

N° OrdreDépartement/Faculté/UMBB/2019

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté des Sciences de l'Ingénieur

Département : Génie des procédés

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de master

Spécialité : Hygiène et sécurité industrielle

Thème :

Maitrise des risques dans une chaudière à vapeur

Cas : ABC Pepsi Rouïba-Alger

Réalisé par :

- HADDOUCHI Imane
- KICHE Soumia

Promoteur :

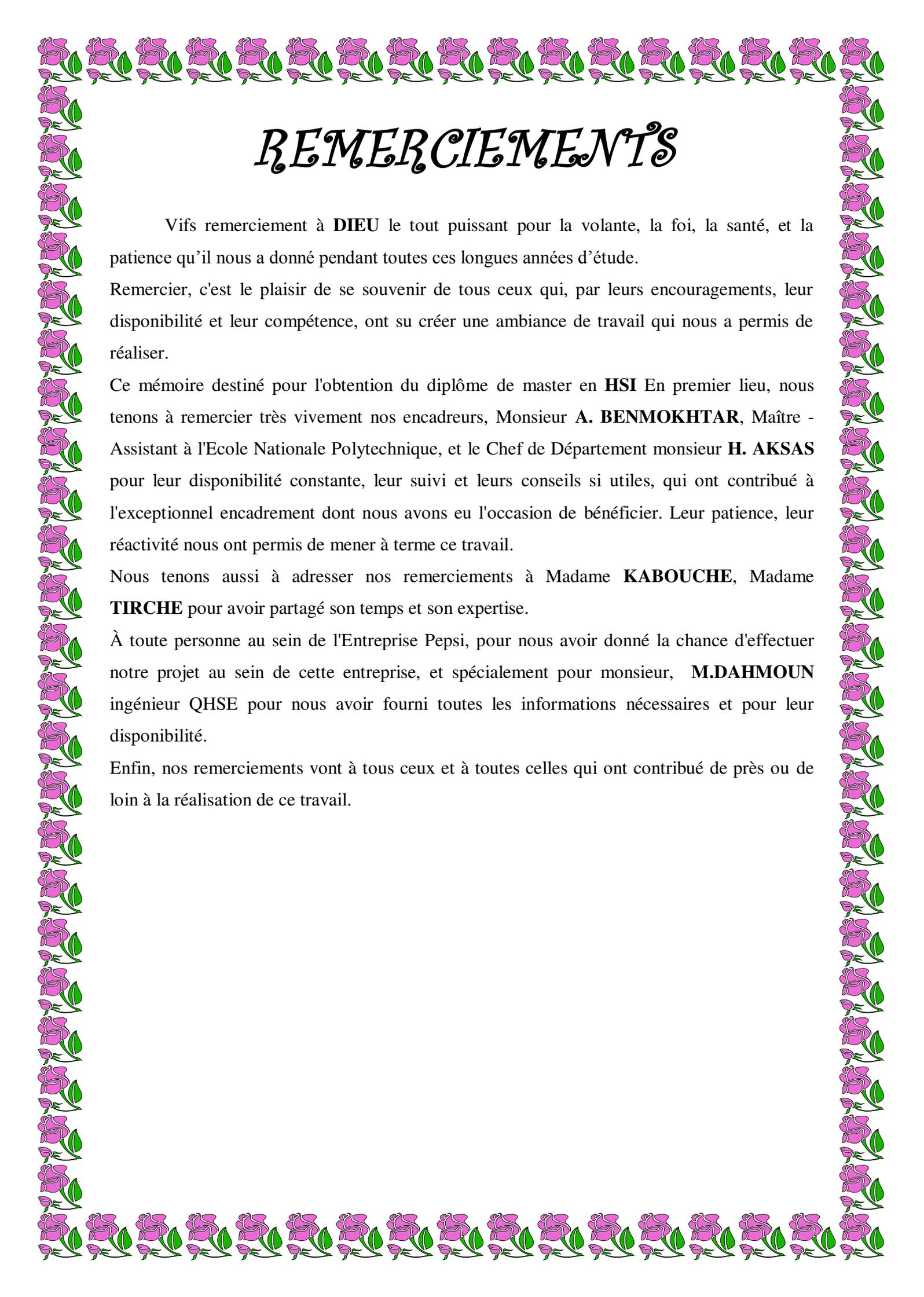
Mr. BEN MOKHTAR Amine

Membres du jury

Nom & Prénom	Grade	Qualité
Z. KEBOUCHE		
L. HADERBACHE		

Soutenu publiquement le : /.../.....

Promotion : 2018/2019



REMERCIEMENTS

Vifs remerciement à **DIEU** le tout puissant pour la volante, la foi, la santé, et la patience qu'il nous a donné pendant toutes ces longues années d'étude.

Remercier, c'est le plaisir de se souvenir de tous ceux qui, par leurs encouragements, leur disponibilité et leur compétence, ont su créer une ambiance de travail qui nous a permis de réaliser.

Ce mémoire destiné pour l'obtention du diplôme de master en **HSI** En premier lieu, nous tenons à remercier très vivement nos encadreurs, Monsieur **A. BENMOKHTAR**, Maître - Assistant à l'Ecole Nationale Polytechnique, et le Chef de Département monsieur **H. AKSAS** pour leur disponibilité constante, leur suivi et leurs conseils si utiles, qui ont contribué à l'exceptionnel encadrement dont nous avons eu l'occasion de bénéficier. Leur patience, leur réactivité nous ont permis de mener à terme ce travail.

Nous tenons aussi à adresser nos remerciements à Madame **KABOUCHE**, Madame **TIRCHE** pour avoir partagé son temps et son expertise.

À toute personne au sein de l'Entreprise Pepsi, pour nous avoir donné la chance d'effectuer notre projet au sein de cette entreprise, et spécialement pour monsieur, **M.DAHMOUN** ingénieur QHSE pour nous avoir fourni toutes les informations nécessaires et pour leur disponibilité.

Enfin, nos remerciements vont à tous ceux et à toutes celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



Dédicaces

Avec un grand honneur et immense plaisir je dédie ce travail à mes très chers parents qu'ils trouvent là l'expression de ma profonde reconnaissance et mon témoignage de gratitude pour tous leurs sacrifices.

Avec toute ma fidélité et tout mon amour pour vous, mes parents, je ne pourrai jamais égaler votre mérite et je pris dieu de vous protégé.

A mes sœurs : ZINEB et son mari AHMED et leurs fils, à ASMAA et SAFO et à ma petite ange GHADIR.

A mes frères : ABDERAHMANE, ABDELMOMANE, HOCINE et ISSMAIL.

A ma don de dieu pour plus cher amie IMANE auquel je souhaite tout le bonheur du monde ainsi qu'à sa famille.

Et à mes amis SIHEM, IMANE, NOUR EL HOUDA, ANISSA, ABLA, NADJO, et tous mes camarades de group MHSI 17.

KICHE SOUMIA



Dédicaces

Avec un grand honneur et immense plaisir je dédie ce travail à mes très chers parents qui trouvent là l'expression de ma profonde reconnaissance et mon témoignage de gratitude pour tous leurs sacrifices.

Avec toute ma fidélité et tout mon amour pour vous, mes parents, je ne pourrai jamais égaler votre mérite et je pris dieu de vous protégé.

*A ma cher sœur : **SELMA***

*A mon cher frère : **ABDELLAH***

A mes grands-mères et à toute ma famille.

*A ma cher binôme **SOUMIA** auquel je souhaite tout le bonheur du monde ainsi qu' à mes amis, **NAIMA, SABRINA, IMANE, NOUR EL HOUDA, IMANE, ANISSA**, et tous mes camarades de group **MHSI 17**.*

Et à tous ceux qui me connaissent de près ou de loin.

HADDOUCHI IMANE

الملخص

الهدف من هذا العمل هو اختبار مدى فعالية حواجز السلامة وهذا من اجل التحكم في المخاطر على مستوى مؤسسة بيبسي إن التحليل الأولي لهذه المخاطر ابرز إن المرجل البخاري هو الجهاز الرئيس لهذه المؤسسة المعرض لهذه الأخطار ومدى تأثيره على المحيط المجاور له كونه الجزء المهم للسير الحسن للمؤسسة في عمليتي (الغسل والتعقيم) وتعطله يؤدي إلى تعطيل إنتاج المؤسسة. ومن خلال هذا التحليل تمكنا من تحديد النظام الأكثر تعطيلا وأسباب تعطله والتعرف على طرق وقائته والتعرف على مختلف السيناريوهات ذات صلة للحوادث الممكن وقوعها هذا من جهة ومن هذا قمنا ومن جهة أخرى قمنا بتقديم النتائج المتحصل عليها بالنظر إلى درجة الخطورة مما مكننا من اختبار حالات التي سيتم فحصها وهذا باستعمال الطرق الكلمات المفتاحية خطر انفجار HAZOP APR , AMDEC

Abstract

The aim of this work is to study the efficiency of security barriers for the control of major risks in ABC PEPSI Company. Preliminary Risks Analysis (PRA) showed that boiler is the equipment that presents the major security risks for the company and its environment. Indeed, it is essential equipment for the company running (washing and pasteurization) ; a failure of this equipment would lead to a production stop. Analysis methods of Failure Modes, Effects Analysis (FMEA) and of Hazard Operability (HAZOP) have allowed determining failure causes linked with system. They also allowed identifying the different possibilities of accidents. We have also studied their consequences according to their criticality for selecting scenarios .critical scenarios have been the subject of a modeling and a simulation.

Key words: Risks, phenomenon, dangerous, explosion, PRA, FMEA, HAZOP.

Résumé

Le but de ce travail est d'étudier l'efficacité des barrières de sécurité pour la maîtrise des risques majeurs au niveau de l'Entreprise ABC PEPSI. L'Analyse Préliminaire des Risques (APR) a fait ressortir que la chaudière est le principal équipement présentant un risque majeur pour l'entreprise ainsi que pour l'environnement avoisinant. En effet, étant le principal élément pour le bon fonctionnement de l'Entreprise (lavage et pasteurisation), une défaillance de cet équipement entrainerait l'arrêt de la production.

