

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



## PROJET DE FIN DE CYCLE

### MASTER

**Domaine :** Sciences et Technologie

**Filière :** Electromécanique

**Parcours :** Master

**Spécialité :** Maintenance Industrielle

#### Thème

Étude des principaux risques industriels  
dans un poste de travail

Préparés par :

- M. BELKHEIR Adda
- M. BADOUR Abdelkader

Soutenu publiquement le : 29 / 06 / 2022, devant le jury composé de :

M.ELGUERRI Mohamed	Maître de Conférences "A" (Univ. Ibn Khaldoun)	Président
M.MOULGADA Abdelmadjid	Maître de Conférences "A" (Univ. Ibn Khaldoun)	Examineur
M. BEY Mohamed	Maître de Conférences "B" (Univ. Ibn Khaldoun)	Examineur
M. ATHMANI Houari	Maître Assistant "A" (Univ. Ibn Khaldoun)	Encadrant

## **REMERCIEMENTS**

*Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.*

*En second lieu, nous tenons à remercier sincèrement Mr. ATHMANI Houari qui en tant que Directeur de projet de fin d'étude, s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail Et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Ma femme F.SAHNOUNE pour encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.*

*Nous n'oublions pas le directeur d'unité Tiaret Mr M.BENFARHAT. et le chef département approvisionnement Mr K.BELKHEIR et Mr H. HASSAN qui réserve toujours un bon accueil aux stagiaires*

*Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours soutenues et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire On exprime aussi nos remerciements à **Mr. M.B.GUEMMOUR** pour ces conseils*

*Merci à tous et à toutes.*

# *Dédicace*

*A mes chers parents qui ont toujours été là pour nous,  
et qui nous  
ont donné un magnifique modèle de la beur et de  
persévérance...*

*A mes chers frères et ma sœur...*

*A mes chères femmes*

*A mes fils : Sirine et Rawane et hayate*

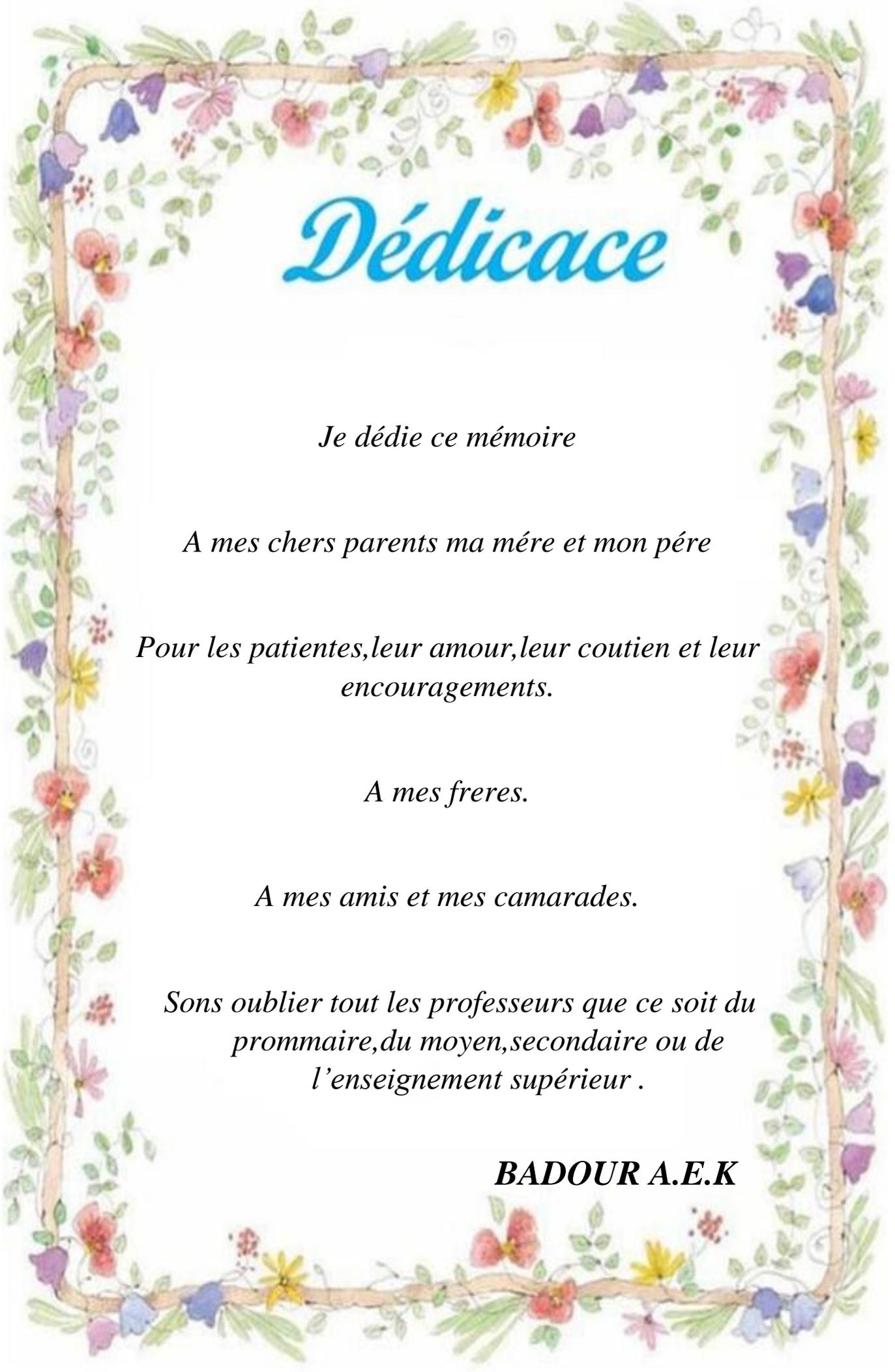
*A ma famille respectives pour leurs aides et soutient  
permanents...*

*A mes meilleurs amis...*

*A tous ceux qui nous aime et tous ceux que nous  
aimons...*

*Nous vous dédions ce modeste projet de fin de cycle*

***BELKHEIR Adda***



# *Dédicace*

*Je dédie ce mémoire*

*A mes chers parents ma mère et mon père*

*Pour les patientes, leur amour, leur soutien et leur  
encouragements.*

*A mes frères.*

*A mes amis et mes camarades.*

*Sans oublier tout les professeurs que ce soit du  
primaire, du moyen, secondaire ou de  
l'enseignement supérieur .*

**BADOUR A.E.K**

## Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I : Généralités sur les Risques dans le Milieu Industriel	
I-1 Introduction	2
I.2 Classification des risques industriels	2
I.2.1. Chutes	2
a). Identification	3
b). Modalités d'exposition	3
I.2.2. Chutes d'objets	3
a). Les conséquences d'une chute d'objet	4
b). Identification	4
c). Modalités d'exposition	5
I.2.3. Circulation	5
I.2.3.1. Circulation dans l'entreprise (interne)	5
I.2.3.2 Circulation routière (externe)	6
a). Identification	6
b). Modalités d'exposition	6
I.2.4. Manutention manuelle	6
a). Identification	7
b). Modalités d'exposition	7
I.2.5. Engins de manutention	7
a). Identification	7
b). Modalités d'exposition	7
I.2.6. Incendie / Explosion	8
a). Identification	8
b). Modalités d'exposition	8
I.2.7. Risques Biologiques	9
a). Identification	9
b). Modalités d'exposition	9
I.2.8. Risques Chimiques	10
a). Identification	10
b). Modalités d'exposition	10

I.2.9. Risques physiques	11
a). Identification	11
b). Modalités d'exposition	11
I.2.10. Risques liés à l'électricité	12
a). Identification	12
b). Modalités d'exposition	12
I.2.11. Travail sur écran	13
a). Identification	13
b). Modalités d'exposition	13
I.2.12. Equipements de travail	13
a). Identification	14
b). Modalités d'exposition	14
I.2.13. Equipements sous Pression	14
a). Identification	15
b). Modalités d'exposition	15
I.3. Risque industriel (Définition)	15
I.4 Différents types de risques industrie	15
I.5 Les facteurs de risque industriel	15
a). Danger	15
b). Risque	16
c). Exposition	16
I.6. Conclusion	16
<b>Chapitre II : Identification et analyse des risques industriels</b>	
II-1 Introduction	17
II.2-Les méthodes d'analyse des risques	17
II.2.1.Analyse préliminaire des risques (APR)	17
a). Historique et définition	17
b). Les Principes	17
c). Déroulement	18
d). Limites et avantages	19
II.2.2.La méthode des modes de défaillance de leur effet et leur criticité AMDEC	19
a).Application de l'AMDEC	20
b). Principe de L'AMDEC	20
c). Les étapes de la méthode AMDEC	20

d). Les Avantages et Limites	21
II.2.3.La méthode HAZOP	22
a).Présentation de la méthode HAZOP	22
b).Le déroulement de la méthode HAZOP	22
d). Les avantages et limites	23
II.2.4. La méthode Arbre de Défaillance	24
a). L'objectif de l'Arbre de Défaillance	24
b). Principe Arbre de Défaillance	24
c).Caractéristique Arbre de Défaillance	24
d). Les avantages et limites	24
II.2.5.La méthode Arbre d'évènement	25
a).Description d'analyse Arbre d'évènement	25
b). L'objectif de l'arbre d'évènement	25
c). Application de l'arbre d'évènement	26
d). Les avantages et limites	26
II.2.6. La méthode nœud papillon	27
a). définition de la méthode	27
b). Les avantages et limites	28
II.2.7. La méthode HIRA	28
a). Définition HIRA	28
b). Les types d'HIRA	28
c). Responsabilité	29
d). Techniques utilisées pour faire l'analyse des risques	29
e). Cotation des risques	29
II.3-Conclusion	32
chapitre III : Etude de cas	
III.1.Objectifs	33
III.2.Présentation de l'entreprise	33
III.2.1.Historique	33
III.2.2.Infrastructure et équipement	34
III.2.3.Production	34
a).Matière première consommables, produits finis	34

b) Gamme de production, capacité de production et utilisation	35
c) Contrôle qualité	38
III.3. ENTPL unité Tiaret et l'environnement	38
III.4. Identification des risques au niveau de l'entreprise	41
III.4.1. Généralité et modes opératoires d'atelier galvanisation	41
a).Composition de la ligne	41
1-Dérouleurs	42
2-Le four de recuit à feu nu	43
a).Les équipements de chauffage	44
b). Sécurité	44
3-Décapage et lavage	44
4- Le bain de fluxage	45
5-Le séchoir	45
6- Le bain de zinc	46
7-Les enrouleurs	46
III.5 Application de la méthode HIRA pour l'analyse des risques (Etude de cas)	47
III.6 Fiches d'analyse des différents risques	47
III.7.Les résultats de l'étude avec la méthode HIRA	53
III.8. Conclusion	54
Recommandations	54
Conclusion générale	55

**Liste des figures**

<b>Figure I.1</b> : Chutes de hauteur.....	03
<b>Figure I.2</b> : Risque Liés aux Chutes d'objets.....	04
<b>Figure I.3</b> : Plan de Circulation en Milieu de Travail.....	05
<b>Figure I.4</b> : Circulation externe.....	06
<b>Figure I.5</b> : Manutention Manuelle.....	06
<b>Figure I.6</b> : Engins de manutention.....	07
<b>Figure I.7</b> : incendie /explosion.....	08
<b>Figure I.8</b> : Vêtement de protection contre risque biologique.....	09
<b>Figure I.9</b> : Produit chimique.....	10
<b>Figure I.10</b> : Appareil de mesure des vibrations.....	11
<b>Figure I.11</b> : accident d'origine électrique.....	12
<b>Figure I.12</b> : Ecran de micro portable.....	13
<b>Figure I.13</b> : Opération d'usinage sur la machine de tour classique.....	14
<b>Figure I.14</b> : suivi en service des équipements sous pression.....	14
<b>Figure II.1</b> : la démarche de la méthode AMDEC.....	21
<b>Figure II-2</b> Arbre de Défaillance.....	24
<b>Figure II-3</b> Exemple de la méthode nœud papillon.....	27
<b>Figure III.1</b> Les fils tréfilés clairs.....	36
<b>Figure III.2.</b> Les fils recuit (noir).....	36
<b>Figure III.3.</b> Les fils galvanisés.....	36
<b>Figure III.4</b> Les treillis soudés et panneaux.....	37
<b>Figure III.5.</b> Les treillis soudés fins.....	37
<b>Figure.III.6.</b> Panneaux de treillis d'armature.....	37
<b>Figure III.7.</b> Plan de découpage de l'entreprise ENTPL unité de Tiaret.....	40

