les risques à des niveaux acceptables.

### **II.1.1.3. Démarche inductive**

L'Induction, c'est une Manière de raisonner qui consiste à inférer une chose d'une autre, à généraliser à partir de cas singuliers, à aller des effets aux causes.

Le principe de ces méthodes consiste à partir d'une cause d'anomalie (défaillance, erreur humaine, agression externe, etc.) et à déterminer les scénarios d'évènements qui en résultent et/ou l'ensemble de ses conséquences possibles.

### **II.1.1.4. Démarche déductive**

La Dédution, c'est un Système de raisonnement où l'on tire des conséquences en partant d'un principe ou d'une hypothèse. C'est aussi une conséquence tirée d'un raisonnement. Les méthodes d'analyse déductive ont pour finalité la recherche des combinaisons de causes possibles d'un événement redouté.

### **II.1.1.5. Méthodes qualitatives**

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

### **II.1.1.6. 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, etc .

Les analyses quantitatives ont de nombreux avantages car elles permettent :

- D'évaluer la probabilité des composantes de la sûreté de fonctionnement.

## CHAPITRE II : Méthodes d'analyses des risques

---

- 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 chercher de meilleures coordination et concertation en matière de sécurité entre différents

### II.1.1.7. Méthodes Semi-Quantitative :

La méthode d'évaluation de la criticité est considérée comme semi-quantitative, car la probabilité d'occurrence du risque et les conséquences qui en résultent sont classées en catégories qui fournissent des critères aux opérateurs. Probabilité estimée.

### II.1.2. Critères de choix des méthodes :

Les critères suivants interviennent dans le choix d'une méthode d'analyse:

- Critères liés aux objectifs de l'analyse
- Critères liés au système étudié
- Critères liés aux moyens d'étude

## II.2. Exemples des méthodes d'analyse

Dans cette partie nous allons voir des méthodes d'analyse des risques qu'on peut facilement appliquer dans le secteur du transport de matières dangereuses.

### II.2.1. Analyse préliminaire des risques (APR)

L'analyse Préliminaire des Risques a été développée dans les domaines aéronautique et militaire au début des années 1960. C'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 (norme CEI-300-3-9).

La méthode consiste à identifier les composantes 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.

L'identification de la situation dangereuse se fait à l'aide de listes de contrôles (check-lists), Ces check-lists sont spécifiques au domaine d'étude concerné [21].

Le tableau II.2, ci-dessous est donc donné à titre d'exemple

Tableau II.2 – Exemple de tableau de type « APR » [21]

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

### II.2.2. Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE)

L'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) est une technique permettant d'identifier dans quelles mesures les composants, les systèmes ou les processus peuvent tomber en panne pour exécuter la conception prévue [22].

L'AMDE permet d'identifier :

- Tous les modes de défaillance potentiels des différentes parties d'un système (un mode de défaillance est l'observation d'une panne ou de ce qui ne fonctionne pas correctement)
- les effets que ces défaillances peuvent avoir sur le système
- les causes de la défaillance
- la manière d'éviter les défaillances et/ou de limiter leurs effets sur le système.

Il existe plusieurs types de méthode AMDE

- l'AMDE Conception (ou produit), qui est utilisée pour les composants et les produits
- l'AMDE Système utilisée pour les systèmes
- l'AMDE Processus utilisée pour les processus de fabrication et d'assemblage
- l'AMDE Service
- l'AMDE Logiciel

### II.2.3. Arbre des causes

L'arbre des causes est plutôt une méthode pour organiser les informations recueillies à propos d'un accident et donc l'analyser, qu'un guide pour recueillir les informations.

Le principe de l'utilisation des arbres des causes est de mettre en pratique cette maxime en réunissant les éléments ayant joué un rôle dans un événement et en restituant à chacun sa place dans le déroulement de l'événement. Cette démarche doit être assez éloignée de la démarche de

## CHAPITRE II : Méthodes d'analyses des risques

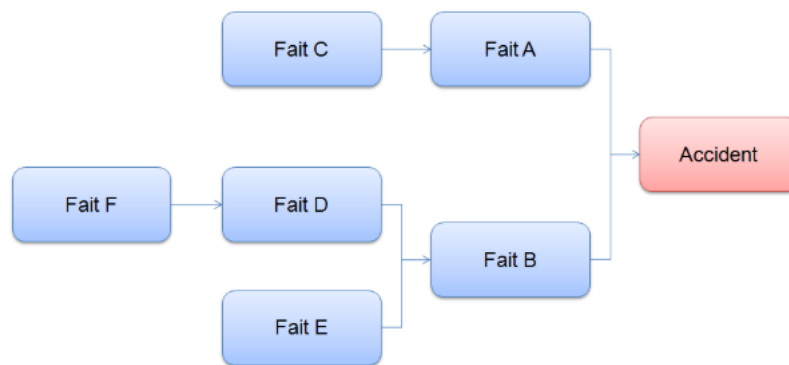
---

recherche de responsabilités ou de culpabilités [23].

La « méthode de l'arbre des causes » n'est pas la seule possible mais elle est très largement répandue et recommandée car elle présente des caractéristiques très favorables :

- elle est simple à mettre en œuvre (nombre d'entreprises l'ont diffusée et son acquisition par de nombreux acteurs se révèle généralement assez aisée).
- elle aide beaucoup à aller plus loin que des méthodes usuelles reposant sur des questionnaires.
- elle guide sans contraindre. Le formalisme de la méthode pousse à la recherche des causes dans des directions qui pourraient être spontanément écartées ; il favorise le caractère systématique de la recherche des faits et de leurs liens logiques. Par contre elle n'est pas contraignante et permet de prendre en compte sans difficultés toutes les contributions.
- elle vise à représenter tout ce qui contribue à expliquer l'événement sans favoriser ou hiérarchiser les éléments, en particulier, les éléments permanents, « normaux », qui ont contribué à l'accident doivent apparaître au même titre que les événements particuliers ou « anormaux ».
- elle aide à mettre en évidence ce qui différencie le scénario étudié du scénario « normal » de référence.
- elle favorise la recherche et l'évaluation de mesures de prévention ou de protection destinées à éviter le retour de l'événement ou de ses conséquences fâcheuses.
- elle met souvent en évidence des facteurs d'accidents susceptibles de se manifester dans d'autres scénarios que celui étudié.
- elle offre l'occasion d'une appropriation globale et commune par tous les acteurs concernés par l'événement et impliqués dans son analyse de la compréhension de l'événement et des situations vécues. Elle déculpabilise les acteurs.

La figure II.1 représente les différents symboles utilisés dans un arbre de causes.



**Figure II.1. Exemple d'un arbre de causes**

### II.2.4. Arbre d'évènements

L'analyse par arbre d'évènement (Event tree Analysis ETA) a été développée au début des années 1970 pour l'évaluation du risque lié à une centrale nucléaire. Comme étant une technique inductive, L'analyse par Arbre d'Évènements permet d'identifier et d'analyser les fréquences de danger par la convention des différents évènements initiateurs en conséquence éventuelles relatives au fonctionnement ou à la défaillance du système selon les dispositifs techniques, humains, et organisationnels. l'inverse de l'analyse par Arbre de Défaillances, l'AdE suppose la défaillance d'un composant ou d'une partie du système et s'attache à déterminer les évènements qui en découlent [24].