Les méthodes Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC) et de HAZard Operability (HAZOP) nous ont permis de déterminer les causes de défaillance liées au système. Elles nous ont aussi permis d'identifier les différents scénarios d'accidents. Nous avons également évalué leurs conséquences en fonction de leur criticité afin de sélectionner les scénarios.

Mots clé : Risque, phénomène dangereux, explosion, APR, AMDEC, HAZOP,

Sommaire

Liste des matières

Liste des sigles et abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

Chapitre 1 : Mise en contexte, problématique et méthodologie

1.1.	Accidentologie dans l'agroalimentaire	1
1.1.1.	Base de données ARIA	1
1.1.2.	Accidents mondiaux dans le domaine agroalimentaire	1
1.2.	Présentation de l'entreprise Pepsi	8
1.2.1.	Production de l'entreprise	8
1.2.2.	Principaux objectifs de l'entreprise	9
1.2.3.	Principales activités des différentes directions	11
1.2.4.	Emplacement géographique de l'unité de Rouïba	14
1.2.5.	Délimitation du site de l'entreprise	16
1.2.6.	Description des différentes installations de l'entreprise	16
1.2.7.	Plan des installations	18
1.3.	Description du process de fabrication	20
1.3.1.	Atelier de traitement et de l'épuration de l'eau	20
1.3.2.	Atelier de versement de sucre	20
1.3.3.	Atelier de dissolution de sucre	21
1.3.4.	Siroperie	21
1.3.5.	Atelier de soutirage	21
1.3.6.	Conditionnement	21
1.4.	Problématique et objectif	23
1.5.	Méthodologie	23

Chapitre 2 : Outils de maîtrise des risques

2.1.	Notions de base	24
2.1.1.	Définition des concepts de base du risque accidentel	24
2.1.2.	Notion de danger et de dommage	25
2.2.	Méthodes d'analyse des risques	29
2.2.1.	Analyse préliminaire des risques APR	29
2.2.2.	La méthode SADT	34
2.2.3.	Méthode AMDEC	37
2.2.4.	Méthode HAZOP	48

Chapitre 3 : Application des méthodes

3.1.	Analyse et critique de l'étude de danger (EDD)	51
3.1.1.	Cadre réglementaire	51
3.1.2.	Démarche d'analyse critique des EDD	52
3.1.3.	Application de l'analyse critique de l'EDD	55
3.2.	Méthode APR	57
3.2.1.	Découpage fonctionnel de la société	57
3.2.2.	Identification des éléments dangereux	59

3.2.3. Détermination des situations dangereuses	59
3.2.4. Attribution des événements non souhaités (ENS	59
3.2.5. Détermination des causes et des conséquences	59
3.2.6. Evaluation de la criticité	59
3.2.7. Résultats APR	60
3.2.8. Interprétation	61
3.2.9. Justification du choix de l'équipement à étudier	63
3.3. Définition de système étudiée	64
3.3.1. Introduction	64
3.3.2. La chaudière	64
3.3.3. Identification du système critique	67
3.4. Application de la méthode AMDEC	69
3.4.1. Introduction	69
3.4.2. Initialisation de l'étude	69
3.4.3. Définition de système étudié	69
3.4.4. Analyse fonctionnelle du système	70
3.4.5. Synthèse	73
3.5. Application de la méthode HAZOP	76
3.5.1. Interprétation	76
3.5.2. Conclusion	76
Conclusion	
Annexes	

Listes des sigles et abréviations

ABC Pepsi: Atlas Bottling Corporation Pepsi

AMDEC : l'analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité

APR : analyse préliminaire des risques

ARIA : analyse recherche information sur les accidents

BARPI : bureau analyse risque et pollution industrielle

DD : développement durable

EDD : étude de danger

ER : événement redouté

ERS : événement redouté secondaire

EI : événement indésirable

EM : événement majeur

ERC : événement redouté central

ENS : événement non souhaitable

HAZOP : hazard and operability analysis (analyse de risques et de sécurité de fonctionnement)

ISO : international organization for standardization (organisation internationale de normalisation)

INERIS : institut national de l'environnement industriel et des risques

PCI : Pepsi cola international

SPA : société par action actionnaire.

QHSE : qualité hygiène et sécurité et environnement

REX : retour d'expérience

SADT : structured analysis and design technics (technique structurée d'analyse et de modélisation)

UV : ultras violet

Liste des figures

Chapitre 1

Figure 1.1 : Explosion d'une cuve d'alcool (accident N°1).....	2
Figure 1.2 : Incendie dans une usine alimentaire (accident N°2).....	3
Figure 1.3 : Asphyxie mortelles de deux employés (accident 4).....	6
Figure 1.4 : Organigramme de l'entreprise.....	10
Figure 1.5 : Situation géographique d'ABC Pepsi.....	15
Figure 1.6 : Plan des installations de l'entreprise.....	19
Figure 1.7 : Process de production de boissons gazeuse.....	22

Chapitre 2

Figure 2.1 : Principe de la méthode APR.....	32
Figure 2.2 : Schéma simplifié de la SADT.....	36
Figure 2.3 : Schéma détaillée de la SADT.....	36
Figure 2.4 : Schéma de défèrent niveaux de SADT.....	37
Figure 2.5 : Déroulement de l'analyse AMDEC.....	44

Chapitre 3

Figure 3.1: Démarche d'analyse critique d'EDD.....	53
Figure 3.2: Identification et décomposition de l'écart résultat des EDD.....	54
Figure 3.3 : Matrice de criticité.....	60
Figure 3.4 : Positionnement des risques	61
Figure3.5 : Répartition des risques.....	61
Figure 3.6 : Niveaux de risque avec les mesures des protections et préventions.....	62
Figure 3.7 : Répartition des risques	63
Figure 3.8 : Chaudière à vapeur.....	65

Liste des figures

Figure 3.9 : Donnée technique de chaudière à vapeur.....	65
Figure3.10 : Circuit eau et vapeur dans la chaudière.....	66
Figure 3.11 : SADT sur la chaudière a vapeur A0.....	67
Figure 3.12 : sous systèmes fonctionnels de la chaudière.....	68
Figure 3.13 : Organigramme d'analyse fonctionnelle.....	70
Figure 3.14 : Décomposition de la chaudière.....	71

Liste des tableaux

Chapitre 2

Tableau 2.1 : Déploiement type de l'APR.....	34
Tableau 2.2 : Grille de cotation de la fréquence sur 4 niveaux.....	46
Tableau 2.3 : Grille de cotation de la gravité sur 5 niveaux.....	46
Tableau 2.4 : Grille de cotation de la probabilité de non détection sur 4 niveaux.....	47
Tableau 2.5 : Grille des actions à engager.....	48
Tableau 2.6 : Déploiement type de la HAZOP.....	50

Chapitre 3

Tableau 3.1 : Identification des insuffisances de l'EDD de Pepsi.....	55
Tableau 3.2 : Classement des insuffisances sous forme d'écart.....	56
Tableau 3.3: Découpage fonctionnel de la société.....	58
Tableau 3.4 : Échelle de gravité.....	59
Tableau 3.5 : Échelle de probabilité.....	60
Tableau 3.6 : Niveaux des risques sans les mesures des protections et préventions.....	61
Tableau 3.7 : cotation des risque.....	62
Tableau 3.8 : décomposition de la chaudière	72
Tableau 3.9 : Actions correctives.....	73
Tableau 3.10 : Actions correctives pour l'automate.....	74
Tableau 3.11 : Actions correctives pour le bruleur.....	75
Tableau 3.12 : Paramètres de la HAZOP.....	76

Introduction générale

Les risques inhérents à une installation industrielle peuvent être de différentes natures (risques technologiques, toxicologiques, économiques), et d'importance variable, selon l'envergure ou la complexité du projet. L'étude des risques permet d'identifier les dangers liés aux opérations et de les maîtriser.

Lorsque nous parlons de la notion de risques majeurs dans une industrie agroalimentaire, nous avons tendance à citer uniquement les risques professionnels ou encore, nous pensons directement aux risques de contamination, alors que les incendies représentent, selon FM Global (Leader mondial de l'assurance dommages aux biens), 40% de la sinistralité des industries agroalimentaires.

Ces risques sont souvent ignorés et sous-estimés. La base de données ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) a recensé 1753 événements survenus en France dans l'industrie agroalimentaire dont une part majoritaire pour les incendies et les explosions (respectivement 890 et 211). Ceci constitue un argument de force pour la maîtrise des risques technologiques majeurs dans une telle industrie.

Dans le cadre du présent travail, nous avons opté pour une entreprise de production d'eau gazeuse, à savoir l'Entreprise ABC Pepsi. Un incendie ou une explosion engendrerait des conséquences dramatiques avec des répercussions économiques souvent irrémédiables. D'où la nécessité de mener des actions de maîtrise de ces risques.

Le présent rapport comporte trois chapitres. Le premier chapitre est consacré à la présentation de l'entreprise, et plus particulièrement la description du process. La problématique posée et la méthodologie suivie terminent ce chapitre. Quant au second, il traite des notions de base ainsi que des aspects théoriques des méthodes d'analyses des risques utilisées. Pour ce qui est du chapitre trois, il est dédié à l'application de ces méthodes et aux résultats obtenus par celles-ci. Ainsi qu'à la proposition de mesures d'améliorations pour la maîtrise des risques au sein de cette Entreprise.

Chapitre 1 : Mise en contexte problématique et méthodologie

Dans le domaine de la sécurité le retour d'expérience (REX) a une grande place cela peut nous donner de bonne leçon dans le sens où ça nous permet de connaître les causes d'accidents et leurs conséquences. Et nous permet par la suite de mettre en place les mesures de sécurité d'accidents.

Dans ce chapitre nous allons faire une étude sur les accidents dans le domaine agroalimentaire d'après la base de données ARIA. En second lieu, nous présenterons l'Entreprise ABC Pepsi et nous donnerons une description du procédé de fabrication des boissons gazeuses.

