

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Ibn Khaldoun de Tiaret  
Faculté des Sciences Appliquées  
Département de Génie Mécanique



## MÉMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Master

**Domaine :** Sciences et Technologie

**Filière :** Electromécanique

**Parcours :** Master

**Spécialité :** Maintenance Industrielle

### Thème

Analyse comparative des risques  
industriels d'un poste de travail par les  
méthodes HAZOP et HIRA

Préparé par :

-REBAA Ahmed

-HACHEMI Azzedine

Soutenu publiquement le / 06 / 2023, devant le jury composé de :

M <sup>r</sup> . KARAS Abdelkader	Professeur	(Univ. Ibn Khaldoun)	Président
M <sup>r</sup> . SAAD Mohamed	Maître de Conférences "A"	(Univ. Ibn Khaldoun)	Examineur
M <sup>r</sup> . BENAMAR Badr	Maître Assistant "A"	(Univ. Ibn Khaldoun)	Examineur
M <sup>r</sup> . ATHMANI Houari	Maître Assistant "A "	(Univ. Ibn Khaldoun)	Encadrant

Année universitaire : 2022 - 2023

# *Dédicace*

*À nos chers pères, les piliers solides de nos vies*

*À nos chères mères, les bougies qui éclairent notre chemin*

*À nos sœurs et frères, les compagnons de voyage constants*

*Et à nos chers amis, les âmes lumineuses qui illuminent nos vies*

*Merci à tous pour votre présence et votre soutien continu, et nous attendons avec impatience un avenir lumineux rempli de défis et de réalisations que nous atteindrons ensemble."*

# Remerciements

Avant tout, Nous voudrions exprimer notre plus profonde gratitude à Dieu le Tout-puissant de nous avoir accordé la santé et la volonté de mener à bien et de mener à bien cette mission.

Tout d'abord, nous n'aurions pas pu faire ce précieux travail sans l'aide et les conseils de notre encadrant Monsieur ATHMANI Houari, Maître de Conférences classe "A" à l'université Ibn Khaldoun de Tiaret, nous la remercions pour son soutien exceptionnel, sa patience et sa volonté tout au long de la préparation de ce mémoire.

Nous tenons également à remercier vivement les membres du jury de l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail, en commençant par Mr. KARAS Abdelkader professeur à l'université Ibn Khaldoun de Tiaret qui a accepté de présider ce jury. Nous adresse également nous sincères remerciements à Mr. SAAD Mohamed et Mr. BENAMAR Badr enseignants à l'université Ibn Khaldoun - Tiaret qui nous ont fait l'honneur d'être les examinateurs de ce travail.

Nous sommes reconnaissants à nos chers professeurs, sans qui nous ne serions pas arrivés là où nous sommes aujourd'hui. Ces personnes ont joué un rôle essentiel dans notre parcours universitaire et nous leur sommes reconnaissants pour leur soutien, leurs précieux enseignements et leur inspiration constante.

Enfin, nous voudrions exprimer notre plus profonde gratitude à nos familles et amis pour leur soutien et leurs encouragements continus tout au long de cette expérience. Leur amour, leur compréhension et leur présence ont été une source inestimable de motivation et de force.

Nous tenons à remercier sincèrement toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

## *Sommaire*

Liste des abréviations.....	I
Liste des figures.....	II
Liste des tableaux .....	III
Introduction générale.....	1

### *Chapitre I : Généralités sur les risques industriels.*

I.1. Introduction .....	2
I.2. Notion de base.....	2
I.2.1. Notion de danger .....	2
I.2.2. Notion de risques.....	2
I.2.3. Notion de dommage .....	2
I.2.4. Notion d'accident .....	2
I.2.5. Notion de sécurité .....	3
I.2.6. Notion d'hygiène.....	3
I.3. Risques industriels .....	3
I.3.1. Définition .....	3
I.3.2. Les Causes des risques industriels .....	3
I.3.3. Les effets des risques industriels .....	4
I.4. Typologies des risques industriels.....	6
I.4.1. Risques mécaniques .....	6
I.4.2. Risques Chimiques.....	7
I.4.3. Risques Biologiques.....	8
I.4.4. Risques Physiques.....	10
I.4.5. Incendie / Explosion.....	11
I.4.6. Risques des Chutes.....	12
I.4.7. Risques des Chutes d'objets.....	13
I.4.8. Risques Lies A L'électricité .....	15
I.4.9. Autres risques .....	16
I.5. Les installations industrielles à haut risques .....	16
I.6. Conclusion.....	17

**Chapitre II : Les méthodes d'analyse les risques industriels.**

II.1. Introduction.....	18
II.2. Les différentes méthodes d'analyse des risques .....	18
II.2.1. L'analyse des modes de défaillance de leur effet et de leur criticité (AMDEC) .	18
II.2.2. L'analyse par arbres des défaillances (AdD).....	20
II.2.3. L'analyse par arbres d'évènements (AdE).....	22
II.2.4. Analyse préliminaire des risques (APR).....	24
II.3. L'analyse par la méthode HAZard OPerabilit (HAZOP) .....	25
II.3.1. Historique et domaine d'application.....	25
II.3.2. Définition .....	25
II.3.3. L'objectif de la méthode .....	25
II.3.4. Principe de la méthode.....	26
II.3.5. Déroulement de la méthode .....	30
II.3.6. Les limites et Les avantages de la méthode .....	31
II.4. L'analyse par la méthode HIRA .....	31
II.4.1. Historique.....	31
II.4.2. Définition et terminologie.....	32
II.4.3. Objectifs de l'étude de l'HIRA .....	32
II.4.4. Les étapes de la méthode HIRA.....	33
II.4.5. Les limites et Les avantages de la méthode .....	36
II.5. Conclusion .....	36

**Chapitre III : étude de cas**

III.1 Objectifs .....	37
III.2 Présentation de l'entreprise (FOT) .....	37
III.2.1 Situation géographique .....	37
III.2.2 Fiche technique de l'unité .....	37
III.2.3 Organisations de l'entreprise FOT .....	38
III.2.4 Les différents ateliers.....	38
III.3 Identification du poste de travail (Sablerie) .....	38
III.3.1 Définition.....	38

III.3.2 Les équipements du système .....	38
III.4 Les étapes de traitement .....	41
III.5 Application de la méthode HIRA pour l'analyse des risques .....	43
III.5.1 Fiches d'analyse des différents risques .....	43
III.5.2 Les résultats de l'étude avec la méthode HIRA .....	49
III.6 Application de la méthode HAZOP pour l'analyse des risques .....	49
III.7 Étude comparative entre les méthodes HIRA et HAZOP .....	57
III.8 Recommandations .....	58
III.9 Conclusion .....	58
Conclusion générale .....	59
Références bibliographiques.....	IV

*Liste des abréviations*

<b>OHSAS 18001</b>	Occupational Health and Safety Assessment Series
<b>ISO</b>	International Standard Organisation
<b>AFNOR</b>	Association Française de Normalisation
<b>AMDEC</b>	Analyse des Modes de Défaillance, leurs Effets et leur Criticité
<b>AdE</b>	Arbres d'évènements
<b>APR</b>	Analyse préliminaire des risques
<b>UIC</b>	Union des industries chimiques
<b>HAZOP</b>	HAZard OPerabilit
<b>PID</b>	Piping and Instrumentation Diagramme
<b>ICI</b>	Impérial Chemical Industries
<b>HIRA</b>	Hazard Identification and Risk Assessment
<b>FOT</b>	Fonderie de Tiaret

*Liste des figures*

Figure I-1 : Les interventions sur les machines .....	6
Figure I-2 : Produits chimiques .....	7
Figure I-3 : Tenue de protection contre risques biologique.....	9
Figure I-4 : Analyse vibratoire .....	10
Figure I-5 : Incendie/Explosion. ....	11
Figure I-6 : Chutes de hauteur .....	12
Figure I-7 : Chutes d'objets .....	14
Figure I-8 : Accident d'origine électrique .....	15
Figure II 1: Démarche AMDEC .....	19
Figure II 2: Représentation de l'arbre d'évènement.....	23
Figure II 3: La relation de déviation.....	28
Figure II 4: Niveau exposition .....	34
Figure II-5 : Niveau de protection .....	35
Figure II 6: Niveau de gravité.....	35
Figure III-1 : Pulseur pneumatique.....	39
Figure III-2 : Tambour .....	40
Figure III-3 : Le brûleur.....	40
Figure III-4 : Crible vibrant .....	41
Figure III-5 : Refroidisseurs .....	41
Figure III-6 : Le schéma du processus.....	43



*Liste des tableaux*

Tableau II-1 : Exemple de tableau de type (APR).....	24
Tableau II-2 : Signification des mots guide.....	27
Tableau II-3 : Exemple de matrices potentielle des mots guide et des paramètres .....	28
Tableau II-4 : Exemple de matrices potentielle des mots guide et des paramètres .....	29
Tableau II-5 : Exemple de tableau de type (HAZOP) .....	30
Tableau III-1 : La fiche analyse des risques.....	44
Tableau III-2 : Fiche de sensibilisation aux risques .....	47
Tableau III-3 : Récapitulatif des dangers risques et dommages .....	49
Tableau III-4 : Les valeurs des déviations .....	50
Tableau III-5 : Application de la méthode HAZOP pour un bruleur .....	51
Tableau III-6 : Application de la méthode HAZOP pour refroidisseur .....	53
Tableau III-7 : Application de la méthode HAZOP pour un pulseur à sable.....	55
Tableau III-8 : La comparaison entre la méthode HAZOP et HIRA .....	57

# *Introduction générale*

## *Introduction générale*

La sécurité et la gestion des risques industriels sont des aspects essentiels dans le domaine de l'ingénierie et de la production. Les entreprises industrielles doivent être en mesure d'identifier, d'évaluer et de gérer les risques potentiels associés à leurs opérations afin d'assurer la sécurité de leur personnel et de leurs installations. Cette gestion se présente dans l'entreprise comme un ensemble de méthodes qui l'aident à mieux connaître ses risques et à les maîtriser.

Il existe plusieurs méthodes et outils d'analyse des risques et des dangers associés à un procédé ou une installation. Les méthodes les plus utilisés actuellement étant celles structurées en quatre phases qui sont l'identification des risques, leurs évaluations ensuite par un traitement de ces risques et en fin le suivi et la capitalisation des connaissances.

L'objectif principal de notre projet de fin d'étude est d'étudier et d'analyser les principaux risques industriels d'un poste de travail parmi les installations de l'entreprise FOT. Pour cela nous avons effectué un stage au sein de cette entreprise où on a focalisé notre étude sur la sablerie qui représente une phase importante du processus d'une opération de moulage.

L'étude est faite par l'utilisation de deux méthodes de gestion des risques à savoir les méthodes HAZOP et HIRA. Nous intéressons à l'étude des différents outils et techniques de chacune des méthodes citées pour pouvoir les comparer et déterminer les principales limites et lacunes de chaque méthode pour pouvoir distinguer leurs champs d'application.

D'autre part ce projet nous permettra de développer nos compétences en matière d'analyse des risques, de renforcer nos connaissances dans le domaine de la maintenance industrielle, et de contribuer à l'amélioration de la sécurité et de la gestion des risques au sein de l'entreprise FOT.

Le mémoire est composé de trois chapitres, le premier est consacré à la présentation des différents risques industriels. Le deuxième chapitre évoque les principales méthodes d'analyse et gestion des risques, la troisième partie qui représente l'étude de cas effectué au niveau de l'entreprise de notre stage. Enfin nous terminons notre travail par une conclusion générale, des recommandations et les perspectives dans ce domaine.

*Chapitre I : Généralités sur  
les risques industriels.*

## **I.1. Introduction**

Les risques industriels sont une réalité omniprésente dans le monde moderne. Avec l'augmentation constante de la production et de l'utilisation de produits chimiques, de matériaux dangereux et de technologies avancées, les risques associés à ces activités sont également en constante évolution. Les risques industriels peuvent avoir des conséquences dévastatrices sur la santé et la sécurité des travailleurs, des communautés locales et de l'environnement. Les accidents industriels peuvent causer des blessures graves, la mort et des dommages matériels importants. En réponse à ces risques, les gouvernements et les industries ont travaillé ensemble pour développer des réglementations strictes et des pratiques de sécurité pour minimiser les risques industriels et protéger les personnes et l'environnement.

## **I.2. Notions de base**

On peut citer les notions suivantes :

### **I.2.1. Notion de danger**

La notion de danger définit une propriété intrinsèque à une substance (ex : butane, chlore), à un système technique (ex : mise sous pression d'un gaz), à une disposition (ex : élévation charge), à un organisme (ex : microbes), etc., de nature à entraîner un dommage sur un « élément vulnérable ». [1]

### **I.2.2. Notion de risques**

Le risque est une exposition à un danger, tel que la question qui se pose est combien de fois, ou à quelle durée ? Ainsi il connaît les effets ou bien les dommages qui vont résulter à cette exposition.