<b>Figure. III.8.</b> dérouleurs type HSM 3.....	42
<b>Figure.III.9.</b> Dérouleurs type HSM 6.....	43
<b>Figure III.10.</b> Le four de recuit à feu nu.....	43
<b>Figure. III.11.</b> Le bain de décapage et lavage.....	44
<b>Figure. III.12.</b> Le bain de fluxage.....	45
<b>Figure. III.13.</b> Le séchoir.....	45
<b>Figure. III.14.</b> Le bain de zinc.....	46
<b>Figure.III.15.</b> Partie enrouleur de la ligne galvanisation.....	47

---

## Liste des tableaux

<b>Tableau II-1</b> Exemple de Tableau de type « APR ».....	19
<b>Tableau II-2.</b> Tableau Niveau Exposition.....	30
<b>Tableau II-3.</b> Tableau Niveau de Protection.....	30
<b>Tableau II.4.</b> Tableau Niveau de Gravite.....	30
<b>Tableau III.1.</b> Fiche de sensibilisation aux risques pour ligne galvanisation .....	51
<b>Tableau III.2.</b> Récapitulatif des dangers risques et dommages.....	53
<b>Tableau III.3 :</b> Clé d'identification du niveau de maitrise du risque.....	54

**ABREVIATIONS**

**HIRA: Hazard Identification Risk Assessment**

**AMDEC: Analyse Modes Défaillances Effets Criticité**

**HAZOP: HAZard OPerability analysis**

**APR : Analyse Préliminaire Risques**

**ADD : Arbre De Défaillance**

**ADE : Arbre D'Evènement**

**TMS : Trouble Musculo Squelettiques**

**EPI : Equipement Protection Individuelle**

**HCL : Hydroxyde de Chlore**

**T.S.S : Treillis Soudé Standard**

**TSF : Treillis Soudé Fin**

**GI : Galvanisation I**

**RII : Recuit II**

**EL-3D : ELiment 3D : trois dimensions**

# Introduction générale

### Introduction générale

Le risque industriel, sujet d'actualité qui engendre un sentiment croissant d'insécurité et nourrit à lui de nombreuses réflexions, renvoie communément à la notion d'accident. Les risques d'accidents, résultent de la présence des produits et/ou des procédés dangereux, sont quant à eux les plus redoutés, susceptibles de provoquer un accident entraînant des conséquences immédiates graves pour le personnel, et même au-delà des limites du site industriel, notamment sur les zones urbaines limitrophes.

Dans ce projet situé dans un contexte technologique s'inscrivant dans une activité d'ingénierie de production dans le domaine du génie mécanique. Notre travail concerne spécialement de l'analyse et l'étude des principaux risques industriels dans un poste de travail au niveau des installations de l'entreprise ENTPL – unité Tiaret.

Le thème du projet proposé s'intègre dans le cadre de ce travail et l'étudiant en vue de l'obtention du diplôme master professionnalisant en maintenance industrielle.

Dans le processus de développement, nous avons concentré tous nos efforts pour une meilleure compréhension des problèmes techniques qui peuvent survenir dans la mise en œuvre de la politique d' l'étude des risques industriels.

L'objectif principale de cette étude nous permis d'assimilation des connaissances a un mode d'intégration du savoir, du savoir-faire de maitrise des connaissances comme l'analyse et l'étude des principaux risques industriels au niveau des installations de l'entreprise ENTPL – unité Tiaret.

Ce travail de porte sur l'étude des différents risques dans le milieu industriel. Avec étude d'un cas réel au niveau d'une entreprise. Le mémoire est composé de trois parties, la première est consacrée à une étude générale des risques industriels suivi de la description des différentes méthodes d'analyse des risques industriels et enfin une application par étude d'un cas au niveau d'une entreprise du milieu industriel local ENTPL unité de Tiaret.

**Chapitre I :**  
**Généralités sur les**  
**risques dans le milieu**  
**industriel**

### I-1 Introduction

Le risque est une notion difficile à refaire mais de façon générale, on peut dire que c'est une contingence indésirable, appréhendée, relativement probable. Par appréhendée, on entend par là que le risque est connu au préalable.

L'exposition au risque résulte donc souvent d'une démarche consciente, appelée prise de risque. En ce sens, le risque se distingue par exemple de aléa ou de l'incident, qui surviennent en général de façon imprévue ; Le risque est généralement probable, mais tout de même suffisamment nuisible pour être indésirable. En ce sens, il se distingue notamment du danger, qui suppose la possibilité d'un dommage grave (notamment la mort). Par exemple de quelqu'un qui sort tête nue par temps froid qu'il court le risque d'attraper un rhume, tandis qu'il se met en danger s'il traverse une rue sans regarder.

Le risque est une contingence peu probable, ce qui constitue une autre différence par rapport au danger. On parle en effet de danger lorsque la probabilité d'occurrence et les conséquences sont importantes, tandis que le risque existe dès lors que sa probabilité d'occurrence n'est pas nulle.

L'appréciation de ces différents critères est hautement subjective, ce qui peut justifier que dans les domaines scientifiques et techniques une définition quantifiable et plus rigoureuse du risque a été recherchée [1].

### I.2 Classification des risques industriels

Comme le présent travail 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.

Les différentes catégories de risques suivantes servent d'exemple [1].

#### I.2.1. Chutes

Il s'agit du risque d'accident lié à la perte d'équilibre d'une personne suivie d'une chute dans le vide. Les chutes de hauteur se différencient des chutes de plain-pied par l'existence d'un dénivelé. Les marches d'escalier constituent un dénivelé. Les accidents survenus dans les escaliers sont les plus nombreux mais les conséquences sont moins importantes. On admet qu'il y a risque de chute de grande hauteur dès que la hauteur de chute dépasse les trois mètres. La chute de hauteur peut avoir des conséquences plus ou moins graves sur le salarié

- Plaies, écrasements ;
- Lésions internes ;
- Fractures des membres supérieurs et inférieurs ;
- Fractures rachis lombaires et rachis cervical causant paraplégies ou quadriplégies ;
- Traumatisme crânien ;

- Décès [2].



**Figure I.1 : Chutes de hauteur [3]**

### **a). Identification**

- Travail en hauteur ;
- Déplacements à pied.

### **b). 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'escabeau ;
- Equipements de protection individuelle (chaussures de sécurité antidérapantes, harnais Antichute, etc.) [1].

### **I.2.2. Chutes d'objets**

Les chutes d'objets sont parmi les accidents les plus courants lorsqu'on travaille dans un établissement industriel. Elles peuvent survenir dans de nombreux cas, comme lors de la manutention, la charge ou la décharge des matériaux ou des marchandises. Au moment de la prise ou

de la charge, l'objet peut échapper des mains. Cela peut entraîner des risques de blessures pour le docker et des risques de détérioration du matériel.

Dans un entrepôt, les risques de chute de hauteur sont également très élevés du fait que l'on travaille régulièrement en altitude. Il se peut alors qu'un ouvrier laisse échapper de ses mains par inadvertance ses équipements, un produit ou un outil. Un responsable logistique peut laisser glisser une marchandise de lourde charge de ses mains, un mécanicien peut faire tomber une pince lors de la pose des différentes installations, etc.

Le risque de chute d'objet peut aussi provenir d'un support mal installé. Ainsi, les objets tombent accidentellement et cela va impacter les zones de travail et les travailleurs en contrebas. C'est notamment le cas lorsqu'un panneau de lambris est mal fixé ou une palette est instable. Ils peuvent à tout moment basculer, se détacher et s'effondrer. Outre les charges qui s'effondrent, des installations peuvent également se détacher et tomber [4].

### a). Les conséquences d'une chute d'objet

Le risque de chute d'objet peut avoir de nombreux impacts. La chute d'objet sur la tête d'une personne peut entraîner des blessures plus ou moins graves. La charge qui est tombée peut également impacter les structures existantes en contrebas comme le revêtement du mur ou du sol, les portes et fenêtres... En somme, la chute d'objets peut impacter l'entreprise à différents niveaux.



**Figure I.2** : Risque liés aux chutes d'objets [5]

### b). Identification

- Lieux de travail super posé ;
- 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.).

### c). 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. [1].

### I.2.3. Circulation

#### I.2.3.1. Circulation dans l'entreprise (interne)

La circulation interne recouvre les déplacements effectués à l'intérieur des bâtiments d'une entreprise ou organisation, mais aussi sur les terrains extérieurs. Cette circulation est souvent assez dense : piétons, vélos et voitures, chariots élévateurs, camions fort occupés à se parquer, effectuer une livraison ou entreposer des marchandises se croisent. Une circulation interne sûre se base sur un plan de circulation clair indiquant les flux de circulation, les règles de circulation et les zones à respecter.

La circulation interne comprend les entrées et sorties du personnel ; les déplacements à l'intérieur de l'entreprise pour les nécessités de l'activité (vente, stockage, administration...), pour se rendre dans les locaux annexes (vestiaires, sanitaires, coin cuisine...), ainsi que ceux en provenance ou vers les parkings. Trébucher, heurter un objet, faire un faux pas ou glisser au cours de ces déplacements peut arriver à tout travailleur. Les chutes de personne ou d'objet sont souvent considérées comme inévitables, il existe pourtant différentes mesures de prévention permettant de les éviter [6].



**Figure I.3 :** Plan de circulation en milieu de travail [7]

### I.2.3.2 Circulation routière (externe)

La circulation extérieure dans l'entreprise peut être définie comme l'ensemble des déplacements des personnes, des moyens de transport et de manutention s'effectuant à l'extérieur du ou des bâtiments (voies de circulation, cour de réception, parkings...) [8].



**Figure I.4 :** Circulation externe [9]

#### a). Identification

Déplacement en voiture ou par un autre véhicule motorisé (p. ex. chariot élévateur) au sein de l'entreprise ou à l'extérieur pour le compte de l'entreprise.

#### b). Modalités d'exposition

- Utilisation de véhicules sur voie publique ou privée ;
- Zones de circulation communes pour piétons et véhicules ;
- Zones de manœuvre ;
- Etat des véhicules, équipements des véhicules ;
- Conduite inappropriée ;
- Utilisation de moyens de communication pendant la conduite (GSM, GPS, etc.) [1].

### I.2.4. Manutention manuelle

Le travail de manutention manuel concerne toutes les opérations de transport de soutien d'une charge, dont le levage, la pose, la pousse, la traction, le porte et le déplacement, exige un effort physique d'une ou de plusieurs travailleurs [10].



**Figure I.5 :** Manutention manuelle [10]

### a). Identification

Dangers liés à la nature de la charge (poids, volume, forme).

### b). Modalités d'exposition

- Nombre de manipulations de la charge, de façon répétitive ou à cadence élevée ;
- Manutention dans un environnement particulier (état du sol, encombrements,...) ;
- Manutention dans une ambiance particulière (chaleur, basse température, mauvais éclairage,...) ;
- Manutention demandant le maintien prolongé d'une posture ;
- Manutention difficile, contrainte posturale liée à la dimension de la charge [1].

### I.2.5. Engins de manutention

Risque d'accident lié à la manutention de charges avec des engins (chariots élévateurs, grues, Ponts-roulants, pelles mécaniques, etc.).



**Figure I.6 :** Engins de manutention [11]

### a). Identification

Dangers liés à la charge manutentionnée, au déplacement D'engins, aux moyens de manutention.

### b). Modalités d'exposition

- Collision, dérapages, renversement d'engins ;
- Ecrasement de personnes ;
- Défaillance des moyens de manutention ;
- Conduite sans visibilité ;
- Instabilité du moyen de manutention ou de la charge [1].

### I.2.6. Incendie / Explosion

Ce sont les risques liés notamment aux installations de gaz combustibles liquéfiés, aux stockages d'explosifs et d'engrais ou d'un lieu confiné contenant des substances combustibles. Leurs conséquences sont des effets de surpression, dus à la propagation d'une onde de choc.

L'explosion peut entraîner également des effets thermiques brefs et intenses entraînant des brûlures, ainsi que des effets missiles liés à la projection de débris [12].



**Figure I.7 :** Incendie /explosion [1]

#### a). 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) ;
- présence d'un comburant (p. ex. oxygène, produits chimiques dégageant de l'oxygène, etc.) ;
- stockage de produits incompatibles

#### b). Modalités d'exposition

- Toute situation de travail où se trouvent simultanément des Produits/matériaux combustibles, une 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 [1].

### I.2.7. Risques Biologiques

Les risques biologiques sont liés à l'exposition à des agents biologiques ou à leurs produits (endotoxines, mycotoxines...). En milieu de travail, ce risque concerne de multiples activités : l'agriculture, les industries agroalimentaires, les métiers de l'environnement, les métiers de la santé, les services à la personne [13].



**Figure I.8 :** Vêtement de protection contre risque biologique [14]

#### a). 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.

#### b). 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 [1].

### I.2.8. Risques Chimiques

Le risque chimique est dû à une exposition (professionnelle ou non) à un agent chimique dangereux, généralement à l'occasion d'activités de production, manutention, stockage, transport, élimination ou traitement, ou à la diffusion volontaire dans l'environnement de produits chimiques dangereux.

