



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



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

Département de Sécurité Industrielle et Environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle

Spécialité : Sécurité Industrielle et Environnement

Thème

Étude et maîtrise des risques physiques dans une installation,

Cas d'étude : Complexe GL3/Z

Présenté et soutenu par :

BENALI OUENZAR OUSSAMA

AGROUCHE TAWFIQ

Soutenu en juin 2024 devant le jury composé de :

Président :	Moulessehoul A	Grade : MCB	IMSI/Univ Oran 2
Encadrant :	Derias F.Z	Grade : MCB	IMSI/Univ Oran 2
Examineur :	Aoumeur N	Grade : MCB	IMSI/Univ Oran 2

2023 - 2024

Remerciement

Dédicace

Listes des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale 1

Chapitre 1 : Généralités sur la gestion des risques et ses outils

Introduction2

I.1 Concepts généraux2

I.1.1 Notion de danger2

I.1.2 Notion de risque3

I.1.3 Notion d'accident4

I.1.4. Notion de dommage4

I.1.5. Mesures de sécurité.....5

I.2 Classifications des risques 5

I.2.1 Selon la source5

I.2.2 Selon la nature.....6

I.2.3 Selon la cible6

I.3 La gestion et maîtrise des risques7

I.3.1 Gestion des risques7

I.3.2 Les étapes de la gestion des risques7

I.3.2.1 Identification des risques.....8

I.3.2.2 Analyse des risques8

I.3.2.3 Évaluation des risques8

I.3.2.3.1 La matrice des risques8

I.3.2.4 Réduction (Maîtrise) des risques9

I.4 Méthodes d'analyse des risques11

I.4.1 Analyse préliminaire des risques (APR)	12
I.4.2 AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leur Criticité)	14
I.4.3 HAZOP (Hazard and Operability Study)	16
I.4.4 Arbre de défaillances	17
I.4.5 Arbre des causes	20
I.4.6 Diagramme d'Ishikawa (5M)	21
I.5 Aspect normatif et règlementaire	23
I.5.1 Normes internationales	23
I.5.2 Réglementation algérienne	23
Conclusion	24
 Chapitre 2 : Les risques industriels de nature physique	
Introduction	25
II.1 Risques mécaniques	26
II.2 Risques électriques	28
II.3 Risques liés aux Bruits	32
II.4 Risques liés aux vibrations	34
Conclusion	36
 Chapitre 3 : Présentation et description de cas d'étude	
Introduction	37
III. Présentation du complexe GL3/Z	38
III.1 Description du complexe GL3/Z	38
III.2 Disposition de l'usine	39
III.3 Le gaz naturel	39
III.4 Description des unités	41
III.5 Les principales installations du complexe	45
III.6 Principe de fonctionnement du méga train	45
III.7 Description de département sécurité	47
Conclusion	50

Chapitre 4 : Application de la méthode APR au sein du complexe GL3/Z

Introduction	51
IV.1 Objectifs de l'Application de l'APR au sein du complexe GL3/Z	52
IV.2 Méthodologie de travail	52
IV.3 Situation géographique du complexe GL3/Z	55
IV.4 Plan de masse du complexe GL3/Z	56
IV.5 Classification des substances du complexe GL3/Z selon le décret 07-144	57
IV.6 Système de sécurité (Protection / Intervention) du complexe GL3/Z	58
IV.7 Application de la méthode APR sur les zones du complexe GL3/Z	64
IV.7.1 Interprétation des résultats d'APR des zones	67
IV.8 Application de la méthode APR sur le circuit d'extraction de l'éthane	68
IV.8.1 Principe de fonctionnement de circuit d'extraction de l'éthane (C2) (Unité 17)	68
IV.8.2 Tableau récapitulatif d'analyse des risques physiques sur les composants de circuit d'extraction de l'éthane	74
IV.8.3 Interprétations des résultats d'APR sur le circuit d'extraction de l'éthane	76
IV.9 Recommandations	77
Conclusion	78
Conclusion générale	79
Bibliographie	80
Annexe	85

Remerciement

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cette thèse. Leur soutien, leur expertise et leur encouragement ont été des éléments essentiels dans la concrétisation de ce travail.

Tout d'abord, nous tenons à remercier l'encadrante de thèse, Mme.Deries F.Z, pour leur guidance experte, et leurs conseils avisés tout au long de ce projet.

Nous voudrions particulièrement à remercier et à exprimer notre gratitude à tous nos professeurs pour tout leur soutien et leurs conseils, à nos collègues, ainsi qu'à tous le personnel de l'Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle, avec qui nous avons vécu de beaux souvenirs au cours des cinq années de formation académique.

Nous souhaitons également à remercier nos familles pour leur soutien inconditionnel, leur compréhension et leurs encouragements constants. Leur amour et leur bienveillance ont été une source de force et de motivation tout au long de cette aventure académique.

Nous tenons à exprimer notre gratitude à tous les membres du jury qui ont accepté d'évaluer notre travail. Leur préoccupation nous honore grandement.

En conclusion, nous sommes très reconnaissants envers chacune des personnes mentionnées pour leur contribution à cette thèse. Leur soutien a été déterminant dans la réussite de ce projet de fin d'étude. Merci du fond du cœur pour votre précieuse collaboration et votre engagement.

OUSSAMA et TAWFIQ

Dédicace

❖ **À mes chers parents, à ma sœur et mon frère,**

Pour leur amour inconditionnel, leur soutien indéfectible et leurs sacrifices sans fin. Leur foi en moi a été ma plus grande force tout au long de ce parcours académique. Leur guidance et leurs encouragements m'ont permis d'atteindre ce moment crucial. Cette thèse leur est dédiée, en témoignage de ma gratitude éternelle.

❖ **À mes professeurs,**

Pour leur expertise, leur patience et leur précieuse guidance tout au long de cette aventure académique. Leurs conseils éclairés ont été la clé de la réussite de ce travail. Leur enseignement restera gravé en moi pour toujours.

❖ **À mon binôme Tawfiq et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cette thèse,**

Je vous adresse mes plus sincères remerciements. Votre apport a été précieux et a enrichi notre travail de manière significative. Cette thèse est le fruit d'un travail collectif et je vous en suis profondément reconnaissant.

❖ **À Tous le personnel du complexe GL3/Z,**

Je tiens à remercier toute l'équipe du complexe et de département sécurité, spécialement l'inspecteur prévention M.Mouahdi .A

❖ **Enfin, à moi-même,**

Pour ma persévérance, ma détermination et ma passion pour la recherche. Ce travail représente le fruit de mes efforts, de mes sacrifices et de mes rêves. Je suis fier de cette réalisation et je m'engage à continuer à me dépasser dans mes futurs projets.

Que cette thèse soit le témoignage de mon engagement envers la connaissance, la recherche et le progrès.

OUSSAMA

Dédicace

C'est un grand honneur pour moi de consacrer cet humble acte:

A ma chère mère et mon cher père.

Et à mes chers frères.

À ma grand-mère, mon grand-père, mes oncles, mes tantes et mes cousins.

À toute la famille AGROUCHE

Pour ceux qui m'ont toujours encouragé à réussir mes études.

Pour ceux qui m'ont soutenu dans les moments les plus difficiles de ma vie. Pour ceux que j'aime et que je respecte infiniment. Aujourd'hui, il est temps de dire merci...

A tous département de sécurité industrielle et environnement.

A mon binôme OUSSAMA qui a été très coopératif et compréhensif tout au long de ce travail

A tous mes amis qui ont toujours été présents et qui n'ont ménagé aucun effort pour me faire du bien et leurs suggestions, en particulier.

TAWFIQ

Liste des figures

CHAPITRE I

Figure I.1 : Composants caractérisent le risque	3
Figure I.2 : les conditions d'un dommage	5
Figure I.3 : Processus de gestion des risques	7
Figure I.4 : Matrice des risques 5	9
Figure I.5 : Classification des principales méthodes d'analyse des risques	11
Figure I.6 : Les 5 étapes de la méthode AMDEC	15
Figure I.7 : Schéma d'arbre de défaillance avec les symboles	18
Figure I.8 : Allure schématique d'un arbre des causes	20
Figure I.9 : Diagramme d'Ishikawa (5M)	22

CHAPITRE II

Figure II.1 : Les principaux risques mécaniques	26
Figure II.2 : Panneau du risque électrique	28
Figure II.3 : Les équipements de protection individuelle	31
Figure II.4 : Protection de l'ouïe	32
Figure II.5 : Les vertèbres lombaires	35
Figure II.6 : Hernie-discale	35

CHAPITRE III

Figure III.1 : Position du site GL3/Z	38
Figure III.2 : Les 5 zones du complexe GL3Z	39
Figure III.3 : Méga train du complexe GL3/Z	46
Figure III.4 : Organigramme de département sécurité	47

CHAPITRE IV

Figure IV.1 : Matrice des risques (5×5)	53
Figure IV.2 : Vue satellite du complexe GL3/Z	55
Figure IV.3 : Les zones du complexe GL3/Z	56
Figure IV.4 : Sources d'eau pour l'incendie	58
Figure IV.5 : Lance monitors	58
Figure IV.6 : Robinet incendie armé (RIA)	59
Figure IV.7 : Système déluge	59
Figure IV.8 : Installation fixe à mousse	60
Figure IV.9 : Installation fixe à CO2	60
Figure IV.10 : Installation fixe à poudre	61
Figure IV.11 : Installation fixe d'extinction par NOVEC	61
Figure IV.12 : Les trois types d'extincteurs portatifs	62
Figure IV.13 : Extincteur à roue	62
Figure IV.14 : Les engins.....	63
Figure IV.15 : Installation (circuit) d'extraction de l'éthane (C2)	68

Liste des tableaux

CHAPITRE I

Tableau I.1 : Les plus graves accidents industriels survenus dans le monde entre 1966 et 2001	4
Tableau I.2 : le tableau APR	13
Tableau I.3 : Exemple des familles des 5M	21
Tableau I.4 : Comparaison des méthodes principales d'analyse des risques	22

CHAPITRE II

Tableau II.1 : Les niveaux sonores des ambiances de travail	33
--	----

CHAPITRE III

Tableau III.1 : compositions chimiques du gaz naturel	40
--	----

CHAPITRE IV

Tableau IV.1 : Classification des substances du complexe GL3/Z	57
Tableau IV.2 : Spécification du produit de tête du Dééthaniseur	69
Tableau IV.3 : Données générales sur le dééthaniseur	69
Tableau IV.4 : Données générales sur le rebouilleur du Dééthaniseur	70
Tableau IV.5 : Données générales sur le condenseur de dééthaniser	70
Tableau IV.6 : Données principales su le ballon de reflux	71
Tableau IV.7 : Données principales des pompes de reflux	71

Liste des abréviations

ISO : International Organisation for Standardisation

EPI : Équipements de protection individuelle.

DUER : Document unique d'évaluation des risques

APR : Analyse préliminaire des risques

AMDEC : Analyse des modes de défaillance, leurs effets et leur criticité

HAZOP : Hazards and Operability Study

ADD : Arbre de Défaillances

ADC : Arbre des causes

5M : Diagramme d'Ishikawa

SST : Santé Sécurité et au Travail

AM : Autorisation ministérielle.

RIA : Robinet incendie armé

Introduction générale

Durant ces dernières décennies, les risques industriels ont constitué un problème de maîtrise de sécurité total, parmi ces risques on apprécie les risques physiques qui ont un facteur de gravité très important sur les travailleurs et le matériel dans l'industrie. Prenons par exemple à l'échelle nationale, Skikda qui abrite le deuxième foyer de l'industrie pétrochimique en Algérie, était le long de son histoire le théâtre de plusieurs accidents industriels. Cependant, l'explosion dans le complexe de raffinerie GNL1/K, survenue le 19 janvier 2004, et à l'échelle internationale la catastrophe de Seveso en 1976 en Italie, ces types d'accidents ont conduit à une prise de conscience mondiale sur la nécessité de réglementer et de contrôler les risques industriels, et ont été considérés comme une alarme qui a mis relief beaucoup de carences, et mis en évidence l'intégration de processus de gestion des risques solide.

La gestion des risques en milieu industriel est un pilier fondamental pour prévenir les accidents, protéger les travailleurs, et garantir la durabilité des activités industrielles, Elle implique l'identification, l'analyse, l'évaluation, et la mise en œuvre de mesures préventives pour atténuer les risques liés aux activités industrielles.

L'objectif de ce mémoire, c'est d'étudier les risques physiques et la vérification de l'état de maîtrise de ces derniers au sein d'une installation industrielle (GL3/Z), en appliquant l'outil le plus pertinent dans toute démarche de gestion des risques « L'analyse préliminaire des risques APR ».

Hypothèse : Les risques physiques qui se manifestent au niveau de complexe (GL3/Z) sont pas maîtrisés complètement et dans le cas échéant ils sont leur maîtrise ne correspond pas aux règlements et normes.

Le mémoire présent est réparti comme suit :

- Chapitre 1 : Généralités sur la gestion des risques et ses outils
- Chapitre 2 : Les risques industriels de nature physique
- Chapitre 3 : Présentation et description de cas d'étude
- Chapitre 4 : Application de la méthode APR au sein du complexe GL3/Z

GÉNÉRALITÉS SUR LA GESTION DES RISQUES ET SES OUTILS

Introduction :

Toutes les entreprises, quelle que soit leur taille, sont confrontées à toutes sortes de risques, En mettant en œuvre une stratégie de gestion de ces risques, les entreprises peuvent se protéger de ces risques et s'assurer qu'elles sont préparées à toute situation, car la gestion des risques est un processus systématique qui vise à identifier, évaluer et gérer les risques potentiels pouvant affecter une entreprise. Elle consiste à anticiper les dangers, à analyser leurs impacts, puis à mettre en place des stratégies et des actions pour prévenir, atténuer ou gérer ces risques de manière efficace.

Le présent chapitre traitera la problématique de la gestion et la maîtrise des risques. Nous nous intéressons aux l'étape d'analyse des risques, car elle est considérée comme une étape incontournable dans ce processus, et plus particulièrement à les méthodes principales d'analyse des risques, ses principes, ses avantages et ses limites.

Mais avant d'entamer cette thématique, nous commençons par présenter les concepts relatifs aux notions-clés de danger, de risque, d'accident, de dommage et de mesures de sécurité.

I.1 Concepts généraux :

I.1.1 Notion de danger :

Il existe diverses définitions du « danger », mais la définition la plus courante dans le contexte de la santé et de la sécurité au travail le danger est définie comme toute source potentielle de préjudice, de dommage ou impact direct sur les personnes par des blessures physiques ou des atteintes à la santé, ou indirectement par des dommages matériels ou environnementaux.

(Cchst, 2024)

Le danger est le point du départ d'un scénario d'accident. C'est pour cette raison que la norme ISO 45001 :2018 le définit comme une « source susceptible de provoquer un traumatisme et une pathologie ».Est un terme étroitement lié aux notions de « risque » et de « situation dangereuse ». Il s'agit en fait de la manière dont un objet ou une situation peut affecter la santé

des salariés.(SAADI, 2022)

Les dangers peuvent donc être de différentes natures :

Un produit : bien sûr des produits chimiques, mais pas seulement : eau, air ou de la vapeur, par exemple, selon la température, des dangers

Un équipement : un véhicule, des outils, un appareil, un escalier, un couteau

Une situation : travailler en hauteur, rester au bord d'un plan d'eau

• Situation dangereuse :

Toute situation dans laquelle la cible est exposée à un ou plusieurs danger ou bien à des phénomènes dangereux, dans laquelle il existe un risque élevé de blessure, de dommage ou de danger pour la santé, la sécurité ou la vie de toute personne. Cela peut inclure les conditions environnementales, l'activité humaine, les équipements défectueux, les substances toxiques, les processus dangereux ou d'autres facteurs susceptibles de causer des dommages.(Derias, 2023)

• Phénomène dangereux :

Le terme « phénomène dangereux » est défini dans la norme ISO/CD 12100-1 comme « une source potentielle de blessure ou d'atteinte à la santé ». Autrement dit, tout ce qui pourrait causer des blessures ou des dommages.(Doucet, 2012)

I.1.2 Notion de risque :

Un risque est la probabilité qu'une personne subisse un préjudice ou des effets néfastes sur sa santé lorsqu'elle est exposée à un danger. Ce terme peut également s'appliquer à des situations où il y a perte de biens ou d'équipements ou effets nocifs sur l'environnement.(Cchst, 2024)

La définition suivante semble unanime : le risque est la possibilité d'une rencontre entre une personne et un danger auquel elle est exposée.(Inrs, 2023)

Le risque 0 n'existe pas et si la probabilité est de 1 alors c'est une certitude et non plus un risque.(Derias, 2023)

Deux composants caractérisent le risque :

- La probabilité que le dommage se produise, en fonction de la fréquence d'exposition et/ou de la durée d'exposition au danger et de la probabilité que le phénomène dangereux se produise,
- La gravité du dommage



Figure I.1 : Composants caractérisent le risque (Inrs, 2023)

I.1.3 Notion d'accident :

C'est un événement brusque et imprévu provoqué par un événement extérieur. Les conséquences d'un accident peuvent entraîner des dommages matériels (destruction ou perte d'objets). Des dommages physiques (invalidité temporaire ou permanente, décès) peuvent également survenir. **(Bernard, 2024)**

Tableau I.1 : Les plus graves accidents industriels survenus dans le monde entre 1966 et 2001 (Bernard, 2024)

Accident	Type d'accident	Victimes et dégâts
Feyzin - France (1966)	Incendie d'une industrie de stockage pétrochimique	18 morts
Flixborough - Grande - Bretagne (1974)	Explosion sur un site industriel	28 morts
Seveso - Italie (1976)	Fuite de dioxine d'une usine chimique	37 000 personnes touchées
Bhopal - Inde (1984)	Fuite d'un gaz toxique	2 500 morts et 250 000 blessés
Mexico - Mexique (1984)	Explosion d'une citerne de pétrole liquéfié	500 morts et 7 000 blessés
Tchernobyl - Ukraine (1986)	Explosion d'une centrale nucléaire	plus de 15 000 morts
La Mède - France (1992)	Explosion dans une raffinerie	6 morts et 7 blessés
Toulouse - France (2001)	Explosion d'un site industriel	30 morts et plus de 2 000 blessés

I.1.4. Notion de dommage :

Le dommage est défini dans la norme ISO/FDIS 14121 comme une « lésion physique et/ou une atteinte à la santé ou aux biens ». Il s'agit des blessures ou de maladies professionnelles résultant d'une exposition à des phénomènes dangereux : coupures, fractures, perforations, amputations, tendinites, bursites, lombalgies, surdités, asthme professionnel, allergies ou hypersensibilité aux produits, suffocation, etc. Lorsqu'un danger est présent et qu'il est associé à une situation déjà dangereuse, cela augmente considérablement le risque de dommages ou de préjudices. **(Doucet, 2012)**



Figure I.2 : les conditions d'un dommage (Doucet, 2012)

I.1.5. Mesures de sécurité :

Sont des actions ou dispositifs mis en place pour protéger les biens et les salariés et de prévenir les risques au milieu de travail, selon la taille de l'entreprise ou du secteur d'activité, différentes mesures de sécurité à envisager peuvent varier. Certains sont pourtant indispensables pour réduire les risques, garantir un environnement de travail sûr et sain pour tous les employés (Ho-pun-cheung, 2022), et cela inclure :

- La rédaction d'un document unique d'évaluation des risques (DUER)
- Sensibiliser et former les salariés aux risques
- Fournir des EPI
- Adapter le travail à l'homme
- Remplacer ce qui est dangereux
- La gestion des risques
- La formation du personnel aux procédures de sécurité
- la mise en place de plans d'urgence en cas de crises

I.2 Classification des risques :

Les risques peuvent être classés en différents types :

I.2.1 Selon la source :

- 1- Risques naturels :
 - Catastrophes naturelles telles que les tremblements de terre, les inondations, les tempêtes, les éruptions volcaniques, etc.
 - Phénomènes météorologiques extrêmes comme les cyclones, les tornades, les tempêtes
- 2- Risques technologiques :
 - Accidents industriels liés aux installations dangereuses telles que les usines chimiques, centrales nucléaires, etc.
 - Pannes techniques des systèmes informatiques, des équipements électroniques, des réseaux...

3- Risques humains :

- Erreurs humaines, telles que : les accidents de la route causés par des conducteurs imprudents, des erreurs médicales, des erreurs de manipulation des équipements, etc.
- Comportements humains à risque tels que la consommation de drogues, le tabagisme, l'alcoolisme, etc. **(Derias, 2023)**

I.2.2 Selon la nature :

1- Risques physiques : Ils sont liés à des conditions physiques nocives pour la santé des travailleurs. Ceux-ci peuvent inclure des risques mécaniques, des risques liés aux vibrations, au bruit, à la chaleur, au froid, aux radiations, aux chutes, aux postures inconfortables, etc.

2- Risques chimiques : Inclure des risques liés à l'inhalation de gaz toxiques, à l'ingestion de produits chimiques nocifs, à des brûlures chimiques.

3- Risques biologiques : liés à l'exposition à des agents biologiques tels que des bactéries, des virus, des moisissures, des parasites, etc. Ces risques peuvent provoquer des infections, des allergies, des maladies infectieuses, etc.

4- Risques ergonomiques : liés à la conception des lieux de travail, des outils, des équipements et des tâches et à l'impact sur la santé et le bien-être des travailleurs. Ceux-ci peuvent inclure des risques de troubles musculo-squelettiques, de fatigue, de stress, etc. **(Derias, 2023)**

I.2.3 Selon la cible :

1- Risques Professionnels : comprend les risques liés à la sécurité, à la santé et aux conditions de travail.