On définit alors le risque :

Selon OHSAS 18001 le risque est une : « Combinaison de la probabilité de la survenue d'un ou plusieurs événements dangereux ou expositions à un ou à de tels événements et de la gravité du préjudice personnel ou de l'atteinte à la santé que cet événement ou cette/ces exposition(s) peuvent causer » [2]

### **I.2.3. Notion de dommage**

Blessure physique ou atteinte à la santé des personnes, aux biens ou à l'environnement. [2]

### **I.2.4. Notion d'accident**

Évènement soudain et inattendu qui entraîne des dégâts et des dommages.[3]

### **I.2.5. Notion de sécurité**

C'est la science et de détection et de maîtrise du dysfonctionnement dans le système de production d'accident. [3]

### **I.2.6. Notion d'hygiène**

L'hygiène du travail est la discipline qui s'occupe de l'environnement professionnel de manière à ce qu'il soit optimum pour la santé et le bien-être du travailleur. [3]

## **I.3. Risques industriels**

### **I.3.1. Définition**

Les risques industriels peuvent être définis comme des situations dangereuses rencontrées dans les activités dites industrielles, dans les usines de production et leurs annexes comme les locaux de stockage des matières premières et des produits finis, les laboratoires de recherche, de mise au point et de contrôle.

Le risque industriel concerne un événement accidentel se produisant sur un site industriel et qui met en jeu des produits ou des procédés dangereux.

Il entraîne des conséquences immédiates et graves pour le personnel, les riverains, les biens et l'environnement.[4]

### **I.3.2. Les Causes des risques industriels**

Les risques industriels peuvent être causés par de nombreux facteurs, En particulier, on peut citer :

1. **Défaillances techniques** : Les risques industriels peuvent survenir en raison de défaillances techniques, telles que des pannes d'équipement, des dysfonctionnements des systèmes de sécurité, des erreurs de conception ou des problèmes liés à la maintenance inadéquate des installations.
2. **Erreurs humaines** : Les erreurs humaines, qu'elles soient intentionnelles ou non, sont une cause fréquente de risques industriels. Cela peut inclure des erreurs de manipulation des équipements, des procédures de travail non respectées, une formation insuffisante du personnel ou une négligence dans l'exécution des tâches.
3. **Non-respect des normes de sécurité** : Le non-respect des normes de sécurité et des réglementations en vigueur peut entraîner des risques industriels. Cela peut inclure des lacunes dans la formation des travailleurs, des procédures de travail inappropriées, une gestion inadéquate des produits chimiques ou des équipements défectueux.

4. **Facteurs environnementaux** : Les risques industriels peuvent également être causés par des facteurs environnementaux tels que les conditions météorologiques extrêmes, les tremblements de terre, les inondations ou les tempêtes. Ces événements peuvent entraîner des accidents ou des dysfonctionnements des installations industrielles.
5. **Sous-traitance et chaîne d’approvisionnement** : Les risques industriels peuvent être exacerbés par des pratiques de sous-traitance ou de gestion de la chaîne d’approvisionnement inadéquates. Des entreprises tierces peu fiables ou mal supervisées peuvent introduire des risques supplémentaires dans les opérations industrielles.
6. **Manque de planification des situations d’urgence** : L’absence de planification adéquate des situations d’urgence peut contribuer aux risques industriels. En cas d’incident ou d’accident, une réponse inefficace ou un manque de mesures d’urgence appropriées peuvent aggraver les conséquences et les dommages. [4]

### **I.3.3. Les effets des risques industriels**

Les conséquences varient en fonction de la nature, de la gravité et de localisation de L’accident. Les effets sont classés selon trois typologies, qui peuvent se combiner.

#### **I.3.3.1. Effets thermiques**

Les effets thermiques des risques industriels peuvent causer des blessures graves et potentiellement mortelles.

Les brûlures sont l’un des effets les plus courants, résultant des incendies, des explosions ou des déversements de substances chaudes.

Ces brûlures peuvent provoquer des lésions cutanées sévères, nécessitant des soins médicaux immédiats.

Les chocs thermiques, qui se produisent lorsque le corps est exposé à des variations rapides de température, peuvent entraîner des traumatismes internes, tels que des lésions aux organes vitaux.

De plus, l’inhalation de gaz chauds peut causer des brûlures des voies respiratoires supérieures, provoquant des difficultés respiratoires et des dommages pulmonaires. [4]

### **I.3.3.2. Effets mécaniques**

Les effets mécaniques des risques industriels sont souvent liés à des accidents de travail et peuvent avoir des conséquences graves sur la santé et l'intégrité physique des travailleurs.

Les traumatismes physiques sont courants dans ces situations, tels que des fractures, des contusions et des lacérations, résultant de chutes d'objets, de collisions ou d'accidents impliquant des machines.

Les écrasements, qui se produisent lorsque le corps est coincé entre deux objets, tels que des machines ou des véhicules, peuvent causer des blessures extrêmement graves, pouvant entraîner la perte de membres ou même la mort.

Les coupures sont également fréquentes dans les environnements industriels où des outils tranchants ou des objets pointus sont utilisés, et elles peuvent entraîner des blessures profondes nécessitant souvent des sutures ou une intervention médicale.[4]

### **I.3.3.3. Effets toxiques**

Les effets toxiques des risques industriels peuvent avoir des conséquences à court et à long terme sur la santé humaine et l'environnement.

L'intoxication est un danger majeur, résultant de l'inhalation, de l'ingestion ou du contact cutané avec des substances chimiques toxiques présentes sur les lieux de travail.

Ces substances peuvent entraîner une variété de symptômes, allant des maux de tête et des étourdissements aux troubles respiratoires, aux dommages aux organes et même à la mort en cas d'exposition sévère.

Certaines substances chimiques industrielles peuvent également provoquer une irritation cutanée, se manifestant par des rougeurs, des démangeaisons et des brûlures.

De plus, une exposition prolongée à des substances toxiques peut avoir des effets cumulatifs sur la santé, tels que le développement de cancers, de maladies respiratoires chroniques ou de troubles du système nerveux.

Il est essentiel de mettre en œuvre des mesures de prévention et de gestion des risques industriels adéquates afin de réduire ces effets néfastes et de garantir la sécurité des travailleurs, ainsi que la protection de l'environnement. [4]



## **I.4. Typologies des risques industriels**

Comme le présent manuel a pour but de servir de base de travail, il faut noter que la liste des risques présentés aux pages suivantes n'est pas exhaustive et qu'il va de soi qu'un nombre important d'autres risques peut se présenter sur les lieux de travail.

### **I.4.1. Risques mécaniques**

Il y a risque mécanique chaque fois qu'un élément en mouvement peut entrer en contact avec une partie du corps humain et provoquer une blessure.

Réciproquement, une partie du corps humain en mouvement peut entrer en contact avec un élément matériel.

La figure I-1 représente un exemple de risque mécanique



**Figure I-1:** Les interventions sur les machines [3]

#### **❖ Identification**

Le risque mécanique est présent dans tous les secteurs d'activité, il se retrouve notamment :

- ✓ En cas de travail sur machines.
- ✓ Dans les activités de transport logistique.
- ✓ Les métiers de l'agroalimentaire.
- ✓ Les métiers du bois.

#### **❖ Modalités d'exposition**

Les phénomènes dangereux peuvent être qualifiés de manière à faire apparaître la nature du dommage potentiel, on parlera alors :

- ✓ D'écrasement.
- ✓ De cisaillement, de coupure ou de sectionnement.
- ✓ De happement, d'enroulement, d'entraînement, d'engagement ou d'emprisonnement.
- ✓ De chocs avec des éléments solides.
- ✓ De perforation ou de piqûre.
- ✓ D'abrasion.
- ✓ De choc ou de projection de fluides, notamment sous pression.

### ❖ Moyens de prévention

La démarche générale de prévention des risques permet de maîtriser le risque mécanique.

Le risque mécanique est indissociable de l'utilisation d'un équipement de travail. Les risques d'accidents du travail doivent être pris en compte dès la conception par un ensemble de mesures de prévention : suppression des phénomènes dangereux, mise en place de protecteurs et de dispositifs de protection... Le concepteur doit non seulement prendre en compte les conditions normales d'utilisation (installation, production, maintenance, réglage...), mais également les situations anormales prévisibles.

Ce risque est lié notamment aux éléments mobiles de transmission (chaînes, courroies, engrenages), aux éléments mobiles concourant au travail (un mandrin et son outil), à la mobilité des équipements (engins de terrassement), au levage de charges. [5]

## I.4.2. Risques Chimiques

Risques d'infections, d'allergies, d'intoxications ou de brûlures par les divers produits chimiques I comme indiqués sur la figure suivante (figure I.2)



Figure I-2: Produits chimiques [7]

**❖ Identification des risques chimiques**

Dangers liés :

- ✓ Aux propriétés physico-chimiques (produits corrosifs, comburants, explosifs ou inflammables)
- ✓ Aux propriétés toxicologiques (produits irritants, nocifs toxiques, cancérogènes, mutagènes, etc.)
- ✓ Aux propriétés éco-toxicologiques
- ✓ À l'incertitude scientifique sur les dangers des produits synthétisés.

**❖ Modalités d'exposition**

- ✓ Toute situation de travail où existe la possibilité de contamination par différentes voies (Inhalation, ingestion, contact, pénétration suite à une lésion)
- ✓ Toute situation où les produits sont susceptibles de déclencher ou de propager un incendie.

**❖ Moyens de prévention**

- ✓ Formation et instruction du personnel
- ✓ Remplacer par des produits non dangereux et, si cela n'est pas possible, par des moins dangereux
- ✓ Réduction des quantités
- ✓ Limitation du nombre de salariés exposés et du temps d'exposition
- ✓ Vérification et entretien périodique des systèmes de captage à la source
- ✓ Organisation et conditions de stockage adaptées
- ✓ Port d'équipements de protection individuelle
- ✓ Surveillance médicale du personnel concerné.[6]

**I.4.3. Risques Biologiques**

Risques d'infection, d'allergies ou d'intoxications résultant de la présence de Microorganismes.

**❖ Identification**

Dangers liés :

- ✓ Au degré de pathogénicité des agents biologiques
- ✓ Aux objets coupants, tranchants et piquants
- ✓ À la libération de produits biologiques allergisants ou toxiques
- ✓ À l'incertitude face à la pathogénicité de différents agents
- ✓ Aux produits dangereux pour l'environnement

La figure I-3 représente un moyen de prévention de risque biologique



Figure I-3: Tenue de protection contre risques biologique [8]

#### ❖ Modalités d'exposition

- ✓ Toute situation de travail où existe la possibilité de contamination par différentes voies (inhalation, ingestion, contact, pénétration suite à une lésion).
- ✓ Toute situation pouvant entraîner une propagation accidentelle dans l'environnement
- ✓ Travail de laboratoire sur microorganismes
- ✓ Travail en contact avec des animaux
- ✓ Soins aux personnes en milieu hospitalier
- ✓ Travail en contact avec des produits agroalimentaires

#### ❖ Moyens de prévention

- ✓ Information, formation et instruction des salariés
- ✓ Ventilation correcte des locaux
- ✓ Bonne gestion des déchets
- ✓ Utilisation des moyens de protection individuelle (faire porter des protections respiratoires, lunettes, gants, écran facial, etc.)
- ✓ Réduction des temps d'exposition et limiter le personnel exposé
- ✓ Procédures de décontamination
- ✓ Vaccinations et surveillance médicale des salariés concernés. [6]

#### I.4.4. Risques Physiques

Risques liés au bruit, aux vibrations et aux rayonnements.

La figure I-4 représente un exemple de risque physique



Figure I-4: Analyse vibratoire [7]

##### ❖ Identification

- ✓ Différents moyens de transport, installations, machines (bruit et vibrations)
- ✓ Présence de sources de rayonnements ionisants
- ✓ Présence de sources de rayonnements électromagnétiques
- ✓ Présence de sources de rayonnements infrarouge ou ultraviolet

##### ❖ Modalités d'exposition

- ✓ Bruit émis de façon continue par des machines, compresseurs, outils, moteurs, etc.
- ✓ Bruit d'impulsion des machines et outils travaillant par chocs
- ✓ Exposition à une amplitude sonore trop importante
- ✓ Vibrations émises par des moyens de transport, machines et outils
- ✓ Utilisation d'appareils générant des rayonnements ionisants
- ✓ Utilisation d'appareils générant des rayonnements optiques
- ✓ Utilisation d'appareils générant des rayonnements électromagnétiques
- ✓ Utilisation de matières émettant des rayonnements ionisants (matières radioactives)
- ✓ Toute situation où il y a possibilité de contamination, d'exposition externe ou interne à des rayonnements.
- ✓ Toute situation où des personnes peuvent se trouver à proximité d'une source de rayonnement.



**❖ Moyens de prévention**

- ✓ Informer, former et instruire le personnel
- ✓ Essayer de supprimer les sources de bruit ou de vibrations
- ✓ Limiter le temps d'exposition du personnel
- ✓ Disposer les installations bruyantes dans des locaux séparés
- ✓ Installer des protections sonores
- ✓ Installer des isolations contre les vibrations
- ✓ Entretenir régulièrement les machines, outils et moyens de transport
- ✓ Utiliser les moyens de protection individuelle adaptés
- ✓ Disposer de lunettes adaptées aux rayonnements
- ✓ Respecter les valeurs limites
- ✓ Classer les locaux en zones surveillées ou contrôlées
- ✓ Adapter le stockage des sources rayonnantes et déchets rayonnants
- ✓ Assurer un suivi médical du personnel exposé. [6]

**I.4.5. Incendie / Explosion**

Risque d'accident suite à un incendie ou à une explosion comme indiqués sur la figure suivante (figure I.5)



**Figure I-5:** Incendie/Explosion. [10]

**❖ Identification**

- ✓ Présence de matériaux ou produits combustibles (p. ex. stockage de produits facilement Inflammables ou explosifs, stockage de papier, etc.)