Ce article (mis à part les problèmes de toxicité traités ailleurs) présente les risques suivants : asphyxie, risques liés au pH, incendie, explosion, fluides cryogéniques, rayonnement ionisant), avec un résumé des conséquences sur les biens et les personnes ou l'environnement ; et les moyens de prévention [15].



**Figure I.9** : Produit chimique [16]

#### a). Identification 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.

#### b). 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 [1].

### I.2.9. Risques physiques

Les risques physiques concernent :

- **Les risques liés à l'utilisation de machines** (outils, scie, matériel divers, y compris les couteaux, les fours...) et l'utilisation d'équipements additionnels (échelle, escabeau, échafaudage...).
- **Les risques liés à l'environnement de travail** : bruit, ambiances lumineuses, vibrations, travail sur écran, rayonnements optiques ou électromagnétiques, chaleur, froid, etc. [17].



**Figure I.10** : Appareil de mesure des vibrations [18]

#### a). 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.

#### b). 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 [1].

### I.2.10. Risques liés à l'électricité

La « fée électricité » apporte beaucoup de bienfaits, facilite la vie quotidienne et permet le progrès dans tous les domaines : industriel, scientifique, médical, artistique... Actuellement, on ne peut pas envisager la vie moderne sans électricité. Cependant, le courant électrique présente aussi des dangers et les morts d'hommes par électrocution ou les incendies et les explosions dus à l'électricité sont fort nombreux. Mal maîtrisé, le courant électrique devient un véritable danger public ; par contre, correctement utilisé et en prenant un minimum de précautions, l'homme peut profiter des bienfaits que l'électricité, depuis sa découverte, ne cesse de lui apporter. [19]



**Figure I.11** : Accident d'origine électrique [1]

#### a) Identification

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

#### b) Modalités d'exposition

- Toute situation où il y a possibilité d'électrocution ou électrisation ;
- Conducteurs nus accessibles aux travailleurs 15 ;
- Matériel défectueux, âgé ou usé ;
- Non-consignation d'une installation électrique lors d'une intervention [1].

### I.2.11. Travail sur écran

Risques pour la santé sur des postes de travail non ergonomiques.



**Figure I.12 :** Ecran de micro portable

#### a). Identification

- Dangers liés à la sollicitation visuelle (brillance de l'écran, distance entre l'écran et la Personne, taille des caractères, etc.) ;
- Dangers liés à une mauvaise posture (cou, dos et membres supérieurs) ;
- Dangers liés à l'ambiance : éclairage, bruit, température, etc.) .

#### b). Modalités d'exposition

- Durée du travail sur écran ;
- Type du travail (saisie, dialogue, transcription) ;
- Organisation du travail (autonomie, pauses, etc.) ;
- Contraintes ergonomiques (écran, clavier, souris, table, siège, etc.) ;
- Eclairage mal adapté [1].

### I.2.12. Equipements de travail

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 (exemple : chute). Ces éléments sont souvent liés à des équipements ou des machines mais peuvent également concerner des outils, des pièces, des charges, des projections de matériaux ou des fluides. La présence d'un risque mécanique peut donc être identifiée par la conjonction de 3 éléments : un opérateur, un élément et l'énergie d'un mouvement [1].



**Figure I.13** : Opération d'usinage sur la machine de tour classique [20]

### a). Identification

- Dangers liés aux équipements et matériels en mouvement ;
- Dangers liés aux matériaux usinés, analysés ou traités (fluides chauds, vapeurs, poussières, Copeaux, etc.) ;
- Dangers liés aux produits utilisés pour l'usinage, l'analyse ou le traitement de matériaux.

### b). Modalités d'exposition

- Parties mobiles accessibles au personnel ;
- Fluides ou matières pouvant être projetés ;
- Utilisation d'outils tranchants ;
- Toutes situations au cours desquelles il y a possibilité d'écrasement, de cisaillement, de Happement, de heurt, de choc, d'enroulement, etc. [1].

### I.2.13. Equipements sous Pression

Risques d'accident causé par une machine, une partie de machine sous pression.



**Figure.I.14** : Suivi en service des équipements sous pression [12]

### a). Identification

- Dangers liés aux équipements et matériels en mouvement ;
- Dangers liés aux matériaux usinés, analysés ou traités (fluides chauds, vapeurs, poussières, copeaux, etc.) ;
- Dangers liés aux produits utilisés pour l'usinage, l'analyse ou le traitement de matériaux .

### b). Modalités d'exposition

- Situations de libération du contenu sous pression, lors du fonctionnement, de l'ouverture, de la charge de l'appareil ou de projection d'objets sous pression.

### I.3. Risque industriel (Définition)

Un risque industriel majeur est lié à un événement accidentel mettant en jeu des produits ou des procédés dangereux employés au sein d'un site industriel. Il peut entraîner des conséquences immédiates graves pour les personnels, les riverains, les biens ou l'environnement [22].

### I.4 Différents types de risques industrie

Les différents types de risque sont regroupés en 5 grandes familles :

- **Les risques naturels**

Avalanche, feu de forêt, inondation, mouvement de terrain, cyclone, tempête, séisme et éruption volcanique...

- **Les risques technologiques**

D'origine anthropique, ils regroupent les risques industriel, nucléaire, biologique, rupture de barrage et celles dues aux exploitations minières et souterraines, transport de matières dangereuses... ; ils sont associés à la prévention des pollutions et des risques sanitaires.

- **Les risques de transports collectifs**

(Personnes, matières dangereuses) sont un cas particulier des risques technologiques, car les enjeux varient en fonction de l'endroit où se produit l'accident

- **Les risques de la vie quotidienne**

(accidents domestiques, accidents de la route ...)

- **Les risques liés aux conflits** [23].

### I.5 Les facteurs de risque industriel

Les facteurs de risques sont des éléments qui peuvent augmenter ou diminuer la probabilité de survenance d'un accident ou la gravité d'un événement. Les facteurs de risques complètent l'équation :

$$\text{Risque} = \text{danger} \times \text{expositions} [24].$$

#### a). Danger

Un danger est une propriété ou une capacité d'un objet, d'une personne, d'un processus, pouvant entraîner des conséquences néfastes, aussi appelés dommages. Un danger est donc une source possible d'accident.

#### b). Risque

Le risque est la probabilité que les conséquences néfastes, les dommages, se matérialisent effectivement. Un danger ne devient un risque que lorsqu'il y a exposition et donc, possibilité de Conséquences néfastes.

#### c). Exposition

Dans le présent contexte, quand on parle d'exposition, il s'agit du contact entre le danger et une personne, pouvant dès lors entraîner un dommage. Sans exposition, pas de possibilité de dommage. Le risque est donc la probabilité que quelqu'un soit atteint par un danger.

### I.6. Conclusion

Dans ce chapitre, une synthèse des différents risques industriels ont été évoqué .Il est important de développer l'analyse de risque en se posant les questions suivantes : Pour qui ? Sur quoi ? Quand ? Le concept d'analyse de risque pour un projet repose sur la démarche en 5 étapes, il s'agit d'un modèle de référence structurant les points suivants :

1. Identification et classification des risques ;
2. Les conséquences du risque (financier, juridique, humain, ...) ;
3. La gestion du risque (prévention, protection, évitement de risque, transfert) ;
4. Maîtrise interne ou transfert vers un tiers (externalisation, assurance) ;
5. Assurabilité d'un risque.

**Chapitre II :**  
**Identification et analyse**  
**des risques industriels**

### II-1 Introduction

Le choix de la méthode ou des méthodes nécessaires pour réaliser l'analyse des risques est primordial. Il n'existe pas une méthode unique miraculeuse qui permettrait à toutes les entreprises de toutes tailles et de tous secteurs d'analyser leurs risques afin de déterminer les mesures de prévention.

Il existe donc des méthodes avec des objectifs différents, selon le besoin de l'entreprise dans la mise en place de son système dynamique de gestion des risques [1].

### II.2-Les méthodes d'analyse des risques

Les principales méthodes d'analyse des risques :

- ❖ L'analyse préliminaire des risques (APR).
- ❖ L'analyse des modes de défaillance de leur effet et de leur criticité (AMDEC).
- ❖ L'analyse des risques sur schémas type HAZOP.
- ❖ L'analyse par arbres des défaillances (ADD).
- ❖ L'analyse par arbres d'évènements (ADE).
- ❖ L'analyse par Nœud Papillon.
- ❖ L'analyse par la méthode HIRA. [24]

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

##### a). Historique et définition

L'Analyse Préliminaire des Risques (Dangers) a été développée au début des années 1960 dans les domaines 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 des années 1980.

L'Analyse Préliminaire des Risques (APR) est une méthode d'usage très général couramment utilisée pour l'identification des risques au stade préliminaire de la conception d'une installation ou d'un projet. En conséquence, cette méthode ne nécessite généralement pas une connaissance approfondie et détaillée de l'installation étudiée [24].

##### b). Les Principes

L'Analyse Préliminaire des Risques nécessite dans un premier temps d'identifier les éléments dangereux de l'installation.

Ces éléments dangereux désignent le plus souvent :

- Des substances ou préparations dangereuses, que ce soit sous forme de matières premières, de produits finis, d'utilités...
- Des équipements dangereux comme, par exemple, des stockages, zones de réception-expédition, réacteurs, fournitures d'utilités (chaudière...),
- Des opérations dangereuses associées au procédé.
- L'identification de ces éléments dangereux est fonction du type d'installation étudiée. L'APR peut être mise en œuvre sans ou avec l'aide de liste de risques types ou en appliquant les mots guides HAZOP.
- Il est également à noter que l'identification de ces éléments se fonde sur la description fonctionnelle réalisée avant la mise en œuvre de la méthode.
- A partir de ces éléments dangereux, l'APR vise à identifier, pour un élément dangereux, une ou plusieurs situations de danger. Dans le cadre de ce document, une situation de danger est définie comme une situation qui, si elle n'est pas maîtrisée, peut conduire à l'exposition d'enjeux à un ou plusieurs phénomènes dangereux.
- 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 alors être envisagées [24].

### c). Déroulement

L'utilisation d'un tableau de synthèse constitue un support pratique pour mener la réflexion et résumer les résultats de l'analyse. Pour autant, l'analyse des risques ne se limite pas à remplir coûte que coûte un tableau. Par ailleurs, ce tableau doit parfois être adapté en fonction des objectifs fixés par le groupe de travail préalablement à l'analyse. Le tableau ci-dessous est donc donné à titre d'exemple.

**Tableau II-1** Exemple de Tableau de type « APR »

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

### d). Limites et avantages

Le principal avantage de l'analyse Préliminaire des risques est de permettre un examen relativement rapide des situations dangereuses sur des installations. Par rapport aux autres méthodes présentées ci-après, elle apparaît comme relativement économique en termes de temps passé et ne nécessite pas un niveau de description du système étudié très détaillé. Cet avantage est bien entendu à relier au fait qu'elle est généralement mise en œuvre au stade de la conception des installations.

En revanche, l'APR ne permet pas de caractériser finement l'enchaînement des événements 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 ou installations qui peuvent nécessiter une étude plus fine menée grâce à des outils tels que l'AMDEC, l'HAZOP ou l'analyse par arbre des défaillances. Toutefois, son utilisation seule peut être jugée suffisante dans le cas d'installations simples ou lorsque le groupe de travail possède une expérience significative de ce type d'approches [24].

### II.2.2.La méthode des modes de défaillance de leur effet et leur criticité

La **méthode AMDEC** est l'Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité. L'AMDEC est un outil utilisé dans la démarche qualité et dans le cadre de la sûreté de fonctionnement.

L'AMDEC consiste à analyser :

- les défaillances,
- leurs causes,
- leurs effets.

L'AMDEC est réalisée grâce à des contrôles :

- de différents points de la chaîne de production ;
- du produit ou du service fini .

### **a).Application de l'AMDEC**

Intégrer l'AMDEC dans l'entreprise

Au sein d'une entreprise, l'utilisation de l'AMDEC se traduit par :

- une production optimisée, le bon produit du premier coup,
- une amélioration permanente des moyens de production afin de limiter les défaillances,
- une amélioration constante de l'organisation,
- la fixation d'un seuil de qualité à obtenir, la mise en place des moyens pour y parvenir,
- une analyse de chacun des défauts de production,
- la rédaction de recommandations en cas de défaillances [25].