2- Risques Industriels : englobe des risques tels que, les explosions, les fuites de produits chimiques, les incendies, les déversements, etc.

3- Risques Environnementaux : comprend les risques tels que la pollution de l'air, de l'eau et des sols, le changement climatique, la perte de biodiversité, les déchets toxiques. **(Derias, 2023)**

I.3 La gestion et maîtrise des risques :

I.3.1 Gestion des risques :

La gestion des risques est un processus par lequel les entreprises identifient, analysent évaluent et prennent des mesures pour atténuer les risques potentiels qui pourraient affecter leurs activités, leurs objectifs ou leurs performances, toutes les entreprises, quelle que soit leur taille, devraient mettre en place une solide gestion des risques. En fait, la gestion des risques à l'échelle de l'entreprise vous permet d'identifier et de contrôler de manière proactive les menaces et les vulnérabilités susceptibles d'avoir un impact négatif. (Safetyculture, 2024b)

Aucune entreprise n'est en mesure d'éviter systématiquement tous les risques, et tous les risques n'auront pas forcément une issue négative. Les entreprises doivent évaluer le rapport bénéfique/risque d'un événement et définir le niveau de risque acceptable. Cette évaluation peut ensuite être utilisée pour prendre des décisions. (Redhat, 2019)

Une gestion efficace des risques est essentielle pour assurer la durabilité et le succès à long terme d'une entreprise, minimiser les pertes potentielles et capitaliser sur les opportunités.

I.3.2 Les étapes de la gestion des risques :

La gestion des risques est un processus itératif qui comprend notamment les étapes suivantes (voir figure I.3) :

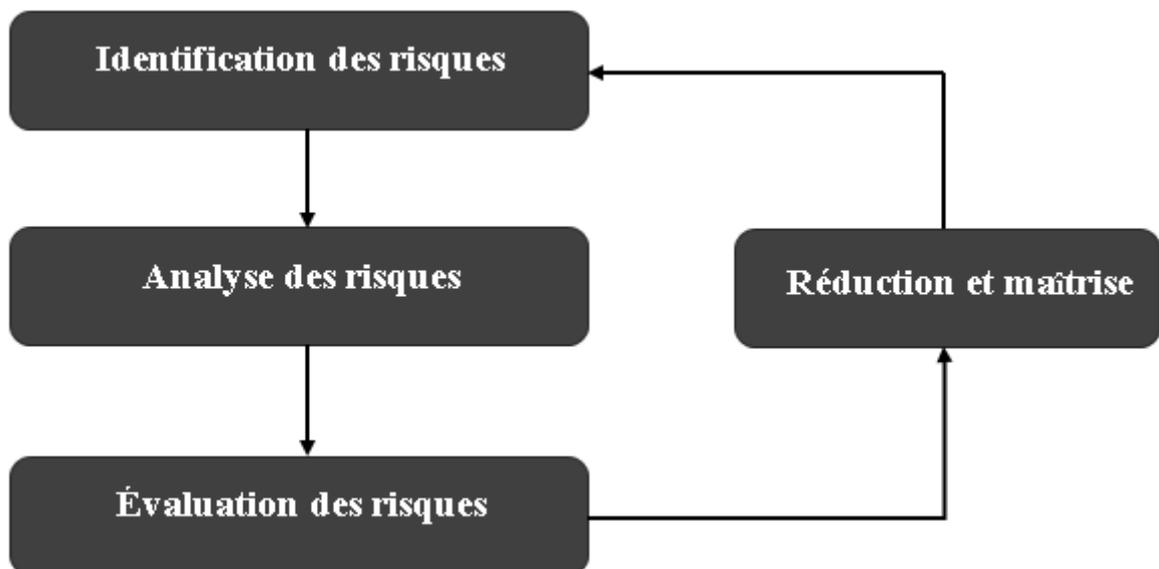


Figure I.3 : Processus de gestion des risques (Redhat, 2019)

I.3.2.1 Identification des risques :

La première étape de la gestion des risques vise à identifier de manière systématique et exhaustive tous les risques potentiels auxquels l'entreprise est confrontée et qui pourraient affecter les activités de l'entreprise, et à les consigner dans le plan de gestion des risques. (Safetyculture, 2024b)

I.3.2.2 Analyse des risques :

L'analyse du risque est définie dans le guide ISO/CEI 51 : 1999 comme « l'utilisation des informations disponibles pour identifier les phénomènes dangereux et estimer le risque ».

L'analyse des risques vise dans un premier temps à identifier les sources de danger et les situations associées pouvant conduire à des dommages aux personnes, à l'environnement ou aux biens. Dans un deuxième temps, l'analyse des risques permet d'identifier les barrières de sécurité existante afin de prévenir l'apparition d'une situation dangereuse (barrières de prévention) ou d'en limiter les conséquences. (Barrières de protection). Consécutivement à cette identification, il s'agit d'estimer les risques en vue de hiérarchiser les risques identifiés lors de l'analyse et de pouvoir ensuite comparer ce niveau de risque avec un niveau jugé acceptable. (Achouri, 2009)

I.3.2.3 Évaluation des risques :

L'évaluation des risques est un processus vise à déterminer l'impact et la probabilité des risques pour décider si un risque tolérable a été atteint. En pratique, cette phase peut s'accompagner d'une quantification détaillée et précise (simplifiée), contrairement à l'évaluation du risque qui porte en grande partie sur les grandeurs caractérisant le risque. (Feddaoui & Merabet, 2019)

Selon le groupe de travail GT dans son vocabulaire des risques de 1997, l'évaluation des risques est une « Démarche formalisée qui comprend les étapes suivantes : Identification du risque, quantification du risque (probabilité et dommages), mise en perspective du risque »

I.3.2.3.1 La matrice des risques :

Une matrice de risques est un outil qui permet d'évaluer en amont la probabilité et la gravité des risques et ainsi de déterminer le niveau de risque.

Toutes les matrices de risques ont la même structure de base. Il s'agit généralement de grilles 5 x 5 qui indiquent la probabilité de survenance des risques sur l'axe Y et la gravité (impact) de leurs conséquences sur l'axe X. Chaque axe suit une échelle allant du très bas au très haut. Les risques auxquels l'entreprise peut être exposée sont classés en fonction de sa position sur cette échelle dans la matrice des risques. Cela permet de déterminer le niveau de risque. (D'agostino, 2023)

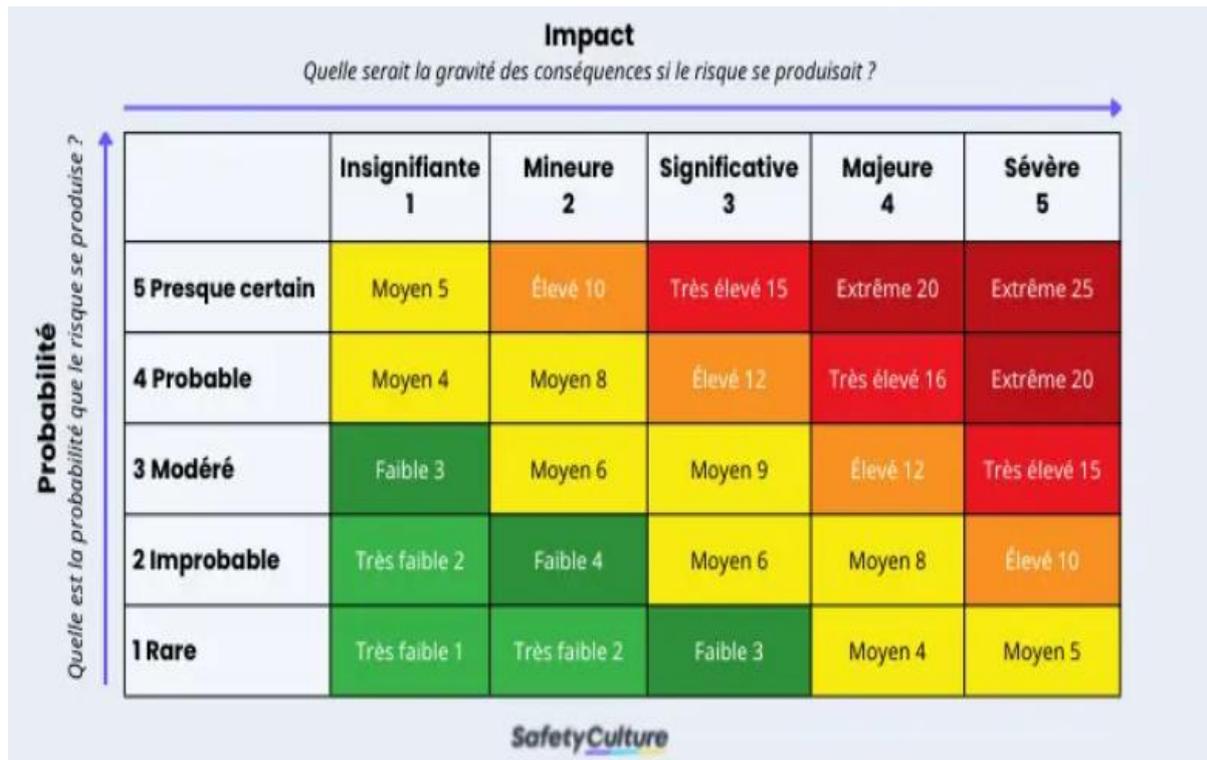


Figure I.4 : Matrice des risques (Safetyculture, 2024)

Trois niveaux de risque sont définis selon la position dans la matrice :

- **Risque faible (Zone verte)** : Cette zone représente les risques à faible probabilité et à faible impact. Les risques dans cette zone sont souvent considérés comme acceptables
- **Risque tolérable (zone Jaune et orange)** : Niveau de risque auquel l'aggravation d'un niveau d'un seul des paramètres (gravité ou probabilité) pourrait conduire à un niveau de risque inacceptable.
- **Risque élevé (zone rouge)** : Cette zone représente les risques à forte probabilité et à fort impact. Les risques dans cette zone sont considérés comme inacceptables, Il doit faire l'objet d'une étude plus approfondie pour identifier les changements rendant le niveau de risque acceptable, c'est-à-dire la sortie de la zone rouge.

(Benyoucef & Boubossela, 2017)

I.3.2.4 Réduction (Maîtrise) des risques :

La réduction des risques (ou maîtrise des risques) fait référence à toute mesure ou précaution prise pour réduire la probabilité ou la gravité d'un préjudice associé à un risque particulier.(Feddaoui & Merabet, 2019)

De telles mesures devraient être envisagées si le risque considéré est jugé inacceptable.

De manière très générale, les mesures de maîtrise des risques concernent :

- **Mesures ou (barrières) de Prévention** : L'objectif de la prévention est d'empêcher la survenance des risques ou de réduire leur probabilité de survenance. Cela peut inclure la mise en œuvre de mesures proactives pour identifier, remédier et prévenir les sources potentielles de risque. Par exemple, la formation des employés, la maintenance préventive des équipements, les inspections régulières et la mise en œuvre de procédures de sécurité sont des mesures préventives visant à réduire les risques. **(Ineris, 2006)**
- **Mesures ou (barrières) de Protection** : La protection vise à réduire les conséquences des risques lorsqu'ils se produisent. Il s'agit de mettre en œuvre des mesures de protection pour limiter les éventuels dommages ou impacts des risques identifiés. Par exemple, l'utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI), l'installation de barrières de sécurité, l'installation de systèmes d'alarme et de protection incendie sont des mesures de protection visant à réduire les conséquences des risques. **(Ineris, 2006)**
- **Mesures d'élimination** : Le but de l'élimination est de supprimer complètement les risques en identifiant et en éliminant les sources de danger. Cela peut inclure la modification des processus, des pratiques ou des conditions de travail pour éliminer les risques à leur source. Par exemple, remplacer une substance dangereuse par une alternative plus sûre, automatiser les tâches à haut risque pour éliminer l'exposition des travailleurs ou concevoir des installations de manière à éliminer les risques. **(Cchst, 2024)**

I.4 Méthodes d'analyse des risques :

Les méthodes d'analyse des risques sont des outils essentiels permettant aux organisations d'identifier, d'évaluer et de gérer les risques auxquels elles sont exposées. Ces méthodes permettent de prendre des décisions éclairées et de réduire l'impact négatif des risques sur les activités et les objectifs de l'entreprise.

Il est important de choisir la méthode appropriée en fonction du contexte, des objectifs et des ressources disponibles pour une analyse des risques efficace.

Les principales méthodes d'analyse des risques utilisés dans l'industrie sont les suivants :

- L'analyse préliminaire des risques (APR)
- Analyse des modes de défaillance, leurs effets et leur criticité (AMDEC)
- HAZard et fonctionnement (Hazards and Operability Study) (HAZOP)
- Arbres des Défaillances (ADD)
- Arbre des causes (ADC)
- Diagramme d'Ishikawa (5M)

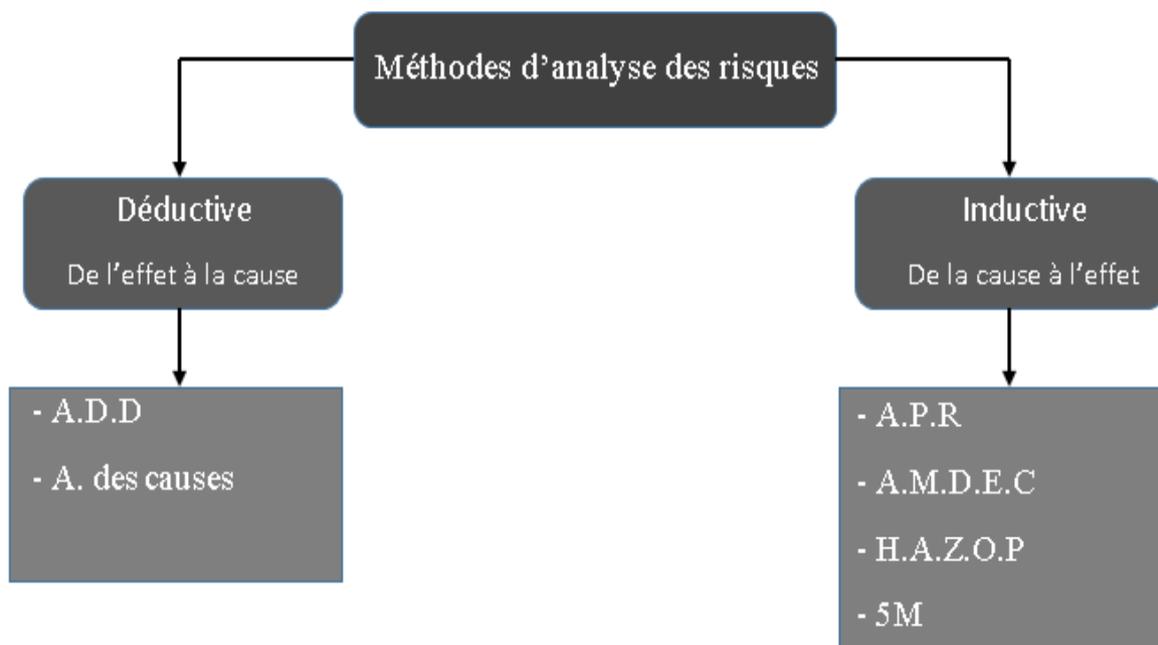


Figure I.5 : Classification des principales méthodes d'analyse des risques

I.4.1 Analyse préliminaire des risques (APR) :

• Historique et concept :

L'analyse préliminaire des risques (APR) a été développée dans les domaines aéronautique et militaire au début des années 1960. Depuis, Elle est utilisée dans de nombreuses autres industries. L'union des Industries Chimiques (UIC) recommande son utilisation en France depuis le début des années 1980. **(Ouazraoui, 2020)**

L'analyse préliminaire des risques (APR) est une méthode très générale couramment utilisée pour identifier les risques lors de la phase de conception préliminaire d'une installation, ou un projet, Par conséquent, cette méthode ne nécessite généralement pas une connaissance approfondie et détaillée de l'installation étudiée.

Cette méthode est particulièrement utile dans les situations suivantes **(Previnfo, 2018)** :

- En phase de conception d'un système, lorsque la définition précise du processus n'a pas encore été faite. Fournit une première analyse de sécurité conduisant à des éléments qui forment une ébauche de futures consignes d'exploitation et de sécurité. Cela permet également de choisir le matériel le plus adapté.
- Dans le cas d'une installation complexe existante au niveau de la démarche d'analyse des risques. Comme son nom l'indique, l'APR représente une étape préliminaire qui permet de mettre en évidence des éléments ou des situations qui nécessitent une attention plus particulière et en conséquence l'emploi de méthodes d'analyse des risques plus détaillées. Elle peut donc être complétée par exemple par une AMDEC ou arbre de défaillances.

• Objectif :

De manière générale, l'objectif d'une démarche APR est d'évaluer les problèmes à résoudre en termes de maîtrise des risques. **(Mortureux, 2020)**

• Principe :

- Identifier les situations dangereuses (fuite de substances toxiques dangereuses, explosion, incendie, affaissement de barrage, erreur humaine, conditions climatiques extrêmes, panne de courant, etc.). **(Ing.Québec, 2014)**
- Déterminer les causes et les conséquences d'une situation dangereuse.
- Les Équipements dangereux (bacs de stockage, zone de réception, fours, réacteurs, fourniture d'utilités).
- Mettre en évidence les barrières de sécurité existantes à des fins de prévention et/ou de protection. **(Ing.Québec, 2014)**

• Application :

Bien que la technique d'APR soit généralement utilisée dans les phases de conception préliminaire d'un système ou d'une structure où peu d'informations sont disponibles sur les risques potentiels, elle peut également être utilisée pour analyser de grandes installations déjà en exploitation ou pour hiérarchiser les dangers. Lorsque les circonstances empêchent le recours à des techniques plus élaborées. **(Ing.Québec, 2014)**

• Déroulement :

L'utilisation d'un tableau récapitulatif offre un support pratique pour mener la réflexion et résumer les résultats de l'analyse. Cependant, l'analyse des risques ne se limite pas à remplir un coûte que coûte un tableau. De plus, ce tableau doit parfois être ajusté en fonction des objectifs fixés par le groupe de travail avant l'analyse. **(Previnfo, 2018)**

Voici ci-dessous un exemplaire de tableau APR :

Tableau I.2 : Le tableau APR (Previnfo, 2018)

Equipement	Risque	Causes	Conséquences	p	G	R	Mesures de Prévention / Protection

• Limites et avantages :

Le principal avantage de l'analyse préliminaire des risques est que les situations dangereuses dans les installations peuvent être étudiées relativement rapidement. Par rapport aux autres méthodes présentées ci-dessous, elle apparaît relativement rapide et ne nécessite pas une description très détaillée du système étudié. Cet avantage est bien entendu lié au fait qu'elle est généralement appliqué dès la phase de conception des Installations. **(Ineris-dra,2006)**

En revanche, l'APR ne permet pas de caractériser avec précision l'enchaînement d'événements pouvant conduire à un accident dans des systèmes complexes.

Comme son nom l'indique, il s'agit essentiellement d'une méthode d'analyse préliminaire qui permet d'identifier les points critiques devant faire l'objet d'études plus détaillées. Elle permet de mettre en évidence les équipements ou les installations qui peuvent nécessiter une étude plus détaillée à l'aide d'outils tels que L'AMDEC, HAZOP ou l'analyse par arbre de défaillances. Cependant, pour des installations simples ou lorsque le groupe de travail possède une vaste expérience de cette approche, son utilisation seule peut être considérée comme suffisante.

(Ineris-dra,2006)

I.4.2 AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leur Criticité) :

• Historique et concept :

L'AMDEC est une méthode d'analyse des risques, L'acronyme signifie « Analyse des modes de défaillance, leurs effets et leur criticité » et est une méthode spécifiquement conçue pour identifier les modes de défaillance d'un produit, d'un processus et de la sécurité. **(Benvoglio, 2018)**

Cette démarche requiert rigueur et précision, et son efficacité à ce prix. L'AMDEC ou son équivalent américain FMEA est né dans l'industrie aéronautique durant les années 1960. Puis l'industrie automobile l'a rapidement adoptées. Il existe Aujourd'hui, les applications de l'AMDEC comme outil d'analyse des risques sont aujourd'hui multiples. **(Benvoglio, 2018)**

• Principe :

La méthode d'analyse AMDEC s'applique également à la conception d'un nouveau produit, au développement d'un procédé de fabrication ou encore à un processus permettant d'identifier les points de défaillances pouvant affecter les performances. **(Fernandez, 2023)**

Cette méthode est utilisée à des fins préventives. C'est un outil précieux pour garantir la faisabilité d'un cahier des charges en respect les spécifications clients et des exigences réglementaires.

• Déroulement :

Qu'elle s'agisse d'un produit, d'un service, d'un système ou d'un processus, la réalisation d'une AMDEC doit se faire de manière collective, exhaustive et systématique.

L'AMDEC est généralement une démarche collective. Idéalement, différents participants représentent différents points de vue ou expériences (conception, fabrication, exploitant, etc.). Et disposent du pouvoir de décision pour engager le cas échéant des mesures correctives.

(Afreqen,2019)

Systématisme et exhaustivité sont assurés en examinant chaque mode de défaillance pour tous les composants du système.

Pour chaque mode nous identifions et évaluons **(Afreqen,2019)** :

- sa (ses) cause(s) et l'indice de fréquence (classe d'occurrence),
- ses effets et l'indice de gravité (classe de gravité),
- les mesures prises pour détecter la défaillance et l'indice de la détection (classe de Probabilité de détection),

On calcule la criticité : (indice de fréquence) × (Gravité) × (indice de détection) :

- Lorsque le seuil de criticité est atteint, des actions correctives sont initiées,

- Lorsque l'objectif poursuivi est l'amélioration, on traitera en priorité les causes des modes de défaillance présentant les plus fortes criticités.