- ✓ Présence d'équipement ou d'installation pouvant générer de la chaleur (p. ex. travaux de Soudage, etc.)
- ✓ Présence d'un comburant (p. ex. oxygène, produits chimiques dégageant de l'oxygène, etc.)
- ✓ Stockage de produits incompatibles
- ❖ **Modalités d'exposition**
- ✓ Toute situation de travail où se trouvent simultanément des Produits/matériaux combustibles, ne source de chaleur et un comburant (p.ex. air)
- ✓ Utilisation de substances facilement inflammables
- ✓ Création d'une atmosphère explosive (gaz, vapeurs, poussières, etc.)
- ✓ Mélange de produits incompatibles.
- ❖ **Moyens de prévention**
- ✓ Formation, information et instruction du personnel
- ✓ Remplacement par des produits non dangereux et, si cela n'est possible, par des produits Moins dangereux
- ✓ Organisation du stockage
- ✓ Organisation de l'alerte et de l'intervention des secours
- ✓ Contrôle des équipements et installations
- ✓ Signalisation et étiquetage appropriés. [6]

#### I.4.6. Risques des Chutes

Risque d'accident résultant du contact brutal d'une personne avec le sol ou avec une autre Surface suffisamment large et solide comme indiqués sur la figure suivante (figure I.6)



Figure I-6: Chutes de hauteur. [11]

**❖ Identification**

- ✓ Travail en hauteur
- ✓ Déplacements à pied

**❖ Modalités d'exposition**

- ✓ Déplacement sur un sol glissant et/ou encombré, déformé
- ✓ Déplacement sur un sol en dénivelé
- ✓ Travail en arête de chute (bordures de vide, quais de chargement, toits, terrasses, fenêtres, etc.)
- ✓ Accès à des parties hautes (rayonnages, plafonds, armoires...)
- ✓ Utilisation d'échelles, d'échafaudages, d'escaliers, d'escabeaux...

**❖ Moyens de prévention**

- ✓ Formation, information et instruction du personnel
- ✓ Signalisation des arêtes de chute
- ✓ Signalisation des sols glissants
- ✓ Signalisation des sols déformés
- ✓ Réparation des chemins de circulation en mauvais état
- ✓ Montage des échafaudages par des personnes compétentes et selon les indications du fabricant
- ✓ Vérification de la conformité des matériels (échafaudages et échelles conformes et Maintenus en bon état).
- ✓ Eclairage correct
- ✓ Equipements de protection collective (garde-corps, etc.)
- ✓ Equipements de protection individuelle (chaussures de sécurité antidérapantes, harnais antichute, etc.) [6]

**I.4.7. Risques des Chutes d'objets**

Risques d'accident résultant de la chute d'objets lors du transport ou du stockage (par exemple : d'un étage supérieur ou de l'effondrement de matériau) et lors de travaux en hauteur comme indiqués sur la figure suivante (figure I.7)





**Figure I-7:** Chutes d'objets. [10]

❖ **Identification**

- ✓ Lieux de travail superposés
- ✓ Objets stockés en hauteur
- ✓ Objets empilés sur une grande hauteur
- ✓ Travaux effectués à des hauteurs ou étages différents
- ✓ Travaux effectués dans des tranchées, des puits, des galeries, etc.
- ✓ Transports avec un appareil de levage (grues à tour, ponts roulants, grues mobiles, etc.)

❖ **Modalités d'exposition**

- ✓ Travaux avec des objets pouvant tomber d'un niveau supérieur (matériel, outils, etc.)
- ✓ Objets empilés sans être sécurisés
- ✓ Stockage sur étagères multiples
- ✓ Travaux en dénivelé, en profondeur
- ✓ Utilisation d'échelles, d'échafaudages, grues, etc.

❖ **Moyens de prévention**

- ✓ Formation, information et instruction du personnel
- ✓ Organisation du stockage : emplacements réservés, largeur des allées, stockage selon taille des objets, etc.
- ✓ Limiter la hauteur de stockage selon les caractéristiques des objets
- ✓ Installation de protections évitant la chute d'objets pendant des travaux sur échafaudages ou à différents niveaux

- ✓ Respect des indications de taille et de poids pour le stockage sur étagères
- ✓ Port des équipements de protection individuelle
- ✓ Protéger la charge contre la chute lors du transport avec grues
- ✓ Ne pas déplacer des charges au-dessus de personnes. [5]

#### I.4.8. Risques Lies A L'électricité

Risques d'accident résultant du contact avec des installations électriques comme indiqués sur la figure suivante (figure I.8)



Figure I-8: Accident d'origine électrique. [13]

#### Identification

- ✓ Contact direct avec des éléments sous tension
- ✓ Contact indirect (arc électrique)

#### ❖ Modalités positionnement

- ✓ Toute situation où il y a possibilité d'électrocution ou électrisation
- ✓ Conducteurs nus accessibles aux travailleurs
- ✓ Matériel défectueux, âgé ou usé
- ✓ Non-consignation d'une installation électrique lors d'une intervention

#### ❖ Moyens de prévention

- ✓ Information, formation et instruction du personnel
- ✓ Remplacement des équipements dangereux par des équipements non dangereux, et/ou, si cela n'est pas possible, par des équipements moins dangereux
- ✓ Contrôle et maintenance des installations
- ✓ Signalisation adaptée
- ✓ Protection ou éloignement des pièces nues sous tension

- ✓ Mise en place de consignes en cas d'intervention
- ✓ Dispositifs de coupure d'urgence
- ✓ Matériel à double isolation
- ✓ Equipements de protection individuelle adaptés
- ✓ Contrôles périodiques
- ✓ Respect des cinq règles de sécurité

#### **I.4.9. AUTRES RISQUES**

Afin de compléter la liste ci-dessus, il convient d'en citer encore quelques-uns. Il s'agit notamment de risques liés :

- ✓ À manutentions mécaniques
- ✓ À organisation du travail (Co-activité, horaires ...)
- ✓ À l'utilisation de laser
- ✓ À l'utilisation de liquides cryogéniques et de gaz
- ✓ À la plongée
- ✓ À l'hygiène
- ✓ À l'organisation du travail
- ✓ À l'intervention d'une entreprise extérieure
- ✓ Au tabac, à l'alcool et aux drogues
- ✓ Aux différentes formes de harcèlement

#### **I.5. Les installations industrielles à haut risques**

Les installations industrielles qui présentent la plus de risques sont liées à l'utilisation, au stockage ou à la fabrication de substances dangereuses.

On recense différents types d'industries à risque :

- Les industries qui produisent des substances chimiques de base, des substances destinées à l'agroalimentaire, des substances pharmaceutiques et de consommation courante (eau de javel, etc.).
- Les industries pétrochimiques qui fabriquent des polymères et produits chimiques complexes.
- Les industries pétrolières (raffineries) qui produisent des dérivés du pétrole : essences, goudrons, gaz de pétrole liquéfié.
- Les industries mettant en œuvre des substances et préparations dangereuses (explosifs, etc.).

- Les installations de stockage des substances et préparations dangereuses (dépôts de liquides inflammables, de gaz de pétrole liquéfié, entrepôts, etc.). [4]

## **I.6. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons tenté de donner la vision la plus complète possible, des différents Aspects du concept « risque » pour qu'il soit une base solide et une approche introductive aux Chapitres qui se suivent. Etant donné : la définition du risque dans de nombreuses disciplines Touchant notre thématique, et les typologies, leur cause, leur Effets des risques industrielles. Le mot « risque » n'est plus Aujourd'hui uniquement associé à des catastrophes naturelles ou à des risques personnels mais à Des situations globales de menace résultant de l'activité humaine.

*Chapitre II : Les méthodes  
d'analyse des risques  
industriels.*

## **II.1. Introduction**

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

## **II.2. Les différentes méthodes d'analyse des risques**

De nombreuses plusieurs méthodes existent pour l'analyse des risques parmi lesquelles nous pouvons citer : l'Analyse Préliminaire des Risques (APR), l'Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leurs Criticité (AMDEC), L'analyse par arbres d'évènements (AdE), L'analyse par arbres des défaillances, L'analyse par la méthode HAZard OPerabilit (HAZOP), L'analyse par la méthode HIRA...etc.

Dans ce document nous avons essayé de présenter Les principales méthodes d'analyse les risques (en particulier les méthodes HIRA et HAZOP).

### **II.2.1. L'analyse des modes de défaillance de leur effet et de leur criticité (AMDEC)**

#### **II.2.1.1. Définition**

L'Association Française de normalisation (AFNOR) définit l'AMDEC comme étant : "une méthode inductive qui permet de réaliser une analyse qualitative et quantitative de la fiabilité ou de la sécurité d'un système".

La méthode consiste à examiner méthodiquement les défaillances potentielles des systèmes (analyse de mode de défaillance) leurs causes et leurs conséquences sur le fonctionnement de l'ensemble (les effets). Après une hiérarchisation des défaillances potentielles, basée sur l'estimation du niveau de risque de défaillance, soit la criticité, des actions prioritaires sont déclenchées et suivies. [5]

#### **II.2.1.2. Principe de la méthode**

Recenser les risques potentiels d'erreur (ou les modes de défaillance) et en évaluer les effets puis en analyser les causes.

L'AMDEC est d'identifier et de hiérarchiser les modes potentiels de défaillance susceptibles de se produire sur un équipement, d'en rechercher les effets sur les fonctions principales des équipements et d'en identifier les causes. Pour la détermination de la criticité

des modes de défaillance, l'AMDEC requiert pour chaque mode de défaillance la recherche de la gravité de ses effets, la fréquence de son apparition et la probabilité de sa détectabilité.

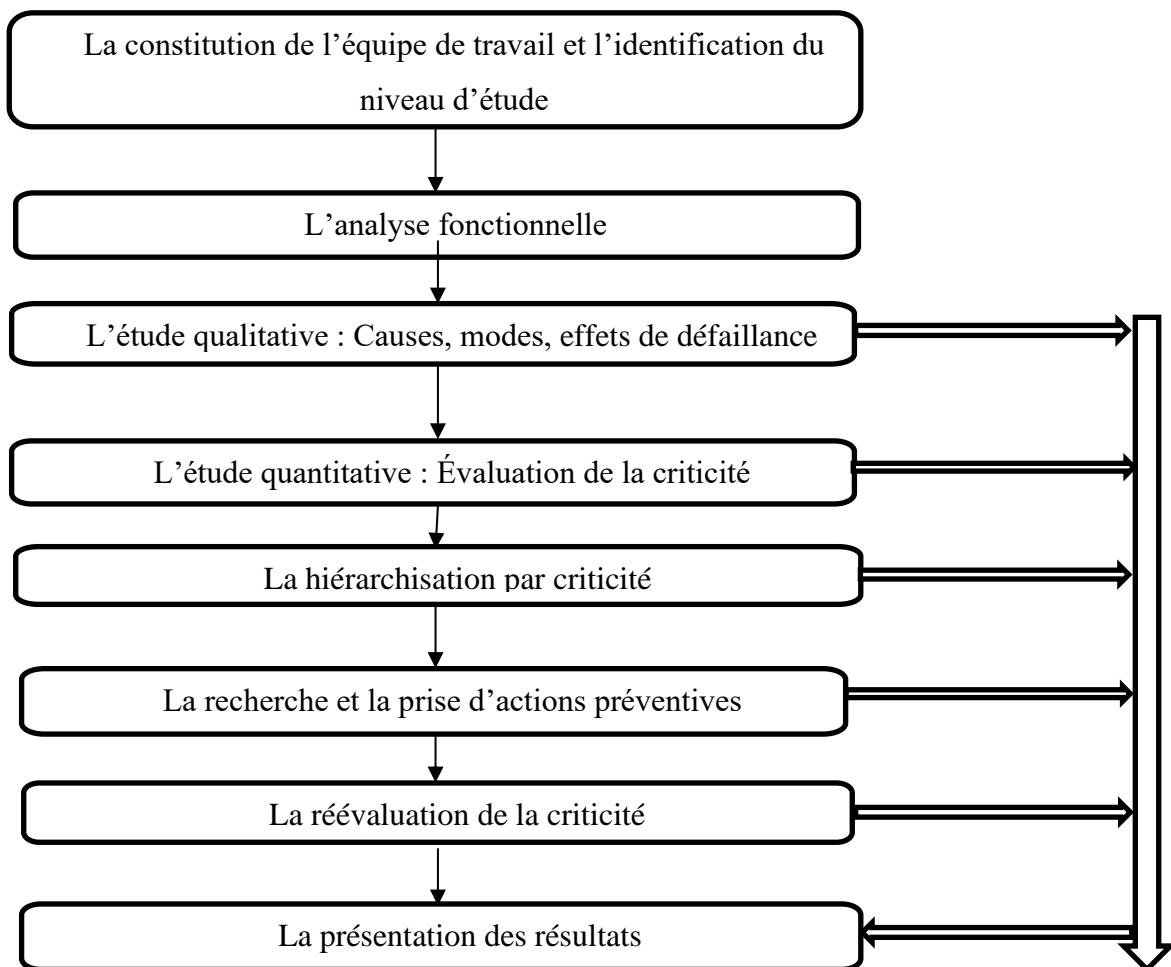
Quand toutes ces informations sont disponibles, différentes méthodes existent pour déduire une valeur de la criticité du mode de défaillance.

Si la criticité est jugée non acceptable, il est alors impératif de définir des actions correctives pour pouvoir corriger la gravité nouvelle du mode de défaillance (si cela est effectivement possible), de modifier sa fréquence d'apparition et d'améliorer éventuellement sa détectabilité. [5]

### II.2.1.3. Démarche

La méthode s'inscrit dans une démarche en huit étapes.