### **b).Principe de l'AMDEC**

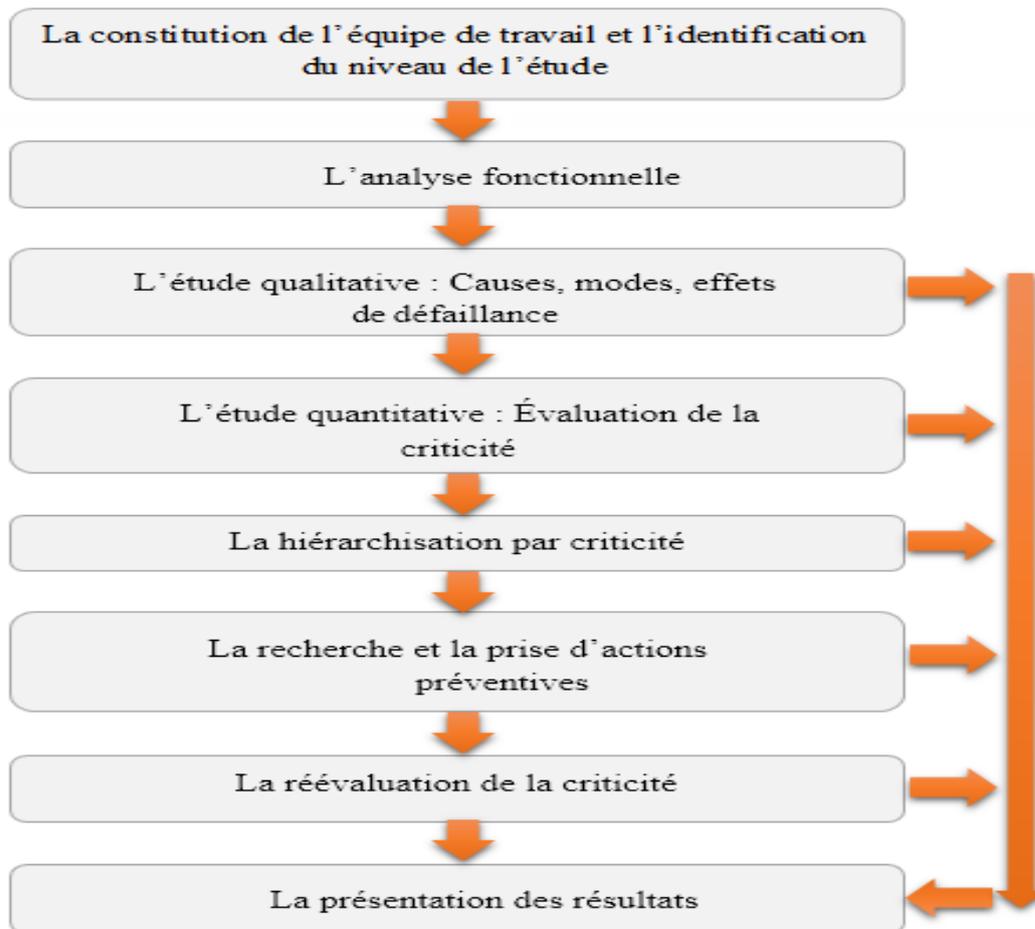
Recenser les risques potentiels d'erreur (ou les modes de défaillance) et en évaluer les effets puis en analyser les causes.

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 [26].

### **c). Les étapes de la méthode AMDEC**

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



**Figure II.1** : la démarche de la méthode AMDEC [27]

### d). Les Avantages et Limites

L'AMDEC s'avère très efficace lorsqu'elle est mise en œuvre pour l'analyse de défaillances simples d'éléments conduisant à la défaillance globale du système. De par son caractère systématique et sa maille d'étude généralement fine, elle constitue un outil précieux pour l'identification de défaillances potentielles et les moyens d'en limiter les effets ou d'en prévenir l'occurrence.

Comme elle consiste à examiner chaque mode de défaillance, ses causes et ses effets pour les différents états de fonctionnement du système, l'AMDEC permet d'identifier les modes communs de défaillances pouvant affecter le système étudié. Les modes communs de défaillances correspondent à des événements qui de par leur nature ou la dépendance de certains composants, provoquent simultanément des états de panne sur plusieurs composants du système. Les pertes d'utilités ou des agressions externes majeurs constituent par exemple, en règle générale, des modes communs de défaillance.

Dans le cas de systèmes particulièrement complexes comptant un grand nombre de composants, l'AMDEC peut être très difficile à mener et particulièrement fastidieuse compte tenu du

volume important d'informations à traiter. Cette difficulté est décuplée lorsque le système considéré comporte de nombreux états de fonctionnement.

Par ailleurs, l'AMDEC considère des défaillances simples et peut être utilement complétée, selon les besoins de l'analyse, par des méthodes dédiées à l'étude de défaillances multiples comme l'analyse par arbre des défaillances par exemple [24].

### II.2.3. La méthode HAZOP

La méthode HAZOP (Hazard and opérabilité studies) est un outil formalisé, systématique et semi-empirique, développé il y a de longues décennies maintenant, pour analyser les risques associés à l'exploitation d'une installation industrielle. De simple technique, la méthode HAZOP est devenue une pratique d'identification des dangers et des problèmes d'exploitabilité, adoptée par de nombreuses industries « risques ». Mise en pratique à l'origine en industrie pétrolière et chimique, elle a ainsi été adoptée depuis dans des industries où les dangers sont d'une autre nature : le nucléaire, l'alimentaire et les transports. Cet article est consacré aux définitions, objectifs et domaines d'application de cette méthode [28].

#### a). Présentation de la méthode HAZOP

La gestion des risques est donc incontournable de nos jours, pour toutes les activités industrielles comme pour n'importe quel type de projet. Le principe est d'effectuer un examen rigoureux et systématique de l'ensemble des processus, industriels ou non, impliqués dans le système. Cet examen doit permettre d'identifier l'ensemble des dangers et du mal fonctions d'un système. Chaque élément identifié comme étant à l'origine d'un risque est ensuite modélisé avec le plus de détails possibles de façon à comprendre comment son fonctionnement peut potentiellement amener à des dérives.

#### b). Le déroulement de la méthode HAZOP

L'utilisation de la méthode HAZOP se décompose en plusieurs phases. Une première phase de préparation est nécessaire en amont afin de déterminer s'il est pertinent de recourir à la méthode HAZOP plutôt qu'à une autre. Si HAZOP est retenue, il faut alors déterminer sur quel périmètre va porter l'étude, puis diviser la « ligne » (le système à analyser) en « nœuds » (sous-systèmes). Des spécialistes des différents domaines impliqués constitueront l'équipe qui procédera à l'analyse.

L'équipe va ensuite déterminer des mots-clés associés aux différents paramètres dont dépend le système et qui représenteront les différents types de dysfonctionnements pouvant être rencontrés. L'association d'un mot-clé et d'un paramètre du système détermine un dysfonctionnement potentiel. Par exemple, un paramètre « niveau d'eau » associé au mot-clé « inférieur à » et à une valeur indique une limite à ne pas dépasser.

Une fois la liste des anomalies potentielles établie, il faut analyser les causes possibles ainsi que les conséquences pouvant être engendrées par une défaillance si elle se produisait réellement. En fonction des résultats, des outils et des méthodes de détection des anomalies peuvent être proposés, et venir s'ajouter à ceux déjà existants.

A partir de cet inventaire des causes, des conséquences et des outils, l'équipe va être en mesure de produire des recommandations à suivre afin d'améliorer les processus de traitement des incidents s'ils arrivent ainsi que les outils et les méthodes de prévention des risques existants.

Il est impératif que la liste des anomalies possibles soit exhaustive, et que les causes, les conséquences et les différents moyens de prévention et de traitement soient recensés. Pour plus de lisibilité, les résultats de l'étude sont consignés dans un tableau regroupant mot-clé, paramètre pris en compte, cause possible, conséquence prévisible, méthode de détection de l'anomalie et moyen de prévention existant [29].

### **d). Les avantages et limites**

L'HAZOP est un outil particulièrement efficace pour les systèmes thermo- hydrauliques. Cette méthode présente tout comme l'AMDE un caractère systématique et méthodique. Considérant, de plus, simplement les dérives de paramètres de fonctionnement du système, elle évite entre autres de considérer, à l'instar de l'AMDE, tous les modes de défaillances possibles pour chacun des composants du système.

En revanche, l'HAZOP ne permet pas dans sa version classique d'analyser les événements résultant de la combinaison simultanée de plusieurs défaillances.

Par ailleurs, il est parfois difficile d'affecter un mot clé à une portion bien délimitée du système à étudier. Cela complique singulièrement l'identification exhaustive des causes potentielles d'une dérive. En effet, les systèmes étudiés sont souvent composés de parties interconnectées si bien qu'une dérive survenant dans une ligne ou maille peut avoir des conséquences ou à l'inverse des causes dans une maille voisine et inversement. Bien entendu, il est possible a priori de reporter les implications d'une dérive d'une partie à une autre du système. Toutefois, cette tâche peut rapidement s'avérer complexe.

Enfin, L'HAZOP traitant de tous types de risques, elle peut être particulièrement longue à mettre en œuvre et conduire à une production abondante d'information ne concernant pas des scénarios d'accidents majeurs [24].

### II.2.4. La méthode Arbre de Défaillance

#### a). L'objectif de l'Arbre de Défaillance

L'objectif « qualitatif » est de construire une synthèse de tout ce qui peut conduire à un événement redouté et d'évaluer l'effet d'une modification du système, de comparer les conséquences des mesures qui peuvent être envisagées pour réduire l'occurrence de l'événement redouté étudié. [28]

#### b). Principe Arbre de Défaillance

Un arbre de défaillance représente de façon synthétique l'ensemble des combinaisons d'événements qui, dans certaines conditions produisent un événement donné, point de départ de l'étude. Construire un arbre de défaillance revient à répondre à la question « comment tel événement peut-il arriver ? », ou encore « quels sont tous les enchaînements possibles qui peuvent aboutir à cet événement ? » [24].

#### c). Caractéristique Arbre de Défaillance

Un arbre de défaillance est généralement présenté de haut en bas (cf. figure 1 a). La ligne la plus haute ne comporte que l'événement dont on cherche à décrire comment il peut se produire. Chaque ligne détaille la ligne supérieure en présentant la combinaison ou les combinaisons susceptibles de produire l'événement de la ligne supérieure auquel elles sont rattachées. Ces relations sont représentées par des liens logiques OU ou ET [28].

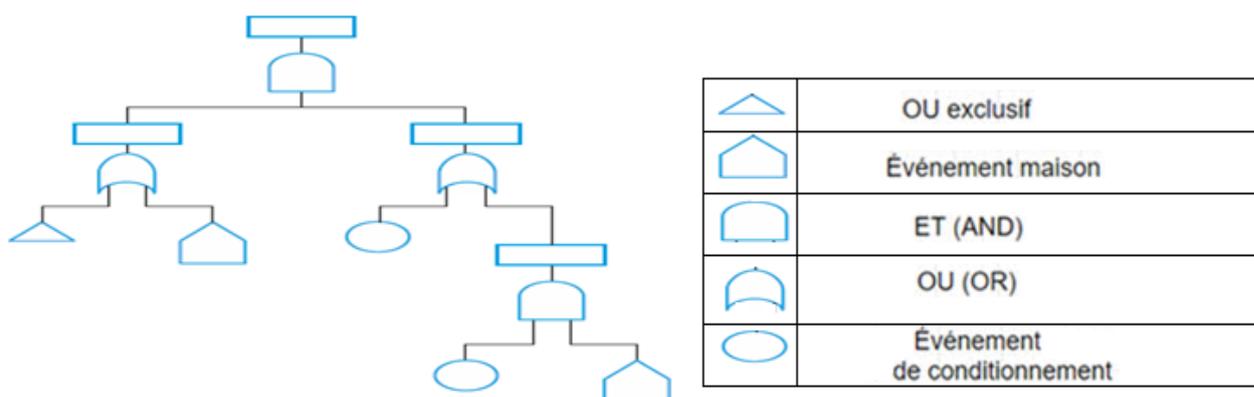


Figure II-2 Arbre de Défaillance [28]

#### d). Les avantages et limites

Le principal avantage de l'analyse par arbre des défaillances est qu'elle permet de considérer des combinaisons d'événements pouvant conduire in fine à un événement redouté. Cette possibilité permet une bonne adéquation avec l'analyse d'accidents passés qui montre que les accidents majeurs observés résultent le plus souvent de la conjonction de plusieurs événements qui seuls n'auraient pu

entraîner de tels sinistres.

Par ailleurs, en visant à l'estimation des probabilités d'occurrence des événements conduisant à l'événement final, elle permet de disposer de critères pour déterminer les priorités pour la prévention d'accidents potentiels.

L'analyse par arbre des défaillances porte sur un événement particulier et son application à tout un système peut s'avérer fastidieuse. En ce sens, il est conseillé de mettre en œuvre au préalable des méthodes inductives d'analyse des risques. Ces outils permettent d'une part d'identifier les événements les plus graves qui pourront faire l'objet d'une analyse par arbre des défaillances et, d'autre part, de faciliter la détermination des causes immédiates, nécessaires et suffisantes au niveau de l'élaboration de l'arbre.