A la fin, nous décrirons la problématique sur laquelle notre projet va se porter, tout en se fixant un certain nombre d'objectifs à atteindre.

1.1. Accidentologie dans l'agroalimentaire

1.1.1. Base de données ARIA

Qu'est-ce qu'ARIA ? La base de données ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) répertorie les incidents, accidents ou presque accidents qui ont porté, ou auraient pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques ou à l'environnement. Ces événements résultent :

- de l'activité d'usines, ateliers, dépôts, chantiers, carrières, élevages... classés au titre de la législation relative aux Installations Classées ;
- du transport de matières dangereuses par rail, route, voie fluviale ou maritime ;
- de la distribution et de l'utilisation du gaz ;
- des équipements sous pression ;
- des mines et stockages souterrains ;
- des digues et barrages.

ARIA recense plus de 46 000 accidents ou incidents survenus en France ou à l'étranger soit à ce jour, environ 1200 nouveaux événements par an. [1]

1.1.2. Accidents mondiaux dans le domaine agroalimentaire :

Le BARPI (Bureau Analyse Risques et pollution Industriels) enregistre dans sa base ARIA entre 800 et 1 100 événements par an survenus dans des installations classées. En se basant

Chapitre 1 : Mise en contexte problématique et méthodologie

sur les chiffres de ces 3 dernières années, il ressort que 65 % des événements mettent en évidence au moins une perturbation à l'origine de l'événement et seulement 30 % au moins une cause. L'identification des causes constitue une donnée essentielle pour définir les mesures efficaces permettant de prévenir la survenue de nouveaux accidents. Ce constat montre qu'il existe encore une marge de progrès importante en matière de connaissance et d'analyse des accidents industriels. [1]

Et ensuite on va setter quelques accidents du domaine agroalimentaire parmi plusieurs accidents enregistrer dans la base ARIA :

- **Accident N°1** : explosion d'une cuve d'alcool dans une vinaigrerie en cours d'aménagement : (11 août 2015 Vauvert (Gard) France)



Figure 1.1 : explosion d'une cuve d'alcool (accident N°1)

Dans une vinaigrerie, une cuve de 150 m³ contenant 38,5 m³ de vinaigre d'alcool explose vers 9h40. Le site, de 3 000 m², était en phase de démarrage de ses activités mais des travaux étaient encore en cours. Le fond de la cuve se désolidarise de la virole. Sa partie supérieure, de 13 m de haut et 4 m de diamètre, pesant environ 3,5 t, est projetée par effet missile.

Elle traverse le toit du bâtiment et atterrit à 80 m, sur une ligne ferroviaire. Deux sous-traitants sont blessés, dont un gravement brûlé. Ils sont transportés à l'hôpital. Les pompiers éteignent un départ de feu dans les bureaux de l'entreprise, probablement dû à un endommagement de l'installation électrique. La circulation ferroviaire est interrompue. Le vinaigre s'est écoulé au sol. Il est collecté dans le bassin de rétention du site. Le bâtiment jouxtant la cuve est gravement endommagé. Il menace de s'effondrer. Les cuves voisines, non fixées au sol, sont déformées par le souffle de l'explosion ou à la suite de leurs projections les

Chapitre 1 : Mise en contexte problématique et méthodologie

unes sur les autres. Une brèche de 42 m² est visible dans le bardage proche de la cuve. Son passage à travers le toit laisse un trou de 20 m². [1]

L'origine et les causes de l'accident : L'usine était en cours de démarrage à la suite du déménagement des installations. Le raccordement des tuyauteries, notamment, n'était pas achevé. L'exploitant avait entrepris le transfert des activités avant l'achèvement des travaux. Les en-cours de fabrication étaient stockés dans les cuves en attente de raccordement. L'exploitant avait validé que les capacités contenant des liquides de titre alcoolique inférieur à 11 % pouvaient faire l'objet de travaux de montage, sans être préalablement vidées. La cuve concernée était posée sur son socle, sans fixation. Elle avait été remplie 5 mois auparavant. Les 38,5 m³ qu'elle contenait résultaient de mélanges effectués dans l'ancien site de production. Ils se constituaient d'eau, de vinaigre, d'alcool et d'acide. Le degré alcoolique de ce liquide avait été estimé à 9 %. L'opération prévue consistait à souder sur la virole 2 pattes de maintien de tuyauteries. Aucun plan de prévention, ni de permis de feu n'avaient été établis en préalable à cette intervention. La 1^{ère} soudure était placée à 2,10 m du sol (soit 1 m en dessous du niveau du liquide), la seconde à 5,70 m (2,60 m au-dessus de la surface du liquide). L'explosion a eu lieu au démarrage de la réalisation de la 2^{ème} soudure. Un bruit de décompression a été perçu par les soudeurs quelques secondes avant l'explosion. [1]

- **Accident N°2 :** Incendie dans une usine alimentaire : (le 30 juillet 2007 Renaison (Loire) France)



Figure 1.2 : incendie dans une usine alimentaire (accident N°2)

L'incendie se déclare le dimanche 30 juillet 2007, à 2h08, dans une unité à l'arrêt. Prévenu par la société de télésurveillance, le responsable de maintenance donne l'alerte. Une centaine de pompiers intervient avec douze lances à incendie et trois échelles aériennes. Ils coupent

Chapitre 1 : Mise en contexte problématique et méthodologie

l'alimentation en gaz et en électricité et font fermer la route D9 pour amener l'eau d'un étang situé 800 m plus loin. Ils sont maîtres du feu à 6 h et l'éteignent après 15 heures d'intervention.

Les eaux d'incendie étant partiellement contenues sur site, les secours installent un barrage filtrant de bottes de paille.

Une quinzaine d'entre eux reste sur place le lendemain pour surveiller une éventuelle reprise du feu. Le maire et la presse se rendent sur place. [1]

L'origine, les causes et les conséquences de l'accident : Le sinistre a pour origine un court circuit dans les armoires électriques qui datent de la construction de la première unité de l'usine en 1980 ; elles étaient contrôlées annuellement. L'incendie a pris de l'ampleur car il s'est déclaré durant la nuit du dimanche au lundi : il n'y avait personne sur le site qui est excentré du bourg dans une zone d'habitat peu dense.

Par ailleurs, le scénario d'incendie était bien pris en compte dans l'étude de dangers mais il prévoyait qu'un sinistre serait rapidement maîtrisé. N'étant donc pas dimensionnée pour recevoir une telle quantité d'eaux d'extinction, la rétention a débordé.

Les quantités d'eau mobilisées sont très importantes et la rétention et la station de prétraitement n'ont pu contenir les 200 m³/h d'eaux d'incendie qui se sont écoulés dans le fossé d'évacuation des eaux pluviales de voirie de la zone artisanale, rejoignant l'OUDAN à 800 m en contrebas. 9 000 des 10 000 m² de l'établissement sont détruits notamment en raison de la présence importante de matériaux combustibles (sucre, farine, carton...). Les installations de réfrigération fonctionnant au R404a (mélange zéotropique de fluoroéthanes dont la décomposition thermique dégage des vapeurs très toxiques et corrosives : fluorure d'hydrogène) sont atteintes. Cependant les 2 silos stockages de 60 m³ de sucre et de farine n'ont pas été touchés. Aucune victime n'est à déplorer, mais 120 personnes sont en chômage technique. Le site sera reconstruit pour un coût de 15 M€.

Le lendemain de l'incendie, un exploitant agricole informe le service d'inspection de la présence de suies, grasses au toucher, couvrant les légumes de son jardin potager. Des débris jonchent le sol de ses pâtures. La robe et les muqueuses de ses animaux ont un reflet gris inhabituel. Les investigations menées sur place font apparaître le même constat : des suies noirâtres sont présentes à des degrés différents sur les légumes des potagers, sur les terrasses des pavillons, dans un couloir de 3 km de large et 6 km de long orienté sud sud-est. [1]

Chapitre 1 : Mise en contexte problématique et méthodologie

- **Accident N° 3** : Fuite de gaz réfrigérant dans une usine agro-alimentaire :

L'usine qui emploie 700 personnes, est spécialisée dans la fabrication de plats cuisinés à base de poissons.

Une canalisation d'eau, dans laquelle un produit détergent corrosif a été rajouté, se perce. L'eau s'écoule sur d'autres structures et notamment sur une canalisation en cuivre de 28 mm de diamètre véhiculant du R22 sous haute pression. Celle-ci, exposée à l'action du liquide corrosif pendant plusieurs mois, se perce à son tour ; une fuite de 120 kg de R22 perdure pendant 2 à 3 heures. Le R22 étant plus lourd que l'air, le nuage « s'accumule » en partie basse du local où les aspirations d'air le propulsent dans une autre partie du bâtiment. Le nuage aurait atteint l'atelier où une grande friteuse industrielle était en cours d'utilisation. Celle-ci fonctionnait avec des brûleurs à gaz. Le R22, entrant en contact avec la flamme nue, se serait alors décomposé en produits irritants et toxiques pour les voies respiratoires : phosgène, acides chlorhydrique et fluorhydrique... [1]

L'origine, les causes et les conséquences de l'accident : L'enquête effectuée met en évidence plusieurs faiblesses dans les procédures de maintenance du dispositif de climatisation :

-Les procédures visant à s'assurer que les contrôles de sécurité étaient menés à bien et révisés périodiquement étaient très insuffisantes : absence de contrôle de sécurité préventif des systèmes de réfrigération et de conditionnement d'air, les seuls contrôles menés par le responsable santé et sécurité concernant la production alimentaire (souvent à la suite d'accidents ou d'incidents).

-Connaissances insuffisantes du responsable sécurité en matière de dispositifs d'air conditionné. Celui-ci comptait sur les conseils du service ingénierie. Or, ce service travaillant de manière isolée, n'a pas participé à la démarche d'évaluation des risques. Il n'a pas davantage proposé d'en mener une indépendamment.