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

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

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 évènement 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'évènement initiateur [25].

La figure II.2 représente un exemple d'AdE

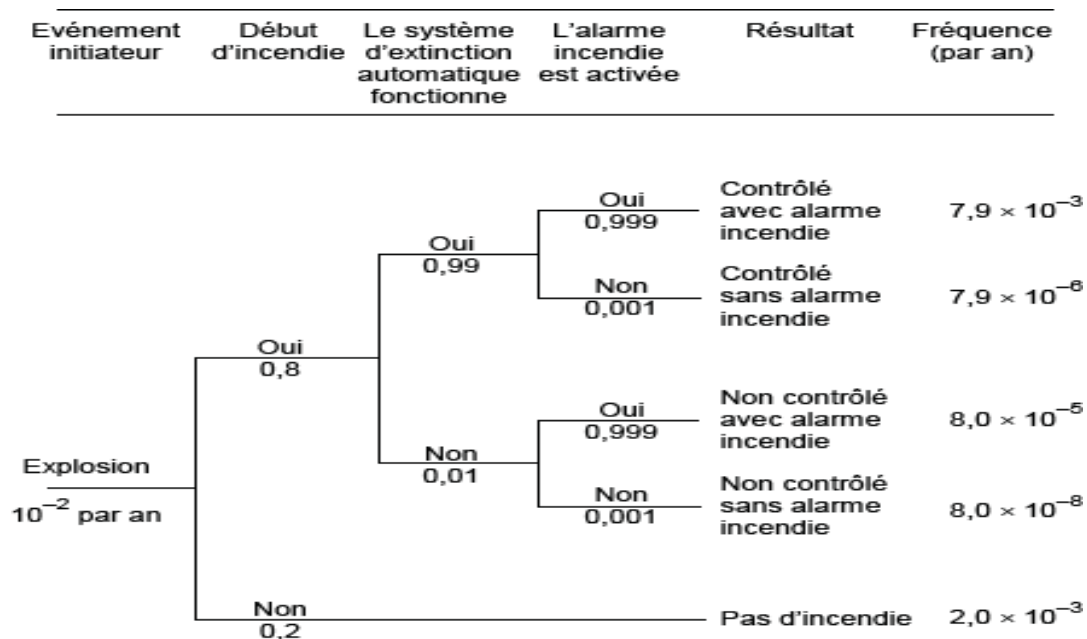


Figure II.2. Exemple d'arbre d'événements (CEI 2064/09)

**II.2.5. Arbre de défaillance**

L'analyse par arbre de défaillance est une méthode de type déductif. En effet, il s'agit, à partir d'un événement redouté défini a priori, de déterminer les enchaînements d'évènements ou combinaisons d'évènements pouvant finalement conduire à cet événement. Cette analyse permet de remonter de causes en causes jusqu'aux évènements de base susceptibles d'être à l'origine de l'événement redouté. Les facteurs de causalité sont identifiés de manière déductive et organisés de manière logique et graphique, sous la forme d'une arborescence décrivant les facteurs de causalité et leurs relations logiques à l'événement de tête [26].

L'événement redouté ou indésirable peut être un événement associés à des défaillances matérielles de composants, à des erreurs humaines ou à tout autre événement pertinent.



## CHAPITRE II : Méthodes d'analyses des risques

le risque et les conséquences. Les diagrammes «nœud papillon» peuvent être conçus à partir d'arbres de défaillance et d'événement, mais ils sont le plus souvent élaborés directement à la suite d'une session de «brainstorming».

L'analyse «nœud papillon» est utilisée lorsque la situation ne garantit pas la complexité d'une analyse par arbre de panne complète ou que l'accent est essentiellement placé sur l'absence absolue de barrière ou de contrôle pour chaque vecteur de défaillance. Elle est utile lorsque les vecteurs menant à la défaillance sont clairs et indépendants. Un «nœud papillon» est souvent plus facile à comprendre qu'un arbre de pannes ou d'événements. De ce fait, il peut s'agir d'un bon outil de communication lorsque l'analyse est faite par des techniques plus complexes.

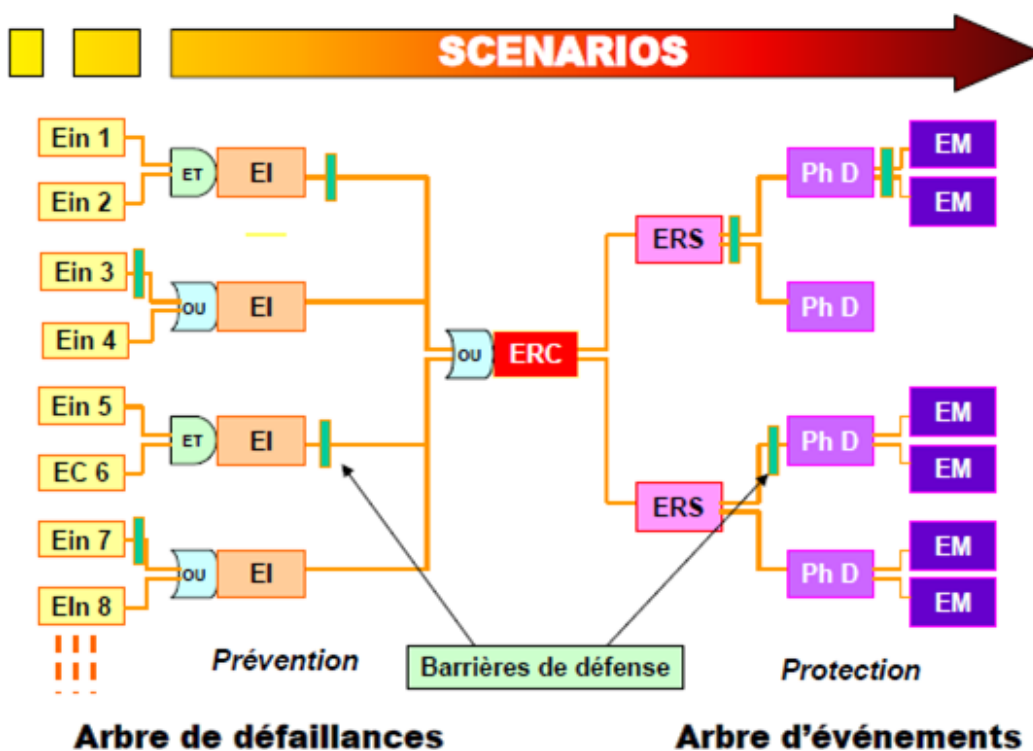


Figure II.4. Représentation de scénarios d'accident selon le modèle du nœud papillon [21]

### II.3. Méthodes d'analyse des risques et outils retenus pour l'étude et l'analyse des risques dans le Centre Bitume de Skikda

Pour notre étude, nous opté pour l'utilisation de la méthode HAZOP et la Méthode AMDEC, qui est les mieux adapté pour un système contenant un fluide

#### II.3.1. description de la méthode HAZOP

La méthode HAZOP, pour Hazard Operability, a été développée par la société Impérial Chemical Industries (ICI) au début des années 1970. Elle a depuis été adaptée dans différents secteurs

## CHAPITRE II : Méthodes d'analyses des risques

---

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 ». Considérant 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 PID.