Remarque : Certaines applications utilisent des probabilités au lieu d'indices.



Figure I.6 : Les 5 étapes de la méthode AMDEC (Afrequen,2019)

• Limites et avantages :

L'AMDEC s'avère très efficace lorsqu'elle est déployée pour analyser les pannes d'éléments simples conduisant à une panne globale du système, de par son caractère systématique et sa maille d'étude généralement fine, elle constitue un outil précieux pour identifier les pannes potentielles et les moyens de limiter leurs effets ou de prévenir leur apparition. Parce qu'elle implique d'examiner chaque mode de défaillance, ses causes et ses effets sur différents états de fonctionnement du système, l'AMDEC permet d'identifier les modes de défaillance communs pouvant affecter le système étudié, Les modes communs de défaillances correspondent à des événements qui, de par leur nature ou les dépendances de certains composants, simultanément, cela provoque des états de panne sur certains composants du système. La perte d'utilité ou les attaques externes constituent souvent des modes communs de pannes.(Ineris-dra, 2006)

I.4.3 HAZOP (Hazard and Operability Study) :

• Historique et concept :

Une HAZOP est un outil d'évaluation systématique, elle a été développée pour la première fois dans les années 1960 par ICI (Imperial Chemical Industries) au Royaume-Uni. Elle est utilisée pour identifier et traiter les dangers potentiels dans les processus industriels avant qu'un incident ne se produise et ne puisse affecter la sécurité des personnes ou des biens tout en entravant la productivité. Les études HAZOP sont généralement menées lors de la conception et de la construction de nouvelles installations, de l'introduction de nouveaux procédés ou de modifications de procédés. La plupart des Organismes de réglementation exigent également des études HAZOP périodiques sur des processus existants. (Sphera editorial, 2022)

L'évaluation HAZOP est généralement réalisée par une petite équipe qui décompose chaque étape d'un processus pour un examen individuel afin d'identifier les écarts possibles par rapport à la conception initiale du processus.

• Objectifs :

La norme CEI 61882 définit les objectifs de la méthode HAZOP, à savoir

« ...identification des dangers potentiels dans le système. Le danger peut (Royer, 2020) : se limiter à la proximité immédiate du système ou étendre ses effets bien au-delà, comme dans le cas des dangers environnementaux... »

« ...identification des problèmes potentiels d'exploitabilité posés par le système et, en particulier, l'identification des causes, des perturbations du fonctionnement et des déviations dans la production susceptibles d'entraîner la fabrication de produits non conformes... ».

• Principe :

Son principe est de décomposer un système donné en sous-ensembles appelés « nœuds », puis de faire varier des paramètres autour de ses consignes au moyen de mots-clés. L'analyse des écarts est réalisée afin d'identifier les situations conduisant à des risques potentiels sur les personnes, les biens ou l'environnement. (Royer, 2020)

• Déroulement :

Ci-dessous les étapes pour mener une étude HAZOP (Bouberak, 2015) :

- Sélectionnez un nœud ; qui englobe un équipement et ses connections, l'ensemble réalisant une fonction dans le processus identifié dans la description fonctionnelle;
- Choisir un paramètre de fonctionnement;
- Retenir un mot-clé et étudier la dérive qui lui est associée;
- Identifier les causes et les conséquences possibles de cette dérive

– Examiner les moyens de détection de cette dérive et de prévention de l'apparition ou limiter les effets

– Changer le mot-clé pour le même paramètre et continuer l'analyse

– Lorsque tous les mots-clés ont été pris en compte, retenir un nouveau paramètre et reprendre l'analyse.

• **Limites et avantages :**

HAZOP ne permet pas d'analyser les événements résultants de la combinaison simultanée de plusieurs pannes.

De plus, il est parfois difficile d'associer un mot-clé à une partie bien définie du système étudié.

En effet, les systèmes étudiés sont souvent constitués de parties interconnectées, donc une dérive qui se produit dans un nœud peut avoir des conséquences ou à l'inverse des causes dans un nœud adjacent et inversement. Bien entendu, il est a priori possible de reporter les implications d'une dérive d'une partie du système à une autre. Cependant, cette tâche peut vite devenir complexe. (Lachtar, 2009)

Enfin, HAZOP répond à tous types de risques. Cette dernière s'avère donc être un outil très efficace pour les systèmes thermo-hydrauliques.

I.4.4 Arbre de défaillances :

• **Historique et concept :**

Un arbre de défaillances ou ADD (également appelé arbre de pannes) a été développé dans les années 1960 par Bell Labs, est une technique d'ingénierie couramment utilisée dans les études de sécurité et de fiabilité des systèmes statiques et analyse des causes profondes. Cette méthode consiste à représenter graphiquement les combinaisons possibles d'événements permettant la survenue d'un événement indésirable prédéfini. Par conséquent, une telle représentation graphique met en évidence les relations de cause à effet, cette technique est complétée par des traitements mathématiques permettant de combiner de défaillances simples et leur probabilité d'occurrence. Cela nous permet de quantifier la probabilité d'occurrence d'un événement indésirable, également appelé « événement redouté ». (Bélarbi, 2023)

• **Objectifs :**

- A partir d'un événement final indésirable, rechercher des combinaisons de différents événements élémentaires ou défaillances qui peuvent y conduire. (Feddaoui & Merabet, 2019)

- Réduire la probabilité d'occurrence de cet événement final.

• Principe :

L'analyse des arbres de défaillances est une méthode déductive.

En effet, il s'agit, à partir d'un événement redouté défini a priori, de déterminer d'événements ou la combinaison d'événements qui pourraient finalement conduire à cet événement.

Cette analyse permet de remonter, de cause en cause, jusqu'aux événements de base susceptibles d'être à l'origine de l'événement redouté. **(Previnfo, 2008)**

• Déroulement :

L'arbre de défaillances est la méthode déductive typique. Un arbre de défaillances est construit à partir de ce que l'on appelle « l'événement-sommet » et représente sous forme d'arborescence les combinaisons d'événements (défaillances, erreurs) ou de circonstances qui peuvent le causer. Dès le sommet, il s'agit de répondre à la question « Que faut-il pour qu'il se produise ? ». La réponse doit être constituée de plusieurs événements reliés par « OU » ou « ET » (on parle de « portes OU » et de « portes ET »). En recommençant la même opération sur chacun des événements apportés par les réponses précédentes, l'arbre se constitue. Traditionnellement, l'événement-sommet est en haut et on descend en s'étalant. **(Mortureux, 2016)**

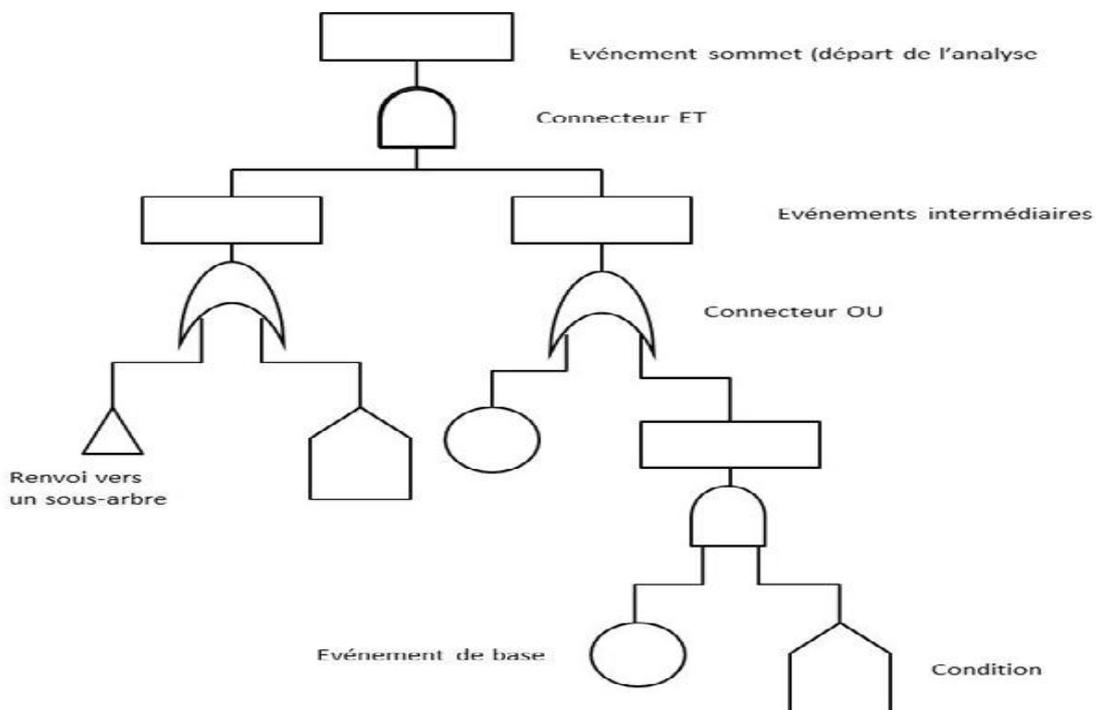


Figure I.7 : Schéma d'arbre de défaillance avec les symboles (Mortureux, 2016)

• Limites et avantages :

Le principal avantage de l'analyse par arbre de défaillances est qu'elle permet de considérer des combinaisons d'événements qui pourraient finalement conduire à un événement redouté. Cette possibilité permet un bon accord avec l'analyse des accidents passés, qui montre que les accidents majeurs observés sont généralement le résultat de la conjonction de plusieurs événements qui seuls n'auraient pu entraîner de tels sinistres. De plus, en visant à estimer les probabilités d'occurrence d'événements menant à l'événement final, elle permet de disposer des critères pour déterminer les priorités pour la prévention d'éventuels accidents.

(Previnfo, 2008)

L'analyse par l'arbre de défaillances se concentre sur un événement particulier et son application à tout système peut s'avérer fastidieuse. En ce sens, il convient d'utiliser en premier lieu des méthodes d'analyse inductive des risques. Ces outils permettent, d'une part, d'identifier les événements les plus graves pouvant faire l'objet d'une analyse d'arbre de défaillances et, d'autre part, de faciliter la détermination des causes immédiates, nécessaires et suffisantes au niveau de l'élaboration des arbres. **(Previnfo, 2008)**

I.4.5 Arbre des causes :

• Historique et concept :

Il s'agit d'une approche développée par l'INRS dans les années 1970, dont le but est de mettre en lumière toutes les causes d'un accident du travail, est une approche très répandue, très utilisée. Il se différencie fortement des méthodes précédentes en ce qu'il s'applique à l'analyse a posteriori d'un événement, souvent un accident, et non à l'analyse a priori de différentes possibilités. (Granger, 2023)

• Objectifs :

Il facilite l'analyse des causes et permet de prendre les mesures de prévention efficaces pour éviter que l'événement fâcheux, voire dramatique, ne se produise de nouveau. (Winlassie, 2024)

• Principe :

L'analyse des accidents par la méthode de l'arbre des causes repose sur les principes suivants :

- Le développement d'une compréhension objective du processus de l'accident (et non la recherche des responsabilités).
- La mise en évidence des faits (et non d'interprétations et de jugements de valeur)
- Le respect de l'enchaînement des phases,
- L'utilisation d'un cadre d'observation qui présente de manière simplifiée la situation de travail. (Feddaoui & Merabet, 2019)

• Déroulement :

La méthode de l'arbre des causes comprend deux (02) étapes :

- La première étape vise à collecter les faits et à construire progressivement l'arbre des causes, Il part de l'événement étudié, traditionnellement à droite de la feuille et il se développe vers la gauche. Il se construit en répondant itérativement aux questions : « qu'a-t-il fallu pour que le fait apparaisse ? » et « était-ce suffisant pour que le fait apparaisse ? »
- La deuxième étape consiste à proposer et mettre en œuvre les mesures préventives recommandées après cet accident. (Winlassie, 2024)

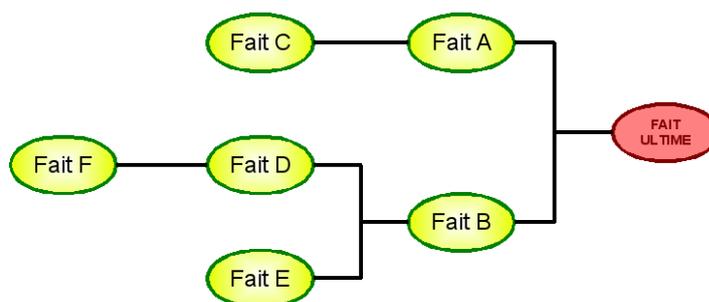


Figure I.8 : Allure schématique d'un arbre des causes (Winlassie, 2024)

I.4.6 Diagramme d'Ishikawa (5M) :

• Historique et concept :

La méthode 5M est un outil permettant d'analyser les causes possibles de problèmes afin de proposer une méthode de solution. Elle a été créée par le professeur Kaoru Ishikawa en 1943

Il s'agit d'une représentation graphique en arêtes de poisson ou diagramme d'Ishikawa qui permet l'identification et l'énumération synthétique des différentes causes et effets fondamentaux d'un problème. Cette méthode d'analyse et de réflexion se concentre sur 5 sources potentielles qui forment les principales arêtes du diagramme d'Ishikawa et contribuent à la résolution de problèmes, S'il existe de nombreuses causes possibles dans une famille, celles-ci peuvent être divisées en sous-familles (Nelinkia, 2021). Par exemple :

Tableau I.3 : Exemple des familles des 5M. (Nelinkia, 2021)

Famille	Sous familles possibles
La Main d'œuvre	personnel de l'organisation, compétences, motivation, effectif...
Le Matériel	équipement, machines, logiciels et matériel informatique...
La Matière	consommables, éléments transformés dans la chaîne de production...
La Méthode	façon de faire, procédures, instructions...
Le Milieu	environnement, conditions de travail, aspect relationnel...

• Objectifs :

La méthode 5M est un outil précieux qui facilite l'identification de dysfonctionnements, et pour analyser les causes et résoudre les problèmes.(Nelinkia, 2021)

• Déroulement :

La méthode Ishikawa est encore relativement simple à mettre en œuvre et se compose de 3 étapes principales (Segrétaïn, 2023) :

- Déterminer le problème : Tout d'abord, il est nécessaire de déterminer le problème à résoudre.

Il s'agit de la tête du diagramme ;

- Identifier et classer les causes : Après avoir identifié le problème, il est important d'en trouver les causes qui pourraient expliquer le problème sous forme de brainstorming ;

- Schématiser le diagramme d'Ishikawa : pour identifier graphiquement les causes de problème et les classer.

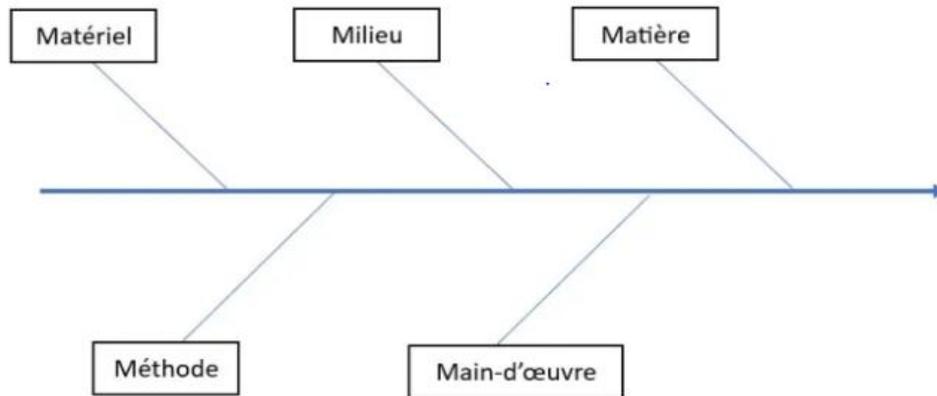


Figure I.9 Diagramme d’Ishikawa (5M) (Ségrétain, 2023)

• **Limites et avantages :**

La méthode 5M offre plusieurs avantages par rapport aux autres méthodes d’analyse de problèmes, notamment sa simplicité, sa flexibilité et une approche globale qui prend en compte toutes les dimensions de fonctionnement. Il est donc adaptable à tout milieu professionnel.

Il existe cependant également certaines limites, comme le risque de se concentrer uniquement sur les causes immédiates sans chercher de comprendre les causes fondamentales ou systémiques d’un problème. (Pierrelot, 2023)

Tableau I.4 : Comparaison des méthodes principales d’analyse des risques

Méthode	Focus	Quantitative / Qualitative	Déductive (D) / Inductive (I)
APR	Équipement	Qualitative	I
AMDEC	Équipement / Processus	Quantitative	I
HAZOP	processus	Qualitative	I
ADD	Équipement / Processus	Quantitative	D
ADC	Équipement / Processus	Quantitative	D
5M	Processus	Qualitative	I

I.5 Aspect normatif et réglementaire :

I.5.1 Normes internationales :

- **ISO 31000** : La norme ISO 31000 fournit des lignes directrices internationales sur les principes et les lignes directrices de la gestion des risques. Elle aide les organisations à mettre en place un cadre de gestion des risques efficace et à intégrer la gestion des risques dans leur gouvernance globale et leurs processus. **(SafetyCulture, 2024)**
- **ISO 9001** : Bien que ce ne soit pas une norme spécifiquement dédiée à la gestion des risques, la norme ISO 9001 sur le management de la qualité inclut des exigences liées à l'identification, l'évaluation et le traitement des risques pour améliorer la qualité des produits et services. **(Infonet, 2023)**
- **ISO 45001** : La norme ISO 45001 est spécifiquement conçue pour aider les organisations à améliorer la santé et la sécurité au travail. Elle fournit un cadre pour gérer les risques liés à la santé et à la sécurité des travailleurs, prévenir les accidents du travail et les maladies professionnelles, et promouvoir un environnement de travail sûr. **(Prévention btp, 2022)**
- **NF X 31010** : Cette norme française fournit des lignes directrices pour l'évaluation des risques au travail. Elle aide les organisations à identifier, évaluer et gérer efficacement les risques professionnels pour garantir la sécurité et la santé des travailleurs. **(Afnor, 2010)**
- **ANSI/AIHA Z10** : Cette norme américaine fournit des lignes directrices pour les systèmes de gestion de la santé et de la sécurité au travail. Elle aide les organisations à intégrer la gestion des risques liés à la santé et à la sécurité au travail dans leurs processus de gestion globaux. **(Fastercapital, 2024)**

I.5.2 Réglementation algérienne :

- **Loi n° 17-10 du 17 juillet 2017** : relative à la prévention des risques professionnels ;
- **Loi n° 83-13 du 2 juillet 1983** : relative aux accidents de travail, aux maladies professionnelles ;
- **Décret exécutif n° 91-05 du 19 janvier 1991** : relatif aux prescriptions générales de protection applicables en matière d'hygiène et de sécurité en milieu de travail ;
- **Décret exécutif n° 02-427 du 7 décembre 2002** : relatif aux conditions d'organisation de l'instruction, de l'information et de la formation des travailleurs dans le domaine de la prévention des risques professionnels ;
- **Décret exécutif n° 19-202 du 15 juillet 2019** : relatif à la prévention des risques professionnels ;
- **Décret n° 05-11 du 08 janvier 2005** : relative au service d'hygiène et sécurité ;

Conclusion :

A travers le premier chapitre, nous concluons que, pour que les risques soient acceptables, il faut appliquer un processus de gestion des risques basé sur des fondements et des principes corrects, qui garantissent en fin de compte la santé et le bien-être des individus au travail.

Pour une meilleure mise en œuvre de processus de gestion des risques, il est recommandé de prendre en compte les réglementations et les normes en vigueur, de fournir une formation adéquate aux travailleurs et de promouvoir une culture de la sécurité et de la responsabilité.

CHAPITRE **2**

**LES RISQUES INDUSTRIELS DE
NATURE PHYSIQUE**

Introduction :

Les entreprises industrielles ont récemment connu un développement remarquable, les machines se sont diversifiées et la cohérence est devenue complexe, et l'environnement de travail comporte de nombreux risques professionnels liés aux risques connexes.

Avec les machines (risque d'impact, risque d'attraction, risque de picotement, etc.), risques liés à l'utilisation des Produits chimiques (intoxication aux métaux lourds, empoisonnement aux gaz, etc.), risques physiques (bruit, vibrations, etc.), risque électrique etc., ainsi que de nombreux autres risques professionnels, qui présente un risque pour le travailleur qui y est exposé, ce qui entraîne des accidents du travail et de nombreuses maladies professionnelles.

Donc les fonctionnaires (médecins du travail, spécialistes de la sécurité au travail, Les ingénieurs...) etc., évaluent périodiquement ces risques afin de les identifier, et élaborent des procédures de Prévention efficace.

À partir de cette réalité dangereuse, nous tenterons dans ce chapitre d'aborder les différents risques physiques qui existent sur le lieu de travail et auxquels sont exposés les travailleurs de diverses entreprises industrielles, et les mesures préventives pour réduire ces risques.

