République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

Faculté de la technologie

Département de Génie des Procédés et

Environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Génie des Procédés

Option : Hygiène et Sécurité Industrielle

Thème

ANALYSE DE RISQUE PAR LA METHODE HAZOP: Etude de cas de TCHIN-LAIT

Réalisé par : **Mlle. ANABI Chaimaa**

Encadré par : **Dr. SARRAI Abdelaziz**

La soutenance aura lieu le **01 / 07/2020**

2019 - 2020

REMERCIMENT

Le travail de ce mémoire s'inscrit dans le cadre d'un projet de fin d'études réalisé à l'université YAHIA FARES de Médéa.

En premier lieu, je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné la volonté et le courage pour réaliser ce travail.

Je tiens à adresser mes plus sincères remerciements à mon encadreur Docteur ABDELAZIZ SARRAI pour son temps précieux qu'il m'a consacré, qui a dirigé et suivi mon travail et qui a toujours su me faire confiance et de m'apporter l'aide nécessaire, tant sur le plan scientifique que moral.

Nos plus vifs remerciements iront également aux membres de Jury Docteur SAMIRA FERHAT et Mr. AHMED CHERIF RAHMANI qui m'a fait l'honneur d'examiner mon travail et à toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé nos réflexions et ont accepté à répondre à nos questions durant nos recherches.

Je présente aussi mes sincères remerciements à tous les enseignants du département du génie des procédés et environnement qui ont contribué à ma formation.

Enfin, à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail trouvent ici l'expression de mes sincères remerciements.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A toute ma famille surtout ma prunelle de mes yeux ma chère mère.

تحليل المخاطر بطريقة HAZOP: دراسة حالة TCHIN -LAIT

الملخص:

يحتل تسيير المخاطر في وحدات الإنتاج أهمية كبيرة داخل المؤسسات الصناعية، و بناء على هذا يجب تحقيق الأمن ضمانا للتشغيل الأمثل.

في هذا الصدد قامت الدراسة المنجزة على مستوى ملبنة Thin-lait بمدينة بجاية، والتي تهدف إلى التحكم و الحد من المخاطر المحتمل حدوثها داخل قسم المولدات البخارية في إطار تحسين أدائها و ضمان فعاليتها و أمنها.

طبقت الدراسة طريقة HAZOP من أجل تحديد السيناريوهات الممكنة، و تفصيل جميع مراحل حدوثها، ثم عملية انتقاء السيناريوهات المثلى لتعيين مستوى السلامة.

توصل البحث إلى أن طريقة HAZOP هي الأنسب بالنسبة للأنظمة الترموهيدروليكية، كما أن مقاربة الأمن بهذه الطريقة تضمن التحكم في المخاطر المحتملة.

إن الاستراتيجية المؤسسة في البحث نستطيع تعميمها للاستفادة منها في جميع القطاعات ذات نفس النشاط.

الكلمات المفتاحية: HAZOP،الانحراف،النظام الترموهيدروليكي، تسيير المخاطر، التحكم في المخاطر.

RISK ANALYSIS BY METHOD HAZOP :Case study TCHIN-LAIT

Abstract

Risk management in production units is of great importance for work organization. Therefore security is necessary to ensure the given function of the installation.

In this context, our study on the Tchin-Lait dairy in Bejaia aims to control the risk in the boiler section in order to improve the operation and performance of its facilities, as well as their safety.

The HAZOP method was used to identify all the scenarios and to dissect their sequences.

The HAZOP method is found to be an effective tool for thermo-hydraulic systems, and the approach of optimal safety by this method will guarantee a control of the probable risks.

The strategies developed have proven to be applied advantageously in all industrial sectors of the same activity.

Ke**ywords:** HAZOP ,deviation , Thermo-hydraulic system, Risk management, Control risk.

ANALYSE DE RISQUE PAR LA METHODE HAZOP : Etude de cas de TCHIN -LAIT

Résume

La gestion des risques dans les unités de production est d'une grande importance pour l`organisation de travail. Par conséquence la sécurité est nécessaire pour assure la fonction donnée de l`installation.

Dans ce contexte, notre étude sur la laiterie Tchin-Lait à Bejaia a pour objectif de maîtriser le risque au niveau de la section chaudière afin d'apporter une amélioration du fonctionnement et des performances de ses installations, ainsi que leur sécurité.

La méthode HAZOP a été utilisée pour identifier tous les scénarios et pour décortiquer leurs enchainements.

La méthode HAZOP se révèle être un outil efficace pour les systèmes thermo-hydrauliques, et l`approche d`une sécurité optimale par cette méthode garantira une maitrise des risques probables.

Les stratégies mises au point prouvent s`appliquer avantageusement dans tous les secteurs industriels de même activité.

Mots clés : HAZOP, déviation , système thermo-hydraulique, la gestion des risques, maitrise des risques

Table des matières

REMERCIMENT

Dédicace

Résume

liste des figures IV

liste des tableau V

liste des abréviation VI

Introduction générale 2

Chapitre I: Principe de l'analyse des risques industriels 3

I. 1. Notion du danger : 4

I. 2. Notion du risque : 4

I.2.1. Risque industrielle : 5

I.2.1.1.Risque nucléaire 5

I.2.1.2.Risque chimique : 5

I.2.1.3.Risque électrique : 6

I.2.1.4.Risque d'explosion : 6

I.2.1.5. Risque d'incendie : 6

I.2.1.6. Risque biologique : 6

I.2.1.7. Risque Mécanique : 7

I.3. Gestion du risque : 7

I.3.1. Analyse du risque : 8

I.3.1.1. Méthodes d`analyse du risque 8

I.3.1.2. Classification des méthodes d'analyse de risque 9

I.3.1.3. L'analyse Qualitative : 10

I.3.1.3.1. Démarche inductive et démarche déductive 10

I.3.1.3.2.Panorama des méthodes d'analyse de risque 12

I.3.1.4. L'analyse Semi- Quantitative : 18

I.3.1.5. L'analyse Quantitative : 18

I.3.2. Evaluation du risque : 18

I.3.2.1. Méthodes d`évaluation des risques : 18
I.3.3. Acceptation du risque : 19
I.3.4. Réduction du risque : 19
I.3.5. Critères de choix d'une méthode d'analyse de risque 19
Chapitre II: Présentation de la Méthode HAZOP 21
II.1. Historique de la méthode HAZOP 22
II.2. Définition de L`HAZOP 22
II.3.Principe de L`HAZOP : 23
II.3.1.Mots-clés ou mots guides : 23
II.3.2.Paramètres de fonctionnement 24
II.3.3.Déviations 25
II.4.L`objectif de L`HAZOP : 26
II.5. Déroulement de L`HAZOP : 28
II.6. Équipe d'étude HAZOP : 31
II.6.1.Informations utilisées dans l'étude HAZOP Les éléments suivants doivent être consultables par l'équipe HAZOP: 31
II.7. Limites de L`HAZOP : 31
II.8. Avantages de L`HAZOP : 32
II.9. Représentation de la méthode d`HAZOP 32
Chapitre III: Résultats et discussion 33
III.1. Système choisi : Chaudière 34
III.1.1 Schéma globale de la chaudière 34
III.2.Tableaux HAZOP pour la Chaudière 36
Conclusion générale 46
Référence 48

Liste des figures

Figure 1: Processus de gestion de risque..... 8

Figure 2: Approches d'analyse de risque..... 9

Figure 3: Typologies et Approches des méthodes d'analyse de risque..... 10

Figure 4: Mode de recherche deductive..... 11

Figure 5: Mode de recherche inductive..... 11

Figure 6: Classification des risqué..... 12

Figure 7: Représentation de l`arbre de défaillance..... 13

Figure 8: Représentation de l`arbre des causes..... 14

Figure 9: Représentation de l`arbre d`évènement..... 15

Figure 10: Représentation de MOSAR..... 17

Figure 11: Classification des risqué..... 19

Figure 12: La relation de deviation..... 25

Figure 13: les étapes de déroulement de L`HAZOP..... 30

Figure 14: Citerne alimentaire..... 34

Figure 15: Chaudière..... 35

Figure 16: Bruleur..... 35

Liste des tableaux

Tableau 1:	Représentation de la méthode de L`APR.....	13
Tableau 2:	Représentation de la méthode AMDE ou de la méthode AMDEC.....	16
Tableau 3:	Matrice de criticité.....	18
Tableau 4:	Signification des mots guide.....	24
Tableau 5:	Exemples de paramètres de la méthode HAZOP.....	25
Tableau 6:	Exemple de matrices potentielle des mots guide et des paramètres.....	26
Tableau 7:	Rôle Équipe d'étude HAZOP.....	31
Tableau 8:	Descripteur de données d'une étude HAZOP.....	32
Tableau 9:	Nomenclature.....	36
Tableau 10:	la méthode HAZOP au niveau de la Bâche alimentaire d`eau.....	37
Tableau 11:	la méthode HAZOP au niveau de la Chaudière-circuit d`eau bâche vers la chaudière.....	38
Tableau 12:	la méthode HAZOP au niveau de bruleur - Circuit de GAZ/AIR.....	39
Tableau 13:	la méthode HAZOP au niveau de la Bâche alimentaire d`eau	40
Tableau 14:	la méthode HAZOP au niveau de la Chaudière-circuit d` eau bâche vers la chaudière.....	41
Tableau 15:	la méthode HAZOP au niveau de bruleur - Circuit de GAZ/AIR.....	43

Liste des abréviations

AdC	Arbre de Cause
AdD	Arbre de Défaillance
AdE	Arbre d'Evénement
AFNOR	Association Française de Normalisation
AMDE	Analyse des Modes de Défaillance et leurs Effets
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillance, leurs Effets et leur Criticité
APR	Analyse Préliminaire des Risques
C&E	Causes et Effets
CEA	Le Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives
CEI	Commission Electrotechnique Internationale
DRA	Direction des Risques Accidentels
ENS	Evènement Non Souhaite
ENSPM	École Nationale Supérieure du Pétrole et des Moteurs
EPR	Evaluation Probabiliste de Risques
FMDS	La Fiabilité, La Disponibilité, La Maintenabilité et La Sécurité
HAZOP	Hazard and Operability study
HSE	Hygiène-Sécurité-Environnement
ICI	Imperial Chemical Industries
ICPE	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
INRS	Institut National de Recherche et de Sécurité
INERIS	Institut National de Recherche de l'Environnement Industriel et des Risques
ISO	International Standard Organisation
MOSAR	Méthode Organisée et Systémique d'Analyse des Risques
NF EN	Norme Française Européenne Norme
OHSAS	Occupational Health and Safety Assessment Series
PID	Piping and Instrumentation Diagramme
PME	Petites et Moyennes Entreprises
POI	Plan d'Opération Interne
PPI	Plan Particulier d'Intervention
PPRT	Plan de Prévention des Risques Technologiques
PUI	Plan d'Urgence Interne

Introduction générale

Introduction générale

La mauvaise gestion des risques peut conduire à des dégâts importants pour l`être vivants ainsi que les équipements de travail, de tel sorte, les expériences nous a montrée des accidents technologiques majeurs faisant des victimes. Et pour limite ces risques et assurer le bon fonctionnement de procédé, nous intervenons a développée des mesure de sécurité et de prévision qui doivent être mises en place.

Dans ce cadre, notre travail est basée sur l`application de la méthode d`analyse HAZOP dans la section de la chaudière. L'objectif de cette étude est l'identification des dangers afin d'évaluer les risque possible pour prendre les mesures nécessaire de sécurité. Sachant que l`HAZOP est un outil particulièrement efficace pour les systèmes thermo-hydraulique, cette dernière permet d'améliorer le niveau de sécurité des unités neuves ou en phase exploitation.

Alors jusqu`ou peut l`approche HAZOP garantira une maitrise des risque probables dans l`industrie thermo-hydraulique tel Techin-Lait ?

Pour répondre à cette problématique notre mémoire sera axé autour de trois chapitres :

Dans le premier chapitre intitulé "**Principe de l'analyse des risques industriels** "nous donnons quelques notions et concepts fondamentaux liés à la démarche d'analyse des risques industriels.

Dans le deuxième chapitre intitulé **"Présentation de la méthode HAZOP** "nous présentons la méthode HAZOP d'une manière détaillée et approfondie passant par son historique, définition, principe et enfin le déroulement de la méthode.

Le troisième chapitre intitulé**" Résultats et discussion"** comprend deux parties

1. Dans la première, nous présentons une étude réalisée par KHELOUFI.DJ. et MEDJDOUB.J sur l`analyse de la sureté de fonctionnement pour la maitrise des risques de la chaudière au niveau de la laiterie Tchin-Lait à Bejaia.
2. Dans la deuxième partie qui represente notre intervention. Elle estconsacréeà l'amélioration de l`étude precedente par l'ajout de plus paramètre qui peut engendrer des risques.

Enfin, le présent mémoire sera clôturé par une conclusion générale, résumant le travail accompli et les perspectives envisagées.

Chapitre I :

Principe de l'analyse des risques industriels

I.1. Notion du danger

le danger est un événement ou une situation susceptible d'entraîner des conséquences négatives ou dommages à l'homme et/ou à l'environnement [1].

Selon la norme ISO [2], le danger est une propriété intrinsèque d'une substance dangereuse ou d'une situation physique de pouvoir provoques des dommages pour la santé humaine et/ou l'environnement.

Selon l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS) [3], le danger une propriété intrinsèque d'une substance dangereuse ou d'une situation physique de pouvoir provoquer des dommages pour la santé humaine et/ou l'environnement.

le même terme est défini selon le référentiel OHSAS 18001 [4], comme une source ou une situation pouvant nuire par blessure ou atteinte à la santé, dommage à la propriété et à l'environnement du lieu de travail ou une combinaison de ces éléments.

Selon Périlhon Pierre [5], le danger est un phénomène, situation ou événement potentiel, déclenché par un ou plusieurs événements initiateurs, susceptible de menacer une ou plusieurs des quatre cibles, ces cibles sont les individus, les populations, les écosystèmes et les matériels.

Selon Griot et Ayral [6], le danger est un état ou situation comportant une potentialité de dommages inacceptables .situation d'un système ou sont réunis tous les facteurs pouvant conduire à la réalisation d'un accident potentiel.

Notons que ces définition de danger et autres qui sont proposées par d'autres normes et auteurs, malgré leur vocabulaire différent mais elles portent le même sens.

I.2. Notion du risque

Selon ISO [7], le risque est combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences.

Selon INERIS [8], Le risque est considéré comme la possibilité de survenance d'un dommage résultant d'une exposition aux effets d'un phénomène dangereux. C'est une espérance mathématique de pertes en vies humaines, blessés, dommages aux biens et atteinte à l'activité économique au cours d'une période de référence et dans une région donnée.