La méthode HAZOP (Hazard and Operability Study) est une technique systématique utilisée pour identifier et évaluer les risques dans les systèmes industriels et les processus. Elle permet de détecter les dangers potentiels et d'analyser les problèmes de fonctionnement (opérabilité) pouvant affecter la sécurité, l'efficacité et la fiabilité des installations [28].

### II.3.2. Déroulement

Le déroulement d'une étude HAZOP se fait en suivant les étapes suivantes [29] :

- Dans un premier temps, choisir une ligne ou une maille. Elle englobe généralement un équipement et ses connexions, l'ensemble réalisant une fonction dans le procédé identifié au cours de la description fonctionnelle ;
- Choisir un paramètre de fonctionnement ;
- Retenir un mot-clé et étudier la dérive associée ;
- Vérifier que la dérive est crédible. Si oui, passer au point 5, sinon revenir au point 3
- Identifier les causes et les conséquences potentielles de cette dérive, - Examiner les moyens visant à détecter cette dérive ainsi que ceux prévus pour en prévenir l'occurrence ou en limiter les effets ;
- Proposer, le cas échéant, des recommandations et améliorations ;
- Retenir un nouveau mot-clé pour le même paramètre et reprendre l'analyse au point 3
- Lorsque tous les mots-clés ont été considérés, retenir un nouveau paramètre et reprendre l'analyse au point 2 ;
- Lorsque toutes les phases de fonctionnement ont été envisagées, retenir une nouvelle ligne et reprendre l'analyse au point 1

## CHAPITRE II : Méthodes d'analyses des risques

Toutes ces étapes sont schématisées dans la Figure II.5 :

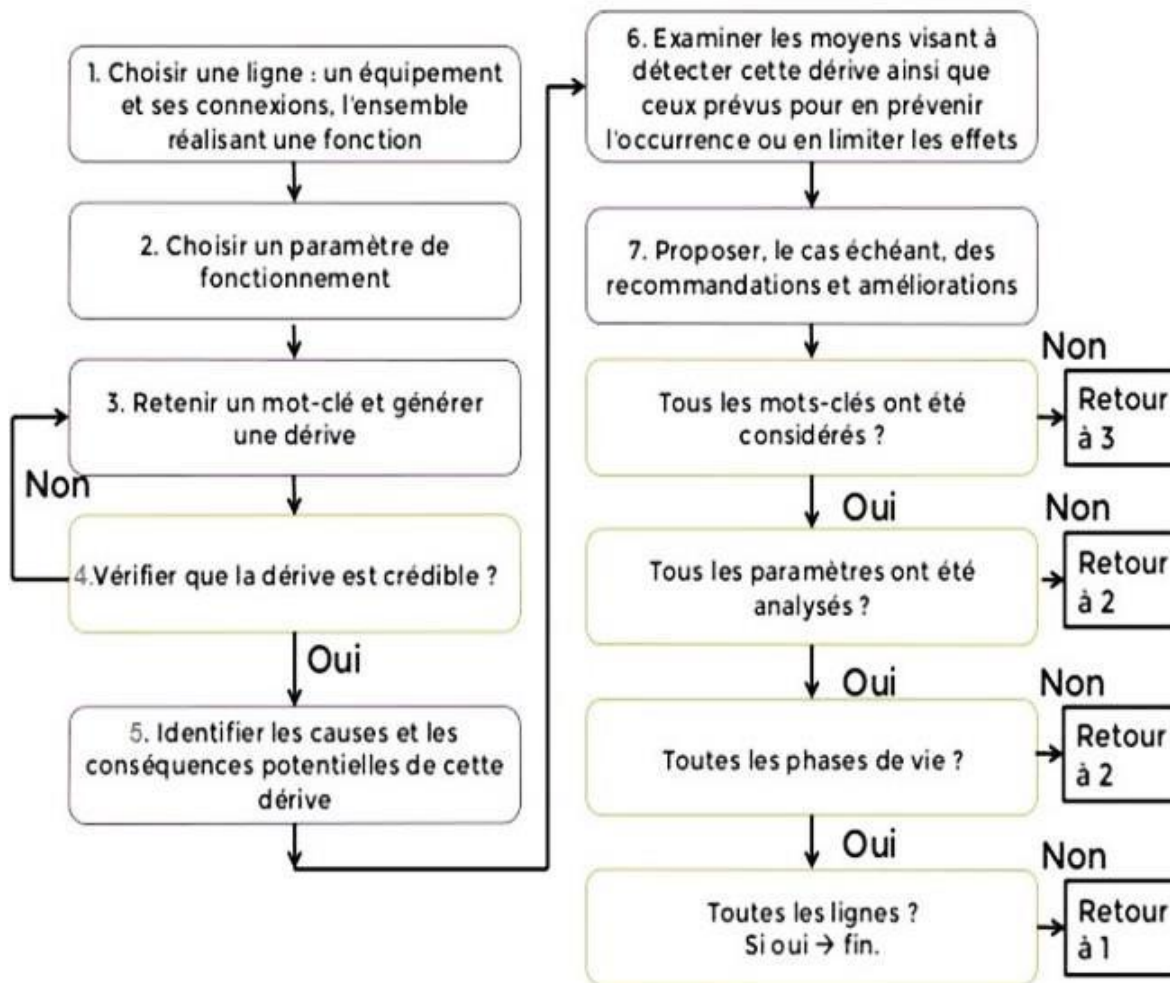


Figure II.5. Schéma de déroulement de la méthode HAZOP [24]

Notons de plus que, dans le domaine des risques accidentels, il est souvent nécessaire de procéder à une estimation de la criticité des dérives identifiées. Enfin, comme le précise la norme CEI: 61882, il est également possible de dérouler l'HAZOP, en envisageant en premier lieu un mot-clé puis de lui affecter systématiquement les paramètres identifiés. Tout comme pour l'AMDEC et l'APR, un tableau de synthèse se révèle souvent utile pour guider la réflexion et collecter les résultats des discussions menées au sein du groupe de travail.

Un exemple de tableau pouvant être utilisé est présenté et commenté dans les paragraphes suivants :

## CHAPITRE II : Méthodes d'analyses des risques

Tableau II.3. Exemple de tableau de type « HAZOP »

Date :							
Ligne ou équipement :							
1	2	3	4	5	7	8	9
N	Mot- guide	Déviaton	Causes	Conséquences	Moyens de détections	Protection / Recommanda tion	Niveau de risque
°							

### a) Définition des mots-clés

Les mots-clés, accolés aux paramètres importants pour le procédé, permettent de générer de manière systématique les dérives à considérer. La norme CEI : 61882 propose des exemples des mots-clés dont l'usage est particulièrement courant. Ces mots-clés sont repris dans le tableau ci-dessous.