•Les facteurs qui augmentent le risque mécanique :

- La vitesse :

Elle est une cause majeure d'accidents causés par des machines et équipements mécaniques, en particulier des machines à bois, fonctionnant à des vitesses très élevées, donnant souvent l'impression que les pièces mobiles ralentissent ou s'arrêtent. Cette vue (optique) est particulièrement favorisée par les éléments produisant un faible niveau de bruit et présentant une surface lisse, par exemple : Fréquence de la lumière. **(Lagra,1990)**

- Énergie cinétique :

Après une panne de courant, l'arrêt des pièces mobiles n'est pas (réellement) efficace et la puissance humaine ne peut pas l'arrêter immédiatement car il existe un risque d'accident. Ce mouvement résiduel (dangereux) dépend non seulement de la vitesse, mais aussi du nombre d'engrenages et de poulies. **(Lagra,1990)**

- Nature de la matière et état des surfaces :

Les pièces de transmission de mouvement présentant des arêtes vives, des saillies, des rainures et/ou des trous sont extrêmement dangereuses. –

Les éléments de transmission de mouvement en matériaux durs sont plus dangereux que ceux en matériaux flexibles. De même, les surfaces rugueuses (granuleuses) sont plus dangereuses que les surfaces lisses. **(Lagra,1990)**

•La prévention des risques mécaniques :

Le meilleur moyen de prévenir les risques mécaniques est d'équiper les machines et les installations mécaniques de dispositifs empêchant l'homme (Opérateur) d'atteindre la zone dangereuse et de lui éviter de recevoir les corps étrangers projetés.

Il s'agit là de grillages, de capots, de carters, d'écrans et de bien d'autres moyens automatiques, comme le dispositif à cellule photo-électrique (optique) qui met fin à la machine si une main est introduite invertit dans la zone dangereuse ou le dispositif à bracelets qui retient ou retire les mains à l'extérieur de la zone dangereuse pendant les opérations, ou encore le dispositif qui oblige l'opérateur à utiliser simultanément les deux mains sur les commandes de la machine.

•**Cadre législatif de risque mécanique :**

- Décret exécutif n°90-246 du 18 août 1990 portant réglementation des appareils à pression de vapeur [1990, CIS 97-1429]

- Décret exécutif n°90-245 du 18 août 1990 portant réglementation des appareils à pression de gaz [1990, CIS 97-1428]

ISO 12100 Sécurité des machines : Cette norme fournit des lignes directrices pour : Évaluer et atténuer les risques associés à machines.

- ISO 13857 - Sécurité des machines : Les normes imposent des exigences conçoit des machines qui réduisent le risque de blessures aux membres supérieurs utilisateurs

II.2 Risque électrique :

•**Définition :**

Le risque électrique décrit une exposition directe ou indirecte d'un travailleur à une zone, un matériau ou un objet électrifié, il s'agit principalement des risques d'électrification, d'électrocution et de brûlure. (SST,2024)

Le risque électrique peut conduire notamment à une électrification, c'est-à-dire la circulation du courant électrique dans le corps. Les accidents de ce type arrivent généralement du fait du mauvais état des isolants, ou modification ou extension à Installation par une personne non compétente en la matière.

Le nombre d'accident d'origine électrique est diminué par rapport aux années soixante (dont 1/10 des accidents graves), les accidents d'origine électrique sont dix fois plus souvent mortelles que l'ensemble des accidents de travail. (Sahki,2017)



Figure II.2 : Panneau du risque électrique (Sahki,2017)

• Les principaux risques électriques :

Les risques liés à l'électricité pour les travailleurs sont nombreux et variés. La plupart de ces risques professionnels peuvent être regroupés en quatre catégories comme suit :

1- Contacts électriques directs :

Le contact direct correspond à la mise en contact du salarié avec un conducteur actif ou une pièce nue sous tension, comme un conducteur électrique dénudé, ou une borne de raccordement. (PREVENTICA, 2021)

2- Contacts électriques indirects :

On entend par contact indirect le moment où un travailleur entre en contact avec un élément conducteur mis accidentellement sous tension, comme des machines ou un matériel portatif.

3- Le court-circuit :

Un court-circuit est un phénomène électrique qui provient de la liaison accidentelle entre deux éléments conducteurs ayant une différence de potentiel électrique différent dans un circuit électrique, Le courant qui en résulte génère un risque élevé pour le salarié.

4- L'arc électrique :

Un arc électrique est une décharge électrique qui se produit lorsqu'un courant électrique saute à travers un espace isolant entre deux conducteurs sous tension.

• Nature des accidents d'origine électrique :

1- L'électrisation :

L'électrisation correspond au passage de l'électricité à travers le corps humain, Une électrisation peut survenir sans dommages conséquents pour la victime qui la subit. Si l'électrisation est significative, les conséquences peuvent être diverses sur les tissus et les organes.

2- L'électrocution :

L'électrocution est un incident tragique qui survient lorsqu'une personne est exposée à une décharge électrique mortelle.

3- Les incendies :

Un pourcentage important des incendies qui surviennent en milieu industriel sont d'origine électrique.

4- Les explosions :

Les équipements électriques, les machines, l'énergie électrique et les installations électriques peuvent par nature être une source d'inflammation, aussi à l'intérieur des entreprises que dans l'environnement externes dans lequel travaillent les employés. (Preventica, 2021)

• Les facteurs qui augmentent le risque électrique :

- la fréquence du courant,
- l'intensité
- le temps
- la surface de la zone de contact,
- l'état de la peau (sèche, humide, mouillée),
- la nature du sol

• Les effets d'accidents électriques selon le domaine de tension :

Domaine de tension en alternatif :

- En dessous de **50 V** : absence d'accident mortel.
- Entre **50 V** et **500V** : grand pourcentage de fibrillation cardiaque.
- Entre **500V** et **1000V**: synopes respiratoires et brûlures.
- A partir de **1000V** : brûlures internes de type hémorragique (blocages des reins).

Domaine de tension en continu :

- En dessous de **120V** : Absence d'accident mortel.
- Entre **120V** et **750V** : Effets d'électrolyse et brûlures par effet joules.
- A partir de **750V** : Brûlures internes et externes. (**Sahki, 2017**)

• La prévention du risque électrique :

La mise à la terre, qui consiste à fournir du courant par un chemin à faible résistance en cas de défaut (défaut d'isolement par exemple), ce qui permet de maintenir le potentiel électrique au niveau du récepteur (machine, appareil) à un niveau suffisamment élevé. Niveau pour qu'il ne présente aucun danger. (**Lagra,1990**)

- Dispositifs automatiques de protection, qui évitent une mauvaise isolation et protègent les personnes en détectant et en interrompant les courants de court-circuit dès qu'ils se produisent.
- Placer des obstacles isolants (barrières, planches,) entre les personnes et les parties sous tension.
- Porter des équipements de protection individuelle adaptée. (Gants isolants, combinaison...)

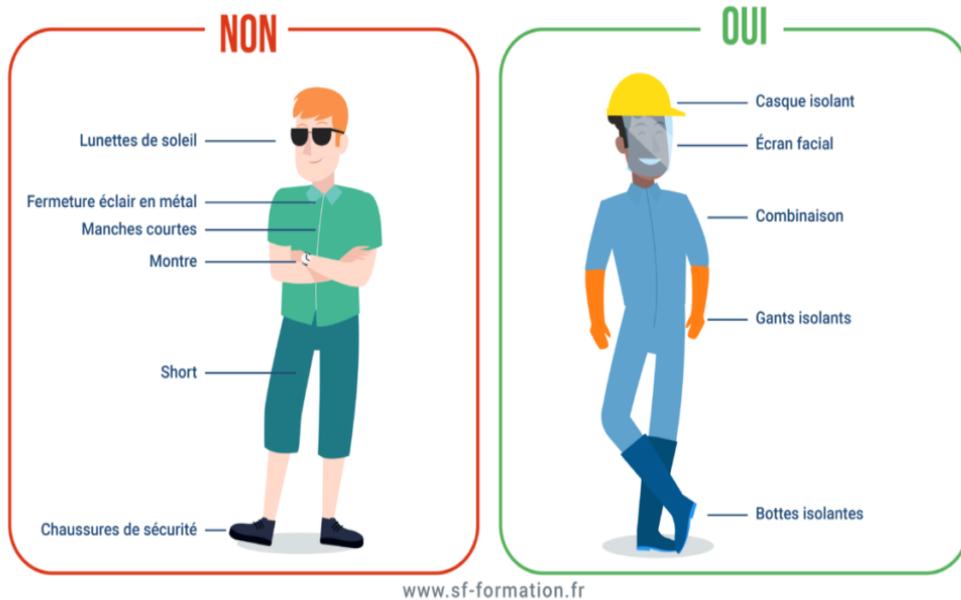


Figure II.3 : Les équipements de protection individuelle (Lagra,1990)

• **Les textes réglementaires liés au risque électrique :**

- Décret 88.1056 du 14 novembre 1988 pris pour l'exécution des dispositions du livre II du code du travail (Titre III : hygiène, sécurité et conditions du travail) en ce qui concerne la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques et l'article R.4215.1 du Code du Travail
- Coordination en matière de Sécurité et de Protection de la Santé : L 4532-2 et suivants, R 4532-1 à R 4532-98.
- IEC 60364 - Installations électriques à basse tension : Cette norme spécifie les règles pour la protection contre les chocs électriques. Elle donne des lignes directrices sur la conception des installations électriques pour minimiser les risques de chocs électriques.
- IEC 60479 - Effets physiologiques du courant électrique sur l'homme et les animaux : Cette norme traite des effets du courant électrique sur le corps humain et les animaux, en vue d'établir des limites de sécurité pour protéger contre les chocs électriques.
- IEC 60050 - Vocabulaire de l'électrotechnique : Cette norme définit un vocabulaire normalisé pour l'électrotechnique, ce qui facilite la compréhension et la communication des concepts et des termes liés à l'électricité.
- IEC 61010 - Sécurité des équipements de mesure, de régulation et de laboratoire : Cette norme spécifie les exigences de sécurité pour les équipements de mesure et de régulation, afin de garantir la protection des opérateurs contre les risques électriques lors de l'utilisation de ces équipements.

II.3 Risques liés aux Bruits :

•**Définition :**

On parle de bruit lorsqu'un son comme dérangeant Ou sens L'ensemble des sons gênants pour l'appareil auditif (Derias,2023) .Cela en fait un concept subjectif : le même son peut être utile, agréable ou irritant, selon qui l'entend et quand. Dès qu'une certaine valeur limite (niveau sonore très élevé) est dépassée, tous les bruits deviennent dérangeants, voire dangereux. (Inrs,2024). **Durée d'exposition**

Le travail dans lequel les travailleurs sont exposés aux effets néfastes du bruit est :

- Industrie textile.
- Opérations de deuil et d'épaississement.
- Opérations de broyage et de tamisage pour purifier les métaux et les pierres.
- exploitation d'aéroports aux lieux d'atterrissage et d'embarquement des avions.
- Essais de machines automobiles et machines (Inrs,2024)

• **Les principaux risques liés aux bruits :**

a- effets auditifs :

(Fatigue ou perte auditive temporaire ou permanente, surdité, Hyperacousie, Acouphènes)

b- effets non auditifs

(Risques d'accidents/ troubles cardiovasculaires et du sommeil, / stress, / diminution des performances cognitives, etc.).

En plus des problèmes de santé, une exposition au bruit augmente le risque de blessures au travail. En effet, un environnement bruyant peut interférer avec la communication et augmente le risque d'accident de travail. Donc Les employeurs ont la responsabilité d'effectuer les démarches nécessaires pour assurer un milieu de travail sécuritaire au niveau du bruit.

(Inrs,2024)



Figure II.4 : Protection de l'ouïe (Inrs,2024)

Tableau II.1 : Les niveaux sonores des ambiances de travail (Inrs,2024)

Niveaux sonores	Exemple de la sensation
0dB	Seuil de perception
0-20dB	Très calme à peine perceptible
20-40dB	Calme
40-60dB	Modéré
60-70dB	Assez fort (Rue passante)
70-80dB	Fort, gênant, nécessite de prendre le temps d'exposition en considération
80-85dB	Très fort, maux de tête, très gênant
85-90dB	Très fort, douloureux, début de lésions auditives
90-100dB	Très intense, lésion auditive irréversible
Plus de 100dB	Assourdissons très douloureux

• **Les facteurs qui augmentent le risque de bruit :**

- La source de bruit elle-même
- Le milieu de transmission du bruit
- La protection personnelle de l'employé

• **Prévention :**

-Optimiser l'isolation acoustique de l'environnement (étanchéité des murs, barrière acoustique sur les portes, sols et plafonds, etc.)

-L'utilisation d'équipements tels que des casques ou des écouteurs est recommandée comme protection auditive individuelle. (Officeasy,2024)

-Réduire la vitesse ou la pression d'une machine trop bruyante;

-Remplacer les pièces bruyantes dans l'équipement par d'autres qui le sont moins.

• **Rôle de la protection auditive :**

Le rôle de la protection auditive est de prévenir les dommages auditifs causés par l'exposition à des niveaux sonores élevés. Cela peut inclure l'utilisation de bouchons d'oreilles ou de casques antibruit dans des environnements bruyants tels que les chantiers de construction, les concerts, ou lors de l'utilisation d'outils électriques puissants. La protection auditive vise à préserver la santé auditive et à éviter les problèmes tels que la perte auditive induite par le bruit.

Certains croient aussi que l'utilisation de la protection auditive par des travailleurs déjà atteints de surdité professionnelle n'est pas nécessaire. Il faut constater que cette manière de penser des employeurs met les employés à risque. Il importe de bien informer les travailleurs et les employeurs du rôle des protecteurs auditifs ainsi que des limites de ceux-ci. Cette section du présent document précise les limites des protecteurs auditifs et les problèmes les plus couramment rencontrés chez les travailleurs qui les utilisent.

• **Cadre législatif :**

- La loi n°83-03 du 5 février 1983
- Le décret exécutif n° 93-184 du 27 juillet 1993 : règlementant l'émission des bruits.
(Évaluation du bruit-Contrôle à la source-Isolation acoustique-Entretien régulier-Aménagement du lieu de travail)
- La loi n° 03-10 du 19 juillet 2003.
- ISO 1999 - Détermination des niveaux de bruit équivalents en vue d'évaluer le risque auditif.
- ISO 11904 - Acoustique – Détermination des niveaux de pression acoustique équivalents globaux résultant des différentes sources de bruit.
- ISO 13766 - Machines agricoles - Mesurage du bruit à l'oreille du conducteur.

II.4 Risques liés aux vibrations :

Par vibration, nous entendons une onde de vibration mécanique qui provoque une oscillation. Ces vibrations peuvent potentiellement avoir des effets sur la santé qui vont dépendre de quatre facteurs :

- amplitude des oscillations ;
- fréquence d'exposition ;
- temps d'exposition;
- Point d'entrée et direction des vibrations dans le corps.

Différents types de vibrations sont observés, parmi lesquels : qui se transmettent dans tout le corps et affectent les membres supérieurs.

De nombreux travailleurs sont quotidiennement exposés au risque de vibrations lorsqu'ils utilisent des machines-outils ou des véhicules. En identifiant les outils, les machines et les dangers associés aux différentes activités ainsi que les mesures préventives associées, nous pouvons mieux comprendre et contrôler ces risques. (SST,2024)

• **Classifications des mouvements vibratoires :**

1- Très basse fréquence (1 < Hz)

Ne provoque pas d'effets à long terme, ce sont des vibrations qui se produisent sur un bateau.

2- Basse fréquence (1-80 Hz)

Représente les vibrations globales du corps et celles-ci peuvent être ressenties dans tout le corps elles proviennent de tous types de véhicules. (Bouziane,2018)

3- Moyenne et haute fréquences (>80 Hz)

Il s'agit de vibrations généralement segmentées émanant d'outils portatifs La transmission est généralement limitée aux membres supérieurs. (Bouziane,2018)

• Les impacts des vibrations sur le corps humain :

- Trouble de sommeil
- Altération de l'équilibre
- Fatigue générale
- Stress
- L'anxiété.
- Hernie-discale.
- Action sur la colonne vertébrale.
- Douleurs sur la région lombaire. . (Bendaida,2021)

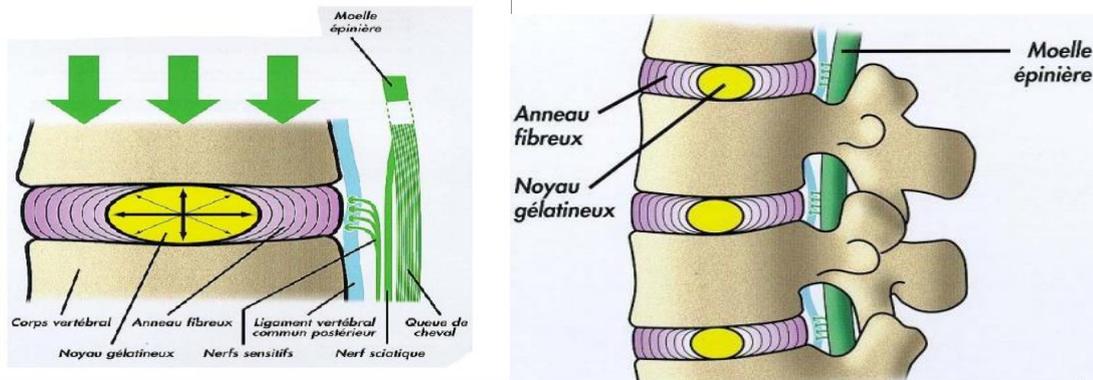


Figure II.5 : Les vertèbres lombaires (Bendaida,2021)



Figure II.6 : Hernie-discale (Bendaida,2021)

• Mesures de prévention :

Il existe trois types de mesures de prévention :

1-Prévention primaire : qui consiste à éliminer les risques liés aux vibrations par des changements organisationnels (recours à d'autres mesures ou modification de la tâche à effectuer) ;

2-Prévention secondaire : visant à réduire l'exposition aux vibrations par un plus grand soin dans le matériel utilisé, dans l'utilisation des équipements de protection individuelle, ainsi que par la formation et l'information

3-La prévention tertiaire : qui réduit les dommages résultant de l'exposition aux différentes tâches réalisées par les salariés, à l'aménagement des lieux de travail, aux temps de travail et de repos, etc.

• Recommandations :

- Informer et former des conducteurs exposés à l'utilisation correcte des équipements.
- D'évaluer, et si nécessaire de mesurer, les niveaux de vibrations mécaniques auxquels les salariés sont exposés.
- Choisir des équipements de travail conçus ergonomiquement.
- Définir et respecter un programme approprié de maintenance des équipements de travail
- Limiter la durée et l'intensité de l'exposition. (Bendaida,2021)

Conclusion :

La sécurité doit être une priorité absolue pour toutes les personnes où qu'elles se rendent, en particulier sur le lieu de travail, et pour y parvenir, vous devez être conscient des différents types de risques auxquels vous pouvez être exposé sur le lieu de travail, élaborer et appliquer des procédures appropriées pour la planification et la mise en œuvre de protocoles de sécurité publique qui aborderont les risques du milieu de travail.

Les exigences de sécurité et de sûreté doivent être appliquées dans l'environnement de travail afin de minimiser les accidents et les blessures au travail et de maximiser la productivité

CHAPITRE **3**

**PRÉSENTATION ET DESCRIPTION
DE CAS D'ÉTUDE**

Introduction :

Le complexe industriel de liquéfaction du gaz naturel GL3/Z est parmi les plus importantes Réalisations industrielles de la chaîne de transformation des hydrocarbures, exploitée par la société SONATRACH en Algérie,

Le complexe GL3Z est un site industriel majeur en Algérie, joue un rôle essentiel dans le secteur de la production du gaz naturel liquéfié. Ce complexe contribue significativement à l'économie nationale, du gaz liquéfié, et à la création d'emplois dans la région.

Ensemble, le complexe de liquéfaction du gaz naturel GL3Z de Bethioua, illustre l'importance cruciale de ce secteur dans l'économie algérienne, en assurant la disponibilité du gaz naturel pour la production d'électricité, diverses industries et usage domestique et pour l'exportation. En soutenant le développement des structures nationales. Et le département de Sécurité, est un des points vitaux du complexe GL3/Z, car La sécurité humaine et industrielle reste toujours primordiale.

Dans ce chapitre, nous allons explorer brièvement ce site industriel et leur description organisationnelle et fonctionnelle.

III. Présentation du complexe GL3/Z :

III.1 Description du complexe GL3/Z :

Le complexe GL3/Z est le plus récent complexe de liquéfaction de gaz naturel Il a été construit en 2009 et la production a commencé en 2014, l'engineering a été assuré par la société italo-japonaise d'engineering « joint, SAIPEM- CHIYODA » qui a été chargé des études de la construction et du démarrage des différentes installations. Le projet GL3/Z fait partie d'une série de projets de gaz intégrés de plus grande envergure, créés par SONATRACH en Algérie, impliquant le développement des réserves de champs de gaz dans le Bassin de Berkine (Algérie centre-orientale), la construction d'un système de gazoduc et d'une nouvelle unité d'usine GPL dans la zone industrielle portuaire El-Djedid à Arzew.*

Le Complexe GL3Z se situe le long de la côte la Côte Méditerranéenne à Bethioua, à l'Est d'Arzew, dans la zone du port industriel d'Arzew El Djedid ; son étendue est de 54,6 ha. L'usine de GPL GP1Z se trouve à la limite Est du site, tandis que l'usine de désalinisation (KHARAMA) et l'usine GL2Z existante se trouve à la limite Ouest. La Mer méditerranée et la route du port se trouvent au nord du site, alors que la route principale de la zone industrielle se trouve au sud.