Depuis une quinzaine d'années, des logiciels informatiques sont commercialisés afin de rendre plus aisée l'application de l'arbre des défaillances. Ces outils se montrent très utiles pour la recherche des coupes minimales, la détermination des probabilités ainsi que pour la présentation graphique des résultats sous forme arborescente [24].

### **II.2.5. La méthode Arbre d'évènement**

#### **a). Description d'analyse Arbre d'évènement**

L'arbre d'événements illustre graphiquement les conséquences potentielles d'un accident qui résulte d'un événement initiateur (une défaillance spécifique d'un équipement ou une erreur humaine). Une analyse par arbre d'événements (AAE) prend en compte la réaction des systèmes de sécurité et des opérateurs à l'événement initiateur lors de l'évaluation des conséquences potentielles de l'accident. Les résultats de l'AAE sont des séquences accidentelles ; c'est-à-dire un ensemble de défaillance ou d'erreurs qui conduisent à l'accident. Ces résultats décrivent les conséquences potentielles en termes de séquence d'événements (succès ou défaillance des fonctions de sécurité) qui font suite à un événement initiateur. Une analyse par arbre d'événements est bien adaptée pour étudier des procédés complexes qui ont plusieurs barrières de protection ou procédures d'urgence en place pour réagir à un événement initiateur spécifique.

#### **b). L'objectif de l'arbre d'évènement**

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

- De rechercher toutes les causes et les combinaisons de causes conduisant à l'événement de tête ;
- De déterminer si chacune des caractéristiques de fiabilité du système est conforme à l'objectif prescrit ;
- De vérifier les hypothèses faites au cours d'autres analyses à propos de l'indépendance des systèmes et de la non-prise en compte de certaines défaillances ;
- D'identifier le(les) facteur(s) qui a (ont) les conséquences les plus néfastes sur une caractéristique de fiabilité ainsi que les modifications nécessaires pour améliorer cette caractéristique ;
- D'identifier les événements communs ou les défaillances de cause commune.

### c). Application de l'arbre d'évènement

L'ADE évalue le potentiel d'accident résultant d'une défaillance d'un équipement ou d'un dérangement de procédé (événement initiateur). À la différence de l'analyse par arbre de panne (une approche déductive) l'ADE est un raisonnement inductif où l'analyste commence par un événement initiateur et développe la séquence probable d'événements qui conduisent aux accidents potentiels, en tenant compte tant du succès que de la défaillance des barrières de sécurité au fur et à mesure que l'accident progresse. Les arbres d'événements fournissent une façon systématique d'enregistrer les séquences d'accidents et de définir la relation entre les événements initiateurs et la séquence d'événements qui peut résulter en accidents.

Les arbres d'événements sont bien indiqués pour analyser les événements initiateurs qui pourraient conduire à une variété de conséquences. Un arbre d'événements met en évidence la cause initiale d'accidents potentiels et fonctionne à partir de l'événement initiateur jusqu'aux effets finaux. Chaque branche d'un arbre d'événements représente une séquence séparée d'accident qui est, pour un événement initiateur donné, un ensemble de relations entre les barrières de sécurité [30].

### d). Les avantages et limites

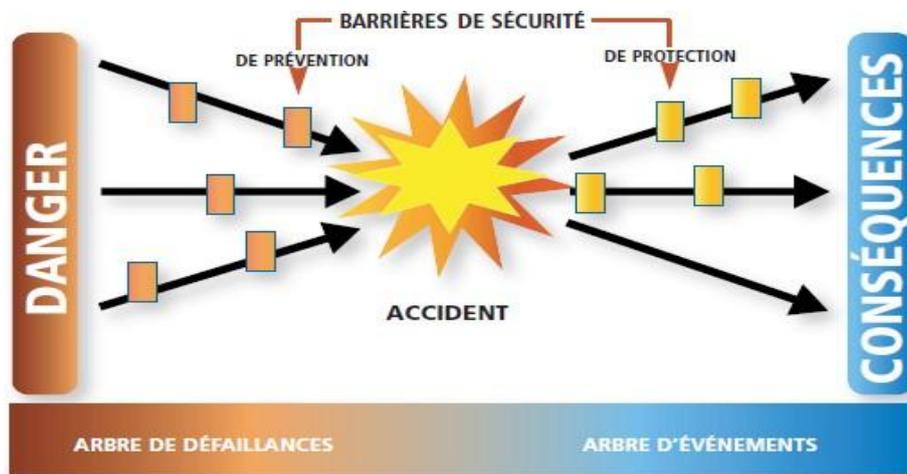
L'analyse par arbre d'événements est une méthode qui permet d'examiner, à partir d'un événement initiateur, l'enchaînement des événements pouvant conduire ou non à un accident potentiel. Elle trouve ainsi une utilité toute particulière pour l'étude de l'architecture des moyens de sécurité (prévention, protection, intervention) existants ou pouvant être envisagés sur un site. A ce titre, elle peut être utilisée pour l'analyse d'accidents a posteriori.

Cette méthode peut s'avérer lourde à mettre en œuvre. En conséquence, il faut définir avec discernement l'événement initiateur qui fera l'objet de cette analyse [24].

### II.2.6. La méthode nœud papillon

#### a). définition de la méthode

Le nœud papillon utilisé dans de nombreux secteurs industriels a été développé par la compagnie Shell. L'approche est de type dit arborescente ce qui permet de visualiser en un coup d'œil les causes possibles d'un accident, ses conséquences et les barrières mises en place. L'accident non désiré (au centre) peut être le résultat de plusieurs causes possibles telles que la perte de confinement d'une substance toxique, une explosion, une rupture de canalisation, un emballement de réaction, une brèche dans un réservoir, une décomposition d'une substance, etc. Cet outil permet d'illustrer le résultat d'une analyse de risque détaillée (de type AMDEC, HAZOP ou What-if par exemple) donc plus complexe qu'une analyse préliminaire de risques.



**Figure II-3** Exemple de la méthode nœud papillon [24]

La partie gauche du nœud représente l'identification des dangers, des causes possibles d'accident et des divers enchaînements ou combinaisons (flèches noires) pouvant engendrer l'accident non désiré. Entre ces causes possibles et l'accident, des barrières dites de prévention (rectangles orange) doivent être installées.

La partie droite du nœud représente les conséquences possibles de l'accident. Par exemple, lors de la rupture d'une canalisation ou d'une brèche dans un réservoir, il peut en résulter la formation d'une flaque ou d'un nuage. Entre cet accident et les récepteurs, des barrières de protection doivent être installées pour réduire les effets sur ces récepteurs.

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

probabilité. À l'aide d'une matrice (du type utilisé dans une analyse préliminaire des risques) où on établit notre zone d'acceptabilité, l'effet des barrières est visible et peut rendre tolérable une situation qui était au départ inacceptable [30].

### b). Les avantages et limites

Le Nœud Papillon offre une visualisation concrète des scénarios d'accidents qui pourraient survenir en partant des causes initiales de l'accident jusqu'aux conséquences au niveau des éléments vulnérables identifiés.

De ce fait, cet outil met clairement en valeur l'action des barrières de sécurité s'opposant à ces scénarios d'accidents et permet d'apporter une démonstration renforcée de la maîtrise des risques.

En revanche, il s'agit d'un outil dont la mise en œuvre peut être particulièrement coûteuse en temps. Son utilisation doit donc être décidée pour des cas justifiant effectivement un tel niveau de détail [24].

### II.2.7. La méthode HIRA

#### a). Définition HIRA

En anglais c'est l'acronyme: H: Hazard /I: Identification /R: Risk /A: Assessment.

En français : identification des dangers et évaluation des risques [31].

- ✓ **Identification des dangers** : Processus visant à reconnaître qu'un danger existe et à définir ses caractéristiques
- ✓ **Évaluation des risques** : Processus d'estimation d'un ou plusieurs risques naissant d'un ou plusieurs dangers en prenant en compte l'adéquation de tout contrôle existe, et ne décidant si le ou les risque(s) est (sont) acceptable(s) ou non.
- ✓ **Danger** : source, situation, ou acte ayant un potentiel de nuisance en termes de préjudice personnel ou d'atteinte à la santé, ou une combinaison de ces éléments
- ✓ **Risque** : combinaison de la probabilité de la survenue d'un ou plusieurs événement dangereux ou exposition à un ou à de tels événement et de la gravité du préjudice ou de l'atteinte à la santé que cet événement ou ces expositions peuvent causer.
- ✓ **Risque acceptable** : risque qui a été ramené à un niveau tolérable par l'organisme au regard de ses obligations légales et de sa politique SST [31].

#### b). Les types d'HIRA

Il existe deux types d'HIRA, l'HIRA principale et l'HIRA spécifique.

#### HIRA Principale :

Une HIRA principale est l'identification des dangers et évaluation des risques des postes de travail. Cette HIRA commence comme en tant que projet, elle doit être documentée, et tenue à jour

au niveau des chefs de division, chefs de service et RMS [31].

### c). Responsabilité

La commission sera mise en place par le directeur de la mine dans le but de :

- Identifier tous les postes de travail de la mine, la liste des postes de travail sera validée par le gestionnaire RH et les responsables des structures ;
- Couvrir toutes les activités, les infrastructures et bâtiments pour l'identification des dangers et l'évaluation des risques ;
- Etablissement d'un découpage zonal selon l'organisation en vigueur afin de couvrir tous les postes de travail, activités, installation, bâtiment et infrastructure ;
- Faire les analyses des risques dans les documents d'enregistrement en vigueur.

La commission d'analyse des risques doit impliquer les travailleurs lors de l'analyse des Risques ; aussi toute personne (travailleur, sous-traitant, visiteur, fournisseur, stagiaire ou autre) Identifiant un risque qui n'est pas pris en compte lors de l'analyse des risques doit le communiquer à sa hiérarchie qui informera la commission chargée de l'analyse des risques pour apporter les corrections nécessaires aux fiches d'analyse des risques [32].

### d). Techniques utilisées pour faire l'analyse des risques

Sur terrain, la commission doit observer les tâches des postes à analyser, impliquer les travailleurs par des interviews, prendre en compte les retours d'expérience au cours de la rédaction de l'analyse des risques.

Après la finalisation de l'HIRA principale (Analyse des risques des postes de travail) le retour de l'information aux travailleurs des postes concernés est obligatoire moyennant les fiches de sensibilisation aux risques des postes de travail. Chaque responsable hiérarchique doit communiquer et expliquer aux personnels sous sa responsabilité les résultats de l'analyse des risques [31].

### e). Cotation des risques

Tous les risques identifiés devront être cotés suivant les :

- matrices d'exposition aux risques
- matrice de niveau de protection.
- matrice du niveau de gravité [31].

**Tableau II-2.** Tableau Niveau Exposition

Matrice N° :01	TABLEAU NIVEAU EXPOSITIONNE					
	POSTE DE TRAVAIL		4>heurs	1 à 4 heurs	15 min à 1 heure	<15min
R E P E T I T I V I T E	Quotidien (plus de 150j/An)	01 ou plusieurs fois /Jour	10	10	7	7
	Hebdomadaire Entre (30 et 150 j/an)	01 ou plusieurs fois /semaine	10	7	7	4
	Mensuel Entre (10 et 49j/an)	01 ou plusieurs fois /mois	7	4	4	1

**Tableau II-3.** Tableau Niveau de Protection

Matrice N° :02	TABLEAU NIVEAU DE PROTECTION		
	NP poste de travail		
S E M A N T I Q U E	Pas protégé	Absence de mesures de prévention	1
	Peu protégé	Une ou plusieurs mesures de prévention mais ne sont pas structurées ou sont insuffisantes	0,7
	Assez protégé	Des mesures de prévention structurées existant	0,4
	Bien protégé	Des mesures de prévention structurées sont existantes avec révision/contrôle périodique existant	0,05
Les niveaux de protection NP prouvent être pondérés avec des facteurs tels que le niveau d'éclairage le niveau sonore ou le travail isolé			

**Tableau II.4.** Tableau Niveau de Gravite

Matrice N° :03	TABLEAU NIVEAU DE GRAVITE		
	NG poste de travail		
S E M A N T I Q U E	Tres Grave	La situation à risque peut conduire à un accident grave avec arrêt de travail supérieur à 03 mois ou à un handicapé irréversible ou un accident mortel	10
	Grave	La situation à risque peut conduire à un accident grave avec arrêt de travail	7
	Sérieux	La situation à risque peut conduire à une blessure ne nécessitant qu'un soin infirmerie ou un accident sans arrêt de travail	4
	Génant	La situation à risque ne conduire pas à une blessure mais à un gêne ou un inconfort	1

Unité, site Le laboratoire des travaux publics de l'Est Annaba ou autre transmis au département concerné en tant que REX, Alerte.