La **Figure II.1** représente la démarche AMDEC



**Figure II-1:** Démarche AMDEC [14]

### II.2.1.4. Avantages et limites de l'AMDEC

#### ➤ Les avantages

- ✓ Une méthode d'analyse qualitative et quantitative rigoureuse et précise, intègre
- ✓ Différentes notions liées à la sécurité, maintenance, fiabilité.
- ✓ Méthode efficace pour l'analyse de défaillance des systèmes simples.
- ✓ Examine pour chaque mode de défaillance ses causes, ses effets pour tous les états de dysfonctionnement du système.
- ✓ Un outil d'amélioration de la communication.
- ✓ Permet de résoudre les problèmes avant qu'ils ne se produisent (actions préventives).[5]

#### ➤ Les limites

- ✓ Une méthode difficile et lourde à mettre en place pour les systèmes complexes comptant un grand nombre de composants.
- ✓ L'AMDEC nécessite une connaissance poussée du système à étudier. En général, un brainstorming avec plusieurs personnes impliquées de la conception à la livraison du produit est nécessaire.
- ✓ La qualité d'une AMDEC est liée à l'exhaustivité des modes de défaillance identifiés qui inclut fortement l'expérience du groupe de travail. [5]

## II.2.2. L'analyse par arbres des défaillances (Add)

### II.2.2.1. Historique

L'analyse par arbre des défaillances fut historiquement la première méthode mise au point en vue de procéder à un examen systématique des risques. Elle a été élaborée au début des années 1960 par la compagnie américaine Bell Téléphone et fut expérimentée pour l'évaluation de la sécurité des systèmes de tir de missiles. Visant à déterminer l'enchaînement et les combinaisons d'événements pouvant conduire à un événement redouté pris comme référence. [14]

### II.2.2.2. Domaine d'application

L'analyse par arbre des défaillances est maintenant appliquée dans de nombreux domaines tels que l'aéronautique, le nucléaire, l'industrie chimique... Elle est aussi utilisée pour analyser a posteriori les causes d'accidents qui se sont produits. Dans ces cas, L'événement redouté final est généralement connu car observé. On parle alors d'analyse par



arbre des causes, l'objectif principal étant de déterminer les causes réelles qui ont conduit à l'accident. [14]

### **II.2.2.3. Définition**

La méthode d'analyse de risques par arbres des défaillances (AdD) est une technique utilisée pour évaluer les risques et les causes de défaillances potentielles dans un système ou un processus. Elle repose sur la création d'un arbre des défaillances, qui est une représentation graphique des différentes combinaisons de causes possibles et de leurs conséquences.

L'arbre des défaillances est construit en commençant par l'événement indésirable principal, puis en identifiant les différentes défaillances qui pourraient conduire à cet événement. Chaque défaillance est ensuite décomposée en causes plus spécifiques, qui sont à leur tour décomposées en sous-causes, et ainsi de suite, jusqu'à ce que les causes fondamentales soient atteintes.

### **II.2.2.4. Principe de la méthode**

Le principe de la méthode d'analyse de risques par arbres des défaillances (AdD) repose sur les éléments suivants :

1. **Identification de l'événement indésirable principal** : On commence par définir clairement l'événement indésirable ou l'objectif à protéger. Cela peut être un accident, une défaillance majeure, une panne critique, etc.
2. **Construction de l'arbre des défaillances** : On crée un arbre des défaillances en utilisant une représentation graphique. L'arbre commence avec l'événement indésirable principal, puis les différentes défaillances potentielles qui pourraient conduire à cet événement sont identifiées et ajoutées comme des branches.
3. **Décomposition des défaillances** : Chaque défaillance identifiée dans l'arbre est décomposée en causes plus spécifiques. On analyse les différentes causes qui peuvent contribuer à la survenue de la défaillance, en les décomposant en sous-causes jusqu'à atteindre les causes fondamentales.
4. **Évaluation des probabilités de défaillance** : On attribue des probabilités aux différentes défaillances et causes identifiées. Cela peut se faire en utilisant des données statistiques, des connaissances d'experts, des études antérieures, ou une combinaison de ces éléments. Les probabilités peuvent être exprimées sous forme de chiffres, de plages ou de qualificatifs (faible, moyen, élevé).

5. **Analyse des combinaisons critiques de défaillances** : On analyse les différentes combinaisons de défaillances qui pourraient conduire à l'événement indésirable principal. Les combinaisons qui présentent un risque élevé sont identifiées et considérées comme des scénarios critiques à prendre en compte.
6. **Détermination des mesures de prévention et d'atténuation** : Une fois les défaillances critiques identifiées, des mesures de prévention et d'atténuation appropriées peuvent être proposées. Cela peut inclure des actions correctives, des améliorations de conception, des procédures de sécurité, des redondances, des systèmes de surveillance, etc.
7. **Évaluation des risques résiduels** : Après avoir mis en place les mesures de prévention et d'atténuation, on évalue les risques résiduels, c'est-à-dire les risques qui subsistent malgré ces mesures. Cette évaluation permet de déterminer si les risques sont acceptables ou s'ils nécessitent des actions supplémentaires. [14]

### II.2.2.5. Limites et avantages

La méthode d'analyse de risques par arbres des défaillances (AdD) présente à la fois des avantages et des limites.

Les avantages de cette méthode incluent une visualisation claire des défaillances, l'identification des défaillances critiques, une analyse structurée des causes et une communication efficace.

Cependant, il y a aussi des limites à prendre en compte, telles que la complexité des analyses, la dépendance aux données disponibles, l'ignorance des interactions complexes et la sensibilité aux hypothèses et aux estimations.

Il est recommandé d'utiliser la méthode AdD en combinaison avec d'autres méthodes d'analyse des risques pour obtenir une évaluation plus complète et précise, en fonction du contexte spécifique et des objectifs de l'analyse des risques. [14]

## II.2.3. L'analyse par arbres d'évènements (AdE)

### II.2.3.1. Historique et domaine d'application

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

C'est une technique d'identification et d'analyse de la fréquence des dangers moyennant un raisonnement inductif pour convertir différents événements initiateurs en

conséquence éventuelles relatives au fonctionnement ou à la défaillance des dispositifs techniques/ humains / organisationnels de sécurité.[15]

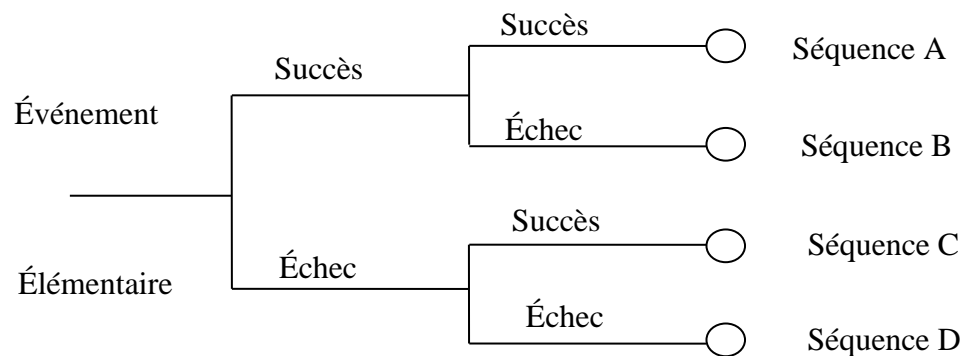
### II.2.3.2. Principe de la méthode

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

L'analyse par arbre d'Evènements 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. » [15]

La **Figure II.2** représente la forme d'un arbre d'évènement :



**Figure II-2:** Représentation de l'arbre d'évènement [16].

### II.2.3.3. Limites et avantages

#### ➤ Les avantages

L'analyse par arbre d'évènements est une méthode qui permet d'examiner à partir d'un évènement initiateur, l'enchaînement des évènements pouvant conduire ou non à un accident potentiel. Elle trouve aussi une utilité toute particulière pour l'étude de l'architecture des moyens de sécurité (prévention, protection, intervention) existants ou pouvant être envisagés sur un site. [5]

#### ➤ Les limites

Cette méthode peut s'avérer lourde à mettre en œuvre. En conséquence il faut définir avec discernement l'évènement initiateur qui fera l'objet de cette analyse (INERIS-DRA, 2006). [5]

## II.2.4. Analyse préliminaire des risques (APR)

### II.2.4.1. Historique et domaine d'application

« L'analyse préliminaire des risques a été développée au début des années 1960 dans le domaine aéronautiques et militaires. Elle est utilisée depuis dans de nombreuses autres industries.

L'union des industries chimiques (UIC) recommande son utilisation en France depuis le début les années 1980.

L'APR est une méthode d'usage très général couramment utilisée pour l'identification des risques au stade préliminaire de la conception d'une installation ou d'un projet.

En conséquence, cette méthode ne nécessite généralement pas une connaissance approfondie et détaillée de l'installation étudiée. ». [17]

### II.2.4.2. Principe de la méthode

L'analyse préliminaire des risques nécessite dans un premier temps d'identifier les éléments dangereux de l'installation, à partir de ces éléments dangereux, l'APR vise à identifier, pour un élément dangereux, une ou plusieurs situations de danger.

Le groupe de travail doit alors déterminer les causes et les conséquences de chacune des situations de danger identifiées puis identifier les sécurités existantes sur le système étudié.

Si ces dernières sont jugées insuffisantes vis-à-vis du niveau de risque identifié dans la grille de criticité, des propositions d'amélioration doivent être envisagées. ». [17]

**Tableau II-1:** Exemple de tableau de type (APR). [17]

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

### II.2.4.3. Limites et avantages

Le principal avantage de l'Analyse Préliminaire des Risques est de permettre un examen relativement rapide des situations dangereuses. Par rapport aux autres méthodes,

elle apparaît comme relativement économique en termes de temps passé et ne nécessite pas un niveau de description du système étudié très détaillé.

En revanche, l'APR ne permet pas de caractériser finement l'enchaînement des évènements susceptibles de conduire à un accident majeur pour des systèmes complexes.

Comme son nom l'indique, il s'agit à la base d'une méthode préliminaire d'analyse qui permet d'identifier des points critiques devant faire l'objet d'études plus détaillées.

Elle permet ainsi de mettre en lumière les équipements qui peuvent nécessiter une étude plus fine menée grâce à des outils tels que l'AMDEC, l'HAZOP (Hazard Operability) ou l'analyse par arbre des défaillances. [18]

### **II.3. L'analyse par la méthode HAZard OPERabilit (HAZOP)**

#### **II.3.1. Historique et domaine d'application**

La méthode Hazard Opérabilité (HAZOP) a été développée par la société Impérial Chemical Industries (ICI) au début des années 1970. Elle a depuis été adaptée dans différents secteurs d'activité. L'Union des Industries Chimiques (UIC) a publié en 1980 une version française de cette méthode dans son cahier de sécurité n°2 intitulés « 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 (Piping and Instrumentation Diagramme). [19]

#### **II.3.2. Définition**

HAZOP est une méthode prépondérante dans l'analyse de la sécurité des industries de processus (chimique, pharmaceutique, pétrolière...). Elle est presque indispensable pour l'examen de systèmes dont la sécurité de l'installation dépend en grande partie de la maîtrise des conditions opératoires (débit, pression, température...) [20]

#### **II.3.3. L'objectif de la méthode**

- ✓ Réalisation de l'étude au sein d'un groupe de travail rassemblant différents métiers :  
Sécurité, ingénierie, exploitation, maintenance...

- ✓ Méthode d'analyse systématique liée aux installations avec circuits fluides
- ✓ Contribution au respect des normes en matière de sécurité.
- ✓ Mise en évidence des principaux problèmes d'exploitation et d'entretien
- ✓ Etude des conséquences et risques éventuels liés à ces dérives
- ✓ Proposition des mesures correctives appropriées [21].

### II.3.4. Principe de la méthode

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

L'HAZOP ne considère plus des modes de défaillances mais les dérives potentielles (ou déviations) des principaux paramètres liés à l'exploitation de l'installation. Pour chaque partie constitutive du système examiné (ligne ou maille), la génération (conceptuelle) des dérives est effectuée de manière systématique par la conjonction [21] :

**Mot-clé + Paramètre = Déviation**

#### II.3.4.1. Mots-clés ou mots guides

Parallèlement, la méthode introduit un nombre limité (sept à l'origine) de mots-clés appelés aussi « mots guides » et définis originellement ainsi :

« ...simple mot ou courte phrase qualifiant l'intention en vue de guider et de stimuler le processus créatif et ainsi de permettre la découverte de déviations... ». [22]

Liste des sept mots-clés (keywords) :

- 1) Non ou pas de (no ou not).
- 2) Plus de (more).
- 3) Moins de (less).
- 4) En plus de (as well as).
- 5) En partie (part of).
- 6) Autre que (otherthan).
- 7) Inverse (reverse).

Depuis, se sont ajoutés quatre mots-clés relatifs aux notions de temps et de séquence :

- 1) Plus tôt que (earlierthan).

- 2) Plus tard que (laterthan).
- 3) Avant (before).
- 4) Après (later).