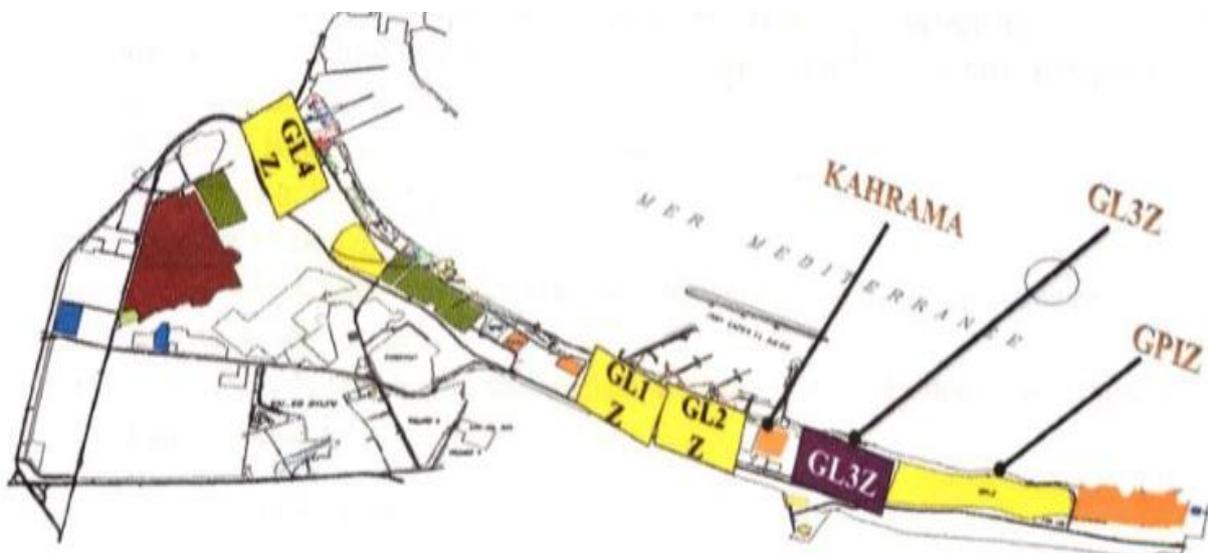


Figure III.1 : Position du complexe GL3/Z. (Rekkab M,2023)

III.2 Disposition de l'usine :

Les installations de l'usine GL3/Z comprennent le train de procédé, toutes les utilités, le stockage des produits finis, les installations off-site liées, une jetée de GNL avec une plateforme de chargement de GNL extensible, un brise-lame, la protection du bord de mer existant, tous les bâtiments et les infrastructures nécessaires. Les installations d'entrée de l'usine se trouvent dans le côté sud-ouest de la zone d'implantation. C'est là que le gaz d'alimentation entre dans l'usine GL3/Z, le côté ouest comprend la zone de génération d'énergie et les turbines à gaz la partie sud longe la mer et contient les installations pour le stockage des produits et des réfrigérants, la zone de la torche et la jetée, le train de procédé est situé au milieu de la zone d'implantation. Il est subdivisé en deux parties : la partie est comprend les unités de prétraitement et de liquéfaction, alors que la partie ouest comprend les équipements de fractionnement et de récupération du GNL

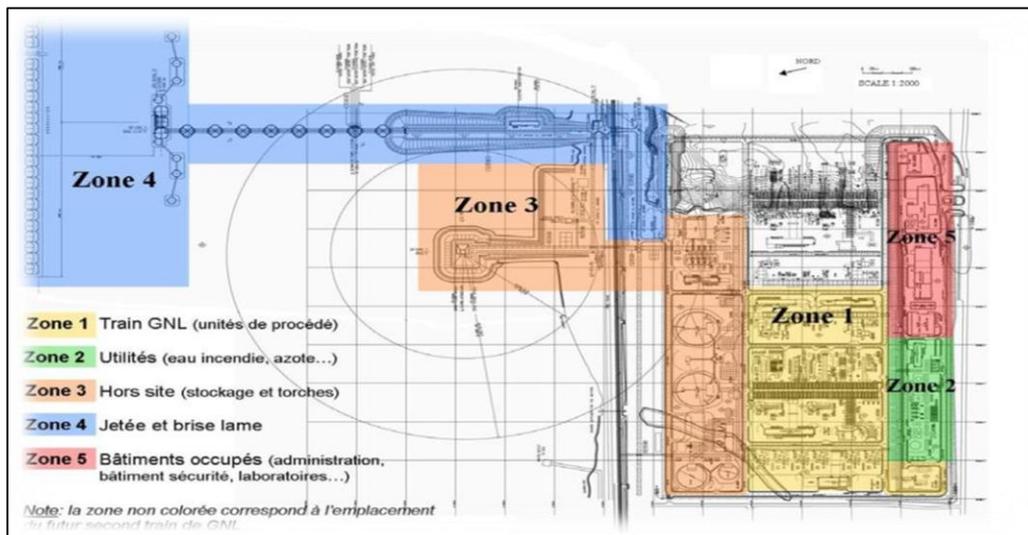


Figure III.2 : Les 5 zones du complexe GL3Z (Rekkab M,2023)

III.3 Le gaz naturel :

• Définition :

Le gaz naturel (GN) est un combustible fossile composé principalement de gaz naturel léger, principalement du méthane, ainsi que d'autres hydrocarbures tels que l'éthane, le propane, le butane, et des traces d'autres composés. Il est formé naturellement à partir de matière organique en décomposition, généralement dans des conditions souterraines, sur des millions d'années.

Le gaz naturel est une source d'énergie importante dans le monde entier en raison de sa polyvalence et de sa propreté relative par rapport à d'autres combustibles fossiles tels que le charbon et le pétrole. Il est utilisé pour la production d'électricité, le chauffage résidentiel et

commercial, la cuisson, la production industrielle, le carburant pour les véhicules, et d'autres applications.

Le tableau ci-dessus donne les différentes compositions du gaz naturel :

Tableau III.1 : compositions chimiques du gaz naturel (Rekkab M,2023)

Composants	Masse molaire	% molaire
Méthane C ₁	16.04	83.00
Ethane C ₂	30.07	7.10
Propane C ₃	44.10	2.25
Dioxyde de carbone CO ₂	44.01	0.21
Hélium He	4.00	0.19
Azote N ₂	28.01	5.89

• **Les caractéristiques du gaz naturel :**

- Mélange d'hydrocarbure
- Incolore
- Inodore
- Indélectable par les sens humains
- Densité 0.6 (plus léger)

• **L'objectif de liquéfier le gaz naturel :**

La liquéfaction du gaz naturel est un processus crucial qui présente plusieurs avantages et applications importantes, Voici les raisons pour lesquelles le gaz naturel est liquéfié :

- Réduction de volume
- Facilité de transport
- Stockage plus facile
- Exportation et approvisionnement international
- Réduction des émissions de CO₂

III.4 Description des unités :

1- Unités des Utilités :

Unité 02 : Stockage de l'Amine

La Fonction des Installations Communes – Système de Stockage du Solvant d'élimination du Gaz Acide est de :

Alimenter l'amine méthyle diéthylamide activé (AMDEA) vers l'élimination du Gaz Acide,

Unité 08 : Stockage de l'Huile Chaude

Le Système de Stockage de l'Huile Chaude fournit le support aux systèmes de réchauffement de l'huile chaude combinée pour le GNL et le Fractionnement.

Unité 51 : Génération d'énergie

Le Système des Générateurs d'énergie à Turbine à Gaz fournit l'électricité nécessaire au train GNL et à ses unités des utilités et off-sites.

Unité 53 : Système du Générateur Diesel d'Urgence

Le Système Générateur Diesel d'Urgence est conçu pour recevoir, stocker et distribuer le diesel aux utilisateurs de l'Usine.

Unité 56 : Système d'Air Instrument et d'Air Service

Le Système d'Air Instrument et d'Air Service est conçu pour supporter le fonctionnement de deux trains GNL

Unité 55 : Système Commun de Gaz Combustible

Le Système Commun de Gaz Combustible est conçu pour alimenter et distribuer le gaz combustible HP à 24.5 bar et le gaz combustible BP à 5 bar

Unité 57 : Système d'Azote

Le Système d'Azote est conçu pour fournir l'Azote à l'usine GNL3 Z. Bien que l'équipement soit conçu pour un train GNL, le piping de distribution est conçu pour le débit des deux trains GNL.

Unité 59 : Système d'Eau Déminéralisée et de Service

Le Système d'Eau est conçu pour recevoir, stocker et distribuer l'Eau de Service et l'Eau Déminéralisée.

Unité 58 : Système d'Eau Potable

Le Système d'Eau Potable est conçu pour recevoir, stocker et distribuer l'eau fraîche utilisée comme Eau Potable et Eau de Service

2- Unités de Procédé :

Unité 01: Installation d'entrée

L'installation de télémesure du Gaz d'Alimentation est conçue pour mesurer le gaz d'alimentation et comprend un skid de comptage

Unité 11: Conditionnement du Gaz d'Alimentation

L'Unité de Conditionnement du Gaz d'Alimentation comprend la Compression du Gaz d'Alimentation et la section d'Élimination du Mercure

Unité 12 : Élimination du CO₂

Unité d'élimination du Gaz Acide (Dioxyde de Carbone)

Unité 13 : Déshydratation de Gaz

L'unité de Déshydratation est conçue pour éliminer l'eau du gaz d'alimentation afin d'éviter la congélation de l'eau dans les unités cryogéniques en aval

Unité 17 : Récupération des LGN et Fractionnement

Cette Unité est divisée suivant les sections suivantes:

Déméthaniser et Compression du Gaz Résiduel

Dééthaniseur

Dépropaniser

Débutaniseur

Unité 15 : Liquéfaction

Cette unité se compose de :

Section de Liquéfaction de Gaz Naturel

Section de Récupération de l'Hélium

Section de Rejet de l'Azote

Système de Gaz End Flash

Unité 16 : Réfrigération

Cette Unité est divisée en deux sections :

Circuit de Propane, Circuit du Réfrigérant Mixte

Unité 14 : Système du Gaz Combustible

Le Système de Gaz Combustible est conçu pour alimenter et distribuer le gaz combustible HP à 26 bar et le gaz combustible BP à 6 bar aux utilisateurs vers leur périmètre d'installation à travers l'Usine.

Unité 18 : Système de l'Huile Chaude

Le Système de l'Huile Chaude du Train de GPL fournit le réchauffement à deux niveaux de température différents Haute et Basse.

Unité 19 : Système de Refroidissement à l'Eau

L'élimination de la chaleur de la machinerie à l'intérieur du Train1 GNL est obtenue en utilisant de l'eau de refroidissement tempérée.

3- Unités Off-sites :

Unité 64 : Traitement des Eaux Usées et des Effluents

Le Système de Traitement des Eaux Usées et des Effluents est conçu pour gérer l'eau usée provenant du train GNL, mais également pour l'intégration future du deuxième train GNL.

Unité 71 : Chargement et Stockage du Produit GNL

Le Système de Chargement et Stockage du GNL est conçu pour fournir le stockage du produit et les installations d'exportation adéquates afin de permettre la production continue provenant des trains de procédé du GNL

Unité 72 : Chargement et Stockage du Produit GPL

L'installation de Chargement et Stockage de GPL fournit la capacité de stockage et d'exportation des produits Propane (C3) et Butane (C4).

Unité 73 : Stockage du Réfrigérant

Le Système de Stockage du Réfrigérant est conçu pour le support et le fonctionnement du train GNL. L'installation fournit la capacité de stockage et de transfert de l'Ethane utilisé dans le Système du Réfrigérant Mixte (MR) et du Propane utilisé dans les circuits de Propane (Unité 16 et 17) et dans le Circuit de Réfrigération MR (Unité 16).

Unité 75 : Système de Torches

Le Système de Torches est installé et dimensionné pour faire face à l'opération des deux trains GNL (un train futur). Le système fournit des moyens sûrs et fiables d'élimination des vapeurs d'hydrocarbure et des liquides légers provenant des défaillances lors de situations d'urgence (ESD) ou d'arrêt (SD).

Unité 76 : Système de Stockage de la Gazoline

La gazoline produite sera stabilisée et stockée dans une sphère d'une capacité de 1800 m3.

Système anti- incendie off-site :

Unité 80 : Infrastructure – Commun/Générale

Système anti- incendie off-site, La zone du système anti incendie est constitué par une seule unité (Unité 80)

Système de Pompage de l'Eau Douce (Réservoir/Pompes) :

Le système de pompage de l'eau douce anti-incendie est la source primaire utilisée pour le système de lutte anti-incendie. Il est composé de :

- **2 pompes jockey :**

Ces pompes interchangeable (une principale et une de réserve) sont utilisées pour garder le réseau d'eau anti-incendie sous pression et répondre aux petites demandes d'eau de l'usine (ex. pour les tuyaux flexibles).

- **2 pompes d'eau anti-incendie :**

Ces pompes, toutes deux principales, sont utilisées pour répondre aux demandes importantes d'eau anti-incendie (1607 m³/h), si un accident majeur advient dans l'usine, et pour rincer le réseau d'eau anti-incendie après avoir utilisé de l'eau de mer (provenant du système de pompage de l'eau de mer).

Système de Pompage d'Eau de Mer (Pompes/Package de Chloration) :

Le système de pompage de l'eau de mer anti-incendie est la source secondaire utilisée pour le système de lutte anti-incendie. Il est composé de :

- **Deux pompes d'eau anti-incendie :**

Ces pompes, toutes deux principales, sont utilisées pour répondre à la demande maximum d'eau anti-incendie en cas d'accident majeur dans l'usine, lorsque la source primaire (eau douce) n'est pas disponible.

- **Une pompe d'eau anti-incendie :**

La pompe est utilisée comme réserve dans le but que les deux autres pompes.

III.5 Les principales installations du complexe :

- Un train de liquéfaction GNL et de fractionnement
- Des compresseurs des cycles de réfrigération entraînés par des turbines à gaz
- Génération d'énergie électrique par les GTG's et un four de procédé
- Deux bacs de stockage de GNL à intégrité totale d'une capacité de stockage de 160.000m³ chacun.
- Un bac de stockage de Propane à intégrité totale de 56.000m³, et un autre Butane de 12.000m³.
- Une sphère de stockage de la Gazoline d'une capacité utile de 1 800 m³.
- Une sphère de stockage de propane réfrigérant de 3 000 m³ et Un réservoir d'Ethane réfrigéré de 600 m³.
- Toutes les utilités pour les besoins propres du train de GNL ainsi que les connexions pour L'azote, l'eau potable et éventuellement l'eau distillée seront fournies à partir des réseaux et usines existantes.
- Les bâtiments nécessaires à l'exploitation et au fonctionnement de l'ouvrage. (bâtiments administratifs, salle de contrôle, laboratoires...)
- Un système de torches on/off-shore, ainsi qu'une fosse de brûlage (burning pit)
- Des installations d'expédition des produits finis par voie maritime (jetée, brise-lame, installations de chargement...).

III.6 Principe de fonctionnement du méga train :

Le train comprend essentiellement un compresseur de gaz d'alimentation, une section d'élimination du mercure, une unité d'élimination du CO₂ (sous licence de BASF), un système de déshydratation, une unité de récupération et de fractionnement des LGN et un cycle de réfrigération au propane dédié, une section de liquéfaction et de réfrigération (C3-MR sous licence APCI).

Les utilités et les installations off-sites comprennent le système de génération d'énergie, le stockage et le chargement des cargos de GNL et de GPL, l'huile chaude, l'eau de refroidissement, l'air service/ instrument, l'azote, le gaz combustible, les torches, le traitement des eaux usées, l'eau de service/ potable, le gasoil, le stockage du réfrigérant et de la gazoline. L'usine peut traiter le gaz naturel de composition "légère" (ayant une teneur faible en hydrocarbures) ou "lourde" (ayant plutôt une teneur élevée en hydrocarbures).

Le gaz d'alimentation est d'abord comprimé et traité en vue d'éliminer le mercure, les gaz

acides et l'eau. En aval des unités de prétraitement, le gaz est refroidi et envoyée vers le déméthaniseur pour séparer le méthane des hydrocarbures plus lourds. Le courant liquide est fractionné dans une série de plusieurs colonnes de rectification, en éthane, propane, butane et gazoline qui sont considérés comme des sous-produits à grande valeur ajoutée.

Le courant de vapeur de tête du déméthaniseur obtenu est composé principalement de méthane, lequel est refroidi d'abord par propane réfrigéré, puis par le réfrigérant mixte, jusqu'à atteindre l'état liquide (GNL) à la sortie de l'unité de liquéfaction.

Le GNL produit par le train de procédé est acheminé vers deux réservoirs de stockage de GNL, puis exporté au moyen d'un système de chargement sur cargo dédié comme cela a été expliqué précédemment.

Les différentes installations constituant le procédé principal de l'Usine GL3/Z sont représentées sur le Schéma Fonctionnel Global (Fig. I.2). L'illustration présente les débits du courant principal et les connexions clés entre les différentes unités de l'usine.



Figure III.3 : Méga train du complexe GL3/Z (Rekkab M,2023)

III.7 Description de département sécurité :

Le département de sécurité est là pour intervenir sur les équipements et les installations et faire de la prévention et de la sensibilisation auprès du personnel du complexe, La notion de sécurité prend toute son importance dans un environnement où le risque peut porter aussi bien sur le personnel et les équipements du complexe que sur la région toute entière il a aussi pour objectif de fixer les différentes conditions et précautions qui doivent être respectées par nous tous.

Le département de sécurité est lié directement à la direction et il a comme politique : « Qu'aucun travail n'est urgent au point qu'il ne puisse être effectué de la manière la plus sûre possible ».

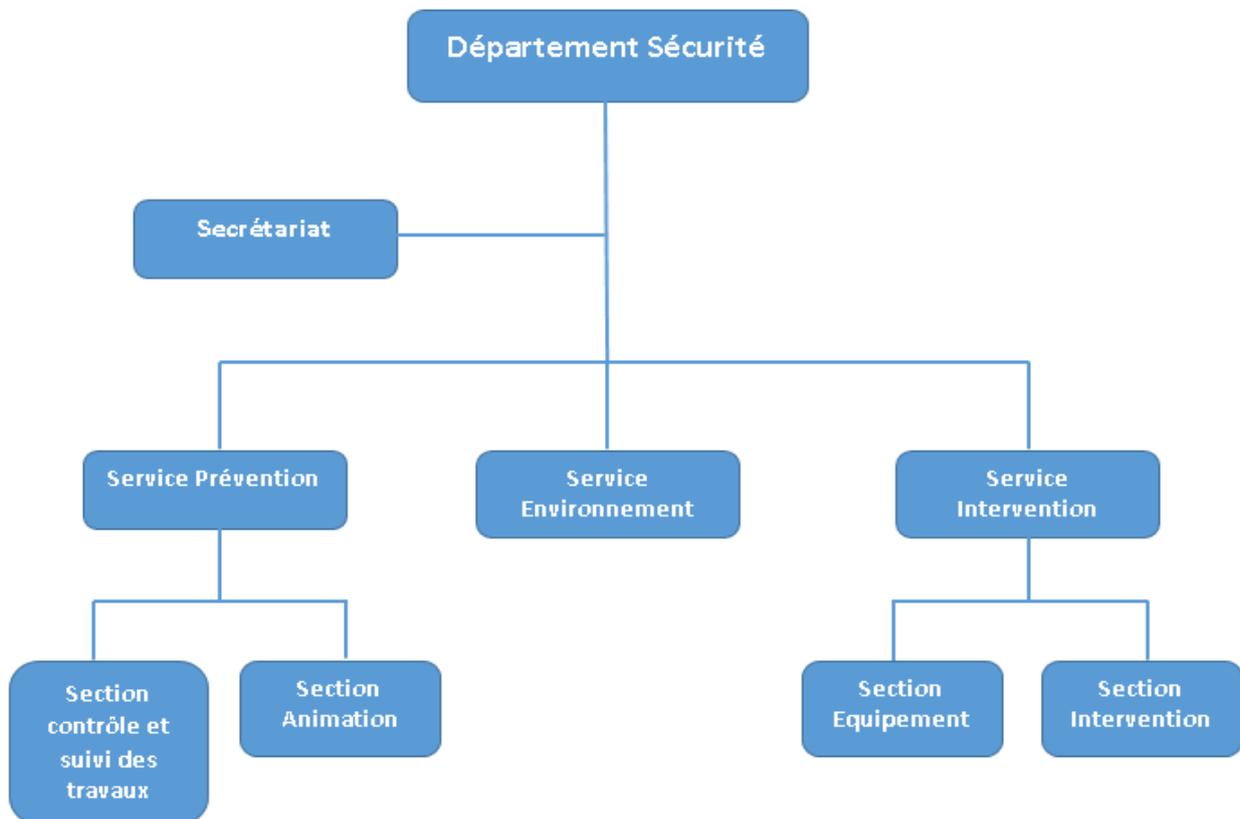


Figure III.4 : Organigramme de département sécurité (Rekkab M,2023)

Pour faire face à des éventuels incidents, le département Sécurité est doté de moyens humains et matériels organisés en trois (03) services :

1- Service Prévention :

Les inspecteurs et ingénieurs de sécurité seront d'une expérience éprouvée, chacun suivant son affectation, ont la charge d'inspecter les installations, de délivrer des autorisations pour les travaux et de les surveiller pour être à l'affût du risque.

Ils peuvent par moment être formateurs, analystes des risques et des causes d'accidents.

Ils sont des observateurs attentifs des nuisances et de l'hygiène industrielle, ils proposent toutes les mesures d'améliorations qu'ils jugent utiles en se référant toujours aux normes et directives.

L'application de la règle de l'art peut susciter leurs interventions et leurs conseils.

L'homme de prévention s'attachera à devenir le conseiller et non l'homme de loi. Son métier l'oblige à évoluer avec son environnement. Il doit être formé aux techniques modernes d'analyse, de communication, de management, de gestion et d'organisation.