- Un presque accident. Après cotation des risques, un plan d'action sera mis en place pour

maitrise des risques avec priorisation des actions suivant la matrice du niveau de maitrise des risques (NM), les actions identifiées pour la maitrise des risques seront faites suivant la hiérarchisation suivante :

- ❖ Elimination des risques.
- ❖ Substitution des risques.
- ❖ Ingénieries.
- ❖ Diminuer l'exposition aux risques.
- ❖ Formation, affichage et audits pour la maitrise des risques.
- ❖ Protection collective.
- ❖ Protection individuelle.

Tous les risques non maitrisés devront être rendus acceptables par la mise en place d'actions de correction afférentes, et devront être éliminés, ou réduits à un niveau acceptable.

Après la mise en place des actions préventives et correctives pour la maitrise des risques, des audits pour l'évaluation de l'efficacité des actions sont obligatoires. Ils seront faits par la commission, dans un objectif de s'assurer que les actions mises en place sont efficaces. Si les réviser les actions dans le but de maitriser les risques.

Mise à jour des fiches HIRA principale (Fiche d'analyse des risques de postes de travail) : La révision de l'analyse des risques des postes de travail est obligatoire si :

- Un accident est survenu qui concerne le poste ou la tâche.
- Un accident survenu dans une autre
- Un risque déclaré par un travailleur, sous-traitant, visiteur, fournisseur, stagiaire ou lors d'un audit de sécurité et qui n'est pas pris en compte lors de l'analyse des risques
- S'il y'aura un changement tel que : nouveaux équipements, changement temporaire des équipements existants. Pour les nouveaux équipements, l'analyse des risques devra être faite dès la conception du projet.
- S'il y a une modification de l'organisation, des activités ou des matériaux utilisés.

L'équipe d'investigation chargées de faire les enquêtes après accident, incident ou presque accident doivent prendre en compte le dernier HIRA des postes de travail ou tâches concernées.

HIRA principale doit être prise en compte lors de l'établissement de gamme opératoire ou de la procédure de travail. Si ces documents existent avant le projet analyse des risques leurs

révisions est nécessaire pour inclure tous les risques non gérés par les gammes ou procédures de travail.

Aussi, après révision des HIRA principales pour une cause ou une autre, le retour d'informations aux personnels concernés doit être fait par la hiérarchie moyennant les fiches de sensibilisation aux risques des postes de travail [31].

### **II.3-Conclusion**

Nous avons vu dans ce chapitre les méthodes de management des risques, celles-ci permettent une identification systématique des composantes du risque. Les différentes situations dangereuses, évènements redoutés, causes, conséquences, ou accidents potentiels, tous ces éléments sont identifiés d'une manière méthodologique et présentés dans une forme tabulaire à l'image de l'APR et l'AMDEC et HIRA, ou arborescente à l'image de l'arbre de défaillances ou d'évènements.

# **Chapitre III :**

## **Etude de cas**

### III.1.Objectifs :

Le but de projet de fin de cycle étant de servir comme base de travail l'étude des principaux risques industriels avec étude d'un cas réel au niveau d'une entreprise ENTPL Unité de Tiaret, suivi de la description des différentes méthodes d'analyse des risques industriels on a préféré la méthode de HIRA et enfin une application par étude d'un cas au niveau de la ligne de galvanisation.

Les objectifs de cette étude avec la méthode HIRA sont :

- L'identification des dangers et problèmes potentiels et une évaluation du risque ;
- Identifier le niveau de maîtrise du risque, Le niveau de maîtrise du risque sera calculé à partir de la formule suivante :  $NM=NE \times NP \times NG$
- En fin, la formulation des recommandations permettant de garantir un niveau de maîtrise du risque acceptable.

### III.2.Présentation de l'entreprise :

**Raison sociale** : SOCIETE DE TREFILAGE TIARET.

**Statut juridique** : SOCIETE PAR ACTIONS.

**Capital social** : 685.000.000,00 DA \*

**Adresse** : BP 264, ZONE INDUSTRIELLE ZAAROURA 14000-TIARET

**TEL** : (046) 41.92.45

**FAX**: (046) 41.91.92

**E-mail** : unite.sotrefit@entpl.dz

#### III.2.1.Historique :

SOTREFIT, initialement unité T.A.D (tréfilerie acier doux), filiale de l'entreprise nationale de transformation des produits longs - ENTPL – est une entreprise publique à caractère économique.

SOTREFIT, a été créée le 01 janvier 1999 en tant que société par action -SPA- avec un capital de 530.000.000,00 DA.

L'ENTPL a été créée en 1983, suite à la restructuration de la société nationale de sidérurgie –SNS-.

L'ENTPL est passée à l'autonomie financière en 1989 suite à la promulgation du décret 88-01, portant autonomie des entreprises publiques.

L'ENTPL a fait l'objet d'une restructuration au plan de l'organisation, avec la création des filiales.

\*En application du plan de développement 2011/2015, il a été décidé une augmentation du capital social de ENTPL unité Tiaret ; soit 685 000 000,00 DA.

Les missions allouées à ENTPL unité Tiaret , lui confèrent la production et la commercialisation de treillis soudé (standard et fin),de fil galvanisé, de fils tréfilés recuits de fil d'attache, de fil bottelage(pick-up),de fils tréfilés clairs et de panneau tridimensionnel E-3D [32]

### III.2.2. Infrastructure et équipement :

SOTREFIT dispose du patrimoine immobilier suivant :

Superficie total : 249 400 m<sup>2</sup>

Surface couverte : 56 882 m<sup>2</sup>

Le potentiel industriel et la plupart des équipements de production ainsi que les installations connexes ont été mis en place avec l'assistance du constructeur ITALIEN DANIELI ENGINEERING et EVG Autriche.

- Installation de décapage
- Machine ce tréfilage
- Ligne de galvanisation
- Ligne de cuivrage
- Ligne de conditionnement
- Machine de treillis soudés
- Machine de panneaux 3D
- Station de traitement des eaux de rejet
- laboratoire qualité
- Réseaux énergie, eau
- Installations d'utilités
- Bâtiments administratifs et techniques. [32]

### III.2.3. Production :

#### a). Matière première consommables, produits finis :

Le fil machine de diamètres 6 et 5,5 mm, représente la matière de base pour la fabrication de tous les produits, commercialisés par ENTPL unité Tiaret.

Le fonctionnement des procédés de fabrication fait appel aux produits consommables sous cité, et donne lieu aux produits aussi sous cités.

Les impacts liés aux matières premières, consommables et produits finis sont identifiés et traités dans le cadre du chapitre identification des aspects. [32]

Matière première		Consommable			
1	Fil machine	1	Acide chlorhydrique	6	Filières
2	Zincs en lingots	2	Soude caustique	7	Sel double de fluxage
3	Plomb en lingots	3	Acide sulfurique	8	Charbon de bois
4	Plaque de polystyrène	4	Chaux	9	Fibre céramique
		5	Savon de tréfilage	10	Vermiculite

**b) Gamme de production, capacité de production et utilisation :**

Produits	Capacité (T/An)	Marchés utilisateurs
Les fils recuits <ul style="list-style-type: none"> <li>Fil d'attache</li> <li>Fil de bottelage</li> <li>Autres fils recuits</li> </ul>	5000	Bâtiment / Travaux publics Agriculture Divers
Les fils galvanisés <ul style="list-style-type: none"> <li>Fils galvanisés gros diamètres</li> <li>Fils galvanisés petits diamètres</li> </ul>	6800	Industrie grillageurs Divers
<ul style="list-style-type: none"> <li>Le panneau tridimensionnel</li> </ul>	1500	Bâtiment-Infrastructures Divers
Les treillis soudés <ul style="list-style-type: none"> <li>Treillis soudés standard</li> <li>Treillis soudés fins</li> </ul>	6600	Bâtiment-Infrastructures Divers
Les fils tréfilés clairs <ul style="list-style-type: none"> <li>petit et gros diamètre</li> </ul>	2000	Gaine électrique Pointes (clouterie)

Les caractéristiques des produits (qualité et environnement) sont identifiées dans les fiches techniques.



Figure III.1 Les fils tréfilés clairs [32]



Figure III.2. Les fils recuit (noir) [32]

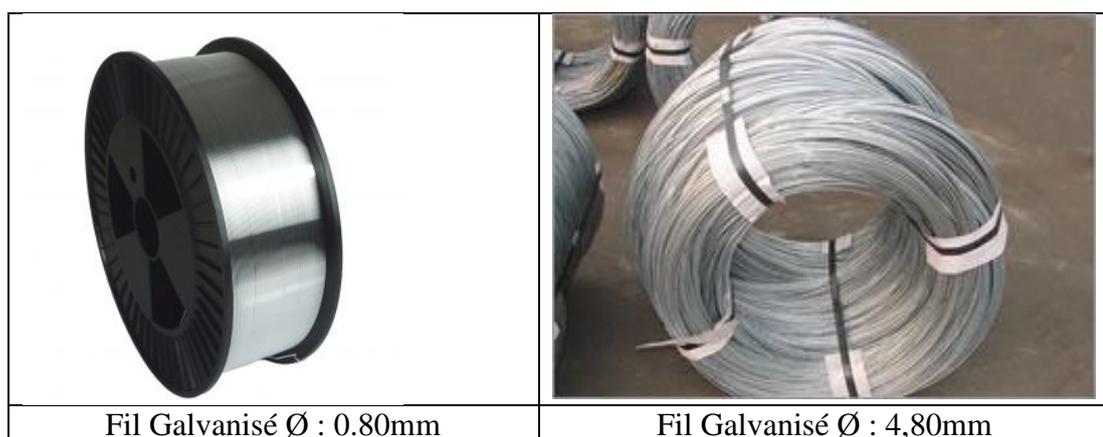


Figure III.3. Les fils galvanisés [32]

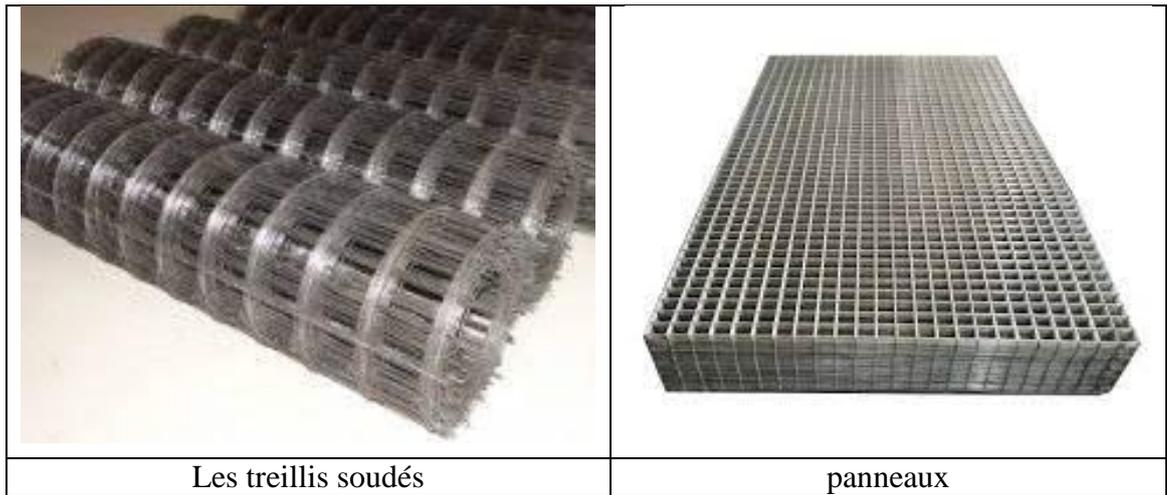


Figure III.4 Les treillis soudés et panneaux [32]

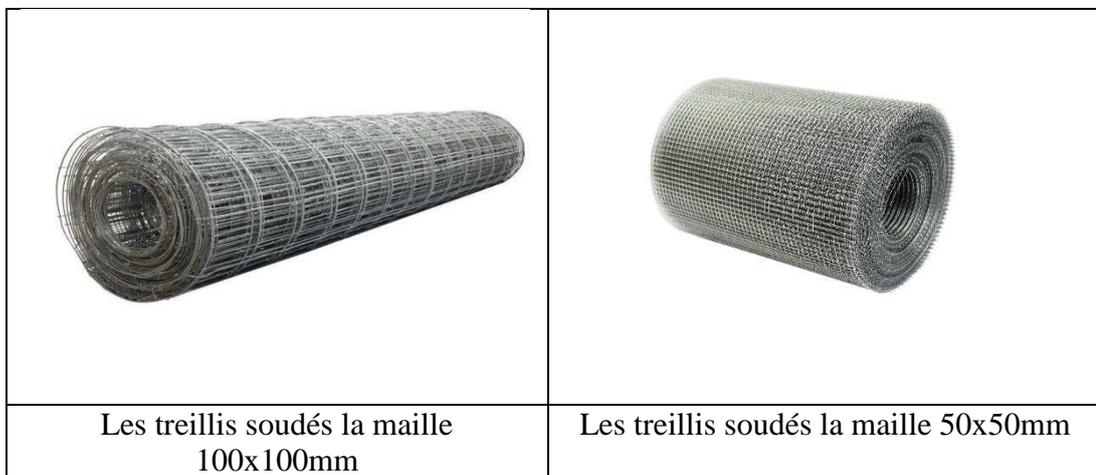


Figure III.5. Les treillis soudés fins [32]



Figure.III.6.Panneaux de treillis d'armature [32]

### c) Contrôle qualité :

Le contrôle qualité de ENTPL unité Tiaret assurée la conformité des produits et matières :

- à la réceptionne
- en cours et fin de production

Les équipements de contrôle et de mesure sont étalonnés et vérifiée périodiquement. [32]

### III.3. ENTPL unité Tiaret et l'environnement :

ENTPL unité Tiaret est située à un (01) kilomètre du chef-lieu de la wilaya de TIARET, dans la zone industrielle de ZAAROURA.