Tableau II.4. Exemples de mots-clés pour l'HAZOP

Type de déviation	Mot Clé	Exemples d'interprétation
Négative	Ne pas faire	Aucune partie de l'intention n'est remplie
Modification quantitative	Plus	Augmentation quantitative
	Moins	Diminution quantitative
Modification qualitative	En plus de	Présence d'impuretés – Exécution simultanée d'une autre opération / étape
	Partie de	Une partie seulement de l'intention est réalisée
Substitution	Inverse	S'applique à l'inversion de l'écoulement dans les canalisations ou à l'inversion des réactions chimiques

## CHAPITRE II : Méthodes d'analyses des risques

	Autre que	Un résultat différent de l'intention originale est Obtenu
Temps	Plus tôt	Un événement se produit avant l'heure prévue
	Plus tard	Un événement se produit après l'heure prévue
Ordre séquence	Avant	Un événement se produit trop tôt dans une séquence
	Après	Un événement se produit trop tard dans une séquence

### *b) Définition des paramètres*

Les paramètres auxquels sont accolés les mots-clés dépendent bien sûr du système considéré. Généralement, l'ensemble des paramètres pouvant avoir une incidence sur la sécurité de l'installation doit être sélectionné. De manière fréquente, les paramètres sur lesquels porte l'analyse sont :

- la température
- la pression
- le débit
- le niveau
- la concentration
- le temps
- des opérations à réaliser

La combinaison de ces paramètres avec les mots clé précédemment définis permet donc de générer des dérives de ces paramètres. Par exemple :

- « Plus de » et « Température » = « Température trop haute »,
- « Moins de » et « Pression » = « Pression trop basse »,
- « Inverse » et « Débit » = « Retour de produit »,
- « Pas de » et « Niveau » = « Capacité vide ».

### *c) Causes et conséquences de la dérive*

De la même façon que pour une AMDE, le groupe de travail, une fois la dérive envisagée, doit identifier les causes de cette dérive, puis les conséquences potentielles de cette dérive. En pratique, il peut être difficile d'affecter à chaque mot clé (et dérive) une portion bien délimitée du système et en conséquence, l'examen des causes potentielles peut s'avérer, dans certains cas, complexe. Afin de faciliter cette identification, il est utile de se référer à des listes guides. [30].

### *d) Moyens de détection, sécurités existantes et propositions*

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. 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. [30]

### **II.3.3. Avantages et Limites de la méthode HAZOP**

L'HAZOP est un outil particulièrement efficace pour les systèmes thermo hydrauliques. Cette méthode présente tout comme l'AMDE un caractère systématique et méthodique. Considérant, de plus, simplement les dérives de paramètres de fonctionnement du système, elle évite entre autres de considérer, à l'instar de l'AMDE, tous les modes de défaillances possibles pour chacun des composants du système. En revanche, l'HAZOP permet difficilement d'analyser les événements résultant de la combinaison simultanée de plusieurs défaillances. Par ailleurs, il est parfois difficile d'affecter un mot clé à une portion bien délimitée du système à étudier. Cela complique singulièrement l'identification exhaustive des causes potentielles d'une dérive. En effet, les systèmes étudiés sont souvent composés de parties interconnectées si bien qu'une dérive survenant dans une ligne ou maille peut avoir des conséquences ou à l'inverse des causes dans une maille voisine et inversement. Bien entendu, il est possible a priori de reporter les implications d'une dérive d'une partie à une autre du système. Toutefois, cette tâche peut rapidement s'avérer complexe [21].

### **II.3.4. Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC)**

La méthode AMDEC développe une AMDE de sorte que chaque mode de défaillance identifié soit classé conformément à son importance ou criticité.

D'une manière générale, il s'agit d'une analyse qualitative ou semi-quantitative, mais qui

## CHAPITRE II : Méthodes d'analyses des risques

---

peut être quantifiée à l'aide des taux de défaillance actuels. Le tableau II.2 présente un exemple de tableau pour la méthode AMDEC

*Tableau II.5. – Exemple de tableau de type « AMDEC »*

1	2	3	4	5	6	9
Mode de défaillance	Description	Cause	Conséquence	Mesures de prévention	Recommandations	Niveau du risque

### **II.3.5. Avantages et Limites de la méthode AMDEC**

L'AMDEC, ou Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité, présente plusieurs avantages notables, tels que la prévention des problèmes avant leur survenue, l'amélioration de la qualité des produits et processus, et la priorisation des risques en fonction de leur criticité, ce qui permet une utilisation efficace des ressources. De plus, elle favorise la collaboration entre différents départements et assure une documentation complète pour la traçabilité et les audits. Cependant, la méthode AMDEC a aussi ses limites, notamment la consommation importante de temps et de ressources, la complexité de sa mise en œuvre pour les processus complexes, et la dépendance à la qualité des données disponibles. Il existe également un risque de se concentrer excessivement sur des détails mineurs, ainsi qu'une résistance potentielle au changement lors de la mise en œuvre des actions correctives. Enfin, bien que l'AMDEC soit efficace pour les défaillances connues, elle peut être moins utile pour anticiper les risques émergents ou inconnus. [31]

### **Conclusion**

Afin de réaliser une bonne gestion des risques, nous avons besoin d'une étape primordiale qui est l'analyse et l'identification des risques. Ce chapitre est dédié à la présentation de quelques méthodes d'analyse des risques couramment utilisées dans les milieux industriels, comme l'APR/ AMDEC/ Nœud Papillon...etc.

## CHAPITRE II : Méthodes d'analyses des risques

---

Notre but est de réaliser une analyse des risques dans le centre bitume Skikda, pour identifier les causes et les conséquences possibles suite une perte de confinement. Cette identification se fera par la méthode HAZOP et la méthode AMDEC.

**Chapitre III. Application des méthodes  
d'analyse des risques (HAZOP et AMDEC)  
au niveau de Centre Bitume de Skikda**

### **Introduction :**

Assurer la sécurité et l'efficacité des opérations portuaires est d'une importance capitale pour le Bitume Port Center à Skikda, un acteur clé de l'économie algérienne. Ce centre joue un rôle crucial dans l'importation et l'exportation du bitume, un matériau essentiel au développement des infrastructures. La prévention des accidents, la minimisation de l'impact environnemental et la protection du bien-être des travailleurs et de la communauté environnante sont des impératifs pour le bon fonctionnement du centre

Nous penchons sur l'application de deux méthodologies d'analyse des risques largement reconnues : HAZOP (Hazard and Operability Study) et AMDEC (Failure Mode and Effects Analysis). L'objectif de cette analyse approfondie est d'identifier, d'évaluer et de hiérarchiser les risques potentiels associés aux opérations du Bitume Port Center.

### **III.1. les équipements étudiés:**

#### **III.1.1 Les bac de stockages du bitume :**

Les bacs de stockage de bitume sont des éléments essentiels de l'industrie du bitume, utilisés pour stocker et maintenir en toute sécurité la température du bitume, un matériau visqueux et inflammable dérivé du pétrole brut. Ces bacs jouent un rôle crucial dans l'approvisionnement fluide et efficace du bitume pour diverses applications, notamment la construction de routes, la toiture et l'imperméabilisation.

##### **III.1.1.1 Application de la méthode HAZOP sur les risques existants sur les bacs de stockages du bitume et aux tâches liées.**

Les bacs de stockage de bitume sont généralement construits à partir de matériaux robustes comme l'acier ou le béton armé pour résister à la température, le poids et à la pression du bitume.

Nous avons appliqué la méthode HAZOP sur les trois principaux paramètres le débit, la température et la pression

### Chapitre III. Application des méthodes d'analyse des risques (HAZOP et AMDEC) au niveau de Centre Bitume de Skikda

---

Le tableau III.1 résume les résultats de l'application de la méthode HAZOP sur le bac de stockage.