-Aucun programme de maintenance préventive n'était prévu. Personne n'avait entre autre la responsabilité du contrôle des niveaux d'huile ou de liquide réfrigérant ou encore de l'état des canalisations, ni ne s'assurait que les tronçons étaient changés avant d'être défectueux.

Chapitre 1 : Mise en contexte problématique et méthodologie

-Le fournisseur du dispositif détachait effectivement un ingénieur une fois par an, mais son intervention se limitait au nettoyage du filtre du condenseur et aux appoints éventuels en fluide frigorigène.

-Il n'y avait pas de dispositifs de détection de fuite de réfrigérant. Une lampe halogène était mise à disposition, mais aucune formation préalable sur son utilisation n'avait été faite.

-Les ingénieurs en charge de l'entretien de l'air conditionné ne consignaient que peu d'informations. Il n'y avait pas d'enregistrement des réparations conduites, ni de la quantité de fluide frigorigène rajoutée, pas davantage de la durée de fonctionnement du dispositif. Il n'y avait pas non plus de schémas ou de plans d'implantation du système.

-Aucun des ingénieurs n'était formé pour les interventions de maintenance sur l'air conditionné ou le dispositif de réfrigération.

-Il y avait au niveau même de la société un manque d'information concernant des codes de pratiques du métier comme par exemple celui de l'Institut de Réfrigération concernant la réduction des émissions de réfrigérant.

Le système d'aération (extracteur d'air) étant en fonctionnement, les produits toxiques générés ont été « dilués ». Toutefois, 13 employés exposés aux produits de décomposition (dont potentiellement du phosgène) ont été plus ou moins intoxiqués ; certains employés seront soumis à un traitement médical durant plusieurs semaines, mais aucun d'entre eux n'aura de séquelle. [1]

- **Accident N° 4** : Asphyxie mortelle par H₂S : (Le 15 février 2001 Baupte – [Manche] France)



Source : DRIRE Basse-Normandie

Figure 1.3 : Asphyxie mortelles de deux employés (accident 4)

Chapitre 1 : Mise en contexte problématique et méthodologie

L'usine concernée emploie environ 350 personnes. Elle est spécialisée dans la production d'additifs alimentaires naturels tels que gélifiants, épaississants ou stabilisants, produits à partir d'algues par extraction (carraghénane) ou par bio-fermentation (xanthane).

Le 15 février 2001, deux employés de l'établissement interviennent sur la pompe d'un puisard de récupération des jus d'égouttage de gâteau de filtration : de part la conception du système d'évacuation, il arrive relativement fréquemment, selon le directeur du site, que le tuyau flexible reliant le refoulement de la pompe à la conduite d'évacuation vers la STEP se déboîte.

Dans ce cas, l'intervention est la suivante :

- vidange du puisard au moyen d'une moto-pompe,
- sortie de la pompe à l'extérieur du puisard au moyen d'une chaîne,
- remboîtement du flexible,
- remise en place de la pompe en fond de puisard et remontage de la bride.

C'est ce type d'intervention, déjà réalisé 5 à 8 fois depuis l'aménagement de l'aire de stockage en 1999, qu'effectuent les deux employés de l'entreprise.

Vers 15h15, la vidange du puisard est terminée, le premier opérateur y descend. Vers 15h35, un témoin aperçoit le second opérateur à l'extérieur.

A 17h15, après constat du non-retour des employés, l'alerte est donnée. [1]

L'origine, les causes et les conséquences de l'accident : A 18h30, les deux employés sont retrouvés décédés au fond du puisard.

Les gâteaux de filtration sont composés de matières organiques soufrées qui, par fermentation anaérobie, dégagent de l'hydrogène sulfuré et du méthane. Ce dégagement inéluctable ne peut être évité.

Les conditions climatiques très pluvieuses des semaines précédant l'accident n'ont pas permis, d'après l'exploitant, de manipuler les tas. La fermentation anaérobie s'est ainsi trouvée favorisée. Ces conditions de forte humidité ont de plus très sensiblement augmenté la production d'H₂S.

L'étanchéité de l'aire d'entreposage, réalisée dans un souci de récupération des jus d'égouttage, a conduit à confiner les gaz dans le réseau de drainage situé sous la géomembrane.

Un organisme réquisitionné par le Procureur de la République, a procédé à des mesures atmosphériques par chromatographie en camion laboratoire, quelques jours après l'accident.

[1]

1.2. Présentation de l'entreprise Pepsi

ABC Pepsi est une entreprise qui compte parmi les leaders des producteurs de boissons en Algérie.

Ces produits ont une réputation mondiale, grâce au respect des normes de fabrication de qualité, d'hygiène, de sécurité et de l'environnement.

ABC Pepsi se doit de perpétuer cette renommée et de ce fait, a choisir d'adapter une politique de qualité, hygiène, environnement et sécurité des denrées alimentaires, en accord avec le principe de développement durable (DD).

C'est pour cela qu'ABC Pepsi, a adopté des normes de gestion stricte qui régissent ses activités et la responsabilité de ses actions en couvrant tous les domaines relevant de la qualité des produits, de la sécurité des denrées alimentaires et de la sécurité des personnes et de l'environnement.

ABC Pepsi est une société par action (SPA), Elle a été créée en Algérie en 1995 suite à une franchise exclusive signée avec Pepsi cola international (PCI) pour la mise en bouteille et la commercialisation de tous produits de la marque Pepsi sur l'ensemble du territoire Algérien, pour un investissement total de plus de 50 millions de dollars.[2]

1.2.1. Production de l'entreprise :

L'entreprise Pepsi a une capacité de production de 105 150 L/h soit 136 320 000 L/an.

Elle produit les boissons suivantes :

- ✓ Pepsi: Pepsi cola, Pepsi light, Pepsi max.
- ✓ Miranda: Miranda pomme, Miranda orange, Miranda framboise, Miranda limon, Miranda Pêche, Miranda Ananas.
- ✓ 7up : Seven Up (7Up).

Ces boissons sont produites soit en bouteilles récupérable en verre (1L et 0.33L). Soit en bouteilles non récupérable en Poly- Tétrahydroéthylène PET (1L, 2L, 0.33L).

Chapitre 1 : Mise en contexte problématique et méthodologie

1.2.2. Principaux objectifs de l'entreprise

- Développer au sein de notre société un haut niveau de culture QHSE partagée par l'ensemble de nos salariés et prestataires.
- Respecter les dispositions réglementaires en matière d'hygiène et de sécurité des denrées alimentaires.
- Maintenir un environnement hygiénique irréprochable dans toute l'usine avec des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication.
- Adopter une politique de minimisation des déchets et de maximisation du recyclé.
- Limiter au maximum les rejets industriels. [2]

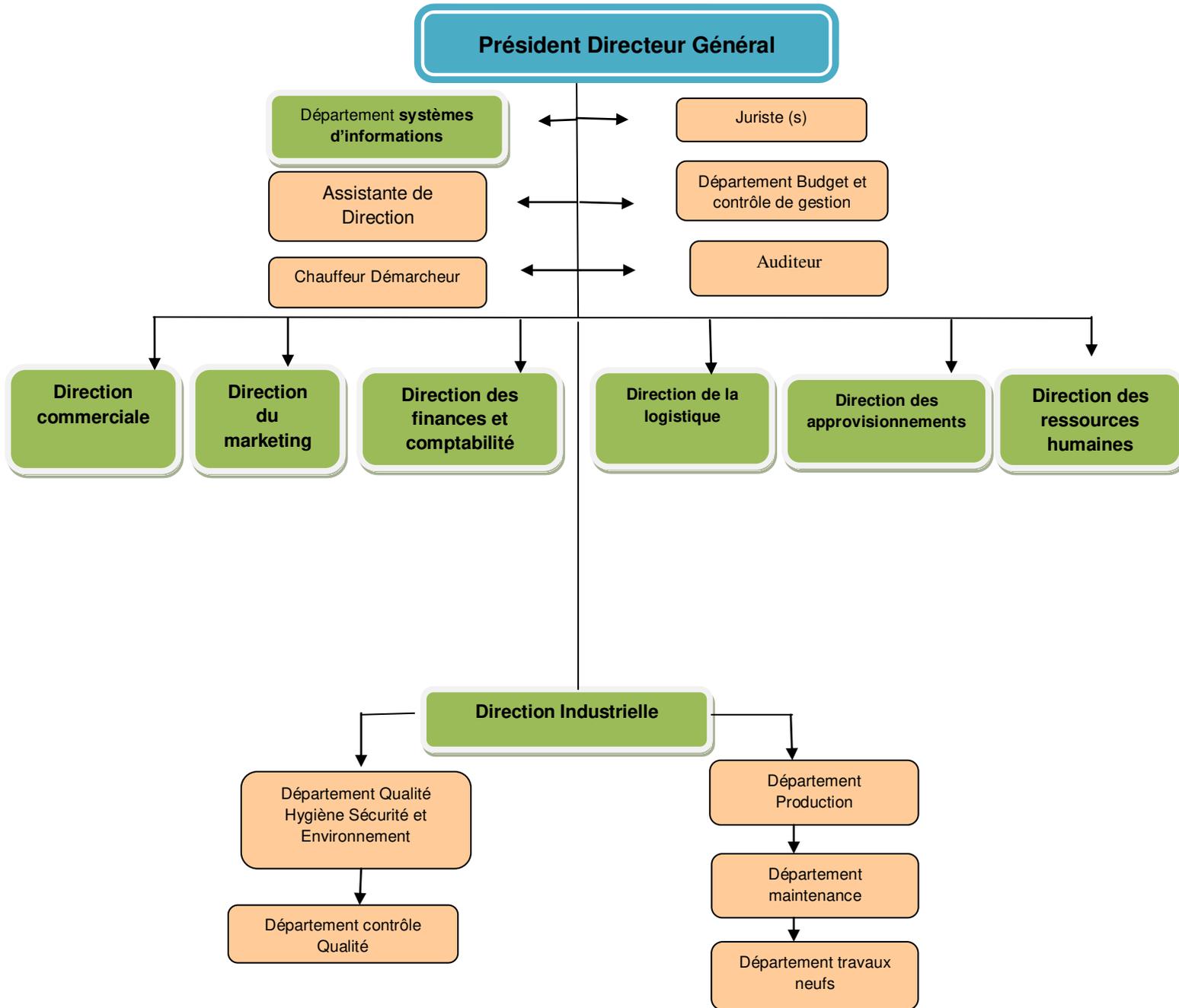


Figure 1.4 : organigramme de l'entreprise

1.2.3. Principales activités des différentes directions

- **Direction des approvisionnements**

- Définit, formalise et fait approuver la politique d'approvisionnements de l'entreprise.
- Définit et veille à l'application des procédures de travail en matière d'approvisionnements.
- Veille à la conclusion de contrats et/ou conventions d'approvisionnements avec les fournisseurs sélectionnés, en s'assurant des meilleures conditions de prix, de délais et de qualité en faveur de l'entreprise.
- Assure une veille permanente du marché, lance les alertes qui s'imposent et prend les mesures préventives nécessaires afin d'éviter à l'entreprise des ruptures préjudiciables.
- Etablit les rapports d'activités périodiques et occasionnels de sa structure. [2]