Selon la norme AFNOR [9], le risque est la combinaison de deux éléments : la probabilité d'occurrence d'un événement ou d'une combinaison d'événements conduisant à une situation dangereuse, ou la fréquence de tels événements et les conséquences de cette situation dangereuse.

Le risque en général est défini comme une mesure d'un danger associant une mesure de l'occurrence d'un événement indésirable et une mesure de ses effets ou conséquence [10].

Notons qu'en fonction de la probabilité et de la gravité d'un risque qu'on qualifie qu'un risque est majeur, acceptables, inacceptable [11].

I.2.1. Risque industrielle :

La directive de Seveso II (C'est une directive créée suite à un accident industriel dans le but de réglementer les établissements à risque et qu'on va discuter dans les éléments suivants) [12] définit également le risque industriel comme étant : " un événement tel qu'une émission, un incendie ou une explosion d'importance majeur résultant de développement incontrôlés survenus au cours de l'exploitation d'un établissement couvert par la présente directive, entrainant pour la santé humaine, à l'intérieur ou à l'extérieur de l'établissement, et/ou pour l'environnement, un danger grave, immédiat ou différé et faisant intervenir une ou plusieurs substances dangereuses".

Les risques industriels peuvent être définis [1] comme des situations dangereuses rencontrées dans les activités dites industrielles, dans les usines de production et leurs annexes comme les locaux de stockage des matières premières et des produits finies, les laboratoires de recherche, de mise au point et de contrôle.

I.2.1.1.Risque nucléaire

Le risque nucléaire est un événement accidentel, lié à l'utilisation de matériaux radioactifs, sources de rayonnements ionisants avec des risques d'irradiation ou de contamination pour le personnel, les populations, les biens et l'environnement [13].

I.2.1.2.Risque chimique :

Le risque chimique est omniprésent dans de nombreuses activités anthropiques (l'industrie chimique, la pétrochimie, l'agriculture, la métallurgie…), il est susceptible d'engendrer des conséquences néfastes pour l'homme et l'écosystème. Le risque chimique est celui qu'engendre l'utilisation, la manipulation et/ou le stockage des produits chimiques. La directive 98/24 le définit comme « la probabilité que le potentiel de nuisance soit atteint dans les conditions d'utilisation et/ou d'exposition ». Le risque chimique, lié à la nature du produit, se manifeste par des atteintes à la santé de manière aiguë telle que les lésions, brulures, irritations, intoxication…ou chronique sur le long terme pour aboutir à des pathologies (cancer, ...) [14] .

I.2.1.3.Risque électrique :

Le risque électrique peut causer des lésions ou la mort par le choc électrique ou une brulure pouvant résulter :

- d'une possibilité de **contact direct** ou **indirect** d'un salarié avec une pièce sous tension
- du seul fait de sa présence à proximité d'un équipement électrique particulièrement dans la catégorie haute tension **(travail au voisinage)**
- d'une **isolation** ne convenant pas dans les conditions d'utilisation prévues.
- d'un **phénomène électrostatique** (contact d'une personne avec des parties chargées) [15].

I.2.1.4.Risque d'explosion :

Une explosion résulte de l'inflammation d'un mélange explosif, d'une réaction chimique violente, d'une combustion violente (d'un gaz ou d'un nuage de poussières), d'une décompression brutale d'un gaz sous pression (éclatement d'une bouteille d'air comprimé par exemple). Il peut survenir lors de la libération brutale de vapeurs ou de gaz inflammables mélangés avec de l'air et au contact d'une source d'inflammation. L'onde de choc formé, entraîne une surpression pouvant entrainer des lésions internes au niveau des poumons et des tympans ainsi que des traumatismes [16].

I.2.1.5. Risque d'incendie :

L'incendie est une combustion qui se développe sans contrôle dans le temps et dons l'espace, contrairement au feu qui est une combustion maitrisée .elle engendre de grandes quantité de chaleur, des fumées et des gaz polluants, voire toxique, l'énergie émise favorise le développement de l'incendie.

Le processus de combustion est une réaction chimique d'oxydation d'un combustible par un comburant. Cette réaction nécessitant une source d'inflammation pour être initiée.

La présence simultanée de ces trois éléments forme ce qu'on appelle le triangle du feu. L'absence d'un des trois éléments empêche le déclenchement de la combustion [17].

I.2.1.6. Risque biologique :

Les agents biologiques (bactéries, champignons, virus…) peuvent être à l'origine de maladies chez l'homme : infections, intoxications, allergies voire cancers.

Le risque biologique concerne de multiples activités : les métiers de la santé, les services à la personne, l'agriculture, les industries agroalimentaires, les métiers de l'environnement [18].

Organisme, ou substance dérivée d'un organisme, qui représente une menace à la santé humaine.

a) Bioterrorisme.
b) Emergence infectieuse.

I.2.1.7. Risque Mécanique :

Ensemble des facteurs physiques qui peuvent être à l'origine d'une blessure par l'action mécanique d'éléments de machine, d'outils, de pièces ou de matériaux solides ou de fluides projetés [19].

I.3. Gestion du risque :

Le mot gestion a été remplacé par le terme management.

Bien qu'il existe des différences importantes sur les termes liés à la gestion du risque, la définition de processus de gestion des risques est relativement identique dans tous les référentiels et normes : Le management des risques est un processus mis en œuvre par le Conseil d'Administration, la direction générale, le management et l'ensemble des collaborateurs de l'organisation.

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

« C'est l'art de protéger l'entreprise contre les incertitudes ou encore la combinaison des techniques permettant de limiter la survenance d'événements aléatoires pouvant compromettre la pérennité de l'entreprise [20].

Selon la norme ISO [7], Le management du risque inclut typiquement l'appréciation du risque, le traitement du risque, l'acceptation du risque et la communication relative au risque.

Application systématique des politiques de gestion, des procédures et des usages aux tâches d'analyse, d'évaluation et de maîtrise du risque [21].

La démarche de gestion des risques consiste à : planifier, acquérir les informations, modéliser l'exposition du système aux risques et enfin conduire le système [22].

Les processus de gestion de risque sont illustrés dans la figure 1.

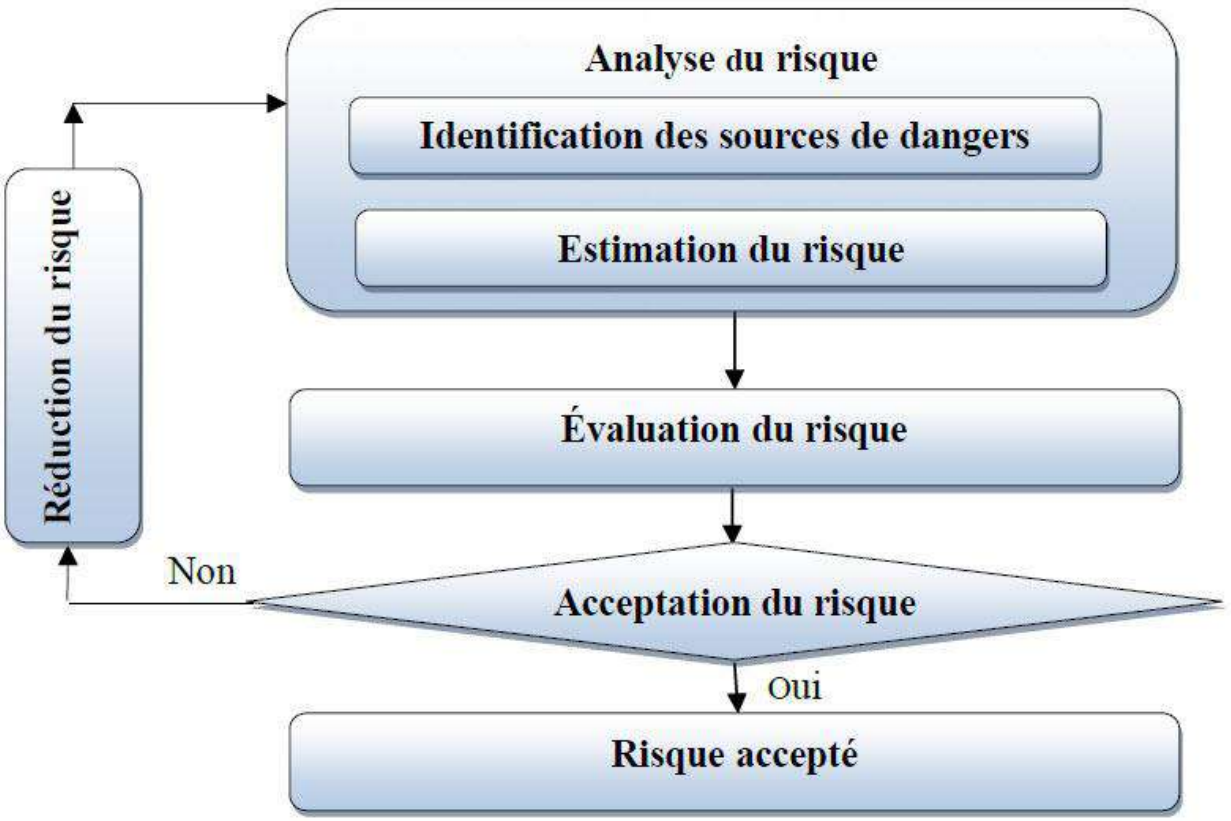


Figure 1 : Processus de gestion de risque [2].

I.3.1. Analyse du risque :

Selon la norme ISO [2], L'analyse du risque est définie comme l'utilisation des informations disponibles pour identifier les phénomènes dangereux et estimer le risque.

L'analyse des risques consiste à les identifier et à comprendre les mécanismes conduisant à leur concrétisation dans le but de réduire leur probabilité d'occurrence et / ou leur gravité. Cette étude doit aboutir à la mise en place de mesures permettant de réduire leur apparition ou leurs conséquences sur l'homme au travail, les matériels de production, les produits, les populations extérieures à notre domaine d'étude ainsi que les écosystèmes pour tendre le plus possible à une maîtrise des risques [23].

Utilisation systématique d'informations pour identifier les facteurs de risque et pour estimer le risque [7].

I.3.1.1. Méthodes d`analyse du risque

Afin de prévenir les risques associés à un procédé, un certain nombre de méthodologie sont été développées pour procéder à une analyse systématique des risques et de leurs conséquences [24].

I.3.1.2. Classification des méthodes d'analyse de risque

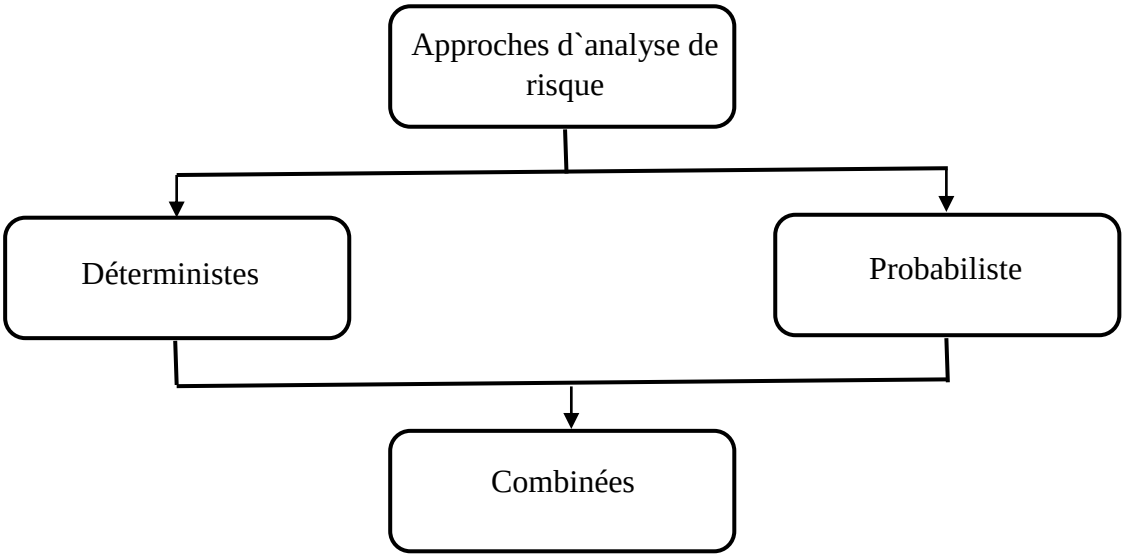


Figure 2 : Approches d'analyse de risque [25].

a. Approche déterministe

Dans le domaine de la gestion des risques, les approches déterministes se concentrent sur l'évaluation des conséquences d'un accident. La maîtrise des risques consiste alors à s'assurer de la maîtrise des conséquences à l'aide de techniques de modélisation (modèle physique, modèle de contrainte) et de calcul déterministe (à partir de scénarios d'accidents). Concernant la prise en compte de scénarios d'accidents, la complexité des situations, les difficultés de modélisation ou la non nécessaire compréhension globale de l'ensemble des phénomènes régissant le système peuvent justifier le fait de ne retenir qu'un ensemble de cas type. Du fait de l'absence d'éléments d'incertitude, la qualité de cette approche est conditionnée par l'état des connaissances et ne peut donc satisfaire l'analyse des risques émergents et liés à des situations nouvelles, complexes et non entièrement maîtrisées [26].

b. Approche probabiliste

Les approches probabilistes reposent sur l'estimation de la probabilité de survenue d'un événement non souhaité. Dans ce sens, la maîtrise des risques consiste alors à démontrer que la probabilité de survenue est maintenue à des valeurs acceptables, si besoin est par la mise en place de mesures destinées à les réduire. L'évaluation des risques repose alors sur une analyse probabiliste des indices de probabilité et de conséquence (à partir de scénarios). Bien que rendue inconfortable du fait de la prise en compte d'éléments d'incertitude, cette approche a été largement développée sur l'appellation Evaluation Probabiliste de Risques ou (EPR) (de l'anglais Probabilistic Risk Assessment ou PRA) dans les domaines du nucléaire, du pétrole et de la chimie [26].