**Tableau III.1 – Résultats de l'application de la méthode HAZOP sur le bac de stockage**

SECTEUR : STOKAGE DE BITUME									
EQUIPEMENT : BAC DE STOCKAGES					Paramètre : <b>Pression</b>				
N°	Mots Guide	Déviation	Causes	Conséquence	Moyens de détections	protection	Cotation Du risque		
							G	P	CR
<b>B.P1</b>	plus	Plus de pression	<ul style="list-style-type: none"> <li>- défaillance de détecteur de niveau</li> <li>- défaillance de vanne de purge ;</li> <li>- défaillance de vanne manuelle (reste fermée)</li> <li>élévation de température ;</li> <li>- incendie au voisinage</li> <li>- erreur opérateur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rupture possible du bac</li> <li>- débordement du condensât.</li> <li>- Ouverture des soupapes sur circuit de mise en froid.</li> <li>- Ouverture des soupapes au refoulement des pompes</li> <li>- incendie</li> </ul>	Signalisation dans la salle de contrôle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ouverture de la vanne de garde manuelle et dépressurisation vers les torches.</li> <li>- extracteur au toit du bac (PCV, PSV)</li> <li>- Système de refroidissement</li> <li>- Soupape de sécurité</li> </ul>	4	2	<b>4.2</b>
<b>B.P2</b>	moins	Moins de pression	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cavitation des pompes</li> <li>- Vanne au refoulement des</li> </ul>	Endommagement de la garniture des pompes.	.Manomètre au refoulement des pompes	- Refroidissement des pompes 55IP03/04 3 heures avant le	1	3	<b>1.3</b>

Chapitre III. Application des méthodes d'analyse des risques (HAZOP et AMDEC) au niveau de Centre Bitume de Skikda

			<p>pompes fermée. .</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vanne 55HV401 défectueuse.</li> <li>- Vanne à l'aspiration du bac fermée</li> <li>-</li> </ul>			démarrage de la mise en froid			
Paramètre : <b>Température</b>									
<b>B.T1</b>	Plus de	Haute température	<ul style="list-style-type: none"> <li>- incendie au voisinage</li> <li>- effets thermiques externes</li> <li>- conditions climatiques</li> <li>- élimination insuffisante de chaleur défaut de (refroidissement)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- évaporation du condensât et augmentation de pression.</li> <li>- dilatation liquide confiné</li> <li>- condensât instable</li> <li>- possibilité d'inflammation au d'auto inflammation</li> <li>- explosion de type boil-over possible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Indicateur de température</li> <li>- Opérateur humain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- refroidissement du bac par système déluge.</li> <li>-diminuer la production en évitant le transfert du fluide et maintenir plus au moins dans le splitter</li> <li>- Soupape de sécurité</li> </ul>	3	4	3.4

Chapitre III. Application des méthodes d'analyse des risques (HAZOP et AMDEC) au niveau de Centre Bitume de Skikda

Paramètre : Niveau									
<b>B.N1</b>	Moins de	niveau Bas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- défaillance de clapet anti retour</li> <li>- Fuites, bouchages dans les tubes.</li> <li>- Evaporation du condensât à cause des variations de la pression et de température.</li> <li>- Rupture du bac ou problème dans les vannes</li> <li>-Défaillance dans les pipes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rejet du condensât à l'extérieur.</li> <li>-Création d'une atmosphère explosive (dispersion)</li> <li>-incendie</li> <li>- explosion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gérer par salle de contrôle</li> <li>-Détecteur de niveau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-vérification visuelle par un agent sur terrain</li> <li>-Utiliser des gages et des matériaux de contrôle de qualité certifiée par des organismes mondiaux</li> <li>-Expédition du condensât.</li> <li>-Arrêt de remplissage</li> </ul>	3	2	3.2
<b>B.N2</b>	Plus de	Haut niveau	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Très haut débit d'alimentation</li> <li>- défaillance de vanne manuelle (reste ouverte)</li> <li>- non fonctionnement de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Echange thermique</li> <li>-Charge excessive sur les viroles</li> <li>-Ouverture de la vanne 'PV'</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gérer par salle de contrôle.</li> <li>Détecteur de niveau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-fermeture des vannes de remplissage du bac</li> </ul>	4	3	4.3

Chapitre III. Application des méthodes d'analyse des risques (HAZOP et AMDEC) au niveau de Centre Bitume de Skikda

			pompe de refoulement	ensuite la 'PSV'. - débordement du bac  - risque de d'incendie/explosion						
Paramètre : <b>Débit</b>										
<b>B.D1</b>	Moins de	Faible débit	-Vanne entrée du bac oublié fermé ou défaillante fermé ou vanne entrée du bac défaillante fermée -clapet anti retour défaillante fermée	.Augmentation de pression -rupture du bac -Libération du condensat -risque d'incendie/explosion	/	système d'extinction existant fixe et mobile	3	3	<b>3.3</b>	
<b>B.D2</b>	Plus de	Haut débit	-défaillance de clapet anti-retour de l'un des bacs voisins. -fuit dans la ligne d'expédition ou la purge de la ligne d'expédition reste Ouverte	-libération du Condensat -débordements du bac -risque d'incendie/explosion	Soupape de sécurité	- Soupape de sécurité -matérielles extinction fixe et mobile	4	2	<b>4.2</b>	

Gravité	1			<b>B.P2</b>	
	2				
	3		<b>B.N1</b>	<b>B.D1, B.T1</b>	
	4		<b>B.D2, B.P1</b>	<b>B.N2</b>	
	1	2	3	4	
	Probabilité				

**Figure III.1.** Résumé des résultats obtenus dans la matrice de risques utilisée (bac de stockage)

## Chapitre III. Application des méthodes d'analyse des risques (HAZOP et AMDEC) au niveau de Centre Bitume de Skikda

### III.1.2 la chaudière à huile diathermique:

La chaudière à huile diathermique est un élément essentiel du système de chauffage du bitume dans l'usine NAFTAL de Skikda. Elle permet de chauffer l'huile de transfert thermique, qui circule ensuite dans les bacs de stockage pour maintenir le bitume à une température adéquate

#### III.1.2. Application de la méthode AMDEC sur les risques existants sur la chaudière

La chaudière à huile diathermique fonctionne selon le principe de la combustion. Le gasoil est pulvérisé dans la chambre de combustion et brûlé au contact d'air.

Nous avons appliqué la méthode AMDEC sur les deux principaux modes de défaillances la surchauffe et la surpression de la chaudière.