Soit un total aujourd'hui de onze mots-clés. La recherche d'autres mots-clés est ouverte à l'imagination. [22]

**Tableau II-2:** Signification des mots guide [23].

<b>Mot-guide</b>	<b>Signification</b>
Pas de	Négation totale
Plus de, trop de	Augmentation quantitative d'une quantité ou d'un paramètre du procédé
Moins de, pas assez de	Diminution quantitative d'une quantité ou d'un paramètre du procédé
Inverse	Opposé logique de l'objectif de procédé
Plus long	La durée d'une opération du procédé est plus longue
Plus courte	La durée d'une opération du procédé est plus courte
Plus tôt	Une opération du procédé se produit avant le moment prévu
Plus tard	Une opération du procédé se produit après le moment prévu

### II.3.4.2. Paramètres de fonctionnement

Les paramètres de fonctionnement, pouvant avoir une incidence sur la sécurité de l'installation, doivent être sélectionnés. De manière fréquente, les paramètres sur lesquels porte l'analyse, sont [24] :

- 1) La température.
- 2) La pression.
- 3) Le débit.
- 4) Le niveau.
- 5) La concentration.
- 6) La viscosité.
- 7) Le temps.

Les opérations à réaliser :

- 1) La quantité.

- 2) L'absorption.
- 3) La composition.
- 4) La séparation.

Actions à réaliser :

- 1) Démarrer.
- 2) Isoler.

Fonctions-situations :

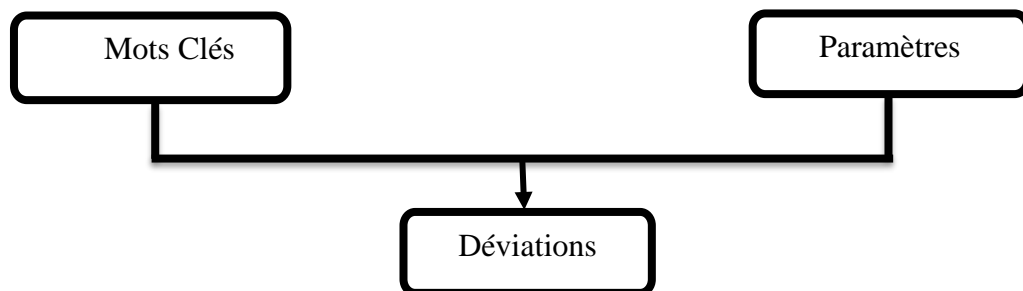
- 1) Protection.
- 2) Séisme.

**Tableau II-3:** Exemple de matrices potentielle des mots guide et des paramètres [25].

Grandeurs physiques Mesurable		Operations à réaliser		Actions à réaliser	Fonctions situations
Température	pH	Chargement	Contrôle	Démarrer	Protection
Pression	Intensité	Dilution	Séparation	Échantillonner	Fuite
Niveau	Vitesse	Chauffage	Refroidissement	Arrêter	Défaut d'utilités
Débit	Fréquence	Agitation	Transfert	Isoler	Gel
Concentration	Quantité	Mélange	Maintenance	Purger	Séisme
Contamination	Temps	Réaction	Corrosion	Fermer	Malveillance

### II.3.4.3. Déviations

La combinaison de mots-clés et de paramètres de fonctionnement va constituer une dérive, ou déviation, de ce paramètre [22].



**Figure II-3:** La relation de déviation.



**Exemple I [26] :** le paramètre grandeur physique « température » appliqué au mot-clé « plus de » conduit à la déviation « plus de température », sous-entendu par rapport à l'intention du procédé, déviation qui s'exprimera plus clairement par « température haute ». De la même façon, le paramètre opératoire « agitation » appliqué au mot-clé « pas de » conduit à la déviation « pas d'agitation ».

On notera que l'état de référence du paramètre soumis à déviation dépend notamment de l'état du système considéré : fonctionnement normal ou transitoire (démarrage, arrêt).[25]

**Exemple II [26] :**

- a) “Plus de “ et “ Température “ = “ Température trop haute “ ;
- b) “ Moins de “ et “ Pression “ = “Pression trop basse “ ;
- c) “ Inverse “ et “Débit “ = “Retour de produit “ ;
- d) “ Pas de “ et “ Niveau “ = “Capacité vide”.

**Tableau II-4:** Exemple de matrices potentielle des mots guide et des paramètres [27].

Mot-guide Paramètre	Plus de	Moins de	Pas	Inverse	Autre que
Pression	Pression trop haute	Pression trop basse	Absence de confinement	Appareil sous vide	Manque d'air instruments
Température	Trop Chaude	Trop froid	Manque de réchauffage	Manque de refroidissement	Réaction exothermique endothermique
Débit	Trop grande	Trop petit	Débit nul	Retour de produit	Manque de gaz inerte
Niveau	Trop haut	Trop bas	Appareil vide	Recyclage	Manque d'énergie électrique
Concentration	Trop forte	Trop basse	Manque d'additif (Catalyseur)	Rapport inversé	Contamination
Temps	Opération trop longue	Opération trop courte	Opération oubliée	Reprise de la même Opération	Démarrage Arrêt
Protection	Risque induit par surprotection	Protection Insuffisante	Manque de protection	Impact choc	Malveillance

### II.3.5. Déroulement de la méthode

Le déroulement d'une étude HAZOP se fait en suivant les étapes suivantes

- a) 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 identifiée au cours de la description fonctionnelle.
- b) Choisir un paramètre de fonctionnement.
- c) Retenir un mot-clé et étudier la dérive associée.
- d) Vérifier que la dérive est crédible. Si oui, passer au point « e », sinon revenir au point « c ».
- e) Identifier les causes et les conséquences potentielles de cette dérive.
- f) Examiner les moyens visant à détecter cette dérive ainsi que ceux prévus pour en prévenir l'occurrence ou en limiter les effets.
- g) Proposer, le cas échéant, des recommandations et améliorations.
- h) Retenir un nouveau mot-clé pour le même paramètre et reprendre l'analyse au point « c ».
- i) Lorsque tous les mots-clés ont été considérés, retenir un nouveau paramètre et reprendre l'analyse au point « b ».
- j) Lorsque toutes les phases de fonctionnement ont été envisagées, retenir une nouvelle ligne et reprendre l'analyse au point « a ». [17]

**Tableau II-5:** Exemple de tableau de type (HAZOP). [14]

<b>Date :</b>							
<b>Au niveau :</b>							
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
Mots clés	Paramètre	Déviation	Causes	Conséquences	Barrières Sécurités	Actions Corrective	observations

## II.3.6. Les limites et Les avantages de la méthode

### II.3.6.1. Limites de L'HAZOP

- ✓ La méthode HAZOP repose sur la déviation des variables, mais ne prend pas en compte les défaillances, ni les enchaînements que peuvent entraîner les déviations de ces variables.
- ✓ Cette méthode ne représente pas l'installation sous une forme structurée facilement informatisable.
- ✓ HAZOP permet difficilement d'analyser les événements résultant de la combinaison simultanée de plusieurs défaillances.
- ✓ Il est parfois difficile d'affecter un mot-guide à une portion bien délimitée du système à étudier. Cela complique singulièrement l'identification exhaustive des causes potentielles d'une dérive. [28]

### II.3.6.2. Avantages de L'HAZOP

- ✓ HAZOP est une méthode très adaptée à l'étude de dangers dans le domaine des procédés tel que le domaine chimique.
- ✓ HAZOP est un outil particulièrement efficace pour les systèmes thermo hydrauliques, Cette méthode présente un caractère systématique et méthodique [28].

## II.4. L'analyse par la méthode HIRA

### II.4.1. Historique

La méthode HIRA (Hazard Identification and Risk Assessment) a été développée dans les années 1960 par l'industrie chimique et pétrolière pour évaluer les risques industriels. Elle s'est ensuite répandue dans d'autres secteurs tels que la construction et la gestion de projet.

La méthode HIRA utilise une approche systématique pour identifier les dangers potentiels et évaluer les risques associés. Elle analyse chaque étape d'une opération ou d'un processus afin de détecter les dangers tels que les substances chimiques dangereuses, les équipements défectueux ou les erreurs humaines.

Une fois les dangers identifiés, la méthode HIRA évalue les risques en tenant compte de la probabilité d'occurrence du danger et des conséquences possibles sur les personnes,

les biens et l'environnement. Les risques sont ensuite classés par ordre de priorité pour une gestion efficace.

La popularité de la méthode HIRA s'est accrue grâce à son approche proactive de la gestion des risques. Elle aide les organisations à prendre des décisions éclairées pour réduire les risques, mettre en place des mesures de prévention et de protection, et améliorer la sécurité globale des opérations.

Aujourd'hui, la méthode HIRA est largement utilisée dans divers domaines et est souvent intégrée aux processus de gestion des risques et de conformité réglementaire. Elle continue d'évoluer pour s'adapter aux nouveaux défis en matière de sécurité et de gestion des risques. [29]

## **II.4.2. Définition et terminologie**

**HIRA** : est l'acronyme : Hazard identification Risk Assessment.

En français : identification des dangers et évaluation des risques.

Terme collectif qui englobe toutes les activités liées à l'identification des dangers et à l'évaluation des risques dans les installations, tout au long de leur cycle de vie, afin de s'assurer que les risques pour les employés, le public ou l'environnement sont systématiquement contrôlés dans les limites de la tolérance au risque de l'organisation.[29]

### **Identification des dangers**

« Processus visant à reconnaître qu'un danger existe et à définir ses caractéristiques. »

### **Evaluation du risque**

« L'évaluation du risque consiste à comparer le niveau de risque déterminé au cours du processus d'analyse aux critères de risque établis lors de l'établissement du contexte ». [30]

## **II.4.3. Objectifs de l'étude de l'HIRA**

La méthode d'analyse de risques HIRA (Hazard Identification Risk Assessment) a pour objectif d'identifier les dangers potentiels dans un environnement spécifique, d'évaluer les risques associés à ces dangers et de formuler des mesures de prévention et de mitigation pour réduire les risques à un niveau acceptable. En résumé, les objectifs de la méthode HIRA sont les suivants :

1. **Identification des dangers** : La première étape de la méthode HIRA consiste à identifier tous les dangers possibles présents dans un environnement donné. Cela peut inclure des dangers physiques, chimiques, biologiques, ergonomiques, psychosociaux, etc.
2. **Évaluation des risques** : Une fois les dangers identifiés, la méthode HIRA vise à évaluer les risques associés à chaque danger. Cela implique d'estimer la probabilité d'occurrence d'un événement dangereux et d'évaluer la gravité des conséquences potentielles.
3. **Priorisation des risques** : Après l'évaluation des risques, il est nécessaire de hiérarchiser les dangers en fonction de leur niveau de risque. Cela permet de concentrer les efforts sur les dangers les plus critiques et d'allouer les ressources de manière efficace pour la prévention et la mitigation.
4. **Développement de mesures de prévention et de mitigation** : Une fois les risques prioritaires identifiés, la méthode HIRA vise à formuler des mesures spécifiques pour prévenir les accidents, les blessures ou les dommages associés à ces risques. Ces mesures peuvent inclure des procédures opérationnelles, des formations, des équipements de protection individuelle, des barrières physiques, des systèmes de sécurité, etc.
5. **Suivi et réévaluation** : Enfin, la méthode HIRA préconise un suivi continu des mesures mises en place et une réévaluation régulière des risques pour s'assurer de leur efficacité et de leur pertinence. Cela permet d'apporter des ajustements si nécessaire et de maintenir un environnement de travail sûr et sécurisé. [29]

#### **II.4.4. Les étapes de la méthode HIRA**

1. **Identification des activités** : Répertoriez toutes les activités ou tâches effectuées dans l'environnement étudié.
2. **Identification des modes opératoires** : Décrivez les modes opératoires spécifiques utilisés pour chaque activité.
3. **Identification des dangers** : Identifiez les dangers potentiels associés à chaque mode opératoire. Les dangers peuvent être de nature physique, chimique, biologique, ergonomique ou psychosociale.