En cas de sinistre ou de mise en œuvre d'un plan d'urgence, chaque cadre de la prévention devient un chef de groupe auxiliaire d'intervention, un guide des intervenants externes, ou prend en charge un poste prévu aux plans d'urgences avec des tâches précises notées sur sa fiche de fonction du plan engagé.

Ce service compte deux sections et un ingénieur en environnement :

A- Section contrôle et suivi des travaux :

Cette section est composée des inspecteurs qui veillent au respect des règles de sécurité, contrôler et inspecter régulièrement les équipements afin de prévenir le risque d'accident et aussi de permettre l'intervention dans les plus brefs délais.

L'organisation de ce service est de trouver un inspecteur au niveau de la zone administration et service et le reste de La section comporte six (07) inspecteurs chargés de superviser les travaux d'une manière générale, chaque inspecteur est chargé de :

- Assurer la surveillance des installations.
- Délivrer des permis de travail (à chaud, à froid, d'excavation, de radiographie et de pénétration dans la zone de production.) aussi faire des briefings quotidiennement.
- Etablir les rapports d'accidents avec ou sans arrêt.
- Etablir les rapports incidents.
- Etablir les rapports d'inspections des installations.
- Etablir les rapports journaliers des travaux.
- Eliminer les sources d'accidents.
- Faire le suivi et le contrôle des travaux.
- Veiller à l'hygiène de la zone.
- Tous les travaux de constructions, de transformations, et d'entretien sur la zone d'exploitation ou à l'intérieur des annexes (ateliers ou autres...) sont soumis à l'obtention d'un permis de travail

B- Section animation :

- Cette section est chargée des tâches ponctuelles et occasionnelles :
- Diriger les formations de sécurité, de secourisme et de sauvetage
- Proposer les cadres formateurs et inspecteurs les plus aptes à l'animation
- Procurer et disposer les logiciels et documentation nécessaires à chaque formation
- Procurer le matériel pédagogique nécessaire aux formateurs
- Participer activement aux actions de formation et accompagner de sécurité et de prévention.
- Améliorer en permanence les logiciels de sécurité en fonction des techniques modernes
- Participer aux jurys d'examens du stage de sécurité

2- Service Intervention :

C'est les moyens humains composés de pompiers qui agissent directement lors d'un danger, L'animateur sportif est prévu pour assurer le maintien de la condition physique des agents d'intervention. Qui travaille sous système de quart, leurs fonctions premières sont de supprimer l'un des trois éléments du triangle de feu (combustible, carburant, énergie d'activation). Ce service est composé de deux sections :

A- Section Intervention :

Cette section intervient en cas d'urgence et à tout moment. A cet effet elle est dotée d'un système de télésurveillance audio comprenant des caméras fixes et mobiles, d'un système de communication comprenant des téléphones, des radios VHF et Gene phone, et d'un système de contrôle à distance (DCS), tous sont reliés à une salle de contrôle à distance.

En cas d'incident ou d'accident, ce service dispose d'un matériel d'intervention considérable fixe ou mobile :

Les camions d'intervention, les ambulances, les extincteurs, les skids, le système de déluge.

Cette section peut demander assistance aux unités avoisinantes grâce au PAM (protocole d'assistance mutuelle).

Cette section s'occupe aussi de la maintenance des équipements de la sécurité.

B- Section Equipement :

C'est la section de soutien du matériel dont dispose les agents d'intervention direct muni de camion-citerne, extincteurs, ambulances, détecteurs de fumée, et l'entretien et la maintenance de l'installation du système de sécurité. La section équipement est chargée de :

- Inspecter en permanence les équipements fixes et mobiles de sécurité.
- Assurer la maintenance des équipements fixes en collaboration avec le département G.
- Assurer l'installation des équipements fixes nouveaux avec le département W.

- Gérer les produits extincteurs (poudre, émulseurs, CO2).
- Assurer la disponibilité de tous les véhicules avec les départements G & M.
- Effectuer les différents tests des équipements avec le département.

3- Service Environnement :

La mission de service environnement est de faire :

- Respecter la réglementation en vigueur
- Gestion des risques environnementaux
- Gestion des déchets
- Surveillance environnementale
- Évaluation environnementale

Ce service joue un rôle essentiel dans la protection de l'environnement, la gestion durable des ressources naturelles et la promotion d'une culture d'entreprise responsable sur le plan environnemental.

Conclusion :

En conclusion, le complexe de liquéfaction du gaz naturel GL3Z de Bethioua est une installation industrielle clé en Algérie, elle est axée sur le traitement et l'exportation du gaz naturel liquéfié, elle joue un rôle vital dans l'économie nationale et dans le développement de secteur de l'énergie en Algérie. Et elle témoigne de l'engagement continu de l'Algérie à renforcer son industrie et à promouvoir la croissance à travers la production locale de qualité.

CHAPITRE **4**

**APPLICATION DE LA MÉTHODE APR
AU SEIN DU COMPLEXE GL3/Z**

Introduction :

Dans ce chapitre, nous nous concentrerons sur l'application de la méthode d'analyse préliminaire des risques au sein du complexe de liquéfaction du gaz naturel GNL3/Z.

Cette méthode est largement utilisée dans l'industrie pour identifier et évaluer les risques potentiels associés à une zone ou à une installation. En l'appliquant spécifiquement au complexe GNL3Z, nous pourrions mieux comprendre les risques physiques potentiels et mettre en place des mesures de prévention et de protection pour une gestion des risques appropriées.

Dans cette analyse on a utilisés des outils et des techniques spécifiques tels que l'identification des risques, l'évaluation des risques, la hiérarchisation des risques.

Cette analyse approfondie nous permettra de garantir la sécurité des opérations et de protéger l'environnement et le personnel tout en assurant une production efficace.

IV.1 Objectifs de l'Application de l'APR au sein du complexe GL3/Z :

L'objectif principal de cette application est d'identifier et d'évaluer les risques potentiels associés à ce complexe. Cela permet de prendre des mesures préventives pour éviter les accidents, les pertes financières ou les dommages matériels. En identifiant les risques dès le départ, le personnel du complexe peut élaborer des stratégies de gestion des risques efficaces pour assurer la sécurité des employés, la protection des actifs et la continuité des opérations. C'est un moyen essentiel de prévenir les problèmes et de favoriser la réussite à atteindre les objectifs de production.

IV.2 Méthodologie de travail :

1- Collecte des données :

La collecte des données est une étape préliminaire qui consiste à rassembler les informations et les données nécessaires à l'accomplissement du travail, tel que La politique de la sécurité au sein du complexe GL3/Z, Le système de management de la sécurité, Les plans de prévention et les statistiques.

2- Analyse des données :

Afin de dégager les informations utiles pour l'identification des moyens de prévention et de protection.

Démarche de travail :

L'utilisation d'un tableau de synthèse par :

A- Identification des zones ou les installations à étudier

B- identification des risques potentiels

C- Evaluation des risques par une matrice des risques :

Cette étape a pour objet d'estimer l'ampleur d'un risque et de prendre une décision concernant son acceptabilité et les mesures de sécurité appropriées :

$$\mathbf{P \times G = R}$$

Avec : **P** : l'indice de probabilité (la probabilité d'apparition).

G : l'indice de gravité des dommages potentiels.

R : Niveau de risque.

La matrice des risques permet de procéder à des évaluations approfondies des risques. Il comporte cinq niveaux d'évaluation pour chaque élément, ce qui permet une analyse plus précise. La version 5×5 permet d'évaluer les risques de manière plus approfondie à l'aide d'une échelle de 5 points.

Les deux avantages principaux de l'utilisation de cet outil sont :

- La simplification de la représentation des différents niveaux de risque.
- La réduction de la nécessité d'effectuer des analyses quantitatives fastidieuses.

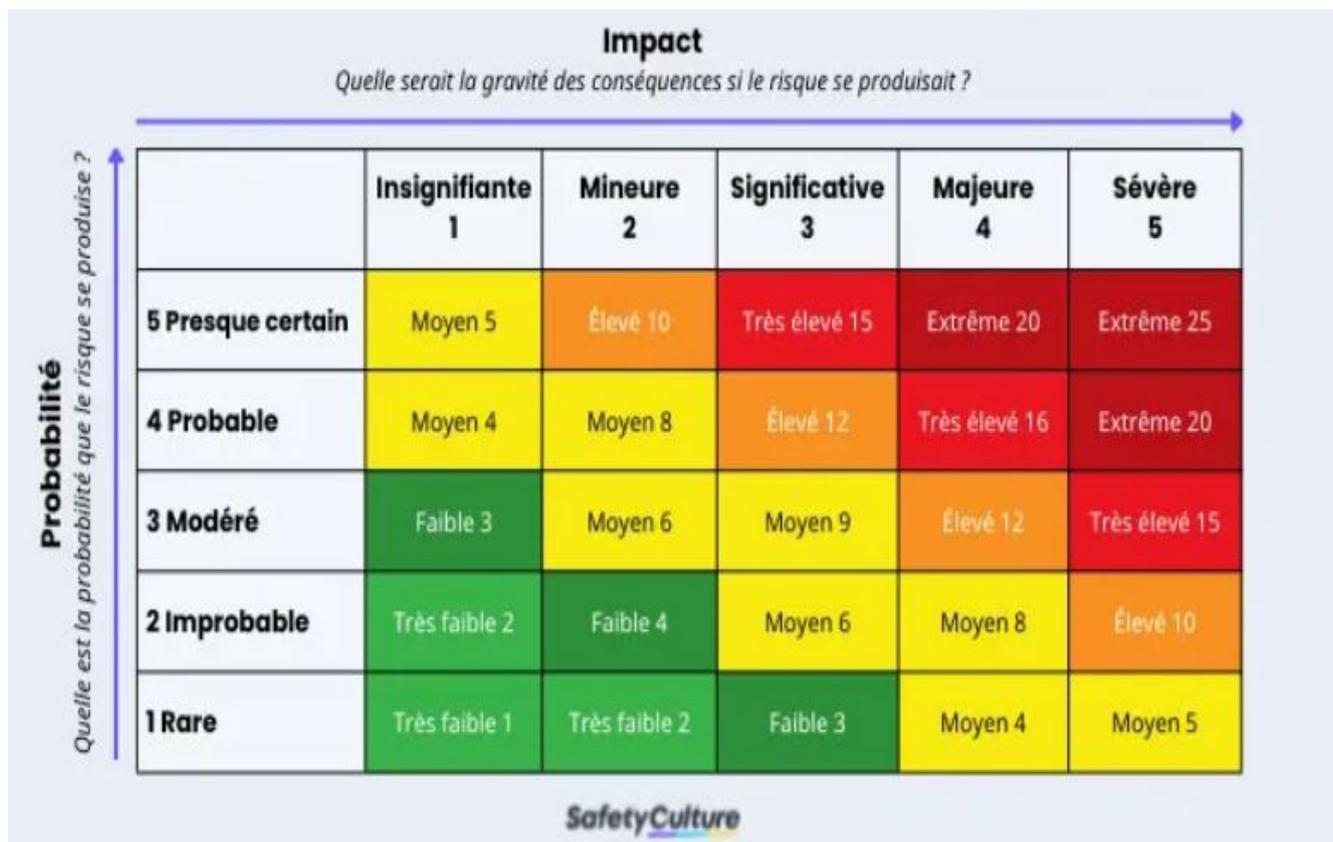


Figure IV.1 : Matrice des risques (5×5) (Safetyculture, 2024)

Une matrice des risques 5×5 comporte deux axes, ou composantes pour faire simple, qui composent l'ensemble du tableau ou de la grille : la probabilité et la gravité. Sous les deux se trouvent 5 niveaux de notation utilisés pour calculer les risques.

Ses deux composants :

1- Probabilité :

Également appelée probabilité, la probabilité (axe des y) se rapporte à la mesure dans laquelle il est probable que le risque se produise. Les 5 niveaux de notation du risque dans le cadre de ce volet sont les suivants :

- **(1) Rare** – peu susceptible de se produire et/ou d’avoir des conséquences mineures ou négligeables.
- **(2) Improbable** – possibilité de se produire et/ou d’avoir des conséquences modérées
- **(3) Modérée** – susceptible de se produire et/ou d’avoir des conséquences graves
- **(4) Probable** – presque sûr de se produire et/ou d’avoir des conséquences importantes.
- **(5) Presque certain** – sûr de se produire et/ou d’avoir des conséquences majeures

2- Gravité :

Également appelé impact ou conséquences (axe des x), la gravité vise à déterminer le niveau des effets que peut avoir sur la santé et la sécurité des travailleurs et des biens au travail.

Les termes suivants représentent les termes généraux utilisés pour décrire les 5 niveaux afin de déterminer l’impact du risque :

- **(1) Insignifiant** – ne causera pas de blessures ou de maladies graves.
- **(2) Mineure** – peut causer des blessures ou des maladies, mais seulement dans une faible mesure.
- **(3) Significatif** – peut causer des blessures ou des maladies qui peuvent nécessiter des soins médicaux mais un traitement limité
- **(4) Majeur** – peut causer des blessures ou des maladies irréversibles qui nécessitent une attention médicale constante.
- **(5) Sévère (Grave)** – peut entraîner la mort

Niveau du risque :

Les valeurs numériques des niveaux des risques et leur représentation à la suite de l’analyse :

- **1-4 : Acceptable** – aucune autre action n’est nécessaire et le maintien des mesures de contrôle est encouragé.
- **5-9 : Adéquat** – peut être considéré pour une analyse plus approfondie
- **10-16 : Tolérable** – doit être revu en temps utile pour mener à bien les stratégies d’amélioration
- **17-25 : Inacceptable** – doit mettre en œuvre la cessation des activités et l’avaliser pour action immédiate

IV.3 Situation géographique du complexe GL3/Z :



Figure IV.2 : Vue satellite du complexe GL3/Z (Google maps, 2024)

IV.4 Plan de masse du complexe GL3/Z :

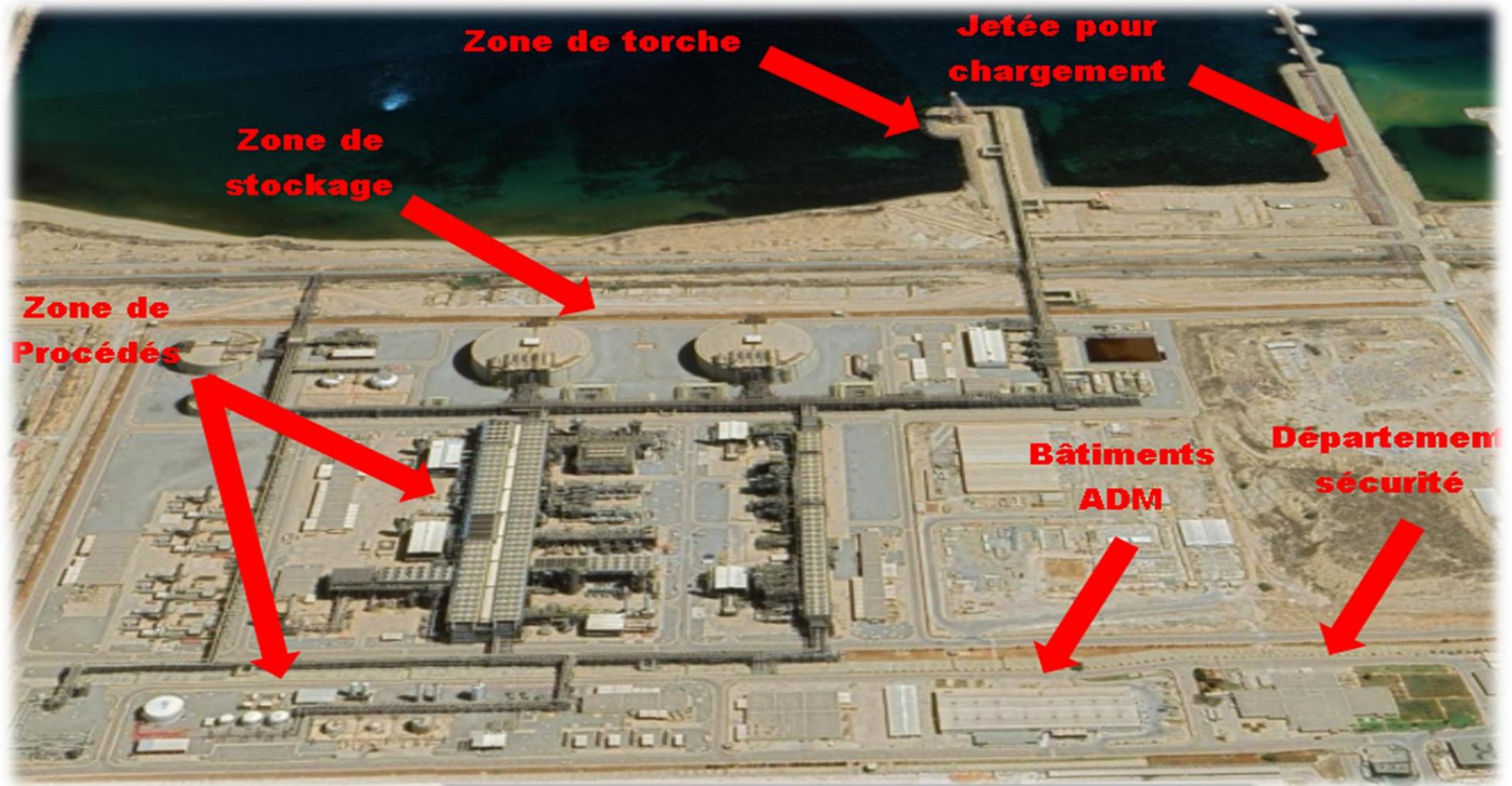


Figure IV.3 : Les zones du complexe GL3/Z (Google maps, 2024)

IV.5 Classification des substances du complexe GL3/Z selon le décret 07-144 :

Selon le décret exécutif n 07-144 du 2 Joumada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement :

Abréviations utilisées :

AM : Autorisation ministérielle.

Tableau IV.1 : Classification des substances du complexe GL3/Z (Journal officiel, 2007)

N De la rubrique	Désignation de l'activité	Type d'autorisation	Rayon d'affichage (km)	Etude d'impact	Etude de danger	Notice d'impact	Rapport sur les produits dangereux
1510	Gaz inflammables (fabrication industrielle de) par distillation,						
	La quantité totale susceptible d'être présente dans l'installation étant :						
	1. Supérieure ou égale à 200 t	AM	3	X	X		
1511	Gazomètres et réservoirs de gaz comprimés renfermant des gaz inflammables,						
	La quantité totale susceptible d'être présente dans l'installation étant :						
	1. Pour le gaz naturel :						
	a) Supérieure ou égale à 200 t	AM	4	X	X		

IV.6 Système de sécurité (Protection / Intervention) du complexe GL3/Z :

Afin d'assurer la sécurité, le complexe GL3/Z dispose de divers moyens de détection et de protection contre l'incendie.

Les systèmes de sécurité installés et mis en place sur site permettant de faire face à toute éventualité d'un phénomène dangereux (fuite, explosion, feu) et pour réduire la probabilité d'occurrence d'un évènement majeur sont les suivants :

A- Installation fixe à Eau :

1- Source d'eau pour l'eau incendie :

La source d'eau pour l'eau incendie doit avant tout être suffisante et fiable. Typiquement, l'alimentation en eau incendie se fait à partir d'un bac de stockage, d'un bache- d'eau, où d'une source naturelle telle que rivière, mer.



Figure IV.4 : Sources d'eau pour l'incendie (Rekkab M,2023)

2- Un réseau d'incendie :

Le réseau est équipé de :

Poteaux incendie : utilisé pour moyen d'alimentation

3- Lance monitors :

Utilisé comme moyen de protection (rideau d'eau) ou d'extinction.



Figure IV.5 : Lance monitors (Rekkab M,2023)

4- Robinet incendie armé (RIA) :

Les robinets d'incendie armés sont considérés comme installation fixe permettent d'agir rapidement et efficacement sur début d'incendie afin de limité l'extension, ils sont installés sur dévidoirs fixe ou tournant. Il suffit d'ouvrir le robinet d'arrêt et dérouler la longueur de tuyaux.



Figure IV.6 : Robinet incendie armé (RIA) (Rekkab M,2023)

5- Système de protection refroidissement (système déluge) :

Les installations de ce type sont destinées d'arroser une zone déterminée dans laquelle le feu peut s'étendre dès L'origine.

Une installation "déluge" est une installation dont le réseau d'extinction est équipé de Sprinklers ouverts ou de buses spéciales.



Figure IV.7 : Système déluge (Rekkab M,2023)

B- Installation fixe à mousse :

Afin d'améliorer l'efficacité de la protection incendie par système sprinkler ou déluge, en particulier sur les feux de classe B, on utilise de plus en plus souvent l'injection d'émulseur AFFF dans les réseaux d'extinction.