- **Direction des finances et comptabilités**

- Définit, formalise et fait approuver la politique financière et comptable de l'entreprise.
- Définit les procédures de travail de la direction des finances et de la comptabilité et veille à leur application stricte.
- Veille à l'édition des documents comptables légaux et périodiques (TCR, Bilan, etc.....) et s'assure de leur diffusion contrôlée.
Supervise les travaux de clôture comptable, mobilise les structures pour communiquer les pièces comptables dans les délais impartis et s'assure de l'exhaustivité et de la conformité du bilan comptable de l'entreprise.
- Veille au respect des dispositions fiscales légales et réglementaires et s'assure de la tenue à jour des déclarations.
- Veille à la gestion rigoureuse de la caisse centrale de l'entreprise et s'assure du respect des procédures y afférentes.
- Etablit le rapport d'activité périodique de sa structure. [2]

- **Direction commerciale**

- Définit, formalise et fait approuver la stratégie de commerciale de l'entreprise.
- Définit la configuration du réseau commercial et le fait approuver.

Chapitre 1 : Mise en contexte problématique et méthodologie

- Identifie et dimensionne les moyens humains, matériel et équipements nécessaires pour l'exécution de la vente et la réalisation des objectifs assignés.
- Veille à la gestion et à la préservation des moyens et des équipements mis à disposition, conformément aux procédures et dispositions en vigueur.
- Veille au bon déroulement des activités de facturation et de recouvrement.
- Veille à l'établissement des statistiques et des analyses des ventes et lance les actions correctives et de progrès.
- Etablit les rapports d'activité périodique et occasionnels de sa structure. [2]

- **Direction des ressources humaines**

- Définit, formalise et fait approuver la politique des ressources humaines et le système des valeurs partagées de l'entreprise.
- Définit, fait approuver et assure l'implémentation de l'organisation de l'entreprise (Macro et microstructures).
- Assure l'animation des relations sociales avec les partenaires sociaux de l'entreprise.
- Assure l'animation et la coordination de l'activité des moyens généraux. [2]

- **Direction de la logistique**

- Définit, formalise et fait approuver la politique de l'entreprise en matière de logistique (Magasin, GDS, moyens manutention, transportait maintenance).
- Définit les procédures de travail inhérent à l'activité logistique et veille à leur application rigoureuse.
- S'assure en permanence de la disponibilité et de la programmation des moyens humains et matériels nécessaires pour assurer des prestations logistique optimales.
- Veille à la tenue conforme des magasins et à la gestion rationnelle des produits et matières s'y trouvant.
- Veille à la gestion rationnelle de la maintenance curative, en utilisant judicieusement les capacités propres et celles à sous traiter.
- Elabore les analyses relatives à l'activité logistique et établit les rapports d'activité y afférents. [2]

- **Direction du marketing**

Chapitre 1 : Mise en contexte problématique et méthodologie

- Définit, formalise et fait approuver la stratégie de marketing et de communication de l'image de marque de l'entreprise.
- Supervise les études et les analyses de marchés et assure une veille concurrentielle proactive.
- Initie et veille à l'animation permanente du réseau commercial de l'entreprise.
- Veille à la présence optimale et permanente de la marque au niveau du réseau commercial (hyper marchés et retail).
- Etablit le rapport d'activité périodique de sa structure. [2]

- **Direction industrielle**

- Définit, formalise et fait approuver la stratégie industrielle de l'entreprise.
- Veille à la disponibilité des installations et des équipements de production, dans les conditions optimales d'efficacité et de conformité avec les normes et standards du constructeur.
- Veille au suivi des rendements des lignes de production, des pertes des matières et intrants et à la formalisation des analyses correspondantes.
- Assure une coordination permanente avec les structures supports pour atteindre les objectifs de production tracés et agir par anticipation sur les dysfonctionnements constatés.
- Veille à l'application stricte des règles d'Hygiène, de Sécurité, de Santé et d'Environnement dans l'usine de production.
- Etablit le rapport d'activité périodique de sa structure. [2]

- **Département systèmes d'information**

- Définit, formalise et fait approuver la politique informatique de l'entreprise.
- Définit le schéma directeur informatique de l'entreprise et le fait approuver par la hiérarchie habilitée.
- Supervise l'installation et la gestion du réseau informatique et télécommunication de l'entreprise.
- Définit le dimensionnement et la typologie des équipements informatique destinés aux structures, chacune en fonction de la nature de son activité.
- Supervise les prestations de facilitation et de résolutions des problèmes relatifs aux technologies de l'information utilisées par les structures (Helpdesk).

Chapitre 1 : Mise en contexte problématique et méthodologie

- Veille au développement d'une réactivité optimale dans la prise en charge des besoins des structures en matière de technologie de l'information.
- Etablit le rapport d'activité périodique de sa structure. [2]

1.2.4. Emplacement géographique de l'unité de Rouiba

L'usine se trouve au niveau de la zone industrielle de Rouïba-daïra de Rouiba-wilaya d'Alger, elle s'étale sur une surface totale de 50 207 m² dont 27 500 m² bâtie et 22 707 m² non bâtie. Elle compte actuellement un effectif 685 employées.



Figure 1.5 : situation géographique d'ABC Pepsi

Chapitre 1 : Mise en contexte problématique et méthodologie

1.2.5. Délimitation du site de l'entreprise

L'entreprise ABC Pepsi est implantée dans la zone industrielle de Rouiba sur l'axe de la route nationale N°5, allant de Rouiba vers Reghaia. Elle est délimitée :

- Au nord : par la route nationale RN N°5 ;
- A l'est : par oued Bouriah ainsi que l'entreprise « EPE TAMEG » ;
- Au sud : par une voie ferrée ;
- A l'ouest : par l'entreprise «SARL HEINKEN ».

1.2.6. Description des différentes installations de l'entreprise

Le classement des installations est réalisé selon les principales rubriques de la nomenclature des installations classées conformément au décret exécutif 07-144 du 19 mai 2007.

Ces installations font l'objet de la demande. Et ces activités peuvent être soumises à :

- Autorisation ministérielle (AM) ;
- Autorisation du wali territorialement compétent (AW) ;
- Autorisation du président de l'assemblée populaire communale territorialement compétent (APAPC). [3]

L'entreprise est composée des installations suivantes :

- Bâtiment de production : il est construit en charpente métallique, la toiture en panneaux sandwich TL75, les bureaux en maçonnerie. Les bureaux mitoyens aux ateliers ont un double vitrage. [3]

Les grands vitrage sont feuilletés et armés (55 mm). Ce bâtiment occupe une superficie de 1700 m² et comprend les ateliers suivants :

- Atelier de traitement de l'eau de 360 m² ;
- Atelier de versement de sucre de 198 m² ;
- Atelier de dissolution de sucre de 230 m² ;
- Atelier de siroperie de 230 m² ;
- Atelier de CO₂ de 45 m² ;
- 02 ateliers de soufflage de 460 m² au total ;
- Atelier de production de verre et PET de 608 m² ;
- Atelier de production de verre RB100 de 549 m² ;
- Atelier de production de PET de 360 m² ;
- Magasin de matières premières consommables de 622 m² ;

Chapitre 1 : Mise en contexte problématique et méthodologie

- Magasin de matières premières (sucre, charbon, sel) de 1 000 m²;
- Salle de frigo de 60 m² ;
- Salle de laboratoire de 60 m² ;
- Bureaux : techniques, administration, finances, informatiques, logistique, caisse centrale. [3]
 - Hangar 5000 : entrepôt de stockage des produits finis de 5 000 m².
- Bureaux logistiques des ventes ;
- Bureaux maintenances informatiques ;
- Bureaux ventes commerciales ;
- Bureaux parc auto ;
- Atelier de maintenance, réparation et tôlerie ;
- Station de graissage et lavage ;
- Magasin de pièces de rechanges auto ;
- Atelier de réparation frigo ;
- Atelier de peinture. [3]
- Installations annexes :
 - Salle de chaufferie avec 03 chaudières à vapeur de 270 m² ;
 - Trois groupes de refroidisseurs ;
 - Ligne Sidel de 192,6 m³/h ;
 - Ligne kronos de 110,5 m³/h ;
 - Ligne sig de 175,6 m³/h.
 - Quatre réservoirs de fuel aérien dont trois destinés à la logistique pour l'alimentation des chariots élévateurs d'une capacité de 12 000 litres et un réservoir de 5 000 litres pour l'alimentation des chaudières à vapeur ;
 - 02 réservoirs de CO₂ de 50 tonnes et un réservoir de 55 tonnes ;
 - Local de chaudière de l'eau « climatisation ». [3]
- Utilités :
 - Deux transformateurs de 1 600 kVa chacun ;
 - Deux transformateurs de 2 000 kVa chacun ;
 - Groupe électrogène de 200 kVa ;