**Tableau III.2 Application la méthode AMDEC sur les deux principaux modes de défaillances la surchauffe et la surpression de la chaudière.**

Mode de défaillance	Description	Cause	Conséquence	Mesures de prévention	Recommandations	Niveau de risque
<b>Surchauffe</b>	Apport excessif de chaleur à la chaudière, entraînant des températures et des pressions de vapeur élevées.	Mauvais fonctionnement du système de contrôle de la température Approvisionnement excessif en combustible Approvisionnement en eau insuffisant Encrassement des surfaces de transfert de chaleur	Rupture des tubes de la chaudière Fuites de vapeur Incendie ou explosion	Capteurs et contrôleurs de température redondants Système d'alarme et d'arrêt haut température Procédures de contrôle de la température et d'intervention en cas de surchauffe	Installer un système de contrôle de la température redondant Mettre en œuvre un programme de maintenance prédictive pour les capteurs et contrôleurs de température Renforcer la formation des opérateurs sur les procédures de contrôle de la température	<b>Élevé</b>
<b>surchauffe</b>	Apport de chaleur insuffisant à la chaudière, ce qui entraîne une réduction de la production de vapeur et une combustion potentiellement	Mauvais fonctionnement du système de contrôle de la température Approvisionnement en combustible	Combustion incomplète Accumulation de suie Perte de production	Capteurs et contrôleurs de température redondants Système d'alarme basse température et d'allumage	Installer un système de préchauffage du combustible pour améliorer l'efficacité de la combustion Mettre en œuvre un système d'élimination de la suie pour les	<b>Moyen</b>

## Chapitre III. Application des méthodes d'analyse des risques (HAZOP et AMDEC) au niveau de Centre Bitume de Skikda

	incomplète.	insuffisant Approvisionnement en eau excessif Obstruction des surfaces de transfert de chaleur		Procédures de contrôle de la température et d'intervention en cas de sous-chauffe	tubes de la chaudière Renforcer la formation des opérateurs sur les procédures de prévention de la sous-chauffe	
<b>Surpression</b>	Production excessive de vapeur ou demande de vapeur réduite, entraînant une augmentation de la pression dans la chaudière.	Mauvais fonctionnement des régulateurs de pression Approvisionnement excessif en combustible Demande de vapeur insuffisante Encrassement des surfaces de transfert de chaleur	Rupture des tubes de la chaudière Fuites de vapeur Incendie ou explosion	Régulateurs de pression redondants Soupapes de sécurité Système de décharge de vapeur Procédures de contrôle de la pression et d'intervention en cas de surpression	Installer une soupape de décharge de pression avec une capacité plus élevée Mettre en œuvre un programme de maintenance prédictive pour les régulateurs de pression et les soupapes de sécurité Renforcer la formation des opérateurs sur les procédures de contrôle de la pression	<b>Élevé</b>

### III.2. Les principales activités du centre portuaire de bitume -Skikda- :

#### III.2.1 Application de la méthode HAZOP sur les risques liés aux opérations de réception et de stockage du bitume:

Le bitume est acheminé depuis la ligne de dépotage du navire jusqu'au bac de stockage à travers cette canalisation.

Nous avons appliqué la méthode HAZOP sur les trois principaux paramètres : le débit, la température et la pression

Chapitre III. Application des méthodes d'analyse des risques (HAZOP et AMDEC) au niveau de Centre Bitume de Skikda

**Tableau III.3 Application de la méthode HAZOP sur les risques liés aux opérations de réception et de stockage du bitume.**

**Paramètre1** : Le débit

<b>Mot clé</b>	<b>Déviations</b>	<b>Causes</b>	<b>Conséquences</b>	<b>Mesures de prévention</b>	<b>Recommandation</b>
Pas de	Pas de débit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Défaillance des pompes de dépotage</li> <li>- Bouchage des tuyaux (pipes)</li> <li>- Fuite au niveau des pipes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problème de dépotage de bitume dans le bac</li> <li>- Perte de mission (production)</li> <li>- Il peut endommager les pompes.</li> </ul>	Un détecteur de débit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Installer un deuxième détecteur de débit et un système d'alarme indique l'arrêt des pompes.</li> <li>- Vérification périodique des pompes et pipes.</li> </ul>
Plus de	Haut débit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Défaillance de capteur de débit(donne des fausses indications)</li> <li>- Les pompes marchent avec une capacité maximale</li> </ul>	-Eclatement des pipes	Capteur de débit	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Alarme en cas de dépasser la valeur limite de débit.</li> <li>- Vérification périodique des capteurs, des pompes et des pipes.</li> </ul>
Moins de	Bas débit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bouchage, fuite au niveau des pipes ou défaillance des pompes</li> <li>- Fausse indication du capteur</li> </ul>	- Pas de conséquences graves	Capteur de débit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérification périodique des pompes, capteurs et pipes.</li> <li>- Nettoyage de l'installation</li> </ul>

Chapitre III. Application des méthodes d'analyse des risques (HAZOP et AMDEC) au niveau de Centre Bitume de Skikda

**Paramètre 2 : La température**

<b>Mot clé</b>	<b>Déviations</b>	<b>Causes</b>	<b>Conséquences</b>	<b>Mesure de prévention</b>	<b>Recommandation</b>
Plus de	Haute température	- Augmentation de la température ambiante.	-Pas de conséquences graves <250°C. - Si la température de Bitume > 100 °C cela peut engendrer une émission des gaz toxiques dans l'air dans le cas de fuite.	Le Bitume est transporté dans des cuves fermées.	-Vérification périodique de l'installation - Installer un capteur de température

**Paramètre 3 : La pression**

<b>Mot clé</b>	<b>Déviations</b>	<b>Causes</b>	<b>Conséquences</b>	<b>Mesures de prévention</b>	<b>Recommandations</b>
Plus de	Suppression	Les pipes sont bouchées et les pompes continuent à fonctionner	Éclatement des pipes	Capteur de pression	Arrêt automatique des pompes lorsque la pression dépasse une valeur limite de hautes pressions

**III.2.2. Application de la méthode HAZOP sur Les risques liées à la fabrication des cut backs et la formulation des émulsions.**

Le bitume et le kérosène est acheminé des bacs de stockage vers le bac de fabrication

Nous avons appliqué la méthode HAZOP sur les trois principaux paramètres le débit, la température et la pression

Chapitre III. Application des méthodes d'analyse des risques (HAZOP et AMDEC) au niveau de Centre Bitume de Skikda

**Tableau III.4 Application de la méthode HAZOP sur Les risques liées à la fabrication des cut backs et la formulation des émulsions.**

**Paramètre 1:Le débit**

<b>Mot clé</b>	<b>Déviaton</b>	<b>Causes</b>	<b>Conséquence</b>	<b>Mesure de prévention</b>	<b>Recommandation</b>
Pas de	Pas de débit	-Pas de bitume dans le bac de stockage - La vanne du bac de stockage est fermée ou en panne	- Pas de produit de cut-back	-Détecteur de débit	Il faut vérifier périodiquement les vannes et installer une deuxième vanne de secours
Plus de	Haut débit	- Défaillance de la vanne -Fausse indication de détecteur de débit	- Produit concentré en Bitume (produit non conforme)	- Détecteur de débit	Installer un deuxième détecteur de débit et une alarme pour le haut débit
Moins de	Bas débit	- Défaillance de la vanne - Fuite au niveau des pipes -Fausse indication des capteurs	- Produit riche en kérosène et plus fluide (produit non conforme)	- Détecteur de débit	Il faut vérifier périodiquement les vannes

**Paramètre 2 : La température**

<b>Mot clé</b>	<b>Déviaton</b>	<b>Causes</b>	<b>Conséquence</b>	<b>Mesure de prévention</b>	<b>Recommandation</b>
Plus de	Haute température	- Le bitume est surchauffé lors du préchauffage -Défaillance du capteur de température	- Inflammabilité du produit à la présence d'une flamme ou étincelle (Risque incendie).	- Capteur de température - Présence des extincteurs	- Vérification périodique des capteurs - Installer un système de refroidissement

### Chapitre III. Application des méthodes d'analyse des risques (HAZOP et AMDEC) au niveau de Centre Bitume de Skikda

---

#### Paramètre 3 : La pression

<b>Mot clé</b>	<b>Déviation</b>	<b>Causes</b>	<b>Conséquence</b>	<b>Mesure de prévention</b>	<b>Recommandation</b>
Plus de	Suppression dans la cuve de préchauffage	- Le Bitume est surchauffé	-Eclatement de la cuve et émission des gaz toxiques dans l'air	-Un détecteur de pression au niveau de la ligne qui lie le bac de stockage et le bac de fabrication	-Installer un deuxième détecteur de pression et une alarme en cas de suppression

### III.3 Résultats et discussions

L'application des méthodes d'analyse HAZOP et AMDEC au niveau du centre portuaire de Bitume -Skikda- a permis d'identifier plusieurs risques potentiels, leurs causes et conséquences, ainsi que des actions correctives à mettre en place.