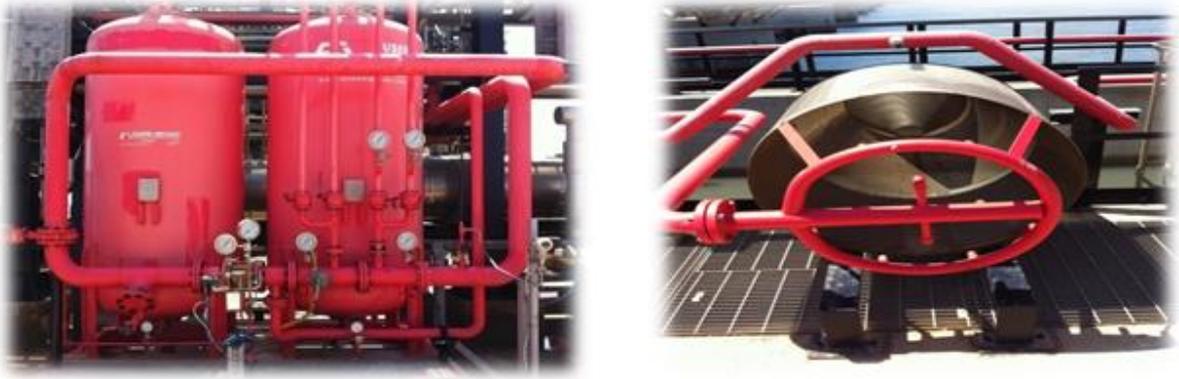


Figure IV.8 : Installation fixe à mousse (Rekkab M,2023)

C- Installation fixe au CO2 :

Les installations fixes d'extinction automatique à CO2 constituent un système de protection efficace de certain risque particulier.

Ces installations sont indiquées pour la protection des locaux fermés contenant des produits très inflammables, des installations électriques. L'application se fait au moyen d'extincteurs portatifs (voir la photo).

- Un système automatique est aussi prévu sur les équipements suivants: Turbines à Gaz et Générateur
- Diesel de Secours (EDG).



Figure IV.9 : Installation fixe à CO2 (Rekkab M,2023)

D- Installation fixe à poudre :

Le système de poudre est un système de tuyauterie fixe, Il est doté de tubulures pour la poudre, Positionnées de manière spécifique pour l'éjection de la poudre au niveau de chaque ligne de décharge des installations à protéger.



Figure IV.10 : Installation fixe à poudre (Rekkab M,2023)

E- Installation fixe d'extinction par NOVEC :

Le système consiste dans un système d'extinction par inondation totale dédié aux sous-stations, en particulier.



Figure IV.11 : Installation fixe d'extinction par NOVEC (Rekkab M,2023)

F- Les Moyens de protections et d'extinctions mobiles :

1- Les extincteurs portatifs :

Un extincteur est un appareil permettant de projeter et de diriger sur un foyer d'incendie un agent extincteur sous l'effet d'une pression intérieure.



Figure IV.12 : Les trois types d'extincteurs portatifs (Rekkab M,2023)

2- Les extincteurs à roues :

Les extincteurs sur roues Trop volumineux pour être portés, et donc équipés de roues afin d'être mobiles.



Figure IV.13 : Extincteur à roue (Rekkab M,2023)

3- Les engins :

L'efficacité des interventions des sapeurs-pompiers est aussi garantie par les véhicules qui les accompagnent. Ceux-ci sont adaptés en fonction du type d'opération à réaliser : véhicule de secours, de soutien, d'incendie, spécialisé, échelle.....



Figure IV.14 : Les engins (Rekkab M,2023)

G- Le système de détection et d'alarme anti-incendie :

Un système de détection et d'alarmes incendie est installé sur le site ayant pour but de déceler automatiquement toute fuite ou feu et d'avertir le personnel, permettant ainsi de prévenir tout risque de danger, il comporte les appareils suivant :

- Détecteurs de gaz « CGD »
- Détecteurs haute température « HD »
- Détecteurs basse température « RTD »
- Détecteurs de flamme « FD »
- Détecteur de flamme « Câbles thermosensibles »
- Détecteurs de fumée « SD »
- Détecteur linéaire « Emetteur/Récepteur »
- Sirène
- Boîtes alarmes (PULL-BOX)

IV.7 Application de la méthode APR sur les zones du complexe GL3/Z :

Zone	Risques	Causes	Conséquences	R = f (G,P)			Mesures de sécurité (Prévention/protection)
				P	G	R	
Bâtiments ADM + Département sécurité	-Risques mécaniques (chute, Obstruction) - Risques liés aux équipements - Risque électrique et incendie	- Les rampes, les surfaces glissantes - Installations électriques vétustes ou défectueuses - Des surcharges électriques. - Des courts-circuits - Mauvaises pratiques de câblage - Des négligences de l'entretien des équipements.	- Blessures physiques (brulures, lésions musculaires, électrocution, électrisation) - Dommages matériels (Endommagement d'équipements informatique et des systèmes électroniques)	3	3	9	- Inspection régulière des installations électriques. - Utilisation des équipements électriques de haute qualité. - Installation d'équipements de détection incendie (SDI), et de protection (Extincteurs), - Un détecteur avertisseur autonome de fumée (DAAF) - Établir un plan d'évacuation d'urgence - Maintenance préventive.
	- Risque liée à la santé des employés	- Ergonomie inadéquate (mauvaise posture de travail) - Stresse et surcharge de travail. - Mauvaise qualité de l'air intérieur.	- Problèmes de santé (douleurs physiques) - Diminution de la productivité. (Rendement décroissant)	2	2	4	- Conception ergonomique des postes de travail. - Aménagement des espaces de travail, et la bonne aération - Gestion du stress (programme de gestion de temps)

<p>Zone des procédés</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Risque mécanique (Fuite de gaz, Risques liés aux équipements de manipulation coincement) - Risque d'explosion Et d'incendie - Risque électrique 	<ul style="list-style-type: none"> -Défaillance des vannes - Augmentation soudaine ou excessive de la pression à l'intérieur des équipements. - Surchauffe (des températures élevées) - Défaillance des équipements de sécurité (les soupapes, les régulateurs de pression ou les capteurs de température) 	<ul style="list-style-type: none"> - Des blessures graves des travailleurs - brulures, électrisation ou électrocution - Dommages matérielles - Contamination environnementale. - Interruption de la production. 	3	5	15	<ul style="list-style-type: none"> - Conception et sélection d'équipements appropriés. - Maintenance régulières. - Surveillance et contrôle. - Établir des Procédures d'urgence. - Formation du personnel. - Utilisation des installations et des équipements de sécurité (les Systèmes déluges)
	<ul style="list-style-type: none"> - Risque lié aux bruits 	<ul style="list-style-type: none"> - Équipements bruyants mal entretenues - Les activités de maintenance ou de réparation (peuvent également contribuer au niveau sonore élevé) 	<ul style="list-style-type: none"> - Problèmes de santé (perte auditive permanente, troubles de sommeil, perturbations de la communication, Problèmes de concentration et de performance au travail) 	4	2	8	<ul style="list-style-type: none"> - L'identification des sources de bruit et l'évaluation des niveaux sonores - Isolation acoustique (barrières acoustiques). - Protection auditive (casques anti bruit) - Formation et sensibilisation. - Surveillance régulière.

Zone de stockage	<ul style="list-style-type: none"> - Risque incendie et explosion (BLEVE) - Risque environnementaux - Risque pour la santé. 	<ul style="list-style-type: none"> - Stockage de matériaux inflammables. - Surcharge électriques - Absence des systèmes de ventilation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pertes matérielles et des gaz liquéfiés stockées. - Impacts sur l'environnement. - Réputation de l'entreprise. - Pertes financières. 	2	4	8	<ul style="list-style-type: none"> - Classification et stockage appropriés. - Équipements et installations de sécurité incendie (détection/extinction). - Contrôle des sources de chaleur. - Formation du personnel. - Gestion des déchets. - Plan intervention d'urgence.
Jetée pour chargement	<ul style="list-style-type: none"> - Risque Mécanique (Déversement de liquide, collision des engins) - Risques de bruits 	<ul style="list-style-type: none"> - Incidents lors du chargement ou de déchargement - mauvaise visibilité du aux conditions météorologiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Des dommages à l'environnement marin - Défaillances techniques - Des blessures 	3	4	12	<ul style="list-style-type: none"> - Le respect des normes de chargement et de déchargement - Utilisation des engins appropriés. - Formation adéquats.
Zone de torche	<ul style="list-style-type: none"> - Risque d'incendie et d'explosion. - Risque de bruits 	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise combustion. - Surcharge de la torche. - Erreurs humaines (mauvaise procédures d'exploitation) 	<ul style="list-style-type: none"> - Dommage sur les composants de la torche. - Arrêts de production - Blessures des travailleurs présents dans la zone de torche. 	1	5	5	<ul style="list-style-type: none"> - Conception et installation sécuritaires. - Maintenance préventive. - Surveillance continue. - Formation personnel. - Utilisation des EPI appropriés

IV.7.1 Interprétation des résultats d'APR des zones :

L'utilisation de la méthode a révélé des risques importants qui se manifestent dans ces zones

1- Bâtiments ADM + Département sécurité :

Présente :

a- des risques mécaniques **Adéquats** de **9**, ce qui nécessite une analyse plus approfondie et Cela indique une possibilité d'examiner plus attentivement quelque chose à l'avenir.

b- Un risque lié à la santé des employés **acceptable** de **4**, le maintien de mesures de contrôle est encouragé.

2- Zone des procédés :

Présente :

a- Des risques mécaniques, d'explosion, et électriques **Tolérables** de **15**, il nécessite d'établir des Procédures d'urgence, et doit être revu en temps utile pour mener à bien les stratégies d'amélioration.

b- Risque lié aux bruits **Adéquat** de **8**, ce qui nécessite une analyse plus approfondie.

3- Zone de stockage :

Présente :

- Des risques d'incendie, d'explosion, et des risques environnementaux **Adéquats** de **8**, ce qui nécessite une planification d'urgence, et une analyse plus approfondie.

4- Jetée pour chargement :

Présente :

- Des risques mécaniques, et de bruits **Tolérables** de **12**, doit être revu en temps utile pour mener à bien les stratégies d'amélioration.

5- Zone de torche :

Présente :

- Risques d'incendie et d'explosion, et de bruits **Adéquats** de **5**, Maintenance préventive est nécessaire.

IV.8 Application de la méthode APR sur le circuit d'extraction de l'éthane :

IV.8.1 Principe de fonctionnement de circuit d'extraction de l'éthane (C2) (Unité 17) :

La Colonne du Dééthaniseur, qui fonctionne à 12,2°C/32.5 bar au sommet et 90,2°C/33.3 bar au fond, est conçue pour obtenir une récupération élevée d'éthane (la pureté minimum de C2 est de 96% molaire).

Cette colonne est alimentée par :

- Les liquides qui sont séparés au fond de la colonne du Déméthaniseur.

Le courant de fond du Déméthaniseur à 18,5 °C est pompé et envoyé au Dééthaniseur, via les Pompes du fond du Déméthaniseur, de type centrifuge, Le liquide entre dans le rebouilleur du Dééthaniseur, où il sera chauffé par l'huile chaude (160°C) jusqu'à ce qu'il atteigne la température d'évaporation de l'éthane (son extraction). À travers le sommet de la colonne Ensuite, Le gaz de tête (l'éthane gazeux) entre dans le Condenseur du Dééthaniseur, où il sera entièrement condensé (condensation liquide) utilisant le réfrigérant à propane MP jusqu'au point où il est devient liquide. Le liquide est ensuite envoyé au Ballon de Reflux du Dééthaniseur où il est divisé en trois courants :

- La majeure partie est renvoyée à la Colonne du Dééthaniseur sous forme de courant de reflux du Dééthaniseur par l'intermédiaire des Pompes de Reflux du Dééthaniseur.
- L'un des courant est utilisé comme reflux froid pour le Déméthaniseur après avoir été refroidi à -31,8°C par le Refroidisseur à Propane BP de Reflux d'éthane, puis à -78,8°C dans Boîte Froide de Récupération du GPL.
- Le courant restant est envoyé par les pompes de reflux au Ballon de Stockage d'Ethane.

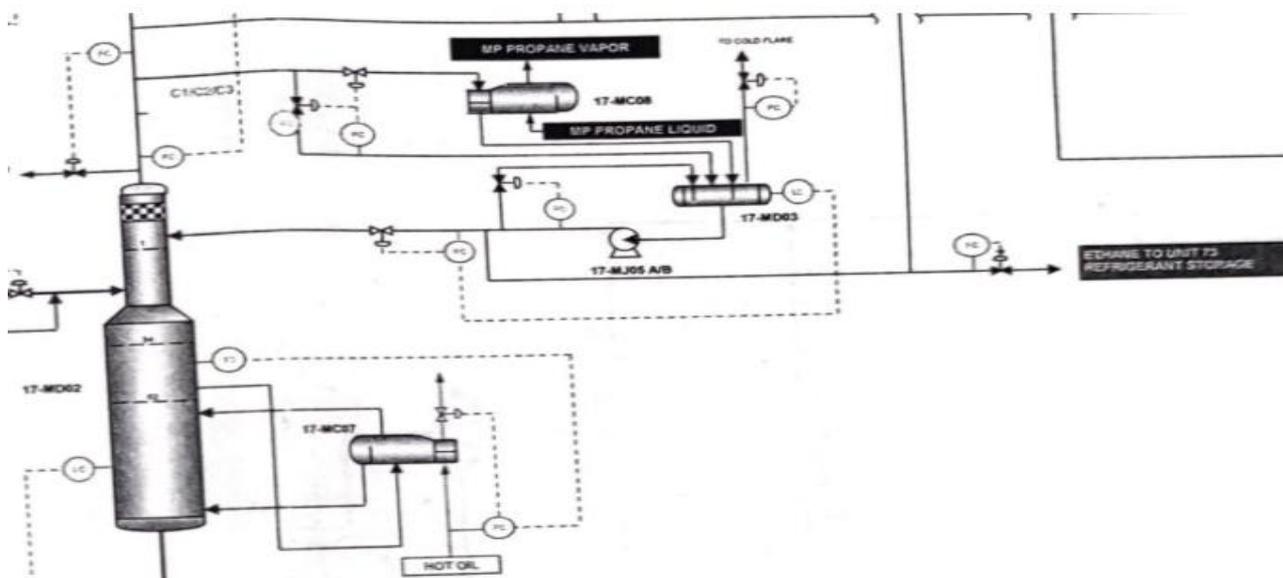


Figure IV.15 : Circuit d'extraction de l'éthane (Unité 17) (Module2,2012)

La Section de Fractionnement de l'éthane comprend les équipements suivants :

- Colonne du Dééthaniseur (17-MD02)
- Rebouilleur (17-MC07)
- Condenseur à Propane (17-MC08)
- Ballon de Reflux (17-MD03)
- Pompes de Reflux (17-MJ05A/B)

1- Colonne du Dééthaniseur (17-MD02) :

Le Dééthaniseur, qui fonctionne à 12,2°C/31.5 bar au sommet et 90,2°C/32.3 bar au fond, est conçu pour obtenir une récupération élevée de GPL depuis l'alimentation. Une partie du produit de tête de vapeur d'éthane est condensée et employée comme reflux interne. La majeure partie du reste est exportée au futur complexe de vapocraquage avec une quantité de 40482 Nm³/h pour le Cas Base 21°C. La disposition afin de permettre la réinjection de C2 dans le GNL a également été fournie, par le biais d'une conduite dédiée venant de la tête de colonne.

La colonne est conçue pour obtenir la composition du produit de tête suivante :

Tableau IV.2 : Spécification du produit de tête du Dééthaniseur (Module2,2012)

Composant	Composition, pourcentage molaire	
	Minimum	Maximum
Méthane	0	1
Ethane	96	100
Propane	0	3

Tableau IV.3 : Données générales sur le dééthaniseur (Module2,2012)

Paramètre	HAUT	BAS
Pression de calcul (bar)	35,5	36,5
Température de calcul MAX/MIN (°C)	160/-90	160/-90
Pression opératoire (bar)	31,5	32,2
Température opératoire (°C)	12,2	90,2

2- Rebouilleur du Dééthaniseur (17-MC07) :

Le Rebouilleur du Dééthaniseur est de type Kettle. Il a pour fonction de garantir l'alimentation en chaleur au fond du dééthaniseur.

La pression d'entrée de l'Huile Chaude est fixée à 11 bar (température élevée) avec une perte de charge des tubes de 1,5 bar. Le débit d'Huile Chaude est d'environ 423 m³/h pour le Cas de Base 21°C. Les données principales de l'équipement sont résumées ci-dessous :

Tableau IV.4 : Données générales sur le rebouilleur du Dééthaniseur (Module2,2012)

Puissance de calcul (MW)	14,92			
	TUBE		CALANDRE	
Pression de calcul (bar)	30 / FV		36,5	
Température de calcul MAX/MIN (°C)	325 / -51		160 / -90	
	ENTREE	SORTIE	ENTREE	SORTIE
Pression opératoire (bar)	10,8	9,3	32,3	32,3
Température opératoire (°C)	260	150	87,8	90,2

3- Condenseur du Dééthaniseur (17-MC08) :

Le Condenseur du Dééthaniseur est de type Kettle, doté d'un faisceau amovible. Il utilise le propane MP comme agent de refroidissement du courant supérieur du dééthaniseur.

Le Liquide entraîné dans la phase gazeuse en sortie doit être inférieur à 0,035 kg liquide/kg vapeur.

Les données principales de l'équipement sont résumées ci-dessous :

Tableau IV.5 : Données générales sur le condenseur de dééthaniseur (Module2,2012)

Puissance de calcul (MW)	14,92			
	TUBE		CALANDRE	
Pression de calcul (bar)	35,5		16 / FV	
Température de calcul MAX/MIN (°C)	65/-90		65/-45	
	ENTREE	SORTIE	ENTREE	SORTIE
Pression opératoire (bar)	31,5	30,5	2,9	2,9
Température opératoire (°C)	12,2	9,7	-6,3	-6,3

4- Ballon de Reflux du Dééthaniseur (17-MD03) :

Le ballon est horizontal, opère à 9,7 °C et 30,5 bar et a été dimensionné en tenant compte des critères suivants :

- La capacité de la conception de l'équipement comprend une marge de surconception de 20% par rapport à la capacité normale, pour tous les cas opératoires;
- Le capteur de niveau de liquide très haut (Level Switch High High, LSHH) a été placé à 80% du diamètre interne du ballon, conformément aux lignes directrices de dimensionnement de procédé.

Tableau IV.6 : Données principales su le ballon de reflux (Module2,2012)

ID(mm) X TL-TL (mm)	3800 X 11400
Pression de calcul (bar)	35,5
Température de calcul MAX/MIN (°C)	65 / -90
Pression opératoire (bar)	30,5
Température opératoire (°C)	9,7

5- Pompes de Reflux du Dééthaniseur (17-MJ05 A/B) :

Les Pompes de Reflux du Dééthaniseur, dont l'une est en service et l'autre en réserve, sont conçues pour une capacité nominale de 739 m³/h et une hauteur différentielle de 164 m. Les pompes sont centrifuges, API 11/52 Between Bearings utilisant une huile minérale pour le rinçage de la garniture mécanique des pompes (mechanical seal flushing

Les pompes sont conçues pour distribuer le reflux d'éthane aux sommets du Déméthaniseur et du Dééthaniseur, mais aussi pour acheminer l'éthane au Ballon de Stockage d'Ethane, qui permet de stocker l'éthane produit par l'unité.