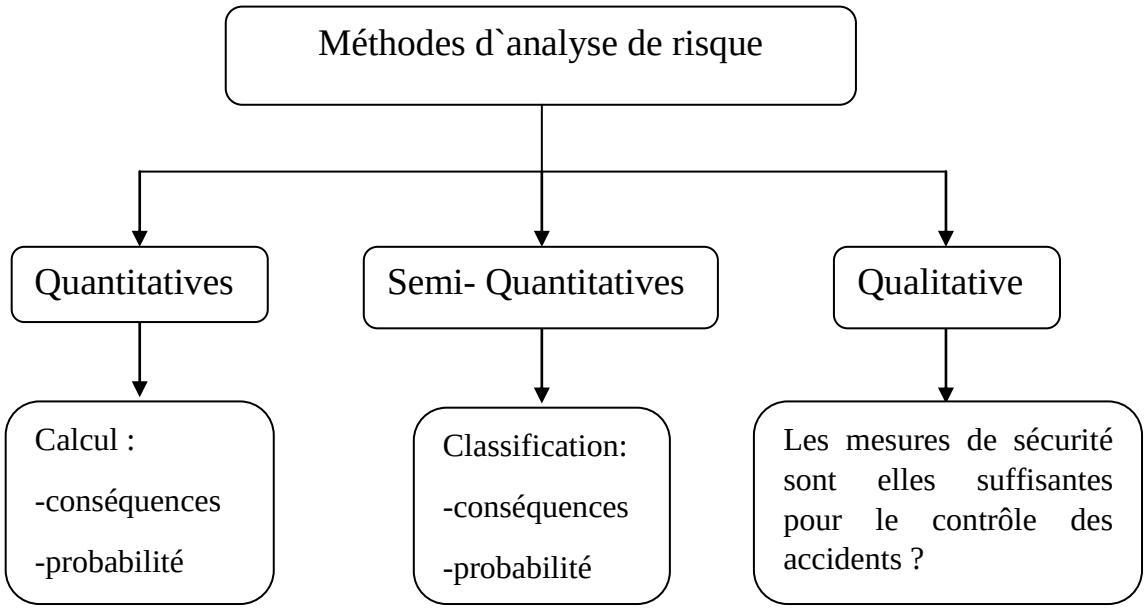


Figure 3 : Typologies et Approches des méthodes d'analyse de risque [27].

I.3.1.3. L'analyse Qualitative :

L'analyse qualitative des risques constitue un préalable à toutes autres analyses. En effet elle permet la bonne compréhension et connaissance systématique du système étudié et de ses composants .pour une bonne évaluation qualitative du risque cette approche ne s'appuie pas explicitement sur des données chiffrées, mais elle se réfère à des observations pertinentes sur l'état du système et surtout sur le retour d'expérience et les jugements d'experts. Cette approche nécessite alors une très bonne connaissance des différents paramètres et causes liés au système étudié. Dans quelques études de dangers, cette approche peut être suffisante pour atteindre les objectifs voulus si elle est bien menée et justifiée [11].

C'est la recherche qui produit et analyse des données descriptives, telles que les paroles écrites ou dites et le comportement observatoire des personnes . Elle renvoie à une méthode de recherche intéressée par le sens et l'observation d'un phénomène social en milieu naturel. Elle traite des données difficilement quantifiables. Elle ne rejette pas les chiffres ni les statistiques mais ne leur accorde tout simplement pas la première place [28].

I.3.1.3.1. Démarche inductive et démarche déductive

a) Démarche déductive

Une méthode est dite déductive si elle cherche les causes d'un évènement non souhaite (note ENS). Les plus connues et les plus utilisées sont les méthodes dites de l'arbre des causes et de l'arbre des défaillances [29].

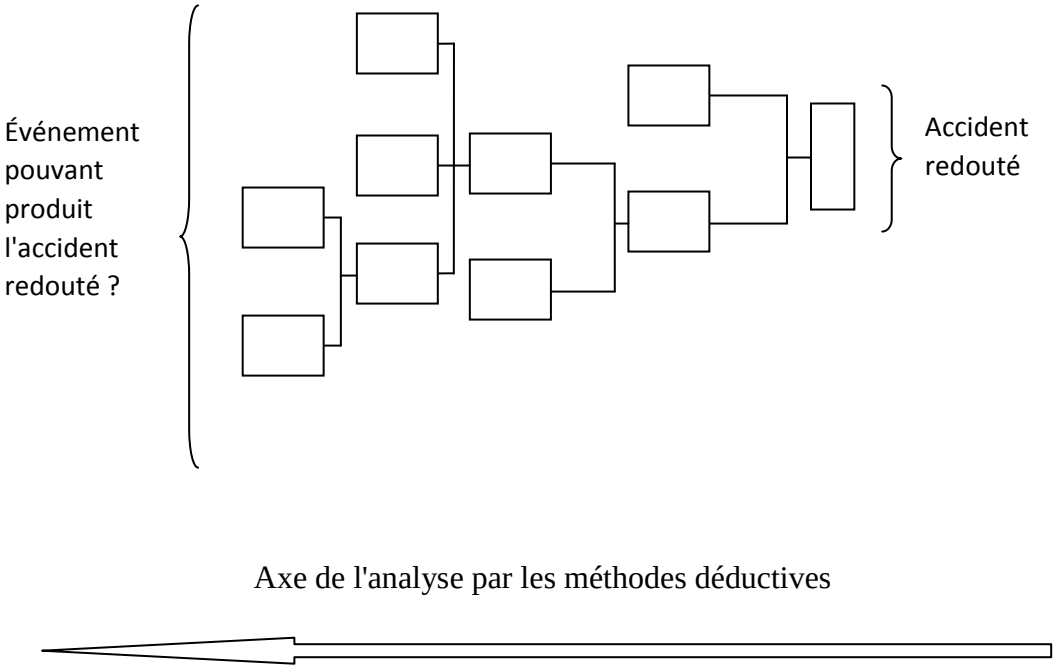


Figure 4 : Mode de recherche déductive [30].

b) <u>Démarche inductive</u>

A l'opposé des méthodes déductives, une méthode est dite inductive si elle cherche les conséquences d'un événement non souhaité (noté ENS). Les méthodes les plus utilisées et que nous présentons ici sont l'HAZOP l'AMDEC ….etc. [29].

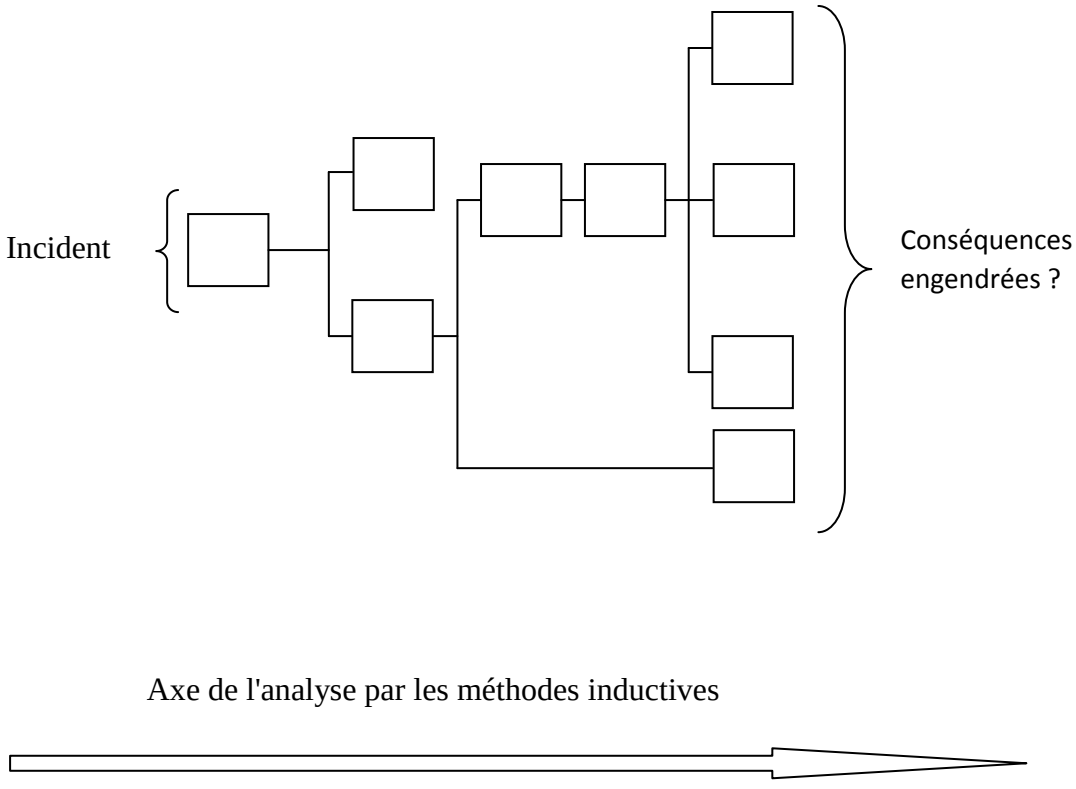


Figure 5: Mode de recherche inductive[30]

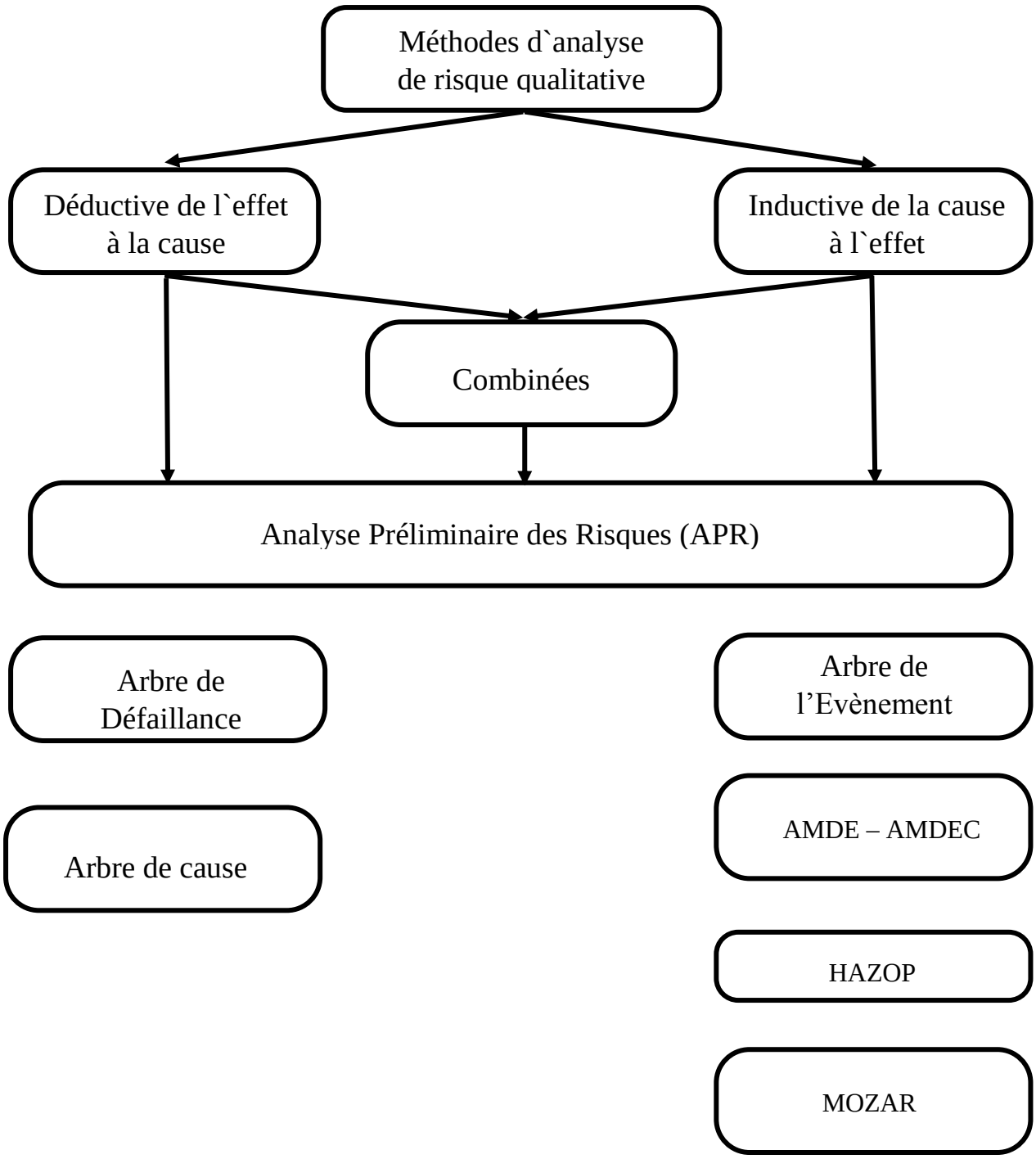


Figure 6 : Classification des risques [31].

I.3.1.3.2.Panorama des méthodes d'analyse de risque

Nous allons établir dans cette section une gamme des méthodes d`analyse des risque :

A. Analyse Préliminaire de Risque – APR

Selon la norme CEI: L'APR est une technique d'identification et d'analyse de la fréquence du danger qui peut être utilisée lors des phases amont de la conception pour identifier les dangers et évaluer leur criticité [21].

Tableau 1: Représentation de la méthode de L`APR [32]**.**

1	2	3	4	5	6
Sous-système ou fonction	Phase	Elément dangereux	Elément transformant un élément dangereux en situation dangereuse	Situation dangereuse	Elément transformant une situation dangereuse en accident potentiel

7	8	9	10	11
Accident	Conséquences	Classification par gravité	Mesures préventives	Application des mesures

B. Arbre de Défaillance

Est une analyse déductive qui fournit une évaluation Qualitative et quantitative du système[33]. Cette technique permet l'identification et l'évaluation de la probabilité d'occurrence d'un événement de tête. Elle est appuyée par une représentation graphique organisée des conditions ou des facteurs qui contribuent à l'avènement de l'événement indésirable[34].