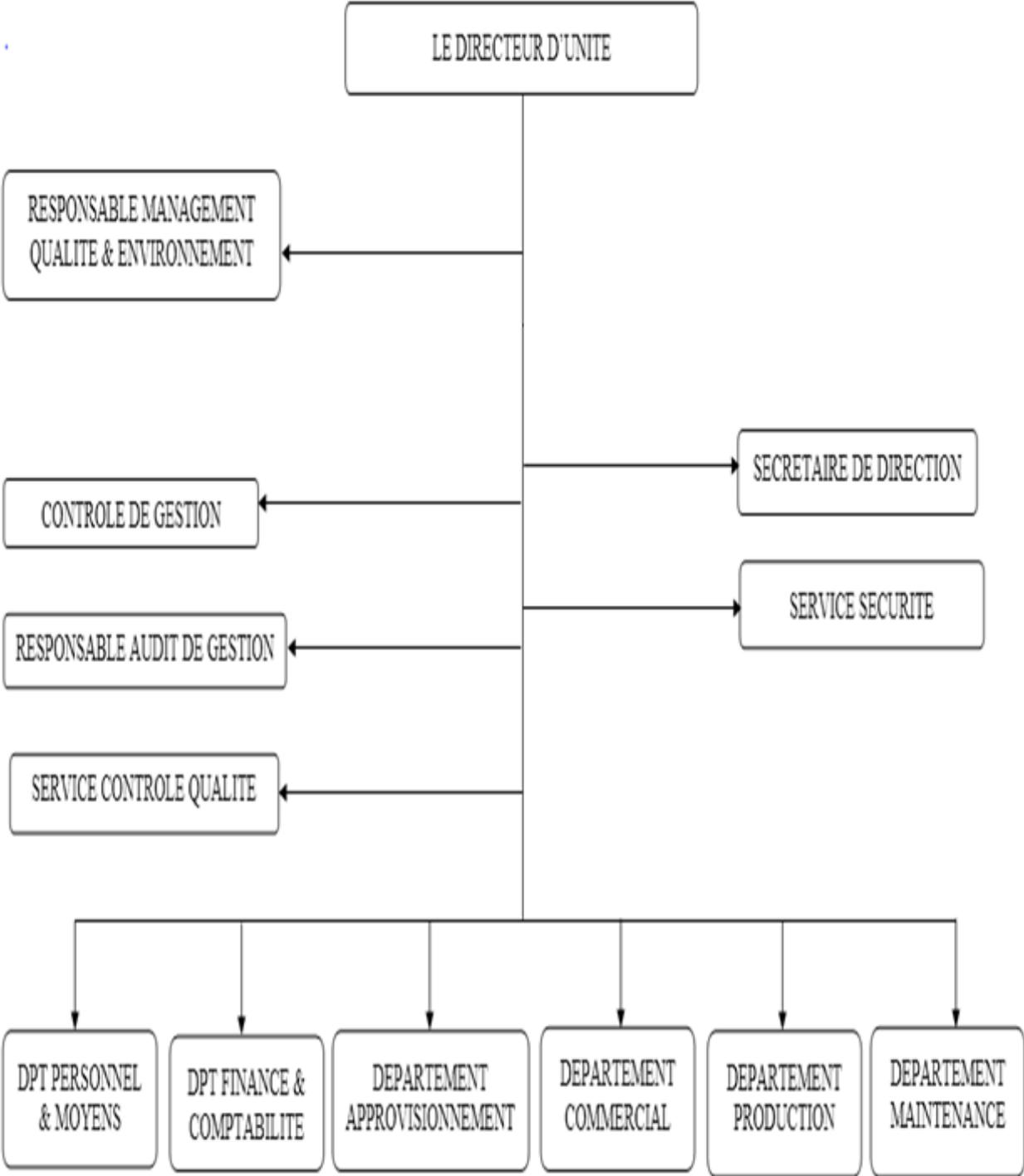
ENTPL unité Tiaret a été implantée en 1986 sur un terrain agricole.

L'étude de danger et l'audit environnementale réalisées récemment (1<sup>er</sup> bimestre 2013) par un bureau agréé en matière d'environnement ne révèlent aucune contamination du sol du site et aussi ne signalent aucune activité présentant un danger spécifique sur le milieu naturel, l'équilibre écologique et sur le cadre et la qualité de vie des populations.

ENTPL unité Tiaret détient l'autorisation d'exploitation conformément aux exigences réglementaires dans le cadre des installations classées pour l'environnement.

Les principes de préservation de l'environnement, de conformité aux exigences légales et autres exigences auxquelles elle a souscrit et la dynamique de l'amélioration continue, sont renforcés par la mise en œuvre de la démarche environnementale inspirée du référentiel ISO 14001. [32]

Organigramme de l'entreprise ENTPL Unité de Tiaret



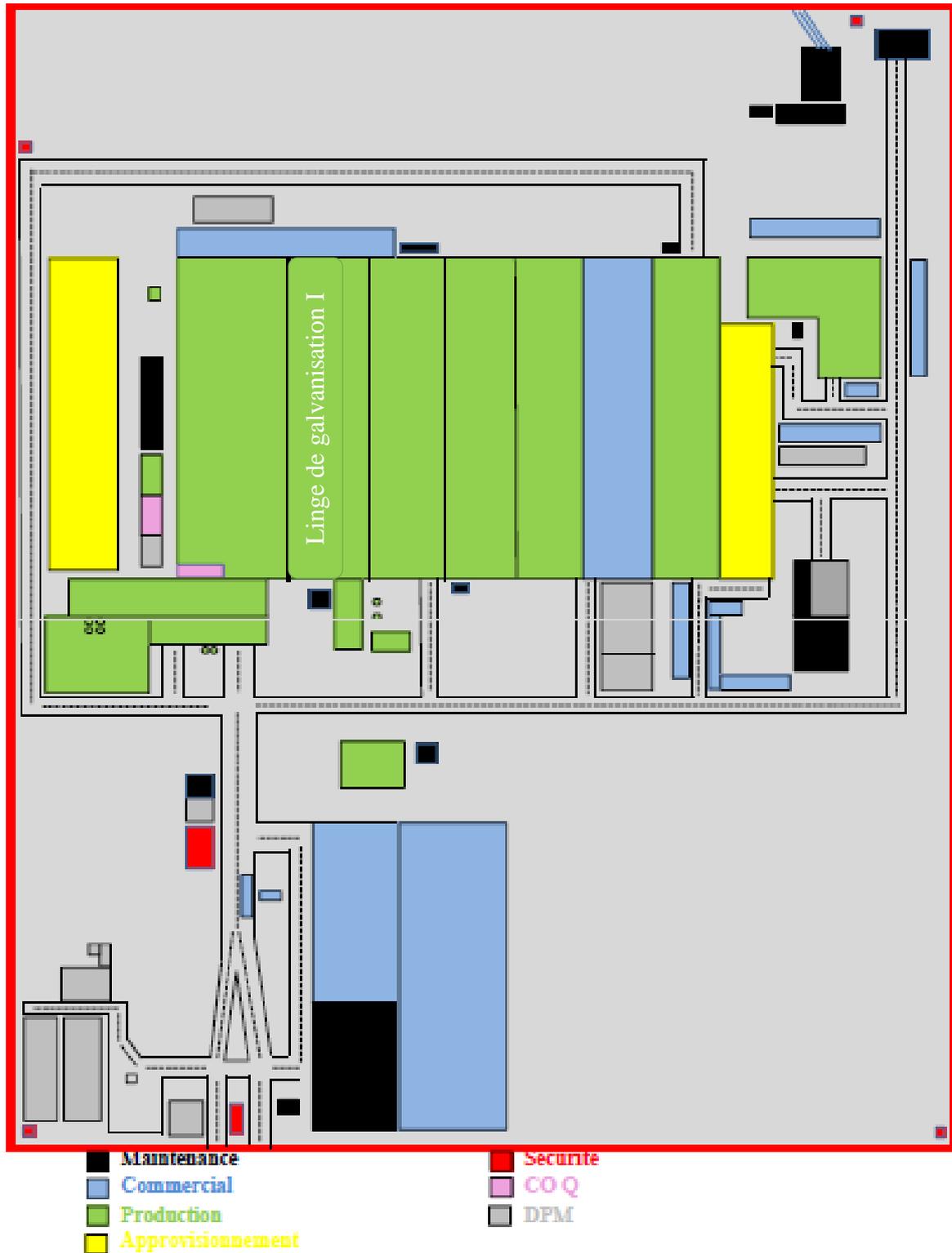


Figure III.7. Plan de découpage de l'entreprise ENTPL unité de Tiaret [32]

### III.4. Identification des risques au niveau de l'entreprise

Les différentes catégories des risques pouvant existés au niveau de ladite entreprise sont les suivantes :

- 1) Chutes
- 2) Chutes d'objets
- 3) Circulation
- 4) Manutention manuelle
- 5) Manutention mécanique
- 6) Incendie / Explosion
- 7) Risques chimiques
- 8) Risques physiques
- 9) Risques liés à l'électricité
- 10) Travail sur écran
- 11) Equipements de travail
- 12) Equipements sous pression
- 13) Rayonnement (soudage)
- 14) L'éclairage
- 15) Autres risques

#### III.4.1. Généralité et modes opératoires d'atelier galvanisation :

Pour l'étude de cas on choisit l'atelier de galvanisation 1 où un grand nombre de risques peuvent être constaté.

##### Caractéristiques spécifiques de l'atelier :

**Ligne de galvanisation 1 (GI) :** recuit à feu nu et galvanisation par couvercle chouffant.

**Nombre de fils :** 40 fils

**Diamètres :** 1.60 à 6.0 mm

##### Capacité de production

La ligne de galvanisation capable de produire 12,300 T/an de fils recuit /galvanisée

##### Mode d'exploitation :

La ligne est exploitée en 03 postes/jour, c'est-à-dire 7000 h/an

##### a).Composition de la ligne

- 1-Derouleurs ;
- 2- Le four de recuit à feu nu ;
- 3- Zone de refroidissement rapide+ Décapage en HCL type fermé avec lavage incorporé ;
- 4- Cuve de fluxage ;

5- Four de séchage ;

6- Four de galvanisation à cuve céramique ;

7- 40 enrouleurs type MVR 60 .

**1-Dérouleurs** : la ligne est composée de 40 dérouleurs

**33 dérouleurs type HSM 3** : Ce système permet le déroulement vertical en continu des fils de diamètres 1.6- 3.5 mm



**Figure. III.8.** Dérouleurs type HSM 3[32]

**07 dérouleurs type HSM 6** : Ce système permet le déroulement vertical en continu des fils de diamètres 4.0 -6.0 mm



**Figure.III.9.** Dérouleurs type HSM 6 [32]

## 2-Le four de recuit à feu nu

La charpente du four est métallique ; le four comporte une porte d'entrée levant au moyen d'un treuil les maçonneries sont des type réfractaire, la basse de four et en béton résistant à l'usure ; des portes fils maintiennent les fils de 100mm sur le sol.



**Figure III.10.** Le four de recuit à feu nu [32]

### a).Les équipements des chauffages

Le gaz et les brûleurs IMP à haute vitesse. Gaz et air entièrement brûlés dans la brique du brûleur, ni flamme, ni mélange air /gaz en contact du fil.

L'allumage est individuel de chaque brûleur l »extérieur du four.

Les mélangeurs alimentent les brûleurs air /gaz qui permettent le contrôle de l'atmosphère.

### b). Sécurité

Une vanne de sécurité type loctite à réarmement manuel se trouve sur l'arrivée du gaz, elle se déclenche au moment d'un manque de gaz ou d'air. Les têtes de sécurité sont montées sur la tuyauterie de mélange air/gaz afin de libérer toute pression dangereuse en cas de retour de flamme.

### 3-Décapage et lavage

Le système est composé de trois bains :

- un bain de refroidissement ;
- un bain d'acide ;
- un bain de lavage ou rinçage.