4. **Évaluation des risques** : Évaluez les risques associés à chaque danger identifié. Cela implique d'évaluer la probabilité d'occurrence de l'événement dangereux et la gravité des conséquences potentielles.
  5. **Identification des dommages** : Identifiez les dommages potentiels qui peuvent résulter de chaque risque.
  6. **Cotation de risques** : Dans cette étape, vous pouvez attribuer des cotations numériques aux différents niveaux impliqués dans l'évaluation des risques.
- **Niveau d'exposition (NE)** : Évaluez le niveau d'exposition des individus ou des travailleurs au danger identifié. Cela peut être évalué en utilisant ces matrices :

Matrice N°1	TABLEAU NIVEAU EXPOSITION NE					
RÉPÉTITIVE	Poste de travail		>4 heures	1 à 4 heures	15 min à 1 heure	<15 min
	Quotidien (plus de 150j/an)	une à plusieurs fois/jour	10	10	7	7
	Hebdomadaire (entre 50 et 150j/an)	1 ou plusieurs fois/semaine	10	7	7	4
	Mensuel (entre 10 et 49j/an)	1 ou plusieurs fois/mois	7	4	4	1
	Annuel	1 ou plusieurs fois par an	4	1	1	1

Figure II-4: Niveau exposition [30]

- **Niveau de protection (NP)** : Évaluez le niveau de protection actuel ou prévu pour prévenir l'exposition au danger identifié. Cela peut être évalué en utilisant ces matrices :

Matrice N°2	TABLEAU NIVEAU DE PROTECTION		
<b>S É M A N T I Q U E</b>	<b>NP poste de travail</b>		
	Pas protégé	Absence de mesures de prévention	<b>1</b>
	Peu protégé	Une ou plusieurs mesures de prévention existent, mais ne sont pas <u>structurées</u> ou sont <u>insuffisantes</u>	<b>0,7</b>
	Assez protégé	des mesures de prévention <u>structurées</u> existent	<b>0,4</b>
Bien protégé	Des mesures de prévention <u>structurées avec</u> révision/contrôle périodique existent	<b>0,05</b>	
Les niveaux de protection NP peuvent être pondérés avec des facteurs tels que le niveau d'éclairage, le niveau sonore ou le travail isolé			

Figure II-5 : Niveau de protection [30]

- **Niveau de gravité (NG) :** Évaluez la gravité des conséquences potentielles en cas d'occurrence de l'événement dangereux. Cela peut être évalué en utilisant ces matrices :

Matrice N°3	TABLEAU NIVEAU DE GRAVITE		
<b>S É M A N T I Q U E</b>	<b>NG Poste de travail</b>		
	Très grave	La situation à risque peut conduire à un accident grave avec arrêt de travail supérieur à 3 mois ou à un handicap irréversible ou à un accident mortel	<b>10</b>
	Grave	La situation à risque peut conduire à un accident grave avec arrêt de travail	<b>7</b>
	Sérieux	La situation à risque peut conduire à une blessure ne nécessitant qu'un soin infirmerie ou à un accident sans arrêt de travail	<b>4</b>
Gênant	La situation à risque ne conduit pas à une blessure, mais à un gêne ou un inconfort	<b>1</b>	

Figure II-6: Niveau de gravité [30]

- **Niveau de maîtrise du risque (NM) :** Calculez le résultat de niveau de maîtrise du risque en multipliant les niveaux d'exposition, de protection et de gravité

$$(NM = NE \times NP \times NG).$$

Ce résultat permet de quantifier le niveau de risque associé à chaque danger identifié, tel que (NM>40 : Risque non maîtrisé/ NM=20.1 à 40 : Risque peu maîtrisé/ NM<20 : Risque maîtrisé)

7. **Mesures de prévention existantes** : Répertoriez les mesures de prévention déjà mises en place pour réduire les risques. Cela peut inclure des dispositifs de sécurité, des procédures de sécurité, des formations, etc. [29]

## **II.4.5. Les limites et Les avantages de la méthode**

### **II.4.5.1. Les Avantages**

- ✓ Identification exhaustive des dangers.
- ✓ Évaluation structurée des risques.
- ✓ Développement de mesures préventives appropriées.
- ✓ Collaboration et participation des parties prenantes. [29]

### **II.4.5.2. Les Limites**

- ✓ Subjectivité dans l'évaluation des risques.
- ✓ Manque de données fiables.
- ✓ Complexité des calculs nécessaires.
- ✓ Limitation de la prédictivité pour les risques émergents. [29]

## **II.5. Conclusion**

L'étude des différents outils et techniques d'analyse des risques nous a permis de comparer principales méthodes de gestion de risques en se basant sur classements.

Elle nous a aidés à déterminer leurs principaux avantages et inconvénients.

En outre, il n'y a pas de bonne ou de mauvaise méthode d'analyse des risques mais elles sont complémentaires.

Le choix de la méthode d'analyse des risques dépendra des ressources disponibles, de la complexité de la situation et des objectifs de l'organisation. Quelle que soit la méthode choisie, il est crucial d'impliquer toutes les parties prenantes concernées, d'assurer une communication claire et transparente et de mettre en place un processus itératif d'évaluation des risques pour s'adapter aux changements et améliorer continuellement la gestion des risques.



## *Chapitre III : Étude de cas*

### **III.1 Objectifs**

L'objectif de ce projet de fin de cycle est de fournir une base de travail pour l'étude des principaux risques industriels, en se basant sur l'analyse d'un cas réel dans l'entreprise FOT, la description et l'analyse des risques industriels est réalisé par les méthodes HIRA et HAZOP que nous appliquerons à travers l'étude des risques industriels au niveau de la sablerie. Enfin on effectue une comparaison entre ces deux méthodes.

### **III.2 Présentation de l'entreprise (FOT)**

L'EPE fonderies de Tiaret par abréviation EPE.FOT.SPA est une entreprise dépendant du groupement de la promotion de l'industrie mécanique : secteur militaire, situé à la ville de Tiaret au Ouest d'Algérie, elle a été créée en 1983, et elle a redémarré son activité en 03 novembre 2021.

La fonderie de Tiaret utilise de nombreux types de sables qui servent à confectionner des moules et des noyaux pour le moulage de ces pièces métalliques. Le plus souvent, elle utilise du sable siliceux d'origine, complété par des liants en fonction des applications envisagées et du type d'alliage. Sa capacité de production est de 830 tonnes par an de fonte et 4000 tonnes par an d'aciers.

#### **III.2.1 Situation géographique**

Située au niveau de la zone industrielle ZAAROURA, à 4 km de Tiaret, l'entreprise bénéficie d'une proximité avec l'aéroport le plus proche, situé à 18 km de la ville de Tiaret. Le port le plus proche est celui de Mostaganem, distant de 150 km de Tiaret. La distance par rapport à Alger est de 260 km.

#### **III.2.2 Fiche technique de l'unité**

- Date création : 2021
- Statut juridique : SPA
- Capitale sociale : 1200000000DA
- Effectifs : 310
- Certification : iso9001/2008
- Capacités de production :
  - ✓ Fonte 8350 tonnes/an

- ✓ Acier 4000 tonnes/an

### **III.2.3 Organisations de l'entreprise FOT**

Concernant l'organisation de l'entreprise en peut la présenter comme suit :

- ✓ Block administratif : il comprend les différents services soutien à l'exploitation
- ✓ Direction technique
- ✓ Direction d'administration et des finances
- ✓ Direction commerciale
- ✓ Direction QHSE

### **III.2.4 Les différents ateliers**

La filiale FOT est composée principalement de quatre ateliers :

- ✓ Atelier de fusion
- ✓ Atelier de moulage
- ✓ Atelier de la sablerie
- ✓ Atelier de parachèvement des produits moule (décochage, ébarbage, finition...).

## **III.3 Identification du poste de travail (Sablerie)**

### **III.3.1 Définition**

Le système de traitement de sable dans les fonderies fait référence à l'ensemble des étapes et des équipements utilisés pour préparer le sable avant son utilisation dans le processus de moulage des pièces. Son objectif principal est d'assurer la qualité du moule en éliminant les impuretés du sable, en contrôlant la granulométrie et en créant des conditions idéales pour le moulage

### **III.3.2 Les équipements du système**

Les équipements utilisés dans le processus de traitement de sable varient en fonction des besoins spécifiques de l'application et des étapes du traitement. Voici les équipements utilisés :

- **Silos de stockage** : Ils sont utilisés pour stocker le sable brut avant son traitement.
- **Les pulseurs pneumatiques** : Un pulseur pneumatique est un équipement utilisé dans le processus de traitement de sable pour faciliter le déplacement du sable à travers les conduits. Il fonctionne en utilisant de l'air comprimé pour générer une pression qui propulse le sable à travers les conduits et les canalisations.



Figure III-1 : Pulseur pneumatique

- **Séchoirs** : Ils sont utilisés pour éliminer l'humidité présente dans le sable en le soumettant à une source de chaleur, comme de l'air chaud.

Il contient les organes suivants :

- ✓ **Un brûleur thermique** : Il s'agit du dispositif responsable de la combustion du gaz pour produire de la chaleur. Il est généralement alimenté en gaz naturel ou en propane, et il mélange le gaz combustible avec de l'air ou de l'oxygène pour créer une flamme. La chaleur produite par le brûleur est utilisée pour sécher le sable dans le séchoir. (Figure III-3)
- ✓ **Le tambour** : est une partie essentielle du séchoir. Il est conçu pour contenir le sable. Le tambour tourne lentement, permettant ainsi aux matériaux de circuler et

d'être exposés à la chaleur produite par le brûleur thermique. Cela favorise l'évaporation de l'humidité de sable. (**Figure III-2**)

✓ **Moteur asynchrone** : Le moteur asynchrone est responsable de la rotation du tambour. Il convertit l'énergie électrique en énergie mécanique pour entraîner le mouvement du tambour. Le moteur asynchrone peut être contrôlé pour ajuster la vitesse de rotation du tambour en fonction des besoins du processus de séchage.



**Figure III-3:** Le brûleur



**Figure III-2 :** Tambour

➤ **Cribles vibrants** : Ils sont utilisés pour séparer les différentes fractions granulométriques du sable en passant à travers des tamis ou des grilles.



**Figure III-4 :** Crible vibrant



- **Refroidisseurs** : Ils sont utilisés pour abaisser la température du sable après le séchage. Il utilise l'eau pour refroidir le sable.



**Figure III-5** : Refroidisseurs

- **Silos de classification** : Ils sont utilisés pour stocker le sable traité et classé en fonction de sa granulométrie, permettant un accès facile au sable approprié lors de son utilisation ultérieure.

### III.4 Les étapes de traitement

Le système de traitement de sable dans le moulage comprend généralement les étapes suivantes :

- 1) **Stockage de sable premier** : Cette étape implique le stockage initial du sable brut dans les zones des stocks. Il vise à créer une réserve de sable suffisante pour assurer un approvisionnement continu dans le processus de traitement.
- 2) **Séchage** : Dans cette méthode, un brûleur est utilisé pour produire des flammes à partir d'un combustible gazeux tel que le gaz naturel ou le propane. Les flammes produisent une chaleur intense qui est transférée à l'air environnant. L'air chaud généré par les flammes est ensuite dirigé vers un tambour tournant contenant les sables humides. Ce tambour est équipé d'un moteur asynchrone qui lui permet de tourner à une vitesse contrôlée. En tournant, les sables sont exposés à l'air chaud, ce qui provoque l'évaporation de l'humidité présente dans les particules de sable. L'air chargé d'humidité est évacué du tambour. Ce

processus de séchage avec l'air chaud et le tambour tournant permet un séchage uniforme et efficace des sables.

- 3) **Criblage** : Le criblage est une étape du système de traitement du sable qui consiste à séparer les particules de sable en différentes fractions granulométriques.

Il contient les organes suivants :

✓ **Les tamis** : ils sont des dispositifs composés de surfaces perforées ou de mailles de différentes tailles qui permettent de filtrer le sable en fonction de sa granulométrie. Le sable est versé sur le tamis et secoué ou agité, ce qui permet aux particules plus fines de passer à travers les ouvertures du tamis, tandis que les particules plus grosses sont retenues.

✓ **Les vibreurs** : ils sont des équipements vibrants qui facilitent le processus de criblage. Ils sont utilisés pour agiter les tamis, provoquant ainsi un mouvement de va-et-vient du sable. Cette agitation aide à séparer les différentes fractions de sable en fonction de leur taille.

Le criblage permet d'obtenir un sable de granulométrie uniforme, conforme aux spécifications requises pour le processus de moulage. Il élimine les particules indésirables de différentes tailles et permet de sélectionner la fraction de sable appropriée pour la suite du traitement

- 4) **Refroidissement** : Le refroidissement avec l'eau, notamment à travers l'utilisation de radiateurs, est une méthode utilisée dans le système de traitement du sable pour réduire la température des particules de sable. L'eau, en tant que liquide de refroidissement, est utilisée pour absorber et dissiper la chaleur du sable chaud. Les radiateurs sont des dispositifs qui permettent le transfert de chaleur de manière efficace de l'intérieur du sable vers l'eau de refroidissement. Dans ce processus, le sable chaud est exposé à l'eau circulant dans les radiateurs. La chaleur du sable est transférée à l'eau, ce qui entraîne une élévation de la température de l'eau. L'eau chaude est ensuite évacuée du système et remplacée par de l'eau froide, ce qui abaisse progressivement la température du sable. Le refroidissement avec l'eau, en utilisant des radiateurs, permet de contrôler et de maintenir la température du sable dans des limites acceptables pour le processus de moulage. Cela garantit que le sable est prêt à être utilisé sans risque de déformation ou de dommages causés par une température excessive.

- 5) **Classification dans les silos** : Une fois le sable traité, séché, criblé et refroidi, il est classé en fonction de sa granulométrie dans des silos de stockage spécifiques. Différents silos sont utilisés pour stocker le sable de différentes tailles, assurant ainsi un accès facile au sable approprié lors de son utilisation ultérieure dans le processus de coulée.