Chapitre 1 : Mise en contexte problématique et méthodologie

- 08 compresseurs d'air comprimé de 22 kVa chacun ;
 - Une bache de 240 m³ (eaux de process) ;
 - Une bache à eau de 180 m³ (eaux d'extinction incendie) ;
 - Une bache à eau de 18 m³ (eaux domestiques) ;
 - Poste de détente SONELGAZ MP/BP entrée 4 bar, sortie 350 mbar. [3]
-
- Clôture : la clôture est réalisée en maçonnerie.
 - Accès : l'accès principal est situé au niveau de la route nationale RN N°5 à savoir :
 - Une entrée pour le personnel ;
 - Une entrée pour les visiteurs externe ;
 - Une entrée pour les livraisons et sorties de marchandises. [3]

1.2.7. Plan des installations

Le plan d'implantation des installations de l'entreprise ABC Pepsi est illustré dans la figure suivante :

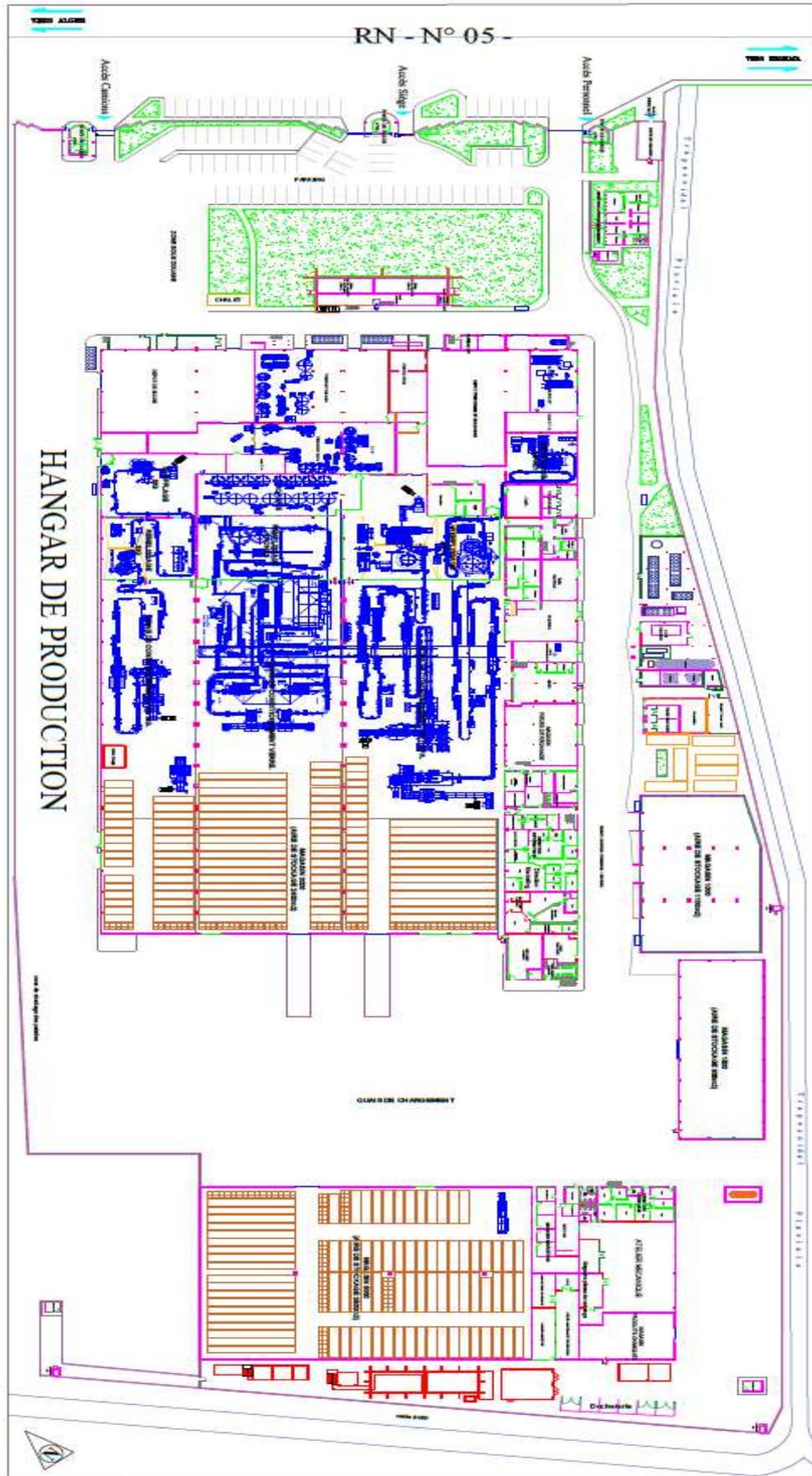


Figure 1.6 : Plan des installations de l'entreprise

1.3. Description du process de fabrication

La production et l'embouteillage des boissons gazeuses comportent plusieurs phases, chacune d'elles se déroule dans un atelier conçu à cet effet :

- Atelier de traitement de l'eau ;
- Atelier de versement de sucre ;
- Atelier de dissolution de sucre ;
- Siroperie ;
- Soutirage du produit / local injection de CO₂ ;
- Conditionnement. [3]

1.3.1. Atelier de traitement et de l'épuration de l'eau

La production de boissons gazeuse commence par cette opération de façon qu'elle réponde aux normes strictes du contrôle de qualité ces opérations assurent au produit sa haute qualité et la constance de son gout.

L'eau utilisée dans le process provient de trois forages d'une profondeur de 120 m et d'un débit de 65 m³/h pendant 16 heures. L'eau de forage est utilisée pour la production ainsi que pour le système anti-incendie, de ce fait l'eau transférée dans une bache a eau construite en béton compartimentée en trois sous-bâches :

- Une bache de 240 m³ (eau de process) ;
- Une bache à eau de 180 m³ (eaux d'extinction incendie) ;
- Une bache à eau de 18 m³ (eaux domestiques).

L'eau arrive du forage après contrôle de sa turbidité au niveau de la bache tampon. Le traitement de l'eau par un chlorage à 20 ppm. L'eau de production est déchlorée par un système de filtration à deux étapes, filtrage à sable et une autre à charbon actif jusqu'à une réduction de la concentration à zéro. Après une filtration à cartouches (10 micron), le traitement physico-chimique de l'eau se fait selon la méthode d'osmose inverse ou l'eau passe à travers une membrane, du milieu le plus concentré ver le milieu le moins concentré.

Ainsi l'eau traitée passe dans un réservoir et l'eau chargée et évacuée. Le traitement microbiologique se fait dans une station ultraviolette par décontamination de l'eau à l'UV. [3]

1.3.2. Atelier de versement de sucre

Le sucre est versé dans des trémies qui sont transférées par vice vers les cuves de dissolution. [3]

Chapitre 1 : Mise en contexte problématique et méthodologie

1.3.3. Atelier de dissolution de sucre

L'eau osmosée chauffée au préalable par des chaudières arrive dans 04 cuves ou est rajouté le sucre. La dissolution du sucre fournit le 1^{er} sirop. [3]

1.3.4. Siroperie

La siroperie contient 10 cuves de 10 000 L et 08 cuves de 20 000 L. Le 1er sirop provenant de la dissolution est mélangé aux sirops concentrés selon les parfums.

Le nettoyage des cuves et canalisation se fait à base de soude à 2,5% et de chlore. [3]

1.3.5. Atelier de soutirage

Le mélangeage des ingrédients sirops finis, eau et CO₂, se fait dans un mixeur (starbland). Le CO₂ est stocké à l'état liquide dans 03 réservoirs, puis dirigé vers les installations de gazéification au fur et à mesure des besoins. La gazéification confère aux produits leur effervescence et leur texture.

Une fois gazéifié, le produit est prêt à être mis en bouteilles ou en boîtes. Les boissons sont refroidies dans un système réfrigérant puis est envoyées vers la cuve d'alimentation des soutireuses. Celles-ci sont au nombre de quatre (04) :

- Bouteilles en PET : 0,5 L, 1 L, 2 L, 2,25 L ;
- Bouteilles en verre : 0,30 L, 1 L.

Les bouteilles et les boîtes vides sont automatiquement acheminées vers la soutireuse à l'aide d'appareils de manutention spécialisés. [3]

1.3.6. Conditionnement :

Le conditionnement est la dernière étape avant l'entreposage et la distribution. Cette phase est entièrement automatisée. L'emballage récupérable passe par :

- Dépalettiseur ;
- Décaisseurs ;
- Laveuse à deux baignoires de soude, l'une à 2,5% de concentration et l'autre à 2% à une température de 80°C ;
- Rinçage de la soude pendant 30 minutes ;
- Remplissage ;
- Etiqueteuse ;
- Encaisseuse ;
- Palettiseur.

Chapitre 1 : Mise en contexte problématique et méthodologie

Les bouteilles et les boîtes passent dans l'emballeuse pour y être soit empaquetées en caisses de carton, soit placées sur des plateaux ou des coquilles de plastique réutilisables.