Les données principales de l'équipement sont résumées ci-dessous :

Tableau IV.7 : Données principales des pompes de reflux (Module2,2012)

Pression d'aspiration (bar)	30,7
Pression différentielle (bar)	6,0
Débit normale (m³/h)	739
Pression de calcul (bar)	43,0
Température de calcul MAX/MIN (°C)	65 / -90
Puissance nominale (KW)	310

Équipement	Risques	Causes	Conséquences	$R = f(P, G)$			Mesures de sécurité (Prévention/protection)
				P	G	R	
Colonne du Dééthaniseur	<ul style="list-style-type: none"> - Risque d'incendie - Risque d'explosion - Risque de blocage ou d'obstruction 	<ul style="list-style-type: none"> - Des conditions anormales (températures élevées) - Des fuites de gaz - Des étincelles provenant des équipements électriques défectueux - Des dépôts des matières ou des impuretés 	<ul style="list-style-type: none"> - Dommages matériels - Blessures - Des pannes - Impacts environnementaux - Dégradation de l'efficacité du processus de séparation 	3	5	15	<ul style="list-style-type: none"> - Surveillance continue - Maintenance régulière - Formation du personnel - Équipements de sécurité (soupapes de sécurité, des alarmes d'urgence, systèmes de lutte contre l'incendie, Détecteur de fuite de gaz).
Rebouilleur	<ul style="list-style-type: none"> - Risque de surchauffe - Risque de corrosion 	<ul style="list-style-type: none"> - Rebouilleur mal conçu ou mal opéré - Mauvaise circulation de l'huile chaude - Des conditions anormales (température, pression) 	<ul style="list-style-type: none"> - Des dommages à l'équipement - Perte d'intégrité structurelle, des pannes 	3	3	9	<ul style="list-style-type: none"> - Surveillance continue - Maintenance régulière - le respect des normes - Formation du personnel - Utilisation de matériaux résistants à la corrosion

Condenseur à Propane	- Risque de blocage	- Formation de givre	- Diminution l'efficacité du processus de condensation	3	3	9	- Contrôle de la pression et de la température - Surveiller le fonctionnement du condenseur
	- Risque de corrosion	- Des conditions de température et d'humidité inappropriées	- Réduction de la durée de vie du condenseur				- Choisir d'équipement de conception et de qualité appropriée
Ballon de Reflux	- Risque de surpression	-Température ou d'une pression excessive à l'intérieur	- Rupture de l'équipement	2	5	10	- Maintenir des conditions de fonctionnement sûres
	- Risque d'accumulation de gaz	- Fuites de gaz	- Affaiblissement de la structure de ballon				- Sécurité électrique (Mise à la terre) - Formation du personnel
Pompe de Reflux	- Risque de cavitation	- Formation de bulles de vapeur dans le liquide pompé	- Endommagement des composants internes de la pompe	4	3	12	- Maintenance préventive - Maintenance régulières.
	- Risque de surchauffe	- Fonctionnement prolongé à des températures élevées	- Réduction de l'efficacité de la pompe				- Sécurité électrique (Mise à la terre) - Surveillance des conditions de fonctionnement

IV.8.2 Tableau récapitulatif d'analyse des risques physiques sur les composants de circuit d'extraction de l'éthane :

équipements	Risque	Mesure de sécurité	Conformité
Colonne du Dééthaniseur	<ul style="list-style-type: none"> - Risques mécaniques (éclatement, surpression, blocage) - Risque d'incendie - Risque des vibrations - Risque électrique (court-circuit, surcharge électrique) - Risque de bruits 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation de système déluge - Surveillance régulière - Inspections et entretiens appropriés - Installation de soupapes de sécurité pour libérer la pression excessive. - Formation du personnel 	CONFORME
Rebouilleur	<ul style="list-style-type: none"> - Risques mécaniques (Fuite de gaz ou d'huile chaude, surchauffe, ruptures des calandres) - Risque d'incendie - Risque de bruits 	<ul style="list-style-type: none"> - Surveillance régulière - Utilisation de matériaux résistants à des hautes températures - Former et informer le personnel - Utilisation de système déluge 	CONFORME
Condenseur à Propane	<ul style="list-style-type: none"> - Risques mécaniques (Fuites de gaz d'éthane ou de propane, défaillance des composants, rupture des tubes) - Risques électriques (court-circuit, surcharge électrique) 	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection régulière - Conformité aux réglementations en vigueur - Entretien préventif, et contrôle des paramètres opératoires - Mise à la terre 	MANQUE D'INFORMATION

<p>Ballon de Reflux</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Risques mécaniques (des Fuites de liquide, défaillance de composants interne, surpression) - Risque d'explosion - Risque de bruits 	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien préventif - Inspection régulière - Former et informer le personnel sur les procédures de sécurité, les EPI et les mesures d'urgences - Respecter les réglementations en vigueur - Utilisation des EPI appropriés 	<p>MANQUE D'INFORMATION</p>
<p>Pompe de Reflux</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Risques mécanique (surcharge, fuite de gaz et des problèmes de lubrification, éclatement) - Risque électrique (court-circuit, surcharge électrique) - Risque des vibrations - Risque de bruits 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation des dispositifs de sécurité (Soupapes de décharge de pression) - Inspection régulière - Entretien régulière des vannes - Sécurité électrique (Mise à la terre) - Utilisation des EPI de qualité - Formation du personnel sur les 	<p>CONFORME</p>

IV.8.3 Interprétations des résultats d'APR sur le circuit d'extraction de l'éthane :

1- Colonne du Dééthaniseur :

Présente :

- Des risques critiques Tolérables de **15**, doit être revu en temps utile pour mener à bien les stratégies d'amélioration.

2- Rebouilleur :

Présente :

- Des risques **Adéquats** de **9**, peut être considéré pour une analyse plus approfondie. Et effectuez une maintenance régulière et rigoureuse.

3- Condenseur à Propane :

Présente :

- Des risques **Adéquats** de **9**, peut être considéré pour une analyse plus approfondie. et mettre en place des systèmes de surveillance sophistiqués.

4-Ballon de Reflux :

Présente :

- Des risques critiques Tolérables de **15**, nécessite une analyse approfondie des risques.

5-Pompe de Reflux :

Présente :

- Des risques critiques Tolérables de **12**, ce qui nécessite de renforcer les contrôles de sécurité, et d'assurer une maintenance préventive régulière et approfondie.

Remarque :

Toutefois, l'efficacité de cette méthode (APR) ne peut être achevée convenablement étant donné le manque de données à cause des difficultés de collecte de ses derniers et aussi la condition de limitation par le temps, car elle nécessite une analyse approfondie des risques potentiels, implique l'identification des risques, leur évaluation en termes de probabilités et de gravité ainsi que la proposition de mesures de sécurité pour prévenir et réduire ces risques

IV.9 Recommandations :

- Élaborer des plans d'urgence complets qui décrivent les mesures à prendre en cas d'incident de sécurité.
- Mettez en place un plan de gestion des risques détaillé pour identifier, évaluer et atténuer les risques associés
- Former le personnel sur les procédures de sécurité, les plans d'urgence et les responsabilités en matière de sécurité.
- Sensibiliser la communauté locale aux risques de sécurité associés aux complexes GNL et leur fournir des informations sur la manière de répondre en cas d'urgence.
- Organiser régulièrement des exercices de simulation d'incendie et d'évacuation pour tester les plans d'urgence et améliorer la préparation.
- Effectuez des inspections régulières des installations pour détecter les signes de défaillance potentielle et corriger toute vulnérabilité potentielle.
- Limitez l'accès aux zones sensibles de l'installation aux seuls employés autorisés.
- Améliorer le système de sécurité incendie, d'alerte et d'alarme.
- Installer des systèmes avancés de détection de fuite de gaz pour détecter rapidement les fuites et déclencher les procédures de sécurité appropriées.
- Assurez que l'installation est équipée de dispositifs de sécurité adéquats tels que des systèmes d'extinction d'incendie et des équipements de protection individuelle pour le personnel.
- Sauvegarder régulièrement les données importantes et mettre en œuvre des plans de reprise après sinistre pour garantir la disponibilité des informations en cas d'incident de sécurité.
- Proposer des études ergonomiques des postes.
- Établir et maintenir de solides relations de travail avec les forces de l'ordre locales pour obtenir leur soutien et leur assistance en cas de besoin.

En respectant ces recommandations de sécurité et en mettant en œuvre des mesures préventives efficaces, Nous contribuerons à garantir un environnement de travail sûr.

Conclusion :

En conclusion, l'application de la méthode d'analyse préliminaire des risques au sein du complexe de liquéfaction du gaz naturel GL3/Z est essentielle pour garantir la sécurité des travailleurs et la fiabilité des procédés.

Grâce à cette méthode, nous avons pu identifier et évaluer les risques potentiels, ce qui nous a permis de mettre en place des mesures de sécurité pour une gestion des risques appropriées.

En prenant en compte ces risques et en mettant en œuvre des mesures de contrôle adéquates, nous pouvons minimiser les incidents et les accidents, protéger l'environnement et assurer une production de gaz liquéfié sûre et efficace. Il est donc crucial de continuer à utiliser cette méthode d'analyse des risques tout au long de la vie du complexe GL3/Z afin de maintenir des normes élevées de sécurité et de performance.

Conclusion générale

En conclusion, suite à cette analyse des risques, il est évident que l'état de maîtrise des risques au sein du complexe GL3/Z est jugé acceptable et bien adapté, malgré les difficultés et obstacles rencontrés, incluant la disponibilité limitée des données et des informations nécessaires pour une évaluation précise des risques, la complexité des processus et des installations du complexe, ce qui peut rendre l'identification des risques plus difficile.

Cependant, pour garantir une maîtrise encore plus efficace, il est crucial de mettre en œuvre ces recommandations proposées, dont les plus importantes sont, la création d'une base de données contenant les documents techniques (examens finaux, fiches techniques, certificats de conformité), l'adoption de la cartographie des bruits et l'application de méthodes telles que l'analyse des modes de défaillances de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) ainsi que la méthode HAZOP peuvent ouvrir de nouvelles perspectives en matière de gestion des risques, et en identifiant les écarts par rapport aux normes de sécurité et en proposant des actions correctives pour renforcer la fiabilité des processus. La cartographie des bruits permettrait d'identifier les sources de risques sonores et d'élaborer des mesures correctives ciblées pour réduire les nuisances. De plus, l'AMDEC offrirait une analyse plus approfondie des défaillances potentielles en identifiant les modes de défaillance, leurs effets et les mesures préventives à mettre en place. Ces recommandations joueront un rôle essentiel dans l'amélioration continue de la gestion des risques.

En combinant ces approches, le complexe GL3/Z pourrait renforcer sa capacité à anticiper, analyser et gérer efficacement les risques opérationnels, contribuant ainsi à garantir un environnement de travail plus sûr et sécurisé.

Bibliographie

A

- Achouri, N. (2009). *APPORT DE LA LOGIQUE FLOUE Á L'ANALYSE DE CRITICITÉ DES RISQUES INDUSTRIELS* [Magister, Université de Batna 2]. <http://eprints.univ-batna2.dz/756/>
- Afnor, E. (2010, juillet). *Gestion des risques—Techniques d'évaluation des risques*. Afnor EDITIONS. <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-en-31010/gestion-des-risques-techniques-devaluation-des-risques/fa159950/35718>
- Afreqen. (2019). *Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)*. https://moodle.iamm.fr/pluginfile.php/3464/mod_label/intro/Texte%20th%C3%A9orie%20AMDEC.pdf

B

- Bêlarbi, A. (2023, janvier). *Arbre de défaillance*. <https://fr.linkedin.com/pulse/arbre-de-d%C3%A9faillances-b%C3%A9larbi-ahmed>
- Benaida H (2021), MÉMOIRE MASTER Etude de l'impact des vibrations sur l'ensemble du corps humain. UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR- ANNABA.
- Benvoglio, H. (2018, mars 24). *la méthode AMDEC : Analyse des risques*. <https://fr.linkedin.com/pulse/la-m%C3%A9thode-amdec-analyse-des-risques-herv%C3%A9-benvoglio->
- Benyoucef, Z., & Boubossela, Y. (2017). *Evaluation des risques dans une cimenterie*.
- Bernard, C. (2024, février 10). *Qu'est-ce qu'un accident ?* Comparateur Regroupements Crédits, Crédit Immobilier, Assurance Emprunteur - Ymanci. <https://ymanci.fr/lexique/definition-accident/>
- Bouberak, W. (2015). *Mémoire de Master en Sécurité industrielle : Évaluation des risques industriels Cas de l'unité de détergents UNILEVER*. ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE.
- Bouziane M, Z (2018), Mémoire licence < La prévention des vibrations au milieu professionnelle >, Université BADJI MOUKHTAR Annaba.

C

- Cchst. (2024, février 10). *CCHST : Danger et risque - Généralités*. https://www.cchst.ca/oshanswers/hsprograms/hazard/hazard_risk.html

D

- D'Agostino, D. (2023, janvier 20). *Qu'est-ce que la matrice des risques et comment la créer ? (+ exemple)*. <https://blog.hubspot.fr/sales/matrice-des-risques>
- Derias, M. (2023). *Sécurité du génie des procédés*.
- Doucet, P. (2012). *Processus accidentel*.

F

- FasterCapital. (2024, février). *Normes ANSI un guide complet des réglementations de l'industrie*. FasterCapital.
- Feddaoui, Y., & Merabet, I. E. (2019). *Analyse des risques (Etude de cas de l'entreprise ALFAPIPE ANNABA)*.
- Fernandez, A. (2023, avril 18). *AMDEC Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité*. Management et Performance, piloter.org. <https://www.piloter.org/qualite/amdec.htm>

G

- Granger, L. (2023, juillet). *Comment construire un arbre des causes ? La méthode*.

H

- Ho-Pun-Cheung, N. (2022, octobre 17). *5 mesures de prévention des risques professionnels à adopter d'urgence*. <https://blog.groupepcrc.com/prevention-des-risques>

I

- Ineris. (2006). *RAPPORT D'ÉTUDE ,Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA-35) Ω-7 Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle.*
- Ineris-dra. (2006). *Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle.*
- Infonet. (2023, août). *Certification ISO 9001*. <https://infonet.fr/lexique/definitions/norme-iso-9001/>
- Ing.Québec. (2014, décembre). *APR-Guide de pratique professionnelle-Ordre des ingénieurs du Québec*. [https://gpp.oiq.qc.ca/Start.htm#t=Analyse_preliminaire_de_risques_\(APR\).htm](https://gpp.oiq.qc.ca/Start.htm#t=Analyse_preliminaire_de_risques_(APR).htm)
- INRS. (2023, octobre 17). *Évaluation des risques professionnels. Évaluation des risques professionnels—Démarches de prévention—INRS*.
- Int (2024, avril), Rayonnements ionisants et effets sur la santé

J

Journal officiel de la république algérienne. (2007,mai).

Décret exécutif n 07-144 du 2 Jomada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007

L

- Lachtar. (2009, mars). *Sécurité des Procédés Chimiques,Td corrigé La méthode HAZOP*. <https://123dok.net/document/yd751k9l-td-corrig%C3%A9-la-m%C3%A9thode-hazop-cours-pdf.html>
- Lagra S (1990), sécurité industriel, Alger.

M

- Module2 (2012, juin). Description des unités de procédé
- Mortureux, Y. (2016). *Fondamentaux de l'analyse de risque, regard fiabiliste sur la sécurité industrielle.*
- Mortureux, Y. (2020, septembre). *Objectifs de la démarche APR,se4010*. Techniques de l'Ingénieur.

N

- Nelinkia. (2021, mars). *Différence entre la méthode des 5M et HACCP*.

O

- Ouazraoui, N. (2020). *Méthodes et outils d'analyse des risques-Université Batna 2—Institut d'Hygiène & Sécurité -Licence MRI*.
- Officeeasy (2024) guides/bruit-au-travail/les risques liés au bruit au travail,
<https://www.officeeasy.fr/guides/bruit-au-travail/les-risques-lies-au-bruit-au-travail.html>

P

- PréventionBTP. (2022, juillet). *Découvrez la norme ISO 45001 : Systèmes de management de la santé et la sécurité au travail—Prévention BTP*.
- Previnfo. (2008, novembre). *Outils d'Analyse des accidents*.
- Previnfo. (2018). *Prévention des Risques-APR*. Code du travail numérique.
- Preventica (2021, octobre) SECURITE DE LA PRODUCTION ET DES CHANTIERS || Risques électriques.
- Pierrelot, M. (2023, juillet 28). Comprendre la Méthode des 5M ou le diagramme Ishikawa.

R

- Redhat. (2019, octobre 11). *La gestion des risques, qu'est-ce que c'est ?*
<https://www.redhat.com/fr/topics/management/what-is-risk-management>
- Rekkab M (2023), Rapport de stage GL3/Z
- Royer, M. (2020, septembre). *HAZOP : Une méthode d'analyse des risques,se4030v1*. Techniques

S

- Saadi, S. (2022). *Support de cours : Chapitre 1 : A propos de l'EvRP*. https://staff.univ-batna2.dz/sites/default/files/saadia_saadi/files/a_propos_de_levrp_.pdf

- Safetyculture. (2024a, janvier). *Qu'est-ce que la norme ISO 31000 ?* SafetyCulture. <https://safetyculture.com/fr/themes/iso-31000-management-du-risque/>
- Safetyculture. (2024b, janvier 15). *Gestion des risques : Qu'est-ce que c'est et pourquoi c'est important.* SafetyCulture. <https://safetyculture.com/fr/themes/gestion-des-risques/>
- Safetyculture. (2024c, janvier 15). *Matrice des risques 5x5 : Importance et exemples.* SafetyCulture. <https://safetyculture.com/fr/themes/evaluation-des-risques/matrice-des-risques-5x5/>
- Segrétain, C. (2023, mai). *Diagramme d'Ishikawa : Définition, méthode et outils.* BDM.
- Sahki M (2017), MÉMOIRE MASTER (Amélioration de la prévention contre les risques électriques et choix des appareils de protection) UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR- ANNABA
- Slide Serve(2024, avril) Le Risque Mécanique. Définitions
<https://www.slideserve.com/emerald/le-risque-m-canique>
- Sphera Editorial, T. (2022, juin). *Qu'est-ce que la méthode HAZOP ?* Sphera. <https://sphera.com/glossaire-fr/quest-ce-que-la-methode-hazop/?lang=fr>
- SST (2024a, mars), risques-lies-aux-vibrations,
<https://www.sante-securite-paca.org/a/635/risques-lies-aux-vibrations/>
- SST (2024b, mars) Risques et prévention / Agents physiques / Risques électriques,
<https://www.sante-securite-paca.org/a/678/risques-electriques/>

W

- Winlassie. (2024, janvier). *Accident du travail : Qu'est-ce que la méthode de l'arbre des causes ?* <https://www.winlassie.com/actualites/methode-arbre-causes-accident-travail/>

Annexe

Fiche technique et Caractéristiques du complexe GL3/Z

Société de construction	Joint – venture , SAIPEM-CHYODA
Date de construction	Octobre 2009
Début de production de GNL	En démarrage (2014)
Localisation	commune de Bethioua
Provence du GN	Plusieurs puits du sud-centre et sud-est
Superficie du complexe	54,6 hectares
Nombre de train	01 méga-train
Produits	Gaz Naturel Liquéfié et Gazoline
Capacité de production	4.7 millions de tonnes/an
Source d’approvisionnement	Gaz Naturel de Hassi R’mal
Capacité de stockage	GNL (2*160.000 m ³) = (2 *167728 t) Propane (56.000 m ³) Butane (12.000 m ³) Gazoline (1800 m ³) Propane réfrigérant (3000 m ³) Ethane réfrigérant (600 m ³)
Fonctionnement de l’usine	330 j/an (90.4%)
Autonomie des utilités	Puissance électrique générée (4 GTG 33.9 MW chacune)
Technologie de liquéfaction	APCI
Système de refroidissement	Réfrigérant à air

Organisation générale en cas d'urgence (O.G.C.U) du complexe GL3/Z

Compte tenu des risques que présente l'usine, le complexe GNL3/Z dispose d'une organisation générale en cas d'urgence appelée communément O.G.C.U.

Cette organisation générale en cas d'urgence a pour but d'organiser et de coordonner les actions afin d'éviter la panique.

Cette organisation est déclenchée en cas d'urgence généralisée et contient l'ensemble des instructions à appliquer.

Elle est conçue pour définir les actions individuelles et collectives et consiste à établir des instructions simples claires et ordonnées.

Dès la réception du premier signal de détresse, il faut :

- Arrêt des travaux.
- Interdiction de fumée.
- Eviter toutes les sources d'ignition.
- Priorité de la circulation.
- Accès au complexe.
- Mouvement interne



ACTIVITE LGS
COMPLEXE GL3Z
DEPARTEMENT HSE
SERVICE PREVENTION

CONSIGNES DE SECURITE

ACCIDENT	<p><u>En cas d'accident Appeler le</u> 5999</p>	<p>Protégez et se protéger</p> 	<p>Précisez la nature de l'accident ; Blessure, brûlure, asphyxie...etc.</p> 	<p>Ne raccrochez pas sans avoir vérifié que votre appel a été compris</p> 	<p>Surveillez la victime jusqu'à l'arrivée des premiers secours</p> 	
INCENDIE	<p><u>En cas d'incendie Appeler le</u> 5999</p>	<p>Alertez en cas de fumée anormale, odeur nauséabonde</p> 	<p>Brisez la glace du boîtier d'alarme le plus proche</p> 	<p>Quittez le lieu exposé au risque</p> 	<p>En cas de fumée, baissez-vous. L'air frais est près du sol</p> 	<p>Attaquez le feu avec l'extincteur approprié (Personnel formé)</p> 
CODE SIRENE	<p>Si vous entendez un signal sonore :</p>	<p>Un ton linéairement décroissant</p> <p>DETECTION AUTOMATIQUE FEU & GAZ Arrêter les travaux</p>	<p>Double ton à 3 intervalles</p> <p>EVACUATION PARTIELLE Rejoignez les points de rassemblement le plus proche</p>	<p>Un ton à 2 intervalles</p> <p>EVACUATION TOTALE Evacuation à l'extérieur</p>	<p>Un ton continue</p> <p>FIN D'ALERTE - Situation maîtrisée - Rejoignez le poste de travail initial</p>	
EVACUATION	<p>Dès l'audition du signal d'alarme d'évacuation partielle :</p>	<p>Dirigez-vous vers La sortie</p> 	<p>Ne revenez pas en arrière sans y avoir été invité</p> 	<p>Ne passer pas par les vestiaires</p> 	<p>En cas de fumée, baissez-vous. L'air frais est près du sol</p> 	<p>Rejoignez le point de rassemblement le plus proche</p> 

Résumé

Les risques Physiques constituent un problème majeur en matière de maîtrise de la sécurité dans les installations industrielles, nécessitant des approches rigoureuses pour garantir la sûreté et la sécurité des opérations et de l'environnement de travail.

L'objectif de ce mémoire, c'est d'étudier les risques physiques et la vérification de l'état de maîtrise de ces derniers au sein d'une installation industrielle en appliquant l'outil le plus pertinent dans toute démarche de gestion des risques « L'analyse préliminaire des risques AP R ».

Mots clés : danger, risque, dommage, APR, méthodes... etc.

Summary

Physical risks are a major problem in terms of safety control in industrial installations, requiring rigorous approaches to guarantee the safety of operations and the work environment.

The aim of this thesis project is to study the physical risks and the verification of the state of control of these risks within an industrial installation by applying the most relevant tool in any risk management approach « The preliminary risk analysis APR ».

Keywords : danger, risk, damage, APR, methods... etc.

ملخص

تشكل المخاطر الفيزيائية مشكلة كبيرة في مراقبة السلامة في المنشآت الصناعية، مما يتطلب اتباع أساليب صارمة لضمان سلامة العمليات وأمن بيئة العمل

الهدف من هذه الأطروحة هو دراسة المخاطر الفيزيائية والتحقق من حالة السيطرة على هذه الأخيرة داخل المنشأة الصناعية من خلال تطبيق الأداة الأكثر صلة في أي نهج لإدارة المخاطر " التحليل الأولي للمخاطر "

الكلمات المفتاحية : الخطر، المخاطرة، الضرر ، الأساليب... إلخ