La Figure III-6 présente le schéma complet de processus

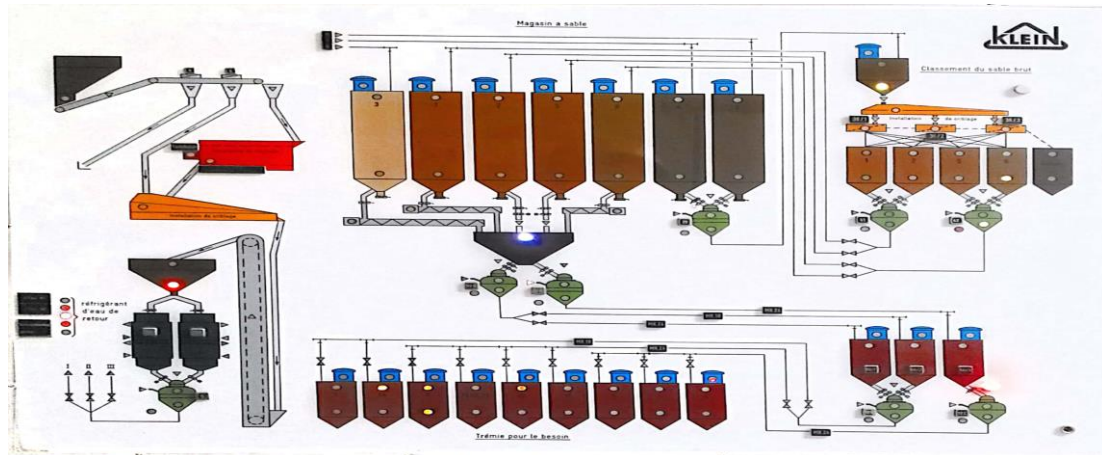


Figure III-6: Le schéma du processus

### III.5 Application de la méthode HIRA pour l'analyse des risques

#### III.5.1 Fiches d'analyse des différents risques

Une fiche d'analyse des risques est composée de :

- ✓ En tête : Direction, poste de travail ; Date et Heure ; Validation...
- ✓ Equipement de protection individuelle



Tableau III-1: La fiche analyse des risques

FICHE ANALYSE DES RISQUES									
<b>Direction : Sécurité</b> <b>DEPT : UMCP</b> <b>Unité :</b>		<b>Poste de travail : la sablerie</b>			<b>Date : 11/05/2023</b> <b>Heure : 10h</b>			<b>Validée par le RMS le chef unité</b>	
		<b>Elaborée par :</b>						<b>VISA :</b>	
		<b>Accompagnée de :</b>						<b>VISA :</b>	
		Casque		Lunette				Gilet anti froid	
		Blue de travail		Gant de manutention				Ciré (un habite imperméable)	
		Chaussure de sécurité		Gant anti abrasif				Tablier en cuir	
Activités	Mode opératoire	Danger	Risques	Domage	NE	NG	NP	NM	Mesures de prévention existantes
Stockage du sable	Stockage adéquat du sable dans des zones désignées et sécurisées	Effondrement des piles de sable	Chute d'objets	Blessures, Fractures, contusions, asphyxie	7	4	0.4	11.2	Formation sur les procédures de stockage sécurisé, utilisation d'équipement de levage approprié
		Emission des Poussières	Problèmes Respiratoires	Asphyxie	4	4	1	16	

Calibration des équipements (Système en marche)	Réglage et ajustement des équipements pour assurer leur bon fonctionnement	Etat de sole	Glissade	Blessures,	4	4	0.4	<b>6.4</b>	Utilisation d'équipement de protection individuelle, formation sur les procédures de calibration, maintenance régulière
			Chute de hauteur	Blessures	4	7	0.4	<b>6.4</b>	
		Exposition à des pièces mobiles	Mécanique	Blessures	4	7	0.7	<b>11.2</b>	
		Bruit	Sonore	Troubles auditifs	7	4	1	<b>28</b>	
		Chocs électriques	Électriques	Electrification	4	10	0.7	<b>28</b>	
Contrôle qualité	Prélèvement d'échantillons pour les tests et l'analyse	Exposition à des substances dangereuses	Risque Chimiques	Maladies professionnelles, réactions allergiques	1	1	0.05	<b>0.05</b>	Utilisation d'équipement de protection individuelle, formation sur les protocoles de prélèvement et d'analyse
Nettoyage	Utilisation d'équipement de nettoyage (aspirateur, souffleur, etc.)	Inhalation de poussières, produits chimiques	Chimiques	Problèmes respiratoires, intoxication	1	4	0.05	<b>0.2</b>	Utilisation d'équipement de protection individuelle, ventilation adéquate, formation sur les procédures de nettoyage
Maintenance préventive	Contrôle régulier des paramètres de fonctionnement	Etat de sol	Glissade Chute de hauteur	Blessures	4	4	0.4	<b>6.4</b>	Formation sur les procédures de surveillance, entretien régulier de l'équipement,

		Exposition à des composants dangereux	Mécanique	Blessures potentielles	4	7	0.4	<b>11.2</b>	mise en place d'un système d'alerte
		Bruit	Sonore	Trouble auditifs	1	7	0.7	<b>4.9</b>	
	Inspection visuelle des conduites pour détecter les fuites, les dommages ou les signes de corrosion	Fuite de gaz	Explosion incendie	La mort	7	4	1	<b>28</b>	Programme de vérification régulière, formation sur les procédures d'inspection, remplacement des conduites défectueuses
		Emission des Poussières	Problèmes de respiratoires	Provocation de tumeurs	1	10	0.4	<b>4</b>	
Maintenance corrective	Intervention pour réparer les équipements et systèmes en cas de panne ou de défaillance	Exposition à des composants dangereux,	Mécanique	Blessures	1	7	0.7	<b>4.9</b>	Procédures de maintenance correctives établies, formation du personnel sur les protocoles de réparation, utilisation d'équipement de protection individuelle
	Intervention sur les armoires électriques	Chocs électriques	Electriques	Electrification	4	10	0.4	<b>16</b>	

Tableau III-2: Fiche de sensibilisation aux risques

<b>Fiche de sensibilisation aux risques</b>				
<b>Intitule de poste</b>			<b>Action à entreprendre par</b>	
<b>Danger</b>	<b>Risques</b>	<b>Domages</b>	<b>Management</b>	<b>Titulaire du poste</b>
Effondrement des piles de sable	Chute d'objets	Blessures, Fractures, contusions, asphyxie	Fournir d'équipement de levage approprié Formation sur les procédures de stockage sécurisé	Port EPI Respect des consignes
Etat de sole	Glissade Chute de hauteur	Blessures	Aménagement de l'espace de travail Signalisation du risque de glissement	Utilisation d'équipement de protection individuelle
Exposition à des pièces mobiles	Mécanique	Blessures	Formation sur les procédures de calibration, maintenance régulière	Utilisation d'équipement de protection individuelle
Chocs électriques	Electrique	Electrification	Mise en place de plaques d'avertissement	Vérification du circuit électrique Port EPI Port des gants isolant
Bruit	Sonore	Trouble auditifs	Mise en place de plaques de consignes impérative	Port EPI Port stop bruit
Emission des poussières	Problèmes Respiratoires	Asphyxie	Mise en place des Extracteurs d'air sur toiture	Sensibiliser le personnel sur le port des EPI Veillez au bon fonctionnement des installations Aspirateur pour poussières

Fuite de gaz	Explosion	La mort	Programme de vérification régulière Formation sur les procédures d'inspection, remplacement des conduites défectueuses	Sensibiliser le personnel sur le port des EPI
Inhalation de poussières, produits chimiques	Chimiques	Irritation respiratoire, intoxication	Formation sur les procédures de nettoyage	Utilisation d'équipement de protection individuelle
Exposition à des composants dangereux	Mécanique	Blessures	Formation du personnel sur les protocoles de réparation	Utilisation d'équipement de protection individuelle

### III.5.2 Les résultats de l'étude avec la méthode HIRA

Le niveau de maîtrise du risque avec :

- ✓ NM<20 : Risque maîtrisé
- ✓ NM=20.1 à 40 : Risque peu maîtrisé
- ✓ NM>40 : Risque non maîtrisé

**Tableau III-3:** Récapitulatif des dangers risques et dommages

Danger	Risque	Damage	NM = niveau de maîtrise du risque	
Effondrement des piles de sable	Chute d'objets	Blessures, Fractures, contusions, asphyxie	2.8	Risque maîtrisé
Etat de sole	Glissade chute de hauteur	Blessures	6.4	Risque maîtrisé
Exposition à des pièces mobiles	Mécanique	Blessures,	11.2	Risque maîtrisé
Chocs électriques	Electrique	Electrification	28	Risque peu maîtrisé
Bruit	Sonore	Trouble auditifs	28	Risque peu maîtrisé
Emission des poussières	Problèmes Respiratoires	Asphyxie	16	Risque maîtrisé
Fuite de gaz	Explosion	La mort	4	Risque maîtrisé
Exposition à des composants dangereux	Mécanique	Blessures	4.9	Risque maîtrisé
Inhalation de poussières, produits chimiques	Chimiques	Irritation respiratoire, intoxication	0.05	Risque maîtrisé

### III.6 Application de la méthode HAZOP pour l'analyse des risques

Dans notre cas on a appliqué la méthode sur les organes suivants :

- ✓ Le bruleur

- ✓ Le refroidisseur
- ✓ Le pulseur

**Tableau III-4:** Les valeurs des paramètres de fonctionnement

	<b>Pression</b>	<b>Débit</b>	<b>Température</b>
<b>Bruleur</b>	Haute : 4.5 Bar Basse : 3.5 Bar	Haute : 11 m <sup>3</sup> /h Basse : 9 m <sup>3</sup> /h	Haute : 250 °C Basse : 150 °C
<b>Le refroidisseur</b>	Haute : 6.5 Bar Basse : 5.5 Bar	Haute : 55 m <sup>3</sup> /h Basse : 45 m <sup>3</sup> /h	Haute : 15 °C Basse : 5 °C
<b>Le pulseur</b>	Haute : 8 Bar Basse : 6 Bar	/	/

**Tableau III-5:** Application de la méthode HAZOP pour un bruleur

Date : 14/05/2023							
Au niveau de brûleur							
Mot clé	Paramètre	Déviations	Causes	Conséquences	Barrières Sécurité	Actions Correctives	Observations
Pas de	Pression	Absence de Pression	-Problème avec la vanne de régulation de la pression	-Pas d'allumage bruleur -Pas de vapeur -Arrêt processus	-Aucune	-Vérifier et calibrer la vanne de régulation de la pression	Surveiller les alarmes du système de régulation de pression pour s'assurer que les valeurs sont dans les plages acceptables.
Plus de	Pression	Haute Pression	-Surcharge du brûleur -Défaillance du régulateur de pression	-Explosion -endommagement du brûleur	-Pressostat HP	-Vérifier et calibrer régulièrement le régulateur	
Moins de	Pression	Basse Pression	-Mauvaise combustion -Régulateur défaillant	-Pas de passage du GAZ -Arrêt processus	-Pressostat BP	-Effectuer une maintenance régulière du régulateur	
Pas de	Débit de GAZ	Débit nul	-Fermeture de la vanne d'air de combustion -Défaillance de compression d'air	Explosion Par excès de gaz -Perte de flamme et de production -Impact sur L'environnement	-Aucun	-La ventilation avant le démarrage et au cours d'opération -Analyse de fumées	Vérifier régulièrement les débits d'alimentation en combustible à l'aide de débitmètres précis et fiables



<b>Plus de</b>	Débit de GAZ	Débit Trop grand	-Défaillance de la boucle de régulation	-Mauvaise qualité du sable -Change de la position de la flamme avec dommage des tubes -Explosion à cause de poches de gaz non brûlés dans la chambre de combustion	Aucun	-La ventilation avant le démarrage et au cours d'opération -Analyse de fumées	
<b>Plus de</b>	Température de la chambre de combustion	Température élevée	-Thermostat défaillant	-Risque d'incendie ou d'explosion	Aucun	-Installer et maintenir des systèmes de refroidissement	Configurer des alarmes de température pour signaler les dépassements des limites critiques.
<b>Moins de</b>	Température de la chambre de combustion	Basse température	-Thermostat défaillant	-Performance inefficace du brûleur. -Combustion incomplète	Aucun	-Prévoir -alarme BT	
<b>Autre que</b>	Utilités	Manque d'air instruments	-Défaillance de compression d'air -Mauvaise qualité d'air comprimé	Perte de contrôle sur le système de régulation	Aucun	-Afficher un panneau (Que faire en cas de problème ou bien de panne)	
<b>Autre que</b>	Utilités	Manque d'énergie électrique	Défaillance du système électrique	Perte de contrôle sur le système de régulation	Aucun	-Groupe alternateur - Double alimentation électrique	

**Tableau III-6:** Application de la méthode HAZOP pour refroidisseur

Date : 14/05/2023							
Au niveau de refroidisseur							
Mot clé	Paramètre	Déviations	Causes	Conséquences	Barrières Sécurité	Actions correctives	Observations
<b>Plus de</b>	Débit d'eau de refroidissement	Haut débit	-Défaillance des vannes de régulation ou des pompes de refroidissement	-Suppression du système -défaillances des conduits	Aucun	-Utilisation de vannes de régulation pour contrôler le débit d'eau. Surveillance régulière des vannes et des pompes.	Surveiller en continu le débit d'eau de refroidissement pour détecter toute variation importante ou soudaine.
<b>Moins de</b>	Débit d'eau de refroidissement	Basse débit	-Surchauffe du sable	-Défaillance des pompes de refroidissement ou obstruction des conduites d'eau	Aucun	-Installation de capteurs de température pour surveiller la température du sable. -Vérification régulière du bon fonctionnement des pompes et des conduites d'eau.	