Un palettiseur empile ensuite automatiquement les produits conditionnés sur des palettes) qui sont transportées, généralement grâce à un chariot élévateur, dans le magasin de stockage de produits finis. [3]

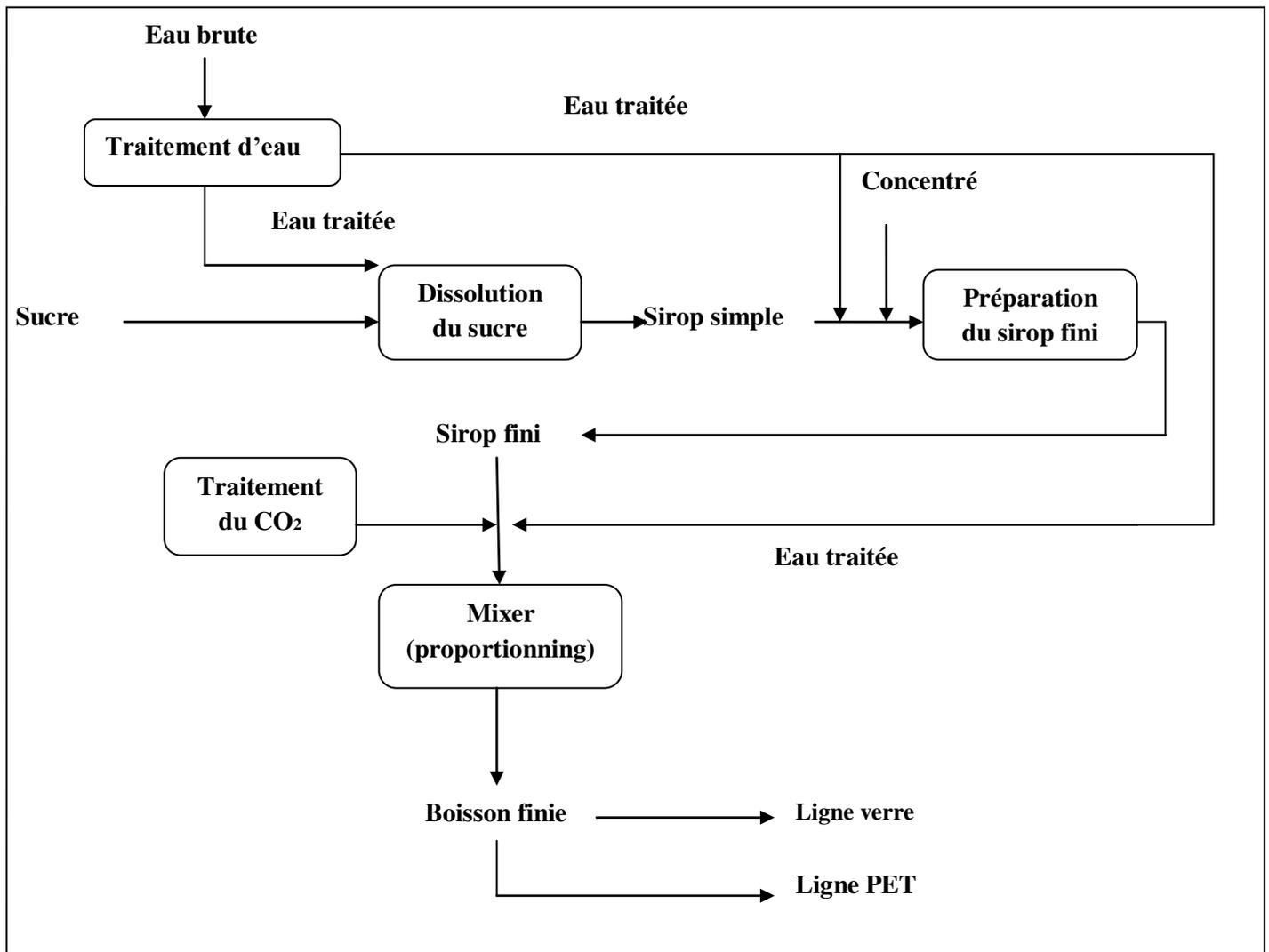


Figure 1.7 : Process de production de boissons gazeuse

Chapitre 1 : Mise en contexte problématique et méthodologie

1.4. Problématique et objectif

L'industrie agroalimentaire est l'un des secteurs les plus touchés par les accidents majeurs, tels que les explosions, les incendies ou les écoulements polluants. Ces accidents ont de lourdes conséquences d'un point de vue humain, matériel, financier ou pénal. Ils portent donc préjudice à la pérennité de l'entreprise.

Selon la base de données ARIA, les causes de ces accidents peuvent principalement être expliquées par 2 types de défaillances : les défaillances matérielles et les erreurs humaines. Le facteur organisationnel et humain concerne 370 des 606 accidents recensés en 2010.

Notre objectif dans ce projet est la sécurité de l'homme l'installation et l'environnement, et de réduire les risques suite à la demande de l'entreprise.

Cependant, la question de l'efficacité de la mise en place de barrières de sécurité est posée.

Nous avons entrepris d'étudier le cas de l'entreprise Pepsi.

Plus précisément :

- Quels sont les risques majeurs technologiques que génère l'organisation Pepsi ?
- Quelles sont les moyens de maîtrise adéquats à mettre en place afin de rendre cette organisation plus sécuritaire ?

1.5. Méthodologie

La méthodologie que nous avons adoptée pour atteindre l'objectif général de cette étude, reprend parfaitement l'enchaînement du processus méthodologique de maîtrise des risques, en passant par les objectifs intermédiaires prédéfinis pour la conduite du projet, doit apporter des éléments de réponse à notre problématique.

- ✓ Étape 1 : Cette étape définit le système sur lequel portera l'étude. Elle comprend :
 - Rex (cause, accidents, ER) : C'est de connaître le Rex des accidents dans le domaine agroalimentaire dans le monde entier
 - Problématique de sécurité : C'est de poser un problème de sécurité qu'on a dans l'entreprise.

- ✓ Étape 2 : identification de la zone critique

Consiste à faire la décomposition de l'entreprise par zone pour faciliter l'analyse de risque de trouver la zone critique, nous allons utiliser une analyse APR (Analyse préliminaire des Risque). Cette méthode nous servira à déterminer les éléments critiques de notre système.

Chapitre 2 : Outils de maîtrise des risques

Ce chapitre a pour but d'éclaircir les notions de base et les notions de gestion des risques, de préciser notamment, les termes importants dans la littérature, à savoir, la notion de risque et le concept de barrières de sécurité. Nous allons aussi présenter le processus de gestion des risques. Nous citerons également la théorie des méthodes d'analyse utilisées (APR, SADT, AMDEC et HAZOP) terminera ce chapitre.

2.1. Notions de base

2.1.1. Définition des concepts de base du risque accidentel

La définition du risque suivant la norme internationale ISO/CEI 73 est : « la combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences », « ou la combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité ».

L'évaluation des risques de type accidentel, de nature technologique ou naturelle, s'appuie sur les concepts de « probabilité d'occurrence » d'un phénomène, « intensité » du phénomène et « vulnérabilité » des cibles (également appelées « enjeux »). L'objectif de l'évaluation est de déterminer l'aléa (combinaison de la probabilité et de l'intensité du phénomène accidentel) et le niveau de gravité (combinaison de l'intensité du phénomène et de la vulnérabilité des enjeux).

Risque accidentel =



- **Aléa** : probabilité qu'un phénomène accidentel produise en un point donnée des effets d'une intensité donnée au cours d'une période déterminée. L'aléa est spatialisé et peut être cartographié.
- **Danger** : propriété intrinsèque à une substance, à un système technique, à un organisme vivant qui est de nature à entraîner des dommages sur un élément vulnérable.

Chapitre 2 : Outils de maîtrise des risques

- **Enjeux** : éléments vulnérable tels que les personnes, les biens matériels ou les différentes composantes du milieu naturel (faune, la flore, ressources naturelles...) susceptibles, du fait de l'exposition au danger, de subir des dommages.
- **Gravité** : mesure des conséquences découlant de l'exposition d'éléments vulnérables aux effets d'un phénomène dangereux. Intensité : mesure physique de l'intensité d'un phénomène dangereux. La mesure de l'intensité se traduit la plupart du temps par la détermination des distances d'effet des phénomènes. Elle ne tient pas compte des cibles exposées.
- **Probabilité** : degré de vraisemblance qu'un événement dangereux se produise ; fréquence d'un phénomène. Vulnérable : appréciation du rapport entre les effets d'un danger auquel est exposé une cible et les dommages qu'elle subit. Dans le cas d'une zone. La vulnérabilité est l'appréciation de la sensibilité moyenne de l'ensemble des cibles à un type d'effet donnée.
- **Intensité** : Expression de la violence ou de l'importance d'un phénomène, évaluée ou mesurée par des paramètres physiques. [4]

2.1.2. Notion de danger et de dommage

Danger : La norme OHSAS 18001 définit le danger comme :

Toute source, situation, ou acte ayant un potentiel de nuisance en termes de préjudice personnel ou d'atteinte à la santé, ou une combinaison de ces éléments.

Dommage : conséquences négatives d'un phénomène dangereux.

Accident : Un accident est un enchaînement indésirable d'événements imprévus comportant un transfert d'énergie qui entraîne des dommages corporels, des dommages matériels, des dommages environnementaux, une perte de production ou une atteinte à la réputation de la société qui sont réels.

Analyse des risques : Elle se fait en identifiant de façon précise et exhaustive les incidents ou accidents s'étant produits ou pouvant se produire.

- Aux produits
- Aux procédés de fabrication
- Aux installations
- Aux facteurs humains
- Aux agressions extérieures

Chapitre 2 : Outils de maîtrise des risques

Développement durable : C'est un mode de développement qui répond aux besoins immédiats et préserve les besoins des générations futures. A cet égard, les projet ou activités doivent être écologiquement fiables, économiquement rentables et socialement équitables. [3]

Effet domino : Action d'un phénomène accidentel affectant une ou plusieurs installations d'un établissement qui pourrait déclencher un phénomène accidentel sur une installation ou un établissement voisin, conduisant à une aggravation générale des conséquences. [3]

Effets thermiques : Les effets thermiques sont liés à une combustion d'un produit inflammable ou à une explosion. Pour déterminer les conséquences sur l'homme (brûlures du 1er, 2nd ou 3ème degré), il est essentiel de définir des flux (quantité de chaleur par unité de surface). [3]

Effets toxiques : Les effets toxiques correspondent à l'inhalation d'une substance chimique toxique (chlore, ammoniac, phosgène...), suite à une fuite sur une installation. Les effets résultant de cette inhalation peuvent être, par exemple, un œdème du poumon ou une atteinte du système nerveux. [3]

Effluents : Sous-produits sous forme liquide ou gazeuse, résidus d'un traitement chimique. Dans certains cas, ces résidus indésirables sont rejetés dans l'environnement ; une autre option largement pratiquée dans l'industrie nucléaire est d'en recycler la fraction valorisable, d'en séparer la fraction toxique et de la conditionner dans une matrice adaptée pour pouvoir rejeter le reste sans nuisance significative pour l'environnement. [3]

Environnement : Ensemble des phénomènes extérieurs à un organisme, tels qu'ils entretiennent avec lui des relations ; composante écologique du cadre de vie de l'homme, le plus souvent perçu sous l'angle des interactions entre les activités humaines et le milieu naturel, qu'il soit physique, chimique ou biologique.