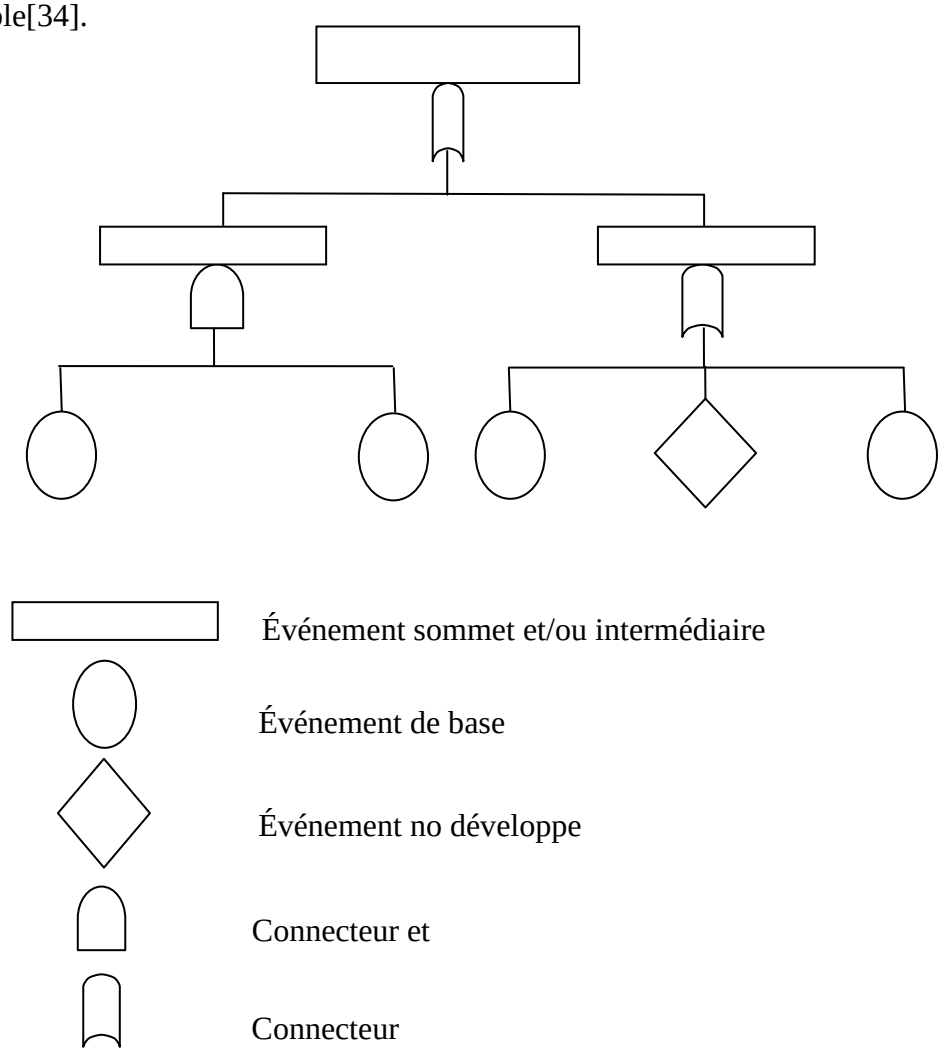


Figure 7: Représentation de l`arbre de défaillance [35]**.**

C. Arbre des Causes

Est une méthode d'analyse des incidents. Il s'agit de représenter les faits inhabituels ou les incidents sur un arbre des causes. Leur objectif est d'identifier, parmi les actes constituant l'histoire globale qui s'est achevée par un incident, ceux qui correspondent à des défaillances afin de proposer des améliorations, et basée sur le principe d'organisation et décrire, à partir des faits, l'ensemble des actions ayant abouti à l'incident. Il permet ainsi de mettre en évidence l'enchaînement des actes à des fins d'analyse et d'amélioration (correction et/ou prévention) [36].

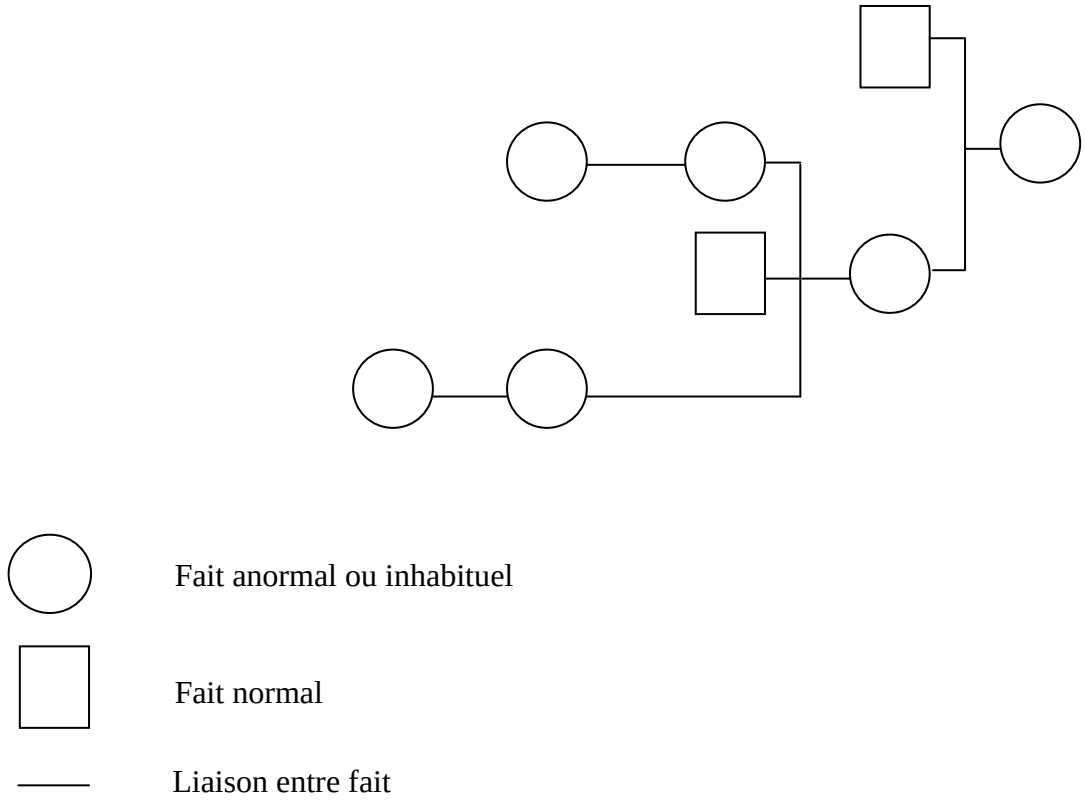


Figure 8: Représentation de l`arbre des causes [37]**.**

D. Arbre d'Evénements

Est une méthode déductive qui consiste à partir de l'événement initiateur conduisant à un événement indésirable à envisager l'échec ou le succès des fonction de sécurité puis définir les événements susceptibles de se produire en aval de l'événement initiateur, les barrières de sécurité et leurs fonctions doivent être identifiées en leurs affectant des probabilité de défaillance. L'ADE construit permet temporellement d'identifier les différentes séquences d'événements susceptibles de conduire ou non à des conséquences aux limites et les chemins les plus dangereux conduisant à des conséquences catastrophiques sont ensuite analyses en détail [11].

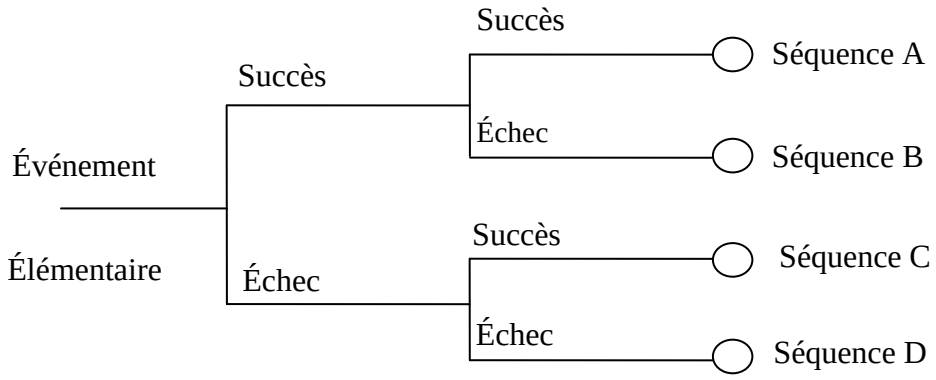


Figure 9: Représentation de l`arbre d`évènement [30].

E. Analyse des Modes Défaillance, de leurs Effets (AMDE)

L'AMDE est une démarche d'analyse préventive et inductive qui recense et met en évidence les risques potentiels et permet l'étude systématique des causes et des effets des défaillances qui affectent les composants d'un système [38]. Elle comprend quatre étapes principales :

a) Définition du système et ses composants,
b) Etablissement des modes de défaillances et de leurs causes,
c) Etude des effets des modes de défaillances,
d) Conclusions et recommandations.

F. Analyse des Modes Défaillance de Leurs Effets et de Leur Criticité (AMDEC)

Est une méthode inductive qui permet de réaliser une analyse qualitative de la fiabilité des systèmes. Elle a pour but d'évaluer l'impact ou la criticité de chacun des modes de défaillance sur la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité d'un système. Elle consiste à recenser les modes de défaillance, d'en évaluer les effets sur l'ensemble des fonctions du système et d'en analyser les causes. Elle est particulièrement efficace pour l'étude des défaillances simples. Elle est relativement exhaustive et elle permet d'identifier les défaillances de cause commune mais elle peut devenir très ardue à réaliser pour des systèmes complexes [34].

L'A.M.D.E.C, est une extension de L'AMDE et elle a pour objectifs [38]:

a) D'identifier les modes de défaillance du système,
b) De recenser toutes les causes, pour chaque mode.
c) De recenser les effets sur la mission du système.

Tableau 2: Représentation de la méthode AMDE ou de la méthode AMDEC[30]

1	2	3	4	5 et 6	
Identification Du Composant	Mode De défaillance	Causes Possibles	Phases	Conséquence	
				locales	Sur l'ensemble du système

7	8	9	10
Probabilité de la défaillance	Criticité	Actions correctives	Recommandation applications

Pour l'AMDEC

G. Hazard and Operability Study (HAZOP)

L'étude HAZOP est une technique qui a pour but d'identifier les dangers. Elle Évalue toutes les parties d'un système afin de déterminer comment les déviations par rapport à la conception originale sont susceptibles de survenir et les problèmes qu'elles peuvent entraîner i1 s'agit d'un processus créatif qui est basé sur l'utilisation de mots-guides (principales et secondaires) pour réaliser une recherche systématique des déviations[34]. Généralement une étude HAZOP représente une extension de l'analyse des modes de défaillance et leurs effets (AMDE). Elle consiste à détecter des problèmes potentiels qui peuvent causer un écart par rapport à la conception d'origine et à voir les causes et les conséquences de ces écarts. Cette méthode est mise en œuvre à la fin de phase de conception et précisément au début de phase de réalisation des système industriels puisqu'elle s'appuie sur les plans de circulation des fluides et les schémas détaillés PID (Piping and Instrumentation Diagramme) du système étudié [39].

H. Méthode Organisée et Systémique d'Analyse des Risques (MOSAR)

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

MOSAR contient deux modules hiérarchiques, un module macro « module `A' » et un module micro « module `B' ».

-Le module `A' a pour but d'identifier les dysfonctionnements techniques et opératoires provoquant un évènement indésirable. Les scenarios d'accident sont examinés d'une manière macroscopique, autrement dit, sans traiter en détail des aspects fonctionnels du système et de ses interfaces.

-Le module `B' de la méthode MOSAR, qui se présente d'ailleurs comme une suite logique du module `A', permet d'effectuer une analyse plus détaillée des dysfonctionnements techniques et opératoires et aussi de l'impact qu'ils pourraient engendrer sur le système global [38].

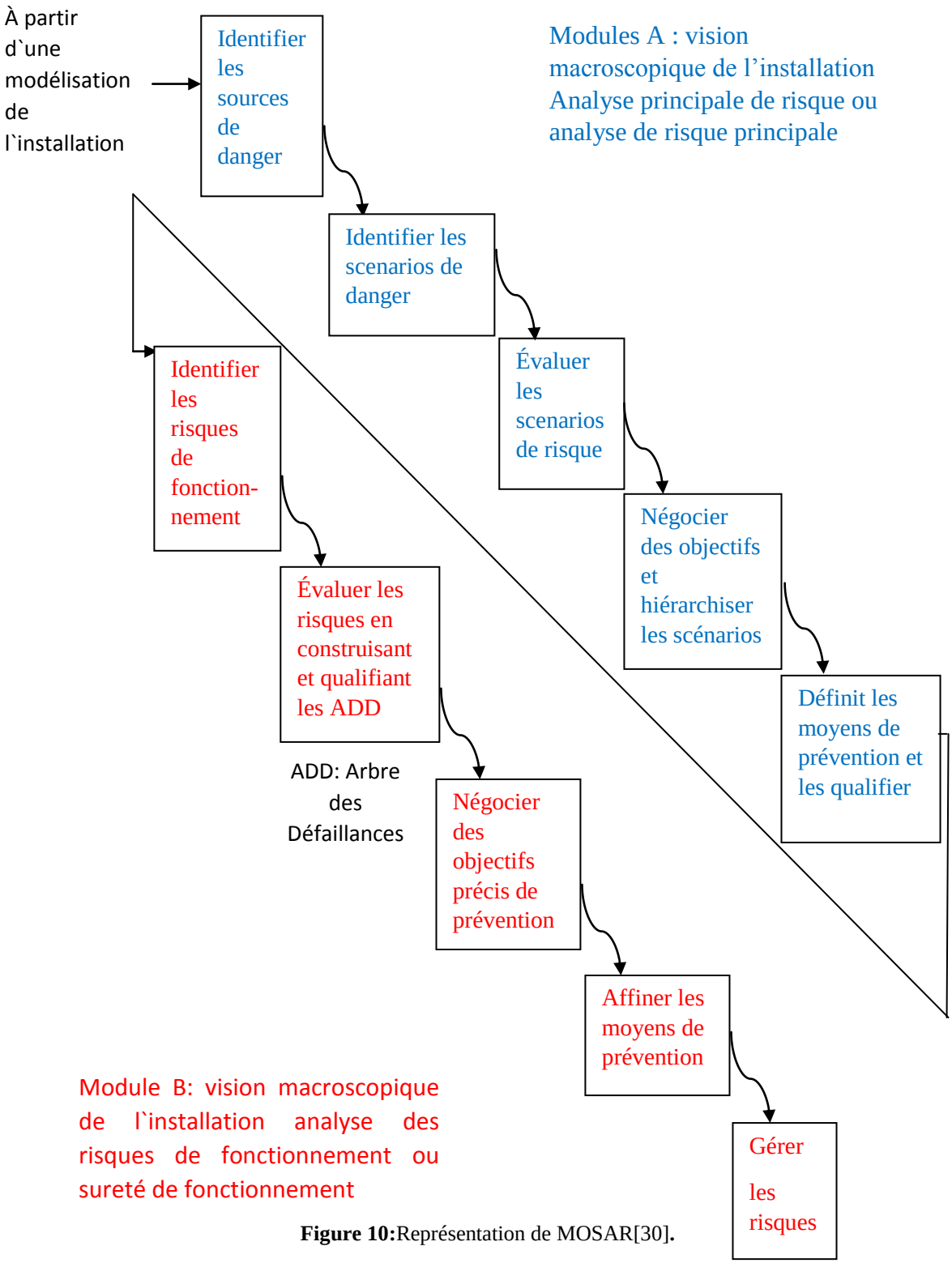


Figure 10: Représentation de MOSAR[30].

I.3.1.4. L'analyse Semi- Quantitative :

Lors d'une évaluation semi-quantitative, la probabilité est calculée subjectivement, mais l'impact est calculé objectivement. Ce mode de calcul s'applique lorsque l'impact du risque peut être déterminé avec exactitude alors que sa probabilité reste incertaine. Ce genre de risque concerne en général les changements dans la loi, car l'impact peut être calculé numériquement, mais la probabilité est souvent difficile à établir [40].

I.3.1.5. L'analyse Quantitative :

L'évaluation quantitative est basée sur le calcul de la probabilité et l'impact du risque d'une manière objective. Ce mode de calcul est utilisé quand l'information est suffisamment disponible pour pouvoir calculer, numériquement, la valeur de la probabilité et la gravité du risque [40].

I.3.2. Evaluation du risque :

L'évaluation du risque désigne une procédure fondée sur l'analyse du risque pour décider si le risque tolérable est atteint [2].