<b>Plus de</b>	Température de l'eau de refroidissement	Trop chaude	-Défaillance de la bouclée régulation de température	-Choc thermique du métal -Rupture des tubes	Thermostat	-Alarme HT - Analyser régulièrement de l'eau	Configurer des alarmes de température pour signaler les dépassements des limites critiques.
<b>Moins de</b>	Température de l'eau de refroidissement	Trop froid	Dysfonctionnement du système de chauffage ou défaut d'isolation thermique	Formation de glace, obstruction des conduites, réduction de l'efficacité du processus	Thermostat	-Utilisation d'un système de détection et de dégivrage pour éviter la formation de glace. -Isolation thermique adéquate pour prévenir les pertes de chaleur.	
<b>Plus de</b>	Pression de l'eau de refroidissement	-Pression trop haute	-Régulateur défaillant -Augmentation de la température	-Rupture des tubes.	-Pressostat de sécurité	-Alarme HP - Soupape de sécurité -Limiteur de pression	Configurer des alarmes de pression pour être averti en cas de dépassement des seuils de pression acceptables.
<b>Moins de</b>	Pression de l'eau de refroidissement	-Basse pression	-Défaillance de régulateur -Manque d'eau	-Arrêt du processus	Opérateur (Visite périodique)	-Alarme de suppression	
<b>Autre que</b>	Utilités	-Manque d'énergie électrique	Défaillance du système électrique	-Perte de contrôle sur le système de régulation	Aucun	-Groupe alternateur - Double alimentation électrique	

**Tableau III-7:** Application de la méthode HAZOP pour un pulseur à sable

Date : 14/05/2023 Au niveau de pulseur							
Mot clé	Paramètre	Déviation	Causes	Conséquences	Barrières Sécurités	Actions correctives	Observations
<b>Pas de</b>	Pression du sable	Pas Pression du sable	-Problème avec la vanne de régulation de la pression	-Performance réduite du pulseur. -Mauvaise distribution du sable, risque de colmatage. -Arrêt processus	Aucun	Surveillance de la pression du sable -Utilisation de systèmes de sécurité pour contrôler la pression du sable	Surveiller les variations de pression lors des cycles de démarrage et d'arrêt du pulseur à sable pour identifier les comportements inhabituels
<b>Plus de</b>	Pression du sable	Plus Pression du sable	Excès de pression	Risque de rupture des conduites fuites, -Arrêt processus	Pressostat HP	-Utilisation de soupapes de sécurité pour réguler la pression du sable -Inspection régulière des équipements et conduites	
<b>Moins de</b>	Pression du sable	Basse Pression du sable	Défaillance du régulateur de pression	-Arrêt processus	Pressostat BP	Vérification de l'alimentation en sable pour assurer un flux constant et adéquat, réglage ou remplacement des composants défectueux	

<b>Utilités</b>	Manque d'énergie électrique	Défaillance du système électrique	Perte de contrôle sur le système de régulation	Groupe alternateur - Double alimentation électrique	Aucun	-Groupe alternateur -Double alimentation électrique	
-----------------	-----------------------------	-----------------------------------	--	--	-------	--	--

### III.7 Étude comparative entre les méthodes HIRA et HAZOP

Tableau III-8: La comparaison entre la méthode HAZOP et HIRA

Aspects	HIRA	HAZOP
<b>Types de dangers</b>	Dangers liés à la santé et à la sécurité des travailleurs	Défaillances dans la conception ou l'exploitation des équipements ou systèmes
<b>Objectif</b>	Identifier les dangers potentiels et évaluer les risques liés aux activités des travailleurs	Identifications des déviations potentielles et des scénarios de défaillance liés aux équipements hydrothermiques
<b>Méthodologie</b>	Étude des activités de travailleurs, identification des dangers potentiels, évaluation des risques et mise en place de mesures de prévention	Analyse des équipements hydrothermiques, identification des défaillances potentielles, évaluation des conséquences et des mesures de prévention des défaillances
<b>Avantages</b>	Focalisation sur les activités des travailleurs permettant d'identifier les dangers liés à leur environnement immédiat	Analyse approfondie des équipements hydrothermiques pour prévenir les défaillances et les incidents potentiels
<b>Limitations</b>	Le zéro risque n'existe pas	Ne peut pas couvrir tous les aspects

La méthode HIRA et la méthode HAZOP sont deux approches complémentaires utilisées dans le domaine de la sécurité pour identifier les dangers et évaluer les risques. Bien qu'elles diffèrent dans leur domaine d'application et leurs étapes spécifiques, elles peuvent être utilisées conjointement pour une évaluation plus complète des risques dans un environnement de travail.

### **III.8 Recommandations**

Il est fortement recommandé d'adopter une approche combinée en utilisant à la fois la méthode HIRA et la méthode HAZOP dans le système de traitement de sable, tout en mettant en œuvre des mesures de prévention appropriées.

Ces recommandations découlent des constatations que chaque méthode offre des avantages distincts pour l'identification des dangers et l'évaluation des risques.

Cela vous permettra d'identifier les dangers spécifiques liés aux activités des travailleurs, tout en prenant en compte les défaillances potentielles des équipements et les conséquences associées.

En parallèle, il est essentiel de mettre en place des mesures de prévention adéquates.

- L'utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI) appropriés.
- La maintenance préventive régulière des équipements.
- L'application de bonnes pratiques de travail.
- La formation des travailleurs sur les procédures de sécurité.
- La gestion adéquate des produits chimiques utilisés dans le processus de traitement de sable.

### **III.9 Conclusion**

En combinant la méthode HIRA, qui se concentre sur les activités des travailleurs dans l'atelier de sablerie, avec la méthode HAZOP, qui se concentre sur les équipements hydrothermiques tels que le brûleur, le pulseur et le refroidisseur, nous pouvons obtenir une évaluation plus complète des risques.

La mise en œuvre des mesures de prévention adéquates, permis de créer un environnement plus sûr et réduire les risques potentiels dans l'installation du traitement de sable, en tenant compte à la fois des activités des travailleurs et des équipements. Cette approche proactive contribuera à protéger la santé et la sécurité des travailleurs, à prévenir les accidents et les incidents, et à garantir un fonctionnement fiable du système du traitement de sable.

# *Conclusion générale*



## *Conclusion générale*

En conclusion, notre projet de fin de cycle, axé sur l'étude comparative des méthodes HAZOP et HIRA appliquées au système de traitement de sable de l'entreprise FOT à Tiaret, nous a permis de mieux comprendre les risques associés à ce système et d'identifier les méthodes les plus appropriées pour les évaluer et les gérer.

Au cours de notre étude, nous avons examiné en détail les risques industriels associés au système de traitement de sable et avons utilisé les méthodes HAZOP et HIRA pour évaluer ces risques et proposer des mesures de prévention et d'atténuation appropriées.

L'étude comparative des deux méthodes nous a permis de comprendre leurs différences et leurs similitudes, ainsi que leurs avantages et leurs limitations respectives. La méthode HAZOP s'est révélée efficace pour l'identification des écarts par rapport aux opérations normales et pour l'analyse des conséquences potentielles, tandis que la méthode HIRA a mis l'accent sur l'évaluation quantitative des risques.

Nous avons constaté que les deux méthodes étaient complémentaires et qu'elles fournissaient des informations précieuses pour la gestion des risques industriels. Cependant, il est important de souligner que le choix de la méthode dépend des objectifs spécifiques de l'entreprise et des caractéristiques de l'environnement de travail.

Grâce à notre étude comparative, nous avons pu mettre en évidence l'importance de mener une évaluation approfondie des risques industriels dans le cadre d'une approche holistique de la gestion des risques. Il est essentiel d'impliquer tous les acteurs concernés, du personnel de terrain aux responsables de l'entreprise, pour assurer une prise de décision éclairée et des mesures de prévention adéquates.

*Références bibliographiques*

- [1] BERRAR ABDERRAOUF, « Gestion des risques par l’analyse préliminaire au Sein de complexe GL1/K-Sonatrach-Wilaya de SKIKDA ». Mémoire de master. UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR- ANNABA.
- [2] Hamad, kH. (2016). MAÎTRISE DU RISQUE D’EXPLOSION AU NIVEAU DES CHAUDIÈRES Cas : FERTIAL Algérie. [Thèse].
- [3] Mlle Mouloudi Salima, « Etude et analyse des risques d’un Equipement (pompe – compresseur) Par la méthode HAZOP ». Mémoire de master. UNIVERSITE DE MEDEA
- [4] ROUABHIA, Nour el houda, « L’approche probabiliste pour la maitrise des Risques industriels ». Mémoire de master. UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA
- [5] Benhania Abdelhamid, Aboub Adel, « Analyse des risques industriels d’une station de Service ». Mémoire de master. UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
- [6] Bennedjai Nouh, Douahi Oussama abd elghafour, « Etude et analyse des risques industriels (Etude de cas) ». Mémoire de master. UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR-ANNABA, 2019.
- [7] Amine, « Contrôle des produits chimiques – Une non-conformité courante », Hortimedia, 4 janvier 2021. <https://hortimedia.ma/contrôle-des-produits-chimiques-une-non- Conformité-courante/>.
- [8] « Protection individuelle. La protection individuelle – Démarches de prévention – INRS». <https://www.inrs.fr/demarche/protection-individuelle/ce-qu-il-faut-retenir.html>.
- [9] « Analyse de vibration – Airspec – Votre partenaire de confiance », AirSpec – Spécialiste industriel. <https://www.airspec.ca/services-specialises/analyse-de-vibration/>.
- [10] « Incendies et Explosions – CAAR ». <https://caar.dz/incendies-et-explosion/>.
- [11] R. Bergier, « Flash sécu : la chute de hauteur », Abalone Emploi, 5 octobre 2022. <https://www.abalone-emploi.com/flash-secu-chute-hauteur>.

- [12] « Prévention des chutes dans votre entrepôt : les barres de sécurité ». [https://www.damotech.com/fr/blogue/barres-de-securite-prevention-chutes?hs\\_amp=true/](https://www.damotech.com/fr/blogue/barres-de-securite-prevention-chutes?hs_amp=true/).
- [13] « Risques électriques. Accidents d'origine électrique – Risques – INRS ». <https://www.inrs.fr/risques/electriques/accidents-origine-electrique.html>.
- [14] Mortureux, Yves. « Arbres de défaillance, des causes et d'événement. » (2002).
- [15] DEBBI Boumediene, SELAMI Zineddine. « Etude et analyse des risques dans un mécanisme Industriel avec l'utilisation de la méthode HAZOP » Mémoire de master. UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA. 2021
- [16] BROWN, "Risk analysis: an investment in engineering, Process Safety Progress," 1999.
- [17] B. DEBRAY, S. CHAUMETTE, S. DESCOURIERE, V. TROMMETER, Méthodes D'analyse des risques générés par une installation industrielle, INERIS-DRA, France,2006
- [18] BEZAZ Raihana, MOUZAOU Meriem. « Analyse des risques liés aux barrage ». Mémoire de master. Université Dr. Yahia Farés de MEDEA.2013
- [19] Mr. DOUMA Bouziane, Mr. KABKOUB Mohamed. « L'application de la méthode HAZOP Pour L'analyse des risques liés au Stockage des hydrocarbures ». Mémoire de master. UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA.2020
- [20] Boulahia hassene, etude et analyse des risques dans un mécanique industriel, chaudiere GB 1150, au sein complexe fertial – Annaba, 2018.
- [21] OMARI Abdrrahim, MILOUDI Mohamed. « ANALYSE DE RISQUE PAR LA METHODE HAZOP : Etude de cas ». Mémoire de master. UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA 2021.
- [22] CEI, études de danger et d'exploitabilité (étude HAZOP) guide d'application. 2001.

- [23] LEDOUX.C, “Analyse de risques appliquée à la validation du nettoyage des Equipements de fabrication de médicaments aérosols,” Mémoire de master. Université de rouen ufr de Médecine et de pharmacie, 2014.
- [24] ENSPM, Sécurité Des Systèmes-Analyse Des Risques. 2005.
- [25] ROYER.M, “Méthodes d’analyse des risques,” Tech. L’ingénieur, 2016.
- [26] KHELOUFI.DJ and MEDJDOUB.J, “Analyse de la Surete de Fonctionnement pour la Maitrise des Risques de la Chaudiere de Tchín-Lait,” Mémoire de master. Université Abderrahmane Mira De Bejaia, 2013.
- [27] BERDOUZIF, “Simulation dynamique de dérives de procédés chimiques. Application a l’analyse quantitative des risques,” Institut National Polytechnique de Toulouse, 2017.
- [28] Mlle. ANABI Chaimaa. « ANALYSE DE RISQUE PAR LA METHODE HAZOP : Etude de cas de TCHIN-LAIT ». Mémoire de master. UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA,2020
- [29] Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA) «<https://environmentclearance.nic.in>».
- [30] Abderrahmane BENARFA, Tarek GHELIMA.«Evaluation des risques de pollution et accidents de travail au niveau des cimenteries et les mines dans le but de la prévention». Mémoire de master. Université larbi tebssi –tebessa,2016.

## ملخص:

الهدف الرئيسي لدراستنا هو تحليل المخاطر الصناعية في ورشة معالجة الرمال التابع لشركة FOT. يتم تحقيق هذا من خلال استخدام طريقتين لإدارة المخاطر وهما طريقة HAZOP وطريقة HIRA. ونجد أن الطريقتين مكملتين لبعضهما البعض وتوفران معلومات قيمة لإدارة المخاطر الصناعية واقتراح تدابير الحماية. الكلمات المفتاحية: المخاطر الصناعية -طريقة- HAZOP -طريقة- HIRA -حماية.

## Abstract:

The main objective of our study is the analysis of industrial risks in the sand treatment facility of FOT Company.

The application is carried out by using two risk management methods, namely HAZOP and HIRA methods. It is observed that both methods are complementary and provide valuable information for industrial risk management and proposing protective measures.

Keywords: Industrial risks, HAZOP method, HIRA method, Protection.

## Résumé :

L'objectif principal de notre étude est l'analyse des risques industriels dans la sablerie de l'entreprise FOT.

L'application est faite par l'utilisation de deux méthodes de gestion des risques à savoir les méthodes HAZOP et HIRA. On constate que les deux méthodes sont complémentaires et qu'elles fournissaient des informations précieuses pour la gestion des risques industriels et de proposer des mesures de protection.

Mots clés : Risques industrielles, Méthode HAZOP, Méthode HIRA, Protection.