- Le bitume est inflammable à haute température, et une mauvaise manipulation ou un équipement défectueux peut provoquer des incendies.
- La surchauffe de la chaudière peut entraîner un accident majeur tel qu'une explosion
- Les vapeurs de bitume peuvent s'enflammer, surtout dans des zones confinées ou mal ventilées.
- 150 000 tonne de bitume importé depuis l'Italie et l'Espagne en 2022 l'important coup de l'importation du bitume nous pousse à réparer et entretenir les unités de productions de bitume dans les raffineries de Skikda, Alger etc.
- La température est un paramètre à ne pas négliger, c'est la première cause d'accident majeur.
- Les défaillances des réservoirs, des tuyaux, ou des vannes peuvent entraîner des déversements de bitume, ce qui pose des risques de glissade et d'incendie.
- les pipes peuvent éclater lors du dépotage du bitume depuis les navires
- Les pannes de pompes, de vannes, de capteurs, et autres équipements peuvent entraîner des interruptions de production, des déversements, et des situations d'urgence.
- Adopter les dernières technologies de sécurité et de système de management des risques car la sécurité vous garantit la durabilité des équipements et l'amélioration de la production et des conditions de travaux, c'est un investissement très rentable à la longue.
- Les éclaboussures de bitume chaud peuvent se produire lors du chargement, du déchargement ou du transport.
- l'établissement d'autres terminaux portuaires de bitume et des nouvelles raffineries pour faire plus de ventes et ainsi augmenter le chiffre d'affaire de l'entreprise.
- Le contact avec le bitume chaud peut entraîner des brûlures chimiques et thermiques.
- réparation des unités de bitumes dans les raffineries.
- Émission des gaz toxiques dégagés dans l'air.

## Chapitre III. Application des méthodes d'analyse des risques (HAZOP et AMDEC) au niveau de Centre Bitume de Skikda

---

- Les erreurs de manipulation ou de surveillance peuvent provoquer des incidents graves, comme des débordements de réservoirs ou des mélanges incorrects de produits.
- Les fumées et les émissions provenant du chauffage et du traitement du bitume peuvent contenir des substances nocives pour l'environnement.
- mettre en œuvre un programme de maintenance périodique principalement pour les contrôleurs de température, les systèmes d'alarmes et capteur de température ainsi que pour tous les EPI et EPC existants au sein du centre
- Organiser régulièrement des meetings de sensibilisation du personnel aux accidents de travail AT et aux maladies professionnelles MP animés par l'équipe de sécurité

### **III.4. Recommandations pour réduire les risques au sein du centre portuaire de bitume -Skikda- :**

#### **Atténuer les risques techniques**

Mettre en œuvre un programme de maintenance préventive rigoureux: Inspecter et entretenir régulièrement les équipements selon les recommandations du fabricant pour minimiser les risques de défaillances.

Installer des systèmes de sécurité appropriés: Mettre en place des dispositifs de sécurité tels que des détecteurs de fumée, des systèmes d'extinction d'incendie et des alarmes de déversement pour réduire le risque d'incendies, d'explosions et de fuites.

Concevoir des structures conformes aux codes de construction: S'assurer que les structures des centres de bitume sont conçues et construites conformément aux codes de construction applicables pour résister aux charges et aux intempéries.

#### **Renforcer la sécurité des travailleurs**

Développer et mettre en œuvre des programmes de formation complets: Former tous les travailleurs sur les risques potentiels, les procédures de sécurité et les interventions d'urgence spécifiques à leur rôle dans le centre de bitume.

Fournir des équipements de protection individuelle (EPI) adéquats: S'assurer que tous les travailleurs disposent des EPI appropriés, tels que des gants, des lunettes de protection, des masques respiratoires et des vêtements de protection, et qu'ils les portent correctement.

## Chapitre III. Application des méthodes d'analyse des risques (HAZOP et AMDEC) au niveau de Centre Bitume de Skikda

---

Promouvoir une culture de sécurité positive: Encourager une culture de sécurité ouverte et participative où les travailleurs se sentent à l'aise pour signaler les dangers et faire des suggestions d'amélioration.

### **Minimiser les impacts environnementaux**

Mettre en place des plans de prévention des déversements et des fuites: Développer et mettre en œuvre des plans de prévention des déversements et des fuites pour minimiser le risque de contamination environnementale.

Installer des systèmes de confinement des déversements: Mettre en place des systèmes de confinement des déversements, tels que des digues et des fossés de collecte, pour contenir les déversements et empêcher leur propagation.

Mettre en œuvre des pratiques de gestion des déchets solides: Gérer correctement les déchets solides générés par les opérations du centre de bitume conformément aux réglementations environnementales.

Surveiller les émissions atmosphériques et réduire la pollution sonore: Mettre en place des mesures de surveillance des émissions atmosphériques et mettre en œuvre des stratégies de réduction du bruit pour minimiser l'impact environnemental.

### **Prévenir les accidents majeurs**

Élaborer des plans d'intervention d'urgence complets: Développer et mettre à jour régulièrement des plans d'intervention d'urgence pour faire face à des incidents majeurs tels que des incendies, des explosions et des déversements massifs.

Mener des exercices d'entraînement aux urgences: Organiser régulièrement des exercices d'entraînement aux urgences pour tester les plans d'intervention et s'assurer que les travailleurs sont préparés à réagir efficacement en cas d'urgence.

Mettre en place des systèmes de surveillance et d'alerte précoce: Installer des systèmes de surveillance et d'alerte précoce pour détecter les dangers potentiels et alerter les travailleurs à temps pour prendre des mesures d'évitement.

### Chapitre III. Application des méthodes d'analyse des risques (HAZOP et AMDEC) au niveau de Centre Bitume de Skikda

---

Évaluer régulièrement les risques et mettre à jour les mesures de contrôle: Mener des évaluations des risques régulières pour identifier les nouveaux risques ou les changements dans les risques existants et mettre à jour les mesures de contrôle en conséquence

#### **Conclusion :**

L'application des méthodes HAZOP et AMDEC au niveau de Centre du Bitume de Skikda a permis d'identifier et d'évaluer de manière approfondie les risques potentiels associés aux opérations portuaires. L'analyse a révélé une gamme de dangers et d'écarts potentiels par rapport aux conditions normales de fonctionnement. Sur la base de ces résultats, un plan d'atténuation des risques complet a été élaboré pour minimiser la probabilité et la gravité des incidents potentiels.

La mise en œuvre continue de ce plan, couplée à des évaluations et à une surveillance régulière des risques, contribuera à renforcer la sécurité, l'efficacité et la durabilité des opérations du port.