L'environnement désigne tout ce qui nous "environne".

Lorsque l'homme protège son environnement, il intervient sur la partie naturelle de l'environnement (forêts, océans, montagne, faune, flore, écosystèmes...) mais aussi sur des facteurs pouvant avoir des impacts sonores, visuels, olfactifs... [3]

Estimation du risque : Processus utilisé pour affecter des valeurs à la probabilité et aux conséquences d'un risque. L'estimation du risque peut considérer le coût, les avantages, les

Chapitre 2 : Outils de maîtrise des risques

préoccupations des parties prenantes, et d'autres variables requises selon le cas pour l'évaluation du risque. [3]

Etude de dangers : Étude précisant l'ensemble des risques auxquels se trouvent exposés, lors d'un accident d'origine interne ou externe, les personnes et les biens situés à l'intérieur ou à proximité d'une installation, ainsi que les dommages qui en résultent pour l'environnement. Note : L'étude de dangers identifie les sources de dangers et expose les scénarios d'accident. Elle comporte une analyse des mesures propres à réduire la probabilité et les conséquences des accidents. [3]

Exposition ou risque : Résulte de la combinaison de l'aléa affectant une zone donnée avec la vulnérabilité de cette zone. [3]

Incendie : Feu important, se propageant en dehors de la volonté de l'homme et que celui-ci ne maîtrise pas. Le droit réglemente les activités susceptibles de provoquer des incendies et les établissements recevant du public (ERP).

Le droit de la responsabilité civile du fait des incendies a créé un régime spécial. Le droit pénal réprime dans des infractions particulières les auteurs d'incendie.

INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques)

L'INERIS a pour mission d'évaluer et de prévenir les risques accidentels ou chroniques pour l'homme et l'environnement liés aux installations industrielles, aux substances chimiques et aux exploitations souterraines. Créé en 1990, l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS) est un établissement public à caractère industriel et commercial, placé sous la tutelle du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (France). L'Institut est doté de laboratoires d'analyses physico-chimiques et de moyens d'essais parmi les plus importants au plan national. [4]

Pollution : Toute modification directe ou indirecte de l'environnement provoquée par tout acte qui provoque, ou qui risque de provoquer une situation préjudiciable pour la santé, la sécurité, le bien-être de l'homme, la flore, la faune, l'air, l'atmosphère, les eaux, les sols et les biens collectifs et individuels.

Risque majeur : Toute menace probable pour l'homme et son environnement pouvant survenir du fait d'aléas naturels exceptionnels et/ou du fait d'activités humaines.

Chapitre 2 : Outils de maîtrise des risques

Prévention des risques majeurs : La définition et la mise en œuvre de procédures et de règles visant à limiter la vulnérabilité des Hommes et des biens aux aléas naturels et technologiques.

Accident majeur : Un événement tel qu'une émission, un incendie ou une explosion d'importance majeure résultant de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation, entraînant pour la santé humaine ou pour l'environnement, à l'intérieur ou à l'extérieur de l'établissement, un danger grave, immédiat ou différé, et faisant intervenir une ou plusieurs substances dangereuses.

Scénarios d'accidents majeurs : L'INERIS à travers ces différentes publications définit le scénario d'accidents majeurs comme suit :

Scénarios d'accidents majeurs : Séquence d'évènements qui, s'ils ne sont pas maîtrisés, s'enchaînent ou se combinent jusqu'à l'apparition de dommages majeurs au niveau des cibles de l'environnement.

Le scénario d'accident majeur peut être défini comme l'enchaînement d'évènements indésirables (EI), aboutissant à un événement redouté central (ERC) qui conduit à un ou des événements majeurs (EM). [4]

Événement de base (EB) : Événement dont la réalisation, seule ou combinée, est susceptible d'aboutir à la matérialisation d'un événement intermédiaire (EI).

Un Événement Courant (EC) : Peut se définir comme une défaillance, panne d'équipement, dérive de paramètre prévisible et pris en compte dans le fonctionnement normal de l'installation.

Un Évènement Indésirable (EI) : Représente un événement ne devant pas se produire ou avec une probabilité moins élevée.

Cela peut être une agression, une défaillance, panne d'équipement, dérive de paramètre.

Événement intermédiaire (EI) : Événement dont la réalisation, seule ou combinée, est susceptible d'aboutir à la matérialisation de l'événement redouté (ER).

Un Évènement Redouté (ER) : Est un événement qui entraîne la perte d'une ou des fonction(s) essentielle(s) d'un système et cause des dommages importants au dit système ou à son environnement en ne présentant toutefois qu'un risque négligeable de mort ou de blessure. La perte de confinement de produit, la perte d'intégrité de l'installation ou la rupture

Chapitre 2 : Outils de maitrise des risques

d'équipement en sont des exemples.

Événement redouté secondaire(ERS) Est la conséquence directe de l'événement redouté.

Un Événement Majeur (EM) : Est un événement critique aux conséquences finales lourdes.

Phénomène dangereux (Ph D) : Phénomène physique pouvant engendrer des dommages majeurs.

Effets majeurs (EM) : Dommages occasionnés au niveau des éléments vulnérables (personnes, environnement ou biens) par les effets d'un phénomène dangereux.

2.2. Méthodes d'analyse des risques

Dans cette partie nous allons passer en revue l'ensemble des méthodes d'analyses utilisées à savoir la méthode APR, SADT, AMDEC et la méthode HAZOP.

L'évaluation des risques a pour objet d'identifier les causes et les conséquences potentielles découlant des situations dangereuses provoquées par le dysfonctionnement des installations étudiées, en se basant sur le retour de l'accidentologie. Cette d'étude est appelée « analyse préliminaire des risques ».

2.2.1. Analyse préliminaire des risques APR

L'évaluation des risques permet de caractériser le niveau de risque de ces évènements redoutés, selon une méthodologie décrite ci-après et d'identifier les scénarii d'accidents majeurs, qui seront étudiés ultérieurement de manière détaillée. [3]

2.2.1.1. Analyse des risques

L'évaluation préliminaire des risques permet de recenser les défaillances pouvant affecter les éléments d'un système mais aussi d'analyser les conséquences de ces dysfonctionnements.

Cette analyse intègre ainsi des situations anormales ou exceptionnelles telles que les défaillances mécaniques des équipements, les erreurs humaines, etc.

La synthèse des analyses des risques effectuées est présentée sous forme de tableaux récapitulatifs à plusieurs colonnes :

- **Situations dangereuses** : identification des situations qui, si elles ne sont pas maîtrisées, peuvent conduire à l'exposition de cibles à un ou plusieurs phénomènes

Chapitre 2 : Outils de maîtrise des risques

dangereux ;

- **Causes** : identification des conditions, événements indésirables, pannes ou erreurs qui peuvent conduire, seuls ou combinés entre eux, à la situation dangereuse ;
- **Conséquences** : identification de l'ensemble des conséquences potentielles que la situation dangereuse peut éventuellement entraîner ;
- **Probabilité** : évaluation de la probabilité d'occurrence du scénario redouté selon une échelle de cotation qualitative ;
- **Gravité** : évaluation de la gravité du scénario redouté selon une échelle de cotation ;
- **Sécurités existantes** : moyens mis en œuvre pour prévenir la situation dangereuse et pour éviter les conséquences qu'elle pourrait occasionner ;
- **Mesures de prévention/protection à prévoir** : si les sécurités existantes sont jugées insuffisantes, des propositions d'amélioration seront envisagées. [3]

Toutes les situations dangereuses susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement sont retenues dans le tableau récapitulatif.

Les cotations ont été définies quantitativement sur la base des données quantifiées de la littérature ou des connaissances du site (précisions dans le tableau d'APR).

Lorsqu'aucune information précise n'est disponible, la cotation a été basée sur l'accidentologie. [3]

2.2.1.2. Caractérisation des niveaux de risque

Pour apprécier les risques, il convient d'évaluer pour chaque scénario susceptible d'impacter l'environnement un niveau :

- D'intensité, qui représente l'étendue des conséquences du scénario;
- De probabilité, qui correspond à la probabilité pour que le scénario identifié se réalise ;
- De gravité, qui correspond au nombre de personnes susceptibles d'être touchées par les phénomènes dangereux identifiés. [3]

Chapitre 2 : Outils de maitrise des risques

2.2.1.3. Domaine d'application

L'APR est une méthode qui est applicable à tous types d'installation industrielle quel qu'en soit sa taille ou son secteur d'activité, à condition qu'elle soit conduite dans des contextes temporels précis dans le cycle de vie de l'installation et qu'elle soit en concordance avec des objectifs d'étude bien définis. [5]

Et comme son nom l'indique, une APR est utile pour l'appréciation préliminaire des risques lors de :

- la phase de conception d'une installation dans le but de concevoir l'ensemble des barrières de sécurité qui permettront de prévenir des accidents majeurs et d'assurer une bonne gestion de la sécurité afin d'obtenir l'autorisation d'exploitation de cette installation ;
- la phase exploitation d'une installation et cela comme outil de départ d'une démarche d'analyse des risques, qui permettra de sélectionner les risques qui feront l'objet d'une étude plus poussée en appliquant des méthodes d'analyse plus complexes ;
- une évolution de la technologie de l'installation ou une modification dans les procédés ou les opérations industrielles. [5]

2.2.1.4. Principe de l'APR

Afin de déterminer l'ensemble des risques que génère une installation donnée, il est indispensable de passer en premier lieu par une analyse fonctionnelle de l'installation (système) dont découle une description fonctionnelle des équipements qui composent l'installation. Cette description représente l'assise de l'enchaînement résumé dans l'identification des éléments dangereux.

Chapitre 2 : Outils de maîtrise des risques