I.3.2.1. Méthodes d`évaluation des risques :

Généralement, les niveaux de gravité et de probabilité d'occurrence sont croisés dans une matrice de criticité afin de positionner les zones de risque. La matrice Gravité/Occurrence ci-dessous :

Tableau 3 : Matrice de criticité [31].

	Insignifiant	Marginal	Critique	Catastrophique
Invraisemblable	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable
Improbable	Négligeable	Négligeable	Acceptable	Acceptable
Rare	Négligeable	Acceptable	Indésirable	Indésirable
Occasionnel	Acceptable	Indésirable	Indésirable	Inacceptable
Probable	Acceptable	Indésirable	Inacceptable	Inacceptable
Fréquent	Indésirable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable

Nous proposons de garder les qualificatifs de la norme NF EN 50126, tout en les répartissant sur 3 classes distinctes : « risque maitrisé » regroupant le risque négligeable et le risque acceptable, « risque maitrisable » regroupant le risque indésirable non résiduel et enfin «

risque non maitrisable » regroupant le risque résiduel et le risque inacceptable. Toutefois nous définissons le risque indésirable comme une sous-catégorie du risque tolérable et nous procédons de la même façon en ce qui concerne le risque inacceptable par rapport au risque résiduel [32].

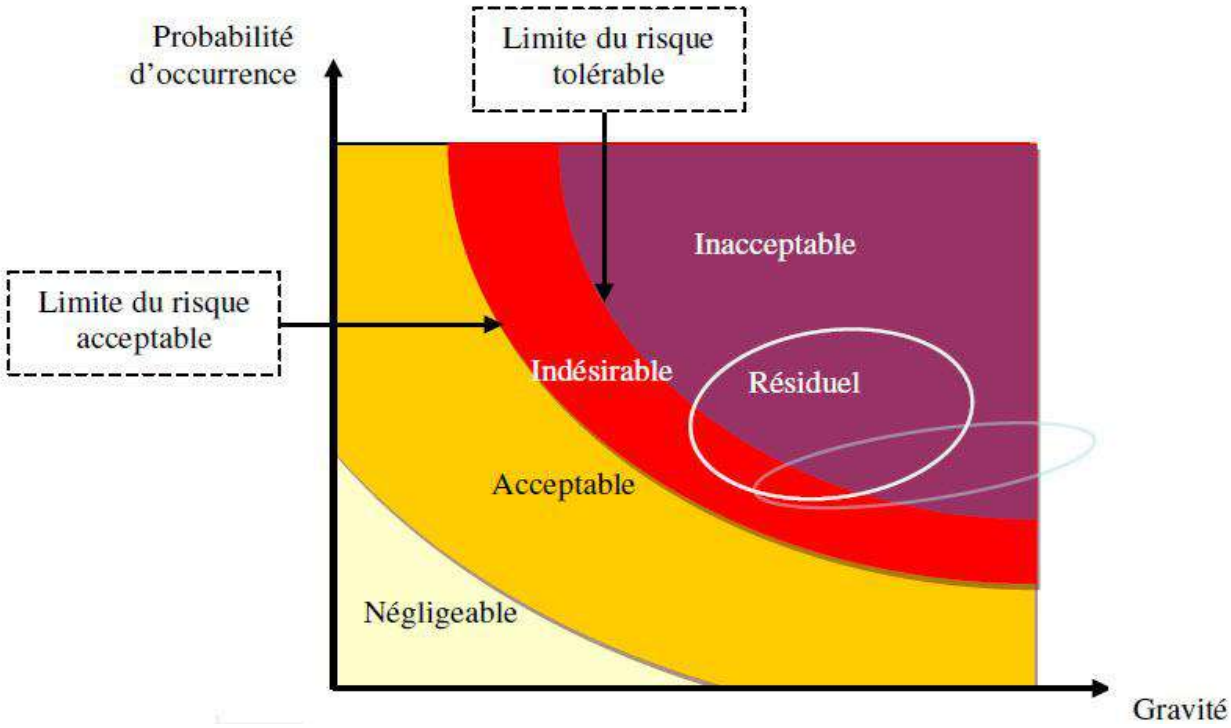


Figure. 11 : Classification des risques [25].

I.3.3. Acceptation du risque :

le risque acceptable est un risque accepté dans un certain contexte et fondé sur les valeurs admises par la société [2].

I.3.4. Réduction du risque :

Actions entreprises en vue de diminuer la probabilité, les conséquences négatives (ou dommages), associées à un risque, ou les deux [7].

I.3.5. Critères de choix d'une méthode d'analyse de risque

les importants critères de chois d`une méthode d`analyse de risque sont [31]:

a) Domaine de l'étude.
b) Stade de l'étude (spécification, conception, démantèlement).
c) Perception du risque dans ce domaine.
d) Culture de la Sûreté de Fonctionnement de l'organisation.
e) Caractéristiques du problème à analyser.

f) Niveau envisagé de la démonstration de la sécurité.

g) Savoir-faire des intervenants.

h) Nature des informations disponibles (spécifications du système et de ses interfaces, contraintes, etc.).

i) Retour d'expérience et base de données disponibles.

j) Moyens humains, logistiques et autres.

Chapitre II :
Présentation de la méthode HAZOP

II.1. Historique de la méthode HAZOP

La méthode HAZOP , inventée en 1965 en Grande-Bretagne par la société ICI (Imperial chemical industries), elle était conçue comme une technique d'analyse de risque qualitative et s'adressait particulièrement à la phase d'ingénierie de détail de nouvelles installations chimiques ou pétrochimiques. Elle innovait par rapport aux pratiques des codes de construction et des revues sécurité sur schémas, employées à l'époque par les sociétés d'ingénierie, toutes basées sur l'analyse d'événements passés. Son originalité résidait dans son approche a priori des dangers et des dysfonctionnements d'une installation, par l'étude systématique des déviations des paramètres gouvernant de procédé à analyser[38].Cette technique s'est développée hors des limites de la société ICI, au sein de l'industrie chimique et pétrochimique après l'explosion catastrophique. Le samedi 1er juin 1974, un nuage de 40 tonnes de cyclohexane sur le site Nypro (Royaume-Uni) de Flixborough en Grande-Bretagne a été gravement endommagé par une explosion qui a tué 28 ouvriers et a blessé 36 autres. Il a été admis que le nombre de victimes aurait été nettement plus important si l'incident s'était produit un jour de semaine, car la tour de bureaux principale était inoccupée. Selon les rapports, 53 personnes extérieures au site ont été blessées et des propriétés avoisinantes ont aussi été endommagées [41].

De simple technique, la méthode HAZOP est devenue une pratique d'identification des dangers et des problèmes d'exploitabilité, adoptée par de nombreuses industries (à risques), en particulier, l'industrie pétrolière caractérisée par des dangers similaires à ceux de l'industrie chimique ou pétrochimique, mais aussi dans des industries ou les dangers sont d'une autre nature, comme ceux rencontrés dans le nucléaire, l'alimentaire et les transports.

L'identification des dangers est un processus permettant de trouver, lister et caractériser les situations, conditions ou pratiques qui comportent en elles-mêmes un potentiel à causer des dommages aux personnes, aux biens ou à l'environnement. Ces situations, conditions ou pratiques, sont des dangers [38].

II.2. Définition de l'HAZOP

HAZOP est une méthode prépondérante dans l'analyse de la sécurité des industries de process (chimique, pharmaceutique, pétrolière..). Elle est presque indispensable pour l'examen de systèmes dont la sécurité de l'installation dépend en grande partie de la maîtrise des conditions opératoires (débit, pression, température...). La méthode HAZOP permet d'améliorer le processus lui-même, indépendamment des risques [42].

Selon Généralement la méthode HAZOP représente une extension de l'analyse des modes de défaillance et leurs effets (AMDE). Elle consiste à détecter des problèmes potentiels qui peuvent causer un écart par rapport à la conception d'origine et à voir les causes et les conséquences de ces écarts. Cette méthode est mise en œuvre à la fin de phase de conception et précisément au début de phase de réalisation des systèmes industriels puisqu'elle s'appuie sur les plans de circulation des fluides et les schémas détaillés PID (piping and instrumentation diagramme) du système étudié [39].

II.3.Principe de L`HAZOP :

La méthode HAZOP est dédiée à l'analyse des risques des systèmes thermo hydrauliques pour lesquels il est primordial de maîtriser des paramètres comme la pression, la température, le débit, écoulement, ... etc [43].

Le principe de l'HAZOP est d'associer des mots-clés et des paramétrés relatifs à l'installation étudiée pour ainsi déceler des dérives. Elle ne considère plus des modes de défaillances mais les dérives potentielles (ou déviations) des principaux paramétrés liés à l'exploitation de l'installation. De ce fait, elle est centrée sur le fonctionnement du procédé, à la différence de l'AMDE qui est centrée sur le fonctionnement des composants de l'installation [3].

II.3.1.Mots-clés ou mots guides :

Parallèlement, la méthode introduit un nombre limité (sept à l'origine) de mots-clés appelés aussi « mots guides » et définis originellement ainsi [39] :

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

Liste des sept mots-clés (keywords) :

a) non ou pas de (no ou not) ;
b) plus de (more) ;
c) moins de (less) ;
d) en plus de (as well as) ;
e) en partie (part of) ;
f) autre que (otherthan) ;
g) inverse (reverse).

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

a) plus tôt que (earlierthan) ;
b) plus tard que (laterthan) ;

c) avant (before) ;

d) après (later).

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

Tableau 4 : Signification des mots guide [35]

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

II.3.2.Paramètres de fonctionnement

Les paramétrés de fonctionnement, pouvant avoir une incidence sur la sécurité de l'installation, doivent être sélectionnes. De manière fréquente, les paramétrés sur lesquels porte l'analyse, sont [44]:

a) La température ;

b) La pression.

c) Le débit.

d) Le niveau.

e) La concentration.

f) La viscosité.

g) Le temps.

Les opérations à réaliser :

a) La quantité.

b) L'absorption.

c) La composition.

d) La séparation.

Actions à réaliser:

a) Démarrer

b) Isoler

Fonctions-situations

a) Protection

b) Séisme

Tableau 5 : Exemples de paramètres de la méthode HAZOP [45].

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

II.3.3.Déviations

La combinaison de mots-clés et de paramètres de fonctionnement va constituer une dérive, ou déviation, de ce paramètre [39].

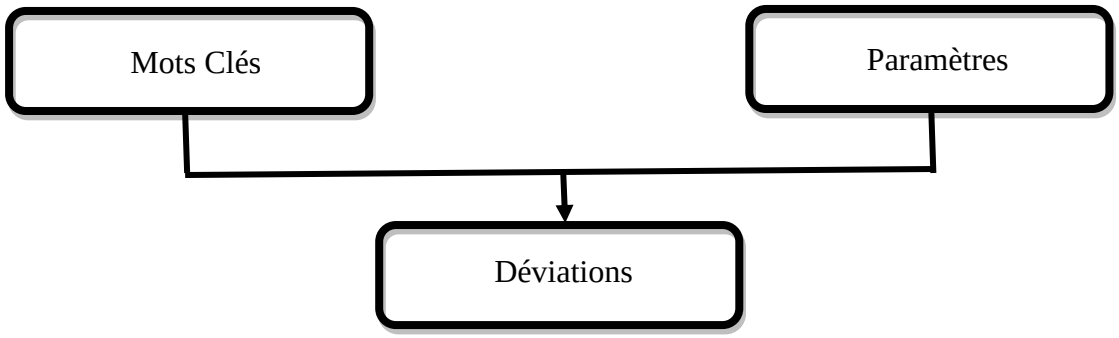


Figure 12 : La relation de déviation.

Exemple I [45]: le paramètre grandeur physique « température » appliqué au mot-clé « plus de » conduit à la déviation « plus de température », sous-entendu par rapport à l'intention du procédé, déviation qui s'exprimera plus clairement par « température haute ». De la même façon, le paramètre opératoire « agitation » appliqué au mot-clé « pas de » conduit à la déviation « pas d'agitation ».

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

Exemple II [38]:

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

Tableau 6 : Exemple de matrices potentielle des mots guide et des paramètres[46].

Mot-guide Paramètre	Plus de	Moins de	pas	inverse	Partiellement incorrecte	Equivalent	Autre que
Pression	Pression trop haute	Pression trop basse	Absence de confinement	Appareil sous vide	Erreur point de mesure de pression	Pression extérieure	Manque d'air instruments
Température	Trop Chaude	Trop froid	Manque de réchauffage	Manque de refroidissement	Erreur point de mesure de température	Exposition au feu	Réaction exothermique endothermique
Débit	Trop grande	Trop petit	Débit nul	Retour de produit	Fausse origine du produit	Autre phase	Manque de gaz inerte
Niveau	Trop haut	Trop bas	Appareil vide	recyclage	Erreur de produit	Moussage expansion	Manque d'énergie électrique
concentration	Trop forte	Trop basse	Manque d'additif (catalyseur)	Rapport inversé	Erreur de constituant	Densité déférente	contamination
Temps	Opération trop longue	Opération trop courte	Opération oubliée	Reprise de la même opération	Mauvaise opération	Addition d'une autre opération	Démarrage Arrêt
Protection	Risque induit par surprotection	Protection Insuffisante	Manque de protection	Impact choc		Chute dispersion	malveillance

II.4.L`objectif de L`HAZOP :

La méthode HAZOP sert à identifier les dysfonctionnements de nature technique et opératoire, dont l'enchainement peut conduire à des événements non souhaites. Il s'agit donc de déterminer, pour chaque sous-ensemble ou élément d'un système bien défini, les conséquences d'un fonctionnement hors du domaine d'utilisation pour lequel ce système a été conçu[42].

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

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

b) « ...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 [39].

Les raisons qui vont conduire à engager une étude HAZOP sur une installation industrielle peuvent répondre à de multiples objectifs qui sont en fait des exigences[38],[41]:

a) Satisfaire aux exigences de la politique ' Hygiène-Sécurité-Environnement "
(HSE) de l'entreprise propriétaire de l'installation ;

b) Satisfaire aux exigences de l'Administration : Assurer la conformité avec la réglementation des Installations classées pour la protection de l'environnement
(ICPE), les codes du travail et de l'environnement, la Directive SEVESO;

c) Etablir les plans d'urgence : Plan d'opération interne (POI) pour les installations industrielles, Plan d'urgence interne (PUI) pour les installations nucléaires, tous deux établis sous la responsabilité de l'exploitant, le Plan particulier d'intervention (PPI) et le Plan de prévention des risques technologiques (PPRT), établis sous l'autorité du Préfet ;

d) Renforcer la confiance des parties prenantes (stakeholders) : populations, personnels, dirigeants, actionnaires, clients ;

e) Satisfaire aux exigences des assureurs qui vont devoir couvrir financièrement le risque résiduel.

f) les études HAZOP permettent de corriger les erreurs avant que deviennent trop onéreux.

g) les études HAZOP sont devenues la méthode la plus employée pour l'identification des dangers.

Bien que la conception de l'usine se fonde sur les réglementations et normes applicables, le processus HAZOP a offert la possibilité de les compléter par une anticipation ingénieuse des écarts susceptibles de se produire en raison, par exemple, de conditions ou problèmes de procédé, du dysfonctionnement d'un équipement ou d'une erreur humaine.

II.5. Déroulement de L`HAZOP :

II.5.1.Phase préparatoire :

L'entreprise doit évaluer la nécessite et la pertinence de recourir à l'HAZOP, puis délimiter son périmètre d'application. Le système sera divisé en sous-systèmes appelés" nœuds", l'installation examinée sera appelée "ligne" ou "maille".

L'équipe de travail constituée doit être pluridisciplinaire et doit parfaitement connaitre et maîtriser le nœud et ses lignes/mailles. Elle délimitera les contours du sujet et en dégagera les objectifs [38].

II.5.2. Générer les dérives potentielles :

Afin de générer efficacement des dérives potentielles, la méthode HAZOP prévoit d'associer des mots-clés qui seront représentatifs des types de déviation possible du système, sous la forme de propositions conditionnelles, à tous les paramétrés pouvant interagir sur la sécurité du système.

L'équipe de travail sélectionne un paramètre de fonctionnement de l'exploitation (ex.la température, le temps, la pression, le débit, ...) et choisit un mot-clé définissant une déviation. C'est la combinaison du mot-clé et du paramètre qui constitue la dérive.

Par exemple : Le paramètre " Pression ", associe au mot-clé de déviance "Supérieur à" et une valeur limite, exprime un risque d'une surpression. L'équipe fixe la liste des dérives plausibles, issues de combinaisons paramétrées mots-clés, pour déclencher l'analyse des causes et des conséquences potentielles [38].

II.5.3. Identifier les causes et les conséquences potentielles :

Le groupe de travail, une fois la dérive envisagée, doit identifier les causes de cette dérive, puis les conséquences potentielles de cette dérive. En pratique, il peut être difficile d'affecter a chaque mot-clé (et dérive) une portion bien délimitée du système et en conséquence l'examen des causes potentielles peut s'avérer, dans certains cas, complexe .Afin de faciliter cette identification, il est utile de se référer à des listes guides [38].

II.5.4. Identifier les moyens de détection et de prévention :

L'HAZOP prévoit d'identifier, pour chaque dérive, les moyens accordés à sa détection et les barrières de sécurité prévues, pour en réduire l'occurrence ou les effets. Si les mesures mises

en place paraissent insuffisantes, au regard du risque encouru, le groupe de travail peut proposer des améliorations en vue de pallier à ces problèmes ou du moins définir des actions à engager, pour améliorer la sécurité quant à ces points précis [38].

II.5.5. Emettre des recommandations :

L'équipe de travail émet des recommandations d'actions correctives à mettre en œuvre, en cas d'apparition de la dérive ou des recommandations d'actions d'amélioration à mettre en place sur les outils et/ou méthodes de prévention déjà existants [38].

II.5.6. Rechercher les dérives jusqu'à épuisement des risques :

L'équipé de travail génère toutes les dérives crédibles possibles de la ligne/maille jusqu'à épuisement des risques, identifie les causes, conséquences, moyens de détection et de prévention de chaque dérive et émet ses recommandations.

L'équipé de travail procède ainsi pour chaque ligne/maille de chaque nœud identifie et afin de faciliter la lecture et l'enregistrement des informations, les résultats de cette analyse sont généralement repris sous la forme d'un tableau [38].

Ces étapes sont illustrées par l'organigramme suivant [38]:

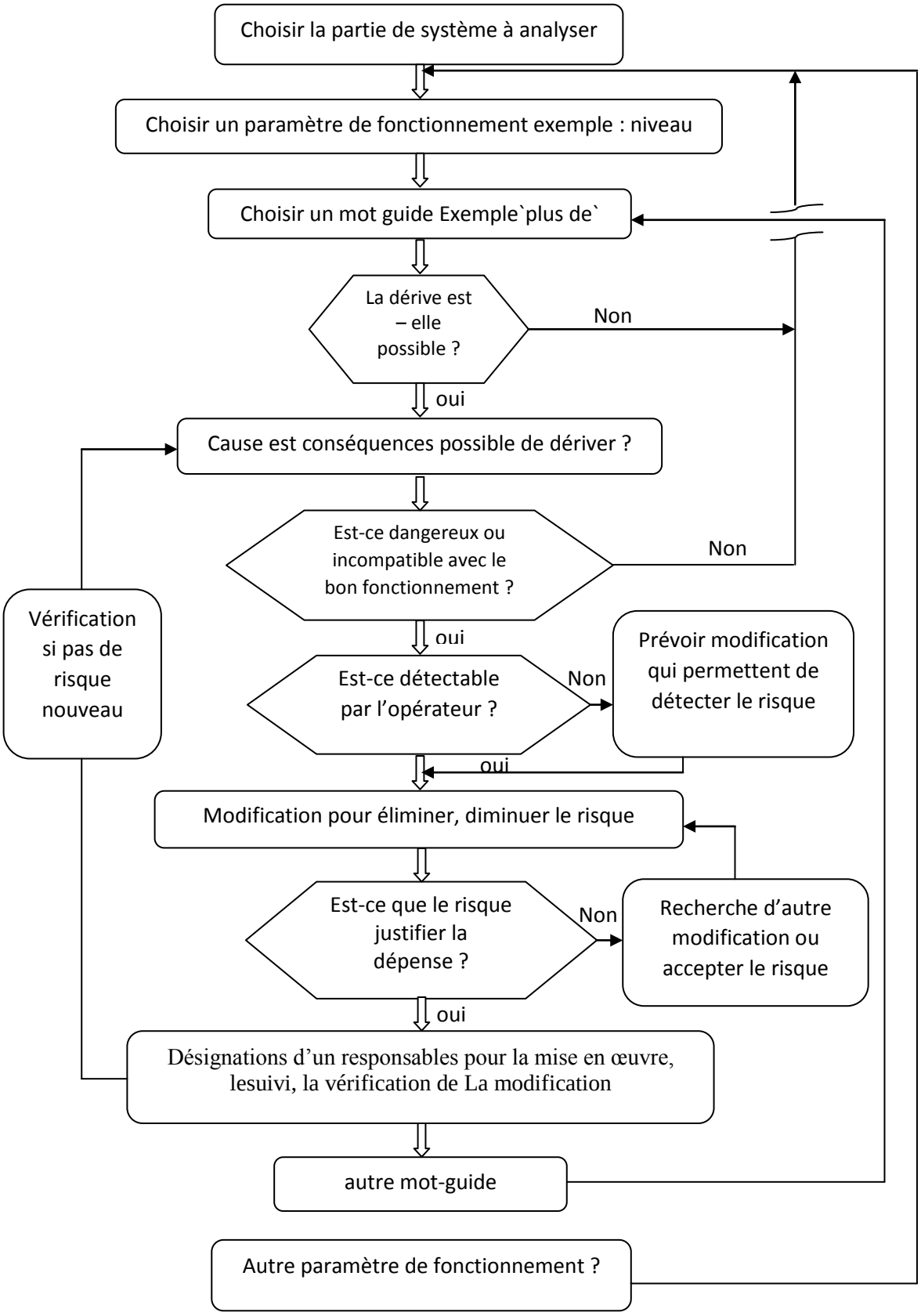


Figure13:les étapes de déroulement de L`HAZOP.

II.6. Équipe d'étude HAZOP :

Il est important qu'une équipe HAZOP soit constituée de personnes qui apportent à l'étude le meilleur équilibre possible entre les connaissances et l'expérience sur le type d'usine envisagé. Une équipe HAZOP type sera constituée comme suit [41]:

Tableau 7 : Rôle Équipe d'étude HAZOP.

Nom	Rôle
Président	Explique le processus HAZOP, dirige les discussions et facilite l'étude HAZOP. Personne ayant une bonne expérience de la méthode HAZOP, mais pas directement impliquée dans la conception, afin de garantir le respect scrupuleux de la méthode.
Secrétaire	Consigne les discussions de la réunion HAZOP et fournit un compte-rendu de celles-ci. Consigne les recommandations ou actions.
Ingénieur de procédé	Généralement l'ingénieur responsable de l'organigramme des opérations de procédé et de l'élaboration des diagrammes de tuyauterie et d'instrumentation (P&ID).
Utilisateur/opérateur	Fournit des conseils sur l'utilisation et l'opérabilité du procédé, ainsi que sur l'incidence d'écarts.
Spécialiste C&I	Personne ayant les connaissances techniques adaptées en commandes et instrumentation.
Technicien de maintenance	Personne chargée de la maintenance du procédé.
Représentant de l'équipe de conception	Fournit des détails relatifs à la conception ou des informations supplémentaires.

II.6.1.Informations utilisées dans l'étude HAZOP Les éléments suivants doivent être consultables par l'équipe HAZOP [41]:

- Diagrammes de tuyauterie et d'instrumentation (P&ID) pour l'installation ;
- Documentation de philosophie ou de description de procédé ;
- Procédures de fonctionnement et de maintenance existantes ;
- Diagrammes de causes et effets (C&E) ;
- Plans d'aménagement d'usine.

II.7. Limites de L`HAZOP :

Les limites de la méthode HAZOP sont [47],[38]:

a) La méthode HAZOP repose sur la déviation des variables, mais ne prend pas en compte les défaillances, ni les enchaînements que peuvent entraîner les déviations de ces variables.

b) Cette méthode ne représente pas l'installation sous une forme structurée facilement informatisable.
c) HAZOP permet difficilement d'analyser les événements résultant de la combinaison simultanée de plusieurs défaillances ;
d) Il est parfois difficile d'affecter un mot-guide à une portion bien délimitée du système à étudier. Cela complique singulièrement l'identification exhaustive des causes potentielles d'une dérive.

II.8. Avantages de L`HAZOP :

a) HAZOP est une méthode très adaptée à l'étude de dangers dans le domaine des procédés tel que le domaine chimique [31].
b) HAZOP est un outil particulièrement efficace pour les systèmes thermo hydrauliques ,Cette méthode présente un caractère systématique et méthodique [38].

II.9. Représentation de la méthode d`HAZOP

Tableau 8 : Descripteur de données d'une étude HAZOP [29]

Date : Ligneouéquipement :								
N°	Mot clé	Paramètre	causes	conséquences	détection	Sécurités existantes	Propositions d'amélioration	observations

a) cause et conséquence de la dérive: le groupe de travail une fois la dérive envisagée, doit identifier les causes de cette dérive, puis les conséquences potentielles de cette dérive. en pratique, il peut être difficile d'affecter à chaque mot-clé (et dérive) une portion bien délimitée du système et en conséquence, l'examen des causes potentielles peut s'avérer, dans certains cas, complexe. afin de faciliter cette identification, il est utile de se référer à des listes guides [43].
b) moyens de détection ,sécurités existantes et proposition : la méthode HAZOP prévoit d'identifie pour chaque dérive les moyens accordés à sa détection et les barrières de sécurité prévues pour en réduire l'occurrence ou les effets.si les mesures mises en place paraissent insuffisantes au regard du risque encouru ,le groupe de travail peut proposer des améliorations en vue de pallier ces problèmes ou du moins définir des actions a engager pour améliorer la sécurité quant à ces points précis.

Chapitre III :
Résultats et discussion

III.1. Système choisi : Chaudière

Dans son acception moderne, il désigne un appareil (voire une installation industrielle, selon sa puissance) permettant de transférer en continu de l'énergie thermique à un fluide caloporteur (le plus généralement de l'eau). L'énergie thermique transférée (source de chaleur) peut être soit la chaleur dégagée par la combustion (de charbon, de gaz, de bois, de déchets, ... etc.), soit la chaleur contenue dans un autre fluide (chaudière de récupération sur gaz de combustion ou gaz de procèdes chimiques...etc.),soit encore d'autres sources de chaleur (chaudières électriques, par exemple). Les chaudières sont aussi bien des systèmes industriels que domestiques.

A l'intérieur de la chaudière, ce fluide caloporteur peut être soit uniquement chauffé(c'est-à-dire qu'il reste en phase liquide), soit chauffé et vaporise, soit chauffé, vaporise puis sur chauffé (donc avec passage de phase liquide à phase gazeuse) [38].

III.1.1 Schéma globale de la chaudière

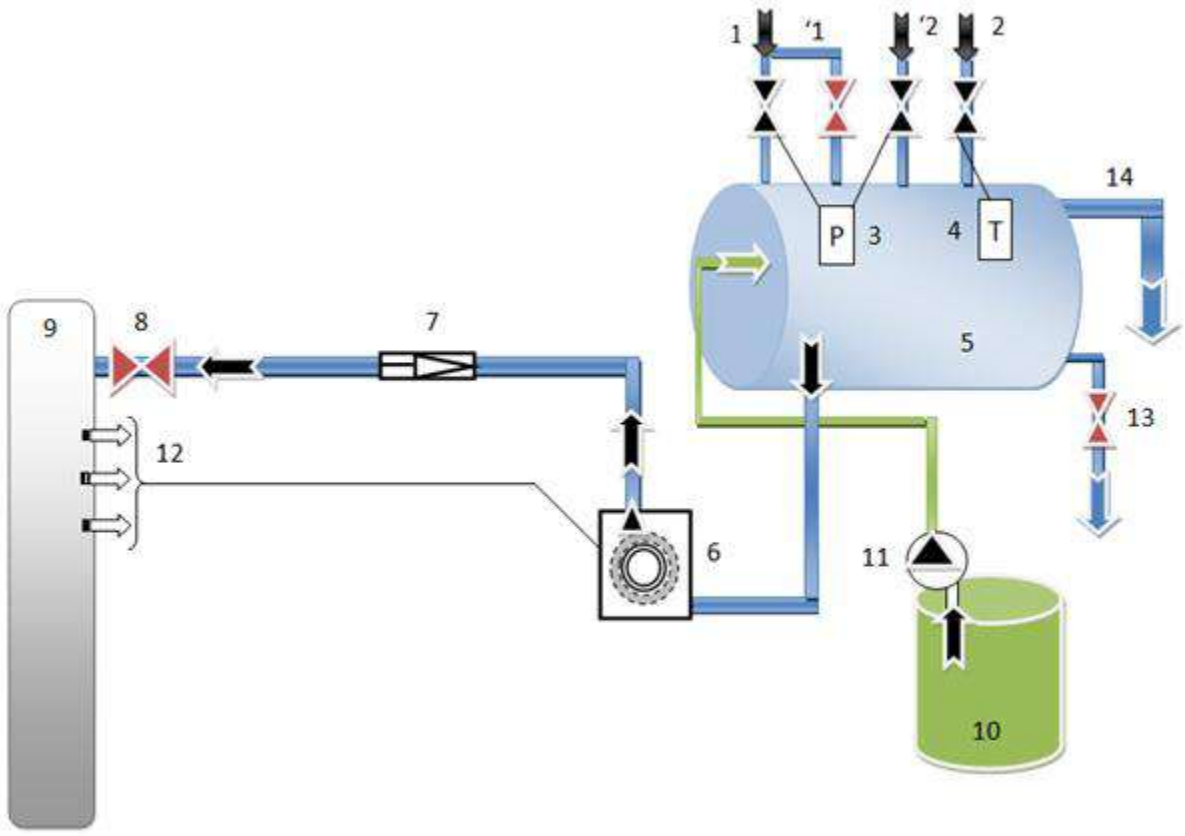


Figure 14 : Citerne alimentaire [38]

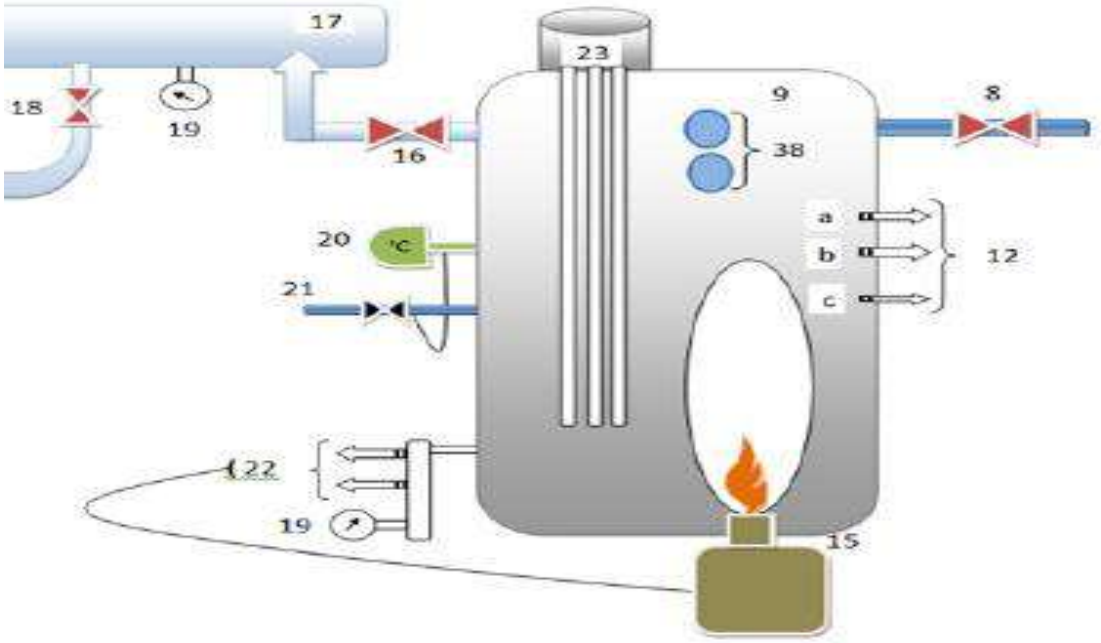


Figure 15: Chaudière [38]

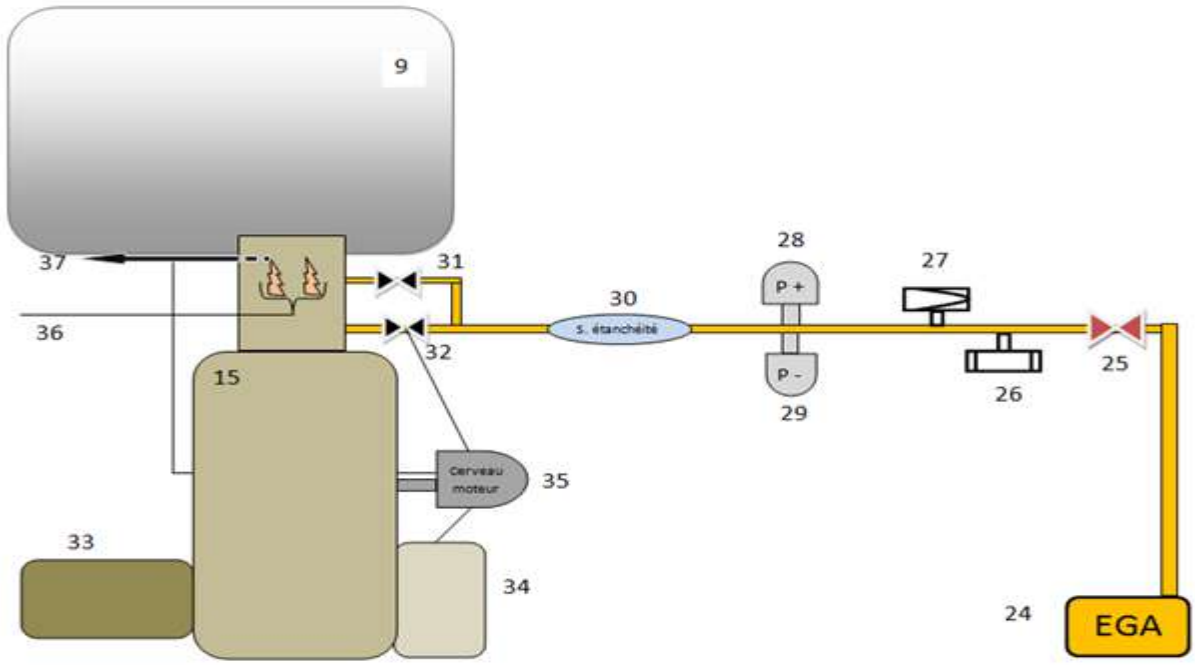


Figure 16 : Bruleur [38]

Tableau9: Nomenclature[38]

1. Electrovanne d`alimentation en eau	18. Vanne manuelle de sortie vapeur vers processus
1`.Vanne d`alimentation manuelle (secoure)	19. Manomètre
2. Electrovanne d`alimentation en vapeur	20. Capteur de concentration d`eau
2`.Vanne d` alimentation en condensat	21. Electrovanne de vidange
3. Pressostat	22. Sondes de pression vapeur
4. Thermostat	23. Tubes et chemine (évacuation fumés)
5. Bâche alimentaire d`eau (eau 80/85°C)	24. Poste EGA
6. Pompe d` alimentation en eau	25. Vanne manuelle d`entrée du GAZ
7. Clapet anti retour	26. Filtre GAZ
8. Vanne manuelle d`entrée eau	27. Régulateur de pression GAZ
9. Chaudière	28. Pressostat (max)
10. Fut d`additifs	29. Pressostat (min)
11. Pompe d`ajout d`additifs	30. Système d`étanchéité
12. Sondes de niveau d`eau a) Niveau haut b) Niveau bas c) Niveau très bas (arrêt bruleur)	31. Electrovanne d`allumage 32. Electrovanne principale 33. Moteur ventilateur
13. Vanne manuelle de vidange	34. Clapet d`air
14. Trop plein	35. Cerveau moteur
15. Bruleur	36.Electrodes d`ionisation
16. Vanne manuelle de sortie vapeur	37. Electrode de détection flamme
17. Collecteur de vapeur	38. Soupape de sécurité

III.2.Tableaux HAZOP pour la Chaudière

Dans cette partie, la méthode de HAZOP au niveau de la Chaudière a été appliquée par KHELOUFI.DJ et MEDJDOUB.J dans une analyse de la surete de fonctionnement pour la maitrise des risques de la chaudiere au niveau de la laiterie Tchin-Laita Bejaia. Cette application qualitative est basée sur une démarche inductive, pour identifier les causes et les conséquences des déviations liées a la circulation de l'eau dans la section chaudière et les moyens de protection existants, pour empêcher la réalisation des conséquences redoutées.

Tableau10 :la méthode HAZOP au niveau de la Bâche alimentaire d`eau [38]**.**

Date :du23 à 30/05/2013 Ligne ou équipement :Bâche alimentaire d`eau								
N°	Mot clé	Paramètre	Déviation	causes	conséquences	Barrières Sécurités	Actions correctives	observations
1	Plus de	Niveau d`eau	Niveau d`eau élevé	-vanne défaillante (1) -Pressostat défaillant (3)	.Augmentation de pression -Risque d`endommag-ement la bâche	Evacuation de sécurité (tarage)	-Alarme niveau haut -Ronde de routine	Criticité négligeable, Aucune modification de conception Maintenance corrective
2	Moins de	Niveau d`eau	Niveau d`eau bas	-vanne défaillante (1,1`) .Pressostat défaillant (3)	-Diminution de Pression -Risque d`arrêt du procès	vanne de secours (redondance) (1`)	--Alarme niveau bas -Ronde de routine	Criticité négligeable, Aucune modification de conception Maintenance corrective
3	Plus de	Température	Tempéra-ture élevée	-Thermo-stat(4) Défaillant -vanne vapeur(2) défaillante	Surchauffe eau de la Bâche (>85°C)	Thermostat (4)	-prévoir alarme de Tempéra-ture	Aucune modification de conception Maintenance corrective
4	Moins de	Température	Tempéra-ture basse	-Thermo-stat(4) Défaillant -vanne vapeur(2) défaillante	-Diminution température eau de Bâche (<80°C)	Thermostat (4)	-prévoir alarme de Tempéra-ture	Criticité négligeable Aucune modification de conception Maintenance corrective
5	Plus de	Concentration	Concen-tration élevée	-Traitement eau Insuffisant -Contamination dans la conduite	-Risque d`obstruction du circuit -dommage aux parois intérieur chaudière	-Ajout d`additifs -prélèvem-ent Pour analyse	-Détecteur de Concent-ration	Criticité négligeable Aucune modification de conception

Tableau 11 :la méthode HAZOP au niveau de la Chaudière-circuit d`eau bâche vers la chaudière [38].

Date :du23 à 30/05/2013 Ligne ou équipement :Chaudière-circuit d` eau bâche vers la chaudière								
N°	Mot clé	Paramètre	Déviation	Causes	Conséquences	Barrières Sécurités	Actions correctives	Observati-ons
1	Pas de	Niveau d`eau	Absence d`eau	-vanne (1) en panne -Pressostat (3) défaillant -Pompe (6) en panne -Vanne (8) fermée -Sondes (12) Défaillantes -régulateur Défaillant -fuite d`eau	-Arrêt du processus -Déformation de la chaudière -Explosion de la chaudière	-Teste d`étanchéité	-Prévoir alarme de niveau pour la bâche d`eau -Prévoir alarme de température pour la chaudière -Opérateur (visite chaque jour)	Criticité négligeable Aucune modification de conception Maintenance corrective
2	Plus de	Niveau d`eau	Niveau d`eau élevé	--Sondes (12) Défaillantes -régulateur Défaillant	.Augmentation de la pression -Diminution de la vapeur -Processus perturbé	-Alarme (HP) -Soupapes de sécurités (38)	-Limiteur de niveau avec alarme	Criticité négligeable Aucune modification de conception
3	Moins de	Niveau d`eau	Niveau d`eau très bas	-Sonde (12) défaillante -Régulateur défaillant -Pompe (6) en panne -Vanne(8) fermée -vanne (1) en panne	-Manque de vapeur -Processus perturbé -Arrêt de bruleur	sonde (12)	Sonde de temporisa-tion	Criticité négligeable Aucune modification de conception Maintenance corrective
4	Plus de	Pression	Haute pression	-Régulateur (22,a) défaillant -Sonde (22,b)défaillante -Excès d`eau -Augmentation de la température -Vanne (16) fermée	Endomm. agement de la chaudière	-Pressostat de sécurité -Alarme de surpression -Ouverture (38)	-Limiteur de pression	Criticité négligeable Aucune modification de conception Maintenance corrective
5	Moins de	Pression	Basse pression	-Défaillance de bruleur -Chute de température - manque d`eau	Arrêt du process	-Opérateur (visite périodique)	Alarme de sou pression	Criticité négligeable Aucune modification de conception Maintenance corrective

Tableau12 :la méthode HAZOP au niveau de bruleur - Circuit de GAZ/AIR[38].

Date :du23 à -30/05/2013 Ligne ou équipement :BRULEUR - Circuit de GAZ/AIR								
N°	Mot clé	Paramètre	Déviation	causes	conséquences	Barrières Sécurités	Actions correctives	observations
1	Pas de	Pression	Absence de pression	--Poste EGA défaillant -Filtre (26) obstrué -Vanne (25) fermée -Pression < Min, >max	-Pas d`allumage bruleur -pas de vapeur -Arrêt processus	-Manomètre -Pressostat Min, Max	-Prévoir alarme pour système d`étanchéité -Prévoir alarme HP/BP	Criticité négligeable Aucune modification de conception Maintenance corrective
2	Plus de	Pression	Haute pression	-Pression > Max -Régulateur (27) défaillant	-pas de passage du GAZ -Arrêt processus	-Pressostat HP	-Prévoir alarme HP -Soupapes de sécurités	Criticité négligeable Aucune modification de conception Maintenance corrective
3	Moins de	Pression	Basse pression	-Pression <Min -Régulateur (27) défaillant	-pas de passage du GAZ -Arrêt processus	-Pressostat BP	-Prévoir alarme BP	Criticité Aucune modification de conception Maintenance corrective
4	Plus de	Température	Température élevée	-Régime élevé -Thermostat défaillant -Pressostat (22) défaillant	-Surpression -Vapeur surchauffée -Endommag-ement chaudière	-Alarme HP -soupapes de sécurités (38)	-Prévoir alarme HT	Criticité négligeable Aucune modification de conception Maintenance corrective
5	Mois de	Température	Basse Température	-Bas Régime -Thermostat défaillant -Pressostat (22) défaillant	-Basse pression -Vaporisation lente -Arrêt du procss	-Alarme BP	-Prévoir alarme BT	Criticité négligeable Aucune modification de conception Maintenance corrective

Note: La section de la chaudière joue un rôle capital dans le complexe de production de Tchin-Lait, dont son indisponibilité est une situation gravement non souhaitée, ainsi les conséquences qui peuvent résulter des dommages graves sur les personnes, l'environnement, les installations et la production. Pour toutes ces raisons, nous avons pensé que nous devrions améliorer cette étude en ajoutant plus de détails afin d'en faire une étude complète et construire une installation requiert qu'on veille à son fonctionnement en sécurité.

Tableau 13 : la méthode HAZOP au niveau de la Bâche alimentaire d`eau

Date :28/05/2020 Ligne ou équipement :Bâche alimentaire d`eau								
N°	Mot clé	Paramètre	Déviation	causes	conséquences	Barrières Sécurités	Actions correctives	observations
1	Plus de	Pression	Pression trop haute	- Défailla-nce de la boucle régulation	-Surpression, Dommage sur les équipements	- Aucun	- Soupape de sécurité	- Afficher un panneau (que faire en cas de problème ou bien de panne)
2	Plus de	Concentration	Concen-tration élevée	- défaillance Détecteur de Concent-ration	-- Mauvais échange dû à l'entartrage des tubes	- Aucun	Analyse d`eau	-Mettre en service un nouvel analyseur del`eau - Afficher un panneau (que faire en cas de problème ou bien de panne)
3	Moins de	Niveau d`eau	Trop bas	- Rupture ou fuite dans la Conduite	-Cavitation de la Pompe Arrêt de chaudière	- Aucun	- Alarme niveau bas	-Afficher un panneau (que faire en cas de problème ou bien de panne)
4	Autre que	Utilités	Manque d'énergie électrique	-Défaill-ance du système électrique	-Perte de contrôle sur le système derégulation	- Aucun	- Groupe alternateur - Double alimentation électrique	-Afficher un panneau(que faire en cas de problème ou bien de panne)

Tableau 14 :la méthode HAZOP au niveau de la Chaudière-circuit d` eau bâche vers la chaudière

Date :28/05/2020 Ligne ou équipement : Générateur de vapeur Chaudières								
N°	Mot clé	Paramètre	Déviation	Causes	conséquences	Barrières Sécurités	Actions correctives	observations
1	inverse	Débit	Retour de produit	-Arrêt de la pompe - Défaill-ance de Clapet anti-retour	-Haute pression Dans la bâche alimentaire	- Aucun	-Clapet anti-retour(de secoure)	- Afficher un panneau (que faire en cas de problème ou bien de panne)
2	Moins de	Températ-ure	Trop froid	-Défaill-ance de la boucle de régulation detempé-rature - Mauvais échange dû à l'entartrage des tubes	-Sur consommation de combustible, impact sur les équipements consommateurs	- Aucun	-Alarme basse Température - Analyser régulièrement l'eau	- Afficher un panneau (que faire en cas de problème ou bien de panne)
3	Plus de	Tempéra-ture	Trop Chaude	Défaillance de la boucle de régula-tion de tempéra-ture -Pression haute dans le réseau de vapeur - Démarr-age de chaudières Brusque -Coup bélier	-Endommage-ment des équipements consommateurs -Endommage-ment de chaudières -Choc thermique du métal. -Rupture des tubes	- Aucun	-Alarme HT équipements consommat-eurs - Démarrage de chaudières Progressive-ment	- Maintena-nce Corrective - Afficher un panneau (que faire en cas de problème ou bien de panne)

4	Plus de	Pression	Pression trop haute	- Défaillance Vanne de sortie vapeur - Arrêt brusque d'un équipement consommateur	-Rupture des tubes.	.Aucun	-Alarme HP - Soupape de sécurité	- Maintenance Corrective - afficher un panneau (que faire en cas de problème ou bien de panne)
5	Plus de	Niveau	Trop haut	- Défaillance de la boucle	-Risque d'endommagement des tubes	.Aucun	-Alarme haut niveau	-Afficher un panneau (que faire en cas de problème ou bien de panne)
6	Moins de	Niveau	Trop bas	- Rupture des tubes -Niveau très bas bâche Alimentaire -Rupture de la conduite alimentaire	-Endommagement de la chaudière -Cavitation de la Pompe -manque d'eau d'alimentation.	.Aucun	-Maintenance - Alarme niveau bas - Sonde de niveau -Interlock arrêt de la Chaudière -Inspection visuelle périodique	- Maintenance corrective - Afficher un panneau (que faire en cas de problème ou bien de panne)
7	Autre que	Utilités	Manque d'énergie électrique	-Défaillance du système Électrique	-Perte de contrôle sur le système de régulation	.Aucun	- Groupe alternateur - Double alimentation électrique	- Afficher un panneau (que faire en cas de problème ou bien de panne)

Tableau15 :la méthode HAZOP au niveau de bruleur - Circuit de GAZ/AIR

Date : 28/05/2020 Ligne ou équipement : BRULEUR - Circuit de GAZ/AIR								
N°	Mot clé	Paramètre	Déviation	causes	conséquences	Barrières Sécurités	Actions correctives	observations
1	Pas de	Débit	Débit nul	-Fermeture de la vanne d'air de combustion -Défaillance de Compression d'air	- Explosion par excès de gaz -Perte de flamme et de production -Impact sur l'environne-ment	-Aucun	la ventilation avant le démarrage et au cours d'opération -Interlock arrêt Chaudière -Analyse de fumées	- Afficher un panneau (que faire en cas de problème ou bien de panne)
2	Plus de	Débit GAZ	Trop grande	-Défaillance de la boucle de régulation	- Impact sur l'environne-ment (combustion incomplète) -Change de la Position de la flamme avec dommage des tubes -Explosion à cause de poches de gaz non brulés dans la chambre de combustion	- Aucun	la ventilation avant le démarrage et au cours d'opération -Interlock arrêt de la Chaudière -Analyse de fumées	-Maintena-nce Corrective - Afficher un panneau (que faire en cas de problème ou bien de panne)
3	Autre que	Utilités	Manque d'air instruments	-Défaillance de Compression d'air - Mauvaise qualité d'air comprimé (il contient des impuretés)	-Perte de contrôle sur le système de régulation	- Aucun	-Analyse d'air Régulièrement - Sécheur d'air - Interlock chaudière.	-Afficher un panneau (que faire en cas de problème ou bien de panne)
4	Autre que	Utilités	Manque d'énergie électrique	-Défaillance du système électrique	-Perte de contrôle sur le système de régulation	-Aucun	- Groupe alternateur - Double alimentation électrique	-Afficher un panneau (que faire en cas de problème ou bien de panne)

D`après les tableaux ces dessus, on observe que :

Les déviations des paramètres étudiés tel que, la température au niveau de la bâche d'eau, le système de bruleur, la pression au niveau de la chaudière, le système de bruleur et le nivaux d`eau dans la bâche d`eau et la chaudière, sont insuffisantes pour engendrer des risques. Cependant nous avons amélioré cette étude par l`introduction des facteurs suivants :

- Pression, Concentration et Electricité au niveau de la bâche d`eau
- Débit, Température, Electricité dans la chaudière.
- Débit de l`air et de gaz, Electricité dans le bruleur.

Conclusion générale

Conclusion générale

L’application de La méthode HAZOP nous a permis d’identifier les principales déviations des paramètres de fonctionnement relatives au système étudié (bâche d`eau, la chaudière et le bruleur), ainsi que leurs causes et conséquences.

En générale, le niveau de prévention (le niveau de sécurité) des différents équipements (bâche d`eau, la chaudière et le bruleur) est satisfaisant ; certains barrières supplémentaires nécessitent cependant d`être installée.

L’analyse du système par la méthode HAZOP nous a permis aussi de découvrir des points faibles dans le système qui sont les suivants :

- ✓ l`élévation de la Concentration d`eau (la bâche d`eaux)
- ✓ l` inversement de débit d`eau (la chaudière)
- ✓ l`augmentation et la diminution de la température(le Générateur de vapeur)
- ✓ l`abaissement ou l`absence de débit d`air(le bruleur)
- ✓ la croissance de débit de gaz (le bruleur)
- ✓ le manque ou l`absence de l`énergie électrique (le système)

Donc et afin de réduire les problèmes cités, nous proposons les actions correctives suivantes :

- ✓ Analyse régulière de l’eau
- ✓ Injection d`un interlock d`arrêt à la chaudière
- ✓ l`installation d`un système d`aération (ventilateur)
- ✓ l`addition d`une groupe alternateur

Les perspectives de ce travail seront :

- ✓ Une étude comparative entre les deux méthodes pour mieux cerner notre système, et pour avoir une meilleure lisibilité.
- ✓ La réalisation d'une salle de commande pour mieux contrôler les différentes lignes de la chaufferie.

Référence

[1] NICHAN.M, *Risques et accidents industriels majeurs caractéristiques • réglementation prévention*. 2006.

[2] ISO, “Aspects liés a la securite principe directeur pour les inclure dans les normes, ISO/CEI/96/82.” 1999.

[3] INERIS, *Outils d’analyse des risques générés par l’installation industrielle, direction des risques accidentels (DRA)*. 2003.

[4] OHSAS 18001, “Systemes de management de la sante et de la securite au travail specification, AFNOR,” 1999.

[5] PERILHON .P, *La gestion des risques, méthodes MADS MOSAR II*. 2007.

[6] GRIOT.C and AYRAL.P, “Terminologie en science du risque,” 2002.

[7] ISO, “Management du risque – vocabulaire – principes directeurs pour les inclure dans les normes, ISO/CEI /73,” 2002.

[8] INERIS, “Principes généreux pour l’élaboration et la lecture des études de danger,” 2003.

[9] AFNOR, “Application ferroviaires : Spécification et démonstration de la fiabilité, de la disponibilité, de la maintenabilité et de la sécurité (FMDS),” 2000.

[10] VILLEMEUR. A, “Sureté de fonctionnement des systèmes industriels. Eyrolles,” 1988.

[11] BOURARECHE.M, “Apport des techniques floues et possibilistes à l’analyse semi-quantitative des risques industriels,” Universite EL Hadj Lakhdar Batna, 2009.

[12] KERKOUR.S, “Essai d’analyse de l’ampleur de l’impact des risques industriels du secteur petrolier sur la santé et l’environnement en algerie : cas de la wilaya de bejaia,” Université Abderrahmane Mira de Bejaia, 2011.

[13] CHAGUETMI.F, “Urbanisation autour des sites industriels à haut risque- cas de skikda,” Université Mentouri Constantine, 2011.

[14] AITAHMED.O, “hygiène ,sécurité et d’environnement,” Université des sciences et de la technologie d’Oran MB, 2018.

[15] SAHKI. MED R, “Amélioration de la prévention contre les risques électriques et choix des appareils de protection,” Université Badji Mokhtar- Annaba, 2017.

[16] DUPONT.R, THEODORE.L, and REYNOLDS.J, “Sécurité industrielle de la prévention des accidents à l’organisation des secours,” 1993.

[17] INRS, *Évaluation du risque incendie dans l’entreprise Guide méthodologique*. 2019.

[18] INRS, *Santé et sécurité au travail, Risques biologiques*. 2020.

[19] FOURATI.N, “Prévention des risques mécaniques,” 2012.

[20] GHARIANI.N, “Mise en place d’un dispositif de management de risques au sein du Projet Recouvrement à la STEG,” Universite Virtuelle de Tunis, 2015.

[21] CEI, *Gestion de la sûreté de fonctionnement, CEI 300-3-9*. 1995.

[22] BARBET.J, “Maîtriser les risques , Préventique Sécurité,” 1996.

[23] PERILHON.P, *Développement d.une méthode MOSAR, méthode organisée et systémique d`analyse de risques, document de travail*. 1998.

[24] BROWN, “Risk analysis : an investment in engineering, Process Safety Progress,” 1999.

[25] BERRAR.A, “Gestion des risques par l’analyse préliminaire au sein de complexe GL1/K-Sonatrach- Wilaya de SKIKDA,” Université Badji Mokhtar- Annaba, 2017.

[26] FUMEY.M, “Methode d’evaluation des risques agreges: Application au choix des investissements de renouvellement d’installations,” Centre de Recherche Génie Industriel de l’Ecole des Mines d’Albi-Carmaux, 2001.

[27] ACHOURI.N, “Apport de la logique floue á l’analyse de criticité des risques industriels,” Université El-Hadj Lakhdar - Batna, 2009.

[28] KAKAI.H, “Contribution à la recherche qualitative, cadre méthodologie de rédaction de mémoire,” Université de Franche -Comté, 2008.

[29] DESINDE.M, “Contribution à la mise au point d ’ une approche intégrée analyse diagnostique,” Université Joseph Fourier Grenoble, 2006.

[30] GARDES.L, “Méthodologie d’analyse des dysfonctionnement des systèmes pour une meilleure maîtrise des risques industriels dans les PME : application au secteur du traitement de surface,” 2001.

[31] MAZOUNI.M, “Pour une Meilleure Approche du Management des Risques : De la Modélisation Ontologique du Processus Accidentel au Système Interactif d’Aide à la Décision,” l’Institut National Polytechnique de Lorraine, 2008.

[32] HASSINI.B, “Etude qualitative et quantitative des scenarios de défaillances de la pompe 2000 d de l’entreprise certaf,” Université Aboubekr Belkaid -Tlemcen, 2014.

[33] GOLBERG.E, “System Engineering ‘Toolbox’ for Design-Oriented Engineers,” 1994.

[34] THERRIEN.S, “Développement d’une méthodologie pour déterminer les objectifs de fiabilité des systèmes importants pour la sûreté d’une centrale nucléaire de type candu,” Université du Québec à trois-rivières, 2006.

[35] LEDOUX.C, “Analyse de risques appliquée à la validation du nettoyage des équipements de fabrication de médicaments aérosols,” Universite de rouen ufr de medecine et de pharmacie, 2014.

[36] COLLOMP.R, “Pilotage de la performance du circuit du médicament au travers du management des risques iatrogènes,” l’Ecole des Mines de Paris, 2008.

[37] BENHADJI.S, “Risque projet et méthodes de management des risques projet : quelle approche pour une contribution a une meilleure planification d’un projet de construction?,” Université El-Hadj Lakhdar - Batna, 2014.

[38] KHELOUFI.DJ and MEDJDOUB.J, “Analyse de la Surete de Fonctionnement pour la Maitrise des Risques de la Chaudiere de Tchin-Lait,” Universite Abderrahmane Mira de Bejaia, 2013.

[39] CEI, *études de danger et d’exploitabilité (étude HAZOP)_guide d’application*. 2001.

[40] AKINTOYE.A, BECK.M, and HARDCASTLE.C, “Public-Private Partnerships Managing risk and opportunities,” Glasgow Caledonian University, 2003.

[41] MILWAUKEE.D, KLEETLAAN.C, and BOMBARDIER.B, “Sécurité fonctionnelle dans l’industrie des procédés Principes, normes et mise en oeuvre,” 2013.

[42] ROYER.M, “HAZOP : une méthode d’analyse des risques,” Tech. l’ingénieur Systèmes d’information Commun.,” 2009.

[43] INERIS, *Méthodes d’analyse des risques générés par une installation industrielle (DRA)*. 2006.

[44] ENSPM, *Sécurité Des Systèmes-Analyse Des Risques*. 2005.

[45] ROYER.M, “Méthodes d’analyse des risques,” *Tech. l’ingénieur*, 2016.

[46] BERDOUZI.F, “Simulation dynamique de dérives de procédés chimiques. Application à l’analyse quantitative des risques,” Institut National Polytechnique de Toulouse, 2017.

[47] FROQUET.L, “Contribution à l’analyse des risques : Proposition d’une méthode par scénarios et capitalisation de la connaissance,” Institut National Polytechnique de Grenoble, 2005.