Le système a pour but de refroidir les fils sortant du four, puis les faire passer dans un bain d'acide HCL pour nettoyer la surface de toutes impuretés dues au stockage de traitements et des oxydes provoqués lors du recuit.



**Figure. III.11.** Le bain de décapage et lavage [32]

Après décapage les fils sont lavés pour éliminer les traces d'acides et l'entraînement de sel de fer dans le zinc pour diminuer la formation des mattes.

### 4- Le bain de fluxage

Prépare la surface du fils pour la réaction FeO-Zn de couverture.



**Figure. III.12.** Le bain de fluxage [32]

**5-Le séchoir :** éliminé l'eau et cristallise la couche de flux pour éviter dégagements de vapeur d'eau au contact du zinc fondu.



**Figure. III.13.**Le séchoir [32]

### 6- Le bain de zinc

Donne au fil protection anticorrosion d'une couche de zinc.

- Le fil immergé dans le bain forme des alliages fer/zinc dont l'épaisseur de couche d'alliage est en fonction du temps d'immersion.
- A la sortie du bain, le fil entraîne une quantité de zinc pur qui adhère au fil par l'intermédiaire des couches d'alliages. si le fil sort verticalement, la galvanisation est riche.



**Figure. III.14.** Le bain de zinc [32]

### 7-Les enrouleurs

Il y a 40 enrouleurs de type MVR 60 ces enrouleurs sont appropriés pour récolter du fil sur des gabarits avec dispositions du fil avec le système dévidoir.



Figure.III.15.Partie enrouleur de la ligne galvanisation I [32]

### III.5 Application de la méthode HIRA pour l'analyse des risques (Etude de cas)

Pour l'étude et l'analyse des risques au niveau de l'atelier de galvanisation1 on a utilisé la méthode HIRA qui consiste à l'identification des dangers et l'évaluation des risques. Les résultats sont représentés par les fiches d'analyses des risques et les fiches de sensibilisation qui peuvent améliorer les conditions de travail par minimisation des risques.

Exemple de constatations pour un poste de travail : L'enfilage

Poste de travail	Activité	Heure de fonctionnement	NE
Partie dérouleur	Enfilage	07	10

Pour les valeurs NP et NG sont affectés suites aux observations effectuées sur place

### III.6 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

FICHE ANALYSE DES RISQUES

<b>Direction :</b> <b>DEPT :</b> Production <b>Installation :</b> Galvanisation <b>Unité :</b> ENTPL –TIARET	<b>Poste de travail :</b> Atelier Galvanisation <b>Elaborée par :</b> <b>Accompagnée de :</b>	<b>Date :</b> 07/06/2022 <b>Heure :</b>	<b>Validée par le :</b> <b>VISA :</b>
			<b>VISA :</b>

Equipment de protection individuelle

	Casque		Lunette		Tablier en cuire
	Tenu de travail		Gant anti haleur		Gant souple
	Chaussure de sécurité		Gant semi souple		Masque à gaz

Code	Activité	Acte Opérateur	Danger	Risque	Dommage					Mesure prévention existante
						NE	NG	NP	NM	
01	Décharge les gabarits du fils tréfilier	Levage des charges	Le poids	Physique	Fatigue TMS	10	7	0,7	49	Initier les employeurs aux gestes et à la manipulation de la manière convenable et adéquate.
		Déplacement des gabarits	Etat de sol	Manutention Manuelle	Traumatisme Fracture	7	4	0,7	19,6	Nettoyage de la zone Respecter signalement des risques Port EPI
02	Utilisation four recuit	L'Allumage du four	Feu, gaz	Incendie explosion	Brulant	4	7	0,4	11,2	Installation d'alarmes et de moyens de détection Installation de moyens d'extinction Contrôle des fuites au niveau de tuyauterie

03	Préparation du bain de décapage	Fait du rajout d'acide HCL	Produit chimique inhalation	Chimique	Irritation Suffocation	7	7	0,7	34,3	Aération du milieu de travail Port EPI (Bavette, gants et tablier) Information, formation et instruction du personnel
04	Préparation du bain galvanisation	Fait du rajout lingot du zinc	Poids	Physique	Fatigue TMS	7	7	0,4	19,6	Suivi médical des salariés exposés en cas de besoin
05	Nettoyage du bain galvanisation	Enlèvement des mates Impureté	Les Fumées	Chimique	Suffocation	7	7	0,4	19,6	Port d'équipements de protection individuelle Filtration et évacuation de la vapeur
			Les mattes	Physique	Irritation	7	7	0,4	19,6	Surveillance médicale du personnel concerné
06	Transfert du produit finie ver le lieu de stockage après l'avoir pesé	Déplacement des gabarits	Poids (La charge manutentionnée)	Manutention mécanique	-Collision, dérapages, renversement d'engins. -Ecrasement de personnes	10	4	0,4	16	-Formation du personnel sur les engins et moyens de manutention utilisés -Moyens de manutention et accessoires conformes à la réglementation -Utilisation de moyens de manutention adaptés aux charges et encombrements

06	Intervention sur armoire électrique	Réglage de la vitesse du fil trefilé	Les câbles électriques	Risques liés à l'électricité	Electrification (choc électrique) La mort	7	7	0,05	2,45	Utilisation EPI Contrôle et maintenance des installations Contrôle et maintenance des installations
07	Risque d'accidents causés par l'action mécanique (coupure, affutage, etc.)	Coupure de fil et affutage	La lame Pierre de meule a gorge	Mécanique	Les yeux blessé coupure, fracture	7	4	0,4	11,02	Vérifications périodiques Signalisation des éléments ou zones à risques Dispositifs d'arrêt d'urgence Mise en place de consigne pour le changement de la pierre de meule et la lame  Aménagement du poste de travail Utilisation de machines et outils conformes à la réglementation

Tableau III.1. Fiche de sensibilisation aux risques pour ligne galvanisation :

		<b>Fiche de sensibilisation Aux risques</b>			
		<b>Intitule de poste</b>			
<b>Danger</b>	<b>Risque identifiés</b>	<b>Dommmages</b>	<b>Action à entreprendre par :</b>		
			<b>Management</b>		<b>Titulaire du poste</b>
Le poids	Physique	Fatigue TMS	-Initiation au mouvement de levage -Mise en place des outils conforme	Travail en groupe Port de ceinture lombaire Eviter la surcharge	
Etat de sol	Manutention Manuelle	Traumatisme Fracture	-Aménagement de l'espace de travail -Signalisation du risque de manutention manuelle	Nettoyage de la zone port EPI Respecter signalement des risques	
Feu, gaz	Incendie explosion	Brulant	-Mise en place de plaques de consignes -Formation, information et instruction du personnel -Organisation de l'alerte et de l'intervention des secours	Installation d'alarmes et de moyens de détection Installation de moyens d'extinction Contrôle des fuites au niveau de tuyauterie	
Les Fumées	Chimique	Suffocation	Mise en place de plaques d'avertissement	Aération du milieu de travail Port EPI (Bavette, gants et tablier)	

Les mattes	Physique	Irritation	Mise en place de plaques de consignes	Port EPI Surveillance médicale du personnel concerné
Poids (La charge manutentionnée)	Manutention mécanique	-Collision, dérapages, renversement d'engins. -Ecrasement de personnes	-Formation du personnel sur les engins et moyens de manutention utilisés -Moyens de manutention et accessoires conformes à la réglementation -Utilisation de moyens de manutention adaptés aux charges et encombrements -Entretien préventif des engins	Port EPI
Les câbles électriques	Risques liés à l'électricité	Electrification (choc électrique) La mort	Mise en place de plaques d'avertissement	Vérification du circuit électrique Port EPI Port des gants isolant
La lame Pierre de meule a gorge	Mécanique	Les yeux blessé coupure, fracture	Mise en place de consigne pour le changement de la pierre de meule et la lame	Port EPI Travail avec minutie

III.7. Les résultats de l'étude avec la méthode HIRA :

Tableau III.2. Récapitulatif des dangers risques et dommages

Danger	Risque	Domage	NM = niveau de maitrise du risque	
Le poids	Physique (déchargé gabarit)	Fatigue TMS	49	Risque non maitrisé
Etat de sol	Manutention Manuelle	Traumatisme Fracture	19,6	Risque maitrisé
Feu, gaz	Incendie explosion	Brulant	11,2	Risque maitrisé
Produit chimique inhalation	Chimique	Irritation Suffocation	34,3	Risque peu maitrisé
Poids	Physique (rajout lingot)	Fatigue TMS	19,6	Risque maitrisé
Produit chimique	Chimique	Suffocation	19,6	Risque maitrisé
Les Fumées	Physique	Irritation	19,6	Risque maitrisé
Poids (La charge manutentionnée)	Manutention mécanique	-Collision, dérapages, renversement d'engins. -Ecrasement de personnes	16	Risque maitrisé
Les câbles électriques	Risques liés à l'électricité	Electrification (choc électrique) La mort	2,45	Risque maitrisé
La lame Pierre de meule a gorge	Mécanique	Les yeux blessé coupure, fracture	11,02	Risque maitrisé

Le niveau de maitrise du risque avec (NM>40 : Risque non maitrisé/ NM=20.1 à 40 : Risque peu maitrisé/ NM<20 : Risque maitrisé

**Tableau III.3 :** Clé d'identification du niveau de maîtrise du risque

NM = niveau de maîtrise du risque	
NM>40	Risque non maîtrisé
NM=20.1 à 40	Risque peu maîtrisé
NM<20	Risque maîtrisé

### III.8. Conclusion :

Dans notre travail d'étude de cas on a utilisé la méthode de la technique HIRA, on constate pour le risque physique danger de poids NM=49 c'est un risque non maîtrisé le risque peu maîtrisé celui de risque chimique

D'après les résultats obtenus on remarque que la majorité des risques sont maîtrisés

# **Conclusion générale**

# Conclusion générale

---

## Conclusion générale

Au cours de notre passage à l'entreprise nous avons constaté l'existence de risques et dangers de natures différentes, et qu'ils doivent être pris en charge et soumis à des conditions de sécurité pour à la fois le personnel et l'environnement.

La méthode utilisée à savoir la méthode HIRA au niveau de l'atelier choisi celui de Galvanisation où on a constaté un nombre assez élevé de risques. La technique utilisée nous a permis de classer les risques et quantifier leur niveau de maîtrise et ensuite d'élaborer des tableaux récapitulatifs et des fiches de sensibilisations, d'où notre choix pour cette technique.

Pour recommander nous citerons les remarques suivantes :

- Les mesures préventives doivent être prises au sérieux par tout le personnel afin d'éviter tout accidents.
- Selon la nature du poste et de l'exposition nous avons proposé des précautions et des recommandations.
- La méthode HIRA nécessite une bonne évaluation des risques et une expérience dans ce domaine et l'identification du niveau de maîtrise du risque approprié à chaque activité.

Cette étude nous a permis de nous rapprocher du milieu de travail et de l'entreprise, et de voir d'un point de vue pratique la réalité sur le terrain et de mettre en œuvre ce que nous avons appris au cours de notre formation au sein de l'université, elle nous a aussi permis d'apporter notre savoir pour une meilleure maîtrise des risques liés aux différentes activités existantes dans cette entreprise.

## ملخص

الهدف الرئيسي من دراستنا هو تحليل المخاطر الصناعية داخل وحدة ENTPL التابعة لشركة Tiaret وهي شركة متخصصة في تصنيع أنواع مختلفة من الأسلاك. وقد تم الاستشهاد بموجز للمخاطر المختلفة وكذلك طرق التقييم والوقاية. اخترنا طريقة HIRA ، وهي الطريقة التي مكنت من التمييز بين مستوى الحماية المتعلقة بكل خطر واقترح تدابير وقائية لكل من الشركة وصاحب كل منصب. الكلمات المفتاحية: الخطر الصناعي، طريقة HIRA ،التقييم و الوقاية

## Résumé

L'objectif principal de notre étude est l'analyse du risque industrielle au sein de l'entreprise ENTPL unité de Tiaret qui est une entreprise spécialisée dans la fabrication de différents types de fils. Une synthèse des différents risques ainsi que les méthodes d'évaluation et de préventions ont été cités. Nous avons opté pour la méthode HIRA, cette méthode qui permet de distinguer le niveau de protection relatif à chaque risque et de proposer des mesures de protection à la fois pour l'entreprise et aussi pour le titulaire de chaque poste.

**Mots clés :** risque industriel, méthode HIRA, évaluation et prévention

## Abstract

The main objective of our study is the analysis of the industrial risk within the company ENTPL unit of Tiaret which is a company specialized in the manufacture of different types of wires. A summary of the various risks as well as the methods of evaluation and prevention have been cited. We opted for the HIRA method, this method which made it possible to distinguish the level of protection relating to each risk and to propose protective measures both for the company and also for the holder of each position.

**KeyWords :** industrial risk, HIRA methode,assessment and prevention.