# **CONCLUSION GENERALE**

### **Conclusion générale**

Ce projet de fin d'études a mené une analyse approfondie des risques potentiels liés aux opérations portuaires du Bitume Port Center de Skikda en Algérie. En s'appuyant sur des méthodologies d'analyse des risques reconnues, le projet a permis d'identifier, d'évaluer et de hiérarchiser les dangers inhérents au système et les écarts potentiels par rapport aux conditions normales de fonctionnement.

L'analyse a révélé un éventail de risques, allant des défaillances mécaniques et des erreurs humaines aux risques environnementaux et aux incidents majeurs. Sur la base de ces résultats, un plan d'atténuation des risques complet a été élaboré, proposant des mesures concrètes pour minimiser la probabilité et la gravité des incidents potentiels. La mise en œuvre effective de ce plan, couplée à une culture de sécurité proactive et à une surveillance continue des risques, permettra au Bitume Port Center de Skikda d'améliorer considérablement son profil de sécurité. Cela contribuera à protéger les travailleurs, l'environnement et les communautés environnantes, tout en garantissant la continuité et l'efficacité des opérations.

Ce projet démontre l'importance cruciale de l'analyse des risques dans la gestion de la sécurité des systèmes industriels complexes. L'application rigoureuse des méthodologies d'analyse des risques, couplée à l'élaboration et à la mise en œuvre d'un plan d'atténuation des risques complet, constitue une approche efficace pour identifier, évaluer et gérer les risques potentiels, contribuant ainsi à un environnement de travail plus sûr et à une exploitation industrielle plus responsable. Ce projet ouvre également la voie à de futures recherches et améliorations dans le domaine de la gestion des risques industriels. Des travaux supplémentaires pourraient être menés pour affiner les méthodologies d'analyse des risques, développer des outils et des techniques d'analyse des risques plus avancés, étudier l'application des méthodes d'analyse des risques à d'autres systèmes industriels, et promouvoir la culture de la sécurité et de la gestion des risques au sein de l'industrie.

En poursuivant ces efforts, nous pouvons continuer à progresser vers un avenir industriel plus sûr et plus durable.

# **Bibliographie**

### Références bibliographique

- [1]. Jérôme Tixier, Gilles Dusserre, Olivier Salvi, Didier Gaston. Review of 62 risk analysis methodologies of industrial plants. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Elsevier, 2002, 15 (4), pp.291-303. 10.1016/S0950-4230(02)00008-6
- [2]. Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail, [https://www.cchst.ca/oshanswers/hsprograms/hazard\\_risk.html](https://www.cchst.ca/oshanswers/hsprograms/hazard_risk.html) 27/04/2024
- [3]. G 4 218- Quantification du risque dans le cadre des études de dangers, Olivier IDDIR, Article TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR, 10/10/2013
- [4]. Décret n° 2010-1408 du 12 novembre 2010 relatif à la lutte contre les événements indésirables associés aux soins dans les établissements de santé. *Journal Officiel de la République Française*, 13 novembre 2010.
- [5]. W.Benhamlaoui, Evaluation des risques liés aux transports de matières dangereuses dans la wilaya de Skikda, thèse de doctorat, université 20 aout 1955-SKIKDA, 2021
- [6]. INERIS maîtrise le risque pour un développement durable, <https://www.ineris.fr/fr/risques/comment-evaluer-risque/evaluer-risque-accidentel/phenomenes-dangereux-accidentels> 30/04/2024
- [7]. Joaquim Casal (Centre for Studies on Technological Risk-Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain), Evaluation of the Effects and Consequences of Major Accidents in Industrial Plants. Elsevier, 2008
- [8]. UVED Approches théoriques des risques <https://direns.mines-paristech.fr/> 14/05/2024
- [9]. Dr Stéphane GAYET – Praticien hospitalier – Médecin infectiologue- hygiéniste, Antenne régionale de lutte contre l'infection nosocomiale (ARLIN d'Alsace) - CHRU de Strasbourg
- [10]. INERIS DRA-2006-P46055-CL47569, Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA-35), Ω-7 Outils d'analyse des risques générés par une installation industrielle, INERIS, 2006:
- [11]. PRUFER Benoit, Etude comparative des accidents impliquant des véhicules lourds avec ou sans matières dangereuses au Québec, Mémoire de: maîtrise En Sciences Appliquées, département de mathématiques et de génie industriel, école polytechnique de Montréal 2010
- [12]. Journal officiel de la diplomatie Algérienne, [www.joradp.dz](http://www.joradp.dz) 25/05/2024
- [13]. Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route, ECE/TRANS/242 (vol I), Nations Unies – New York et Genève, 2014
- [14]. Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal. (1989). Convention de Bâle.

## Bibliographie

---

- [15]. Rotterdam Convention on the Prior Informed Consent Procedure for Certain Hazardous Chemicals and Pesticides in International Trade. (1998). Convention de Rotterdam.
- [16]. United Nations Framework Convention on Climate Change. (2015). Paris Agreement.
- [17]. International Organization for Standardization - Guidelines.
- [18]. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (n.d.). General Industry Standards - 29 CFR 1910
- [19]. Etude de danger de Centre Bitume de Skikda 2024
- [20]. Mohamed Habib Mazouni. Pour une meilleure approche du management des risques: de la modélisation ontologique du processus accidentel au système interactif d'aide à la décision. Automatique / Robotique. Institut National Polytechnique de Lorraine - INPL, 2008.
- [21]. INERIS DRA-2006-P46055-CL47569, Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA-35),  $\Omega$ -7 Outils d'analyse des risques générés par une installation industrielle, INERIS, 2006
- [22]. CEI 60812, Techniques d'analyse de la fiabilité du système – Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE), 2006
- [23]. SE 4 050 Arbres de défaillance, des causes et d'événement, Yves MORTUREUX, Ti112 - Sécurité et gestion des risques- Méthodes d'analyse des risques, Réf. Internet : 42155 | 3e édition. TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR, 03 avr. 2017
- [24]. Guetarni Islam Hadj Mohamed, Analyse Quantitative des Risques : Application sur les Bacs de Stockage, thèse de doctorat, Université d'Oran 2-Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle, 2019
- [25]. ISO 31010, Norme européenne NF EN 31010, Gestion des risques - Techniques d'évaluation des risques, Juillet 2010
- [26]. CEI 60300-3-9, Gestion de la sûreté de fonctionnement — Partie 3: Guide d'application - Section 9: Analyse du risque des systèmes technologiques
- [27]. MIL-STD-882E, DEPARTMENT OF DEFENSE STANDARD PRACTICE: SYSTEM SAFETY, USA (11-05-2012)
- [28]. B. GEUHAM, Analyse des risques liés au stockage de GPL On-spec avec modélisation des résultats par logiciel PHAST, Mémoire de fin de Formation de MSP. (2017)
- [29]. CEI 61882, Études de danger et d'exploitabilité (études HAZOP) – Guide d'application, 2001
- [30]. Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, Second Edition with Worked Examples, American Institute of Chemical Engineers, New York, NY. U.S.A. 1992.
- [31]. Dhouib, K., & Chelbi, A. (2011). Application de l'AMDEC pour l'amélioration de la qualité et de la sécurité : cas de la conception des systèmes d'informations intégrés. Journal Européen des Systèmes Automatisés, 44(3-4), 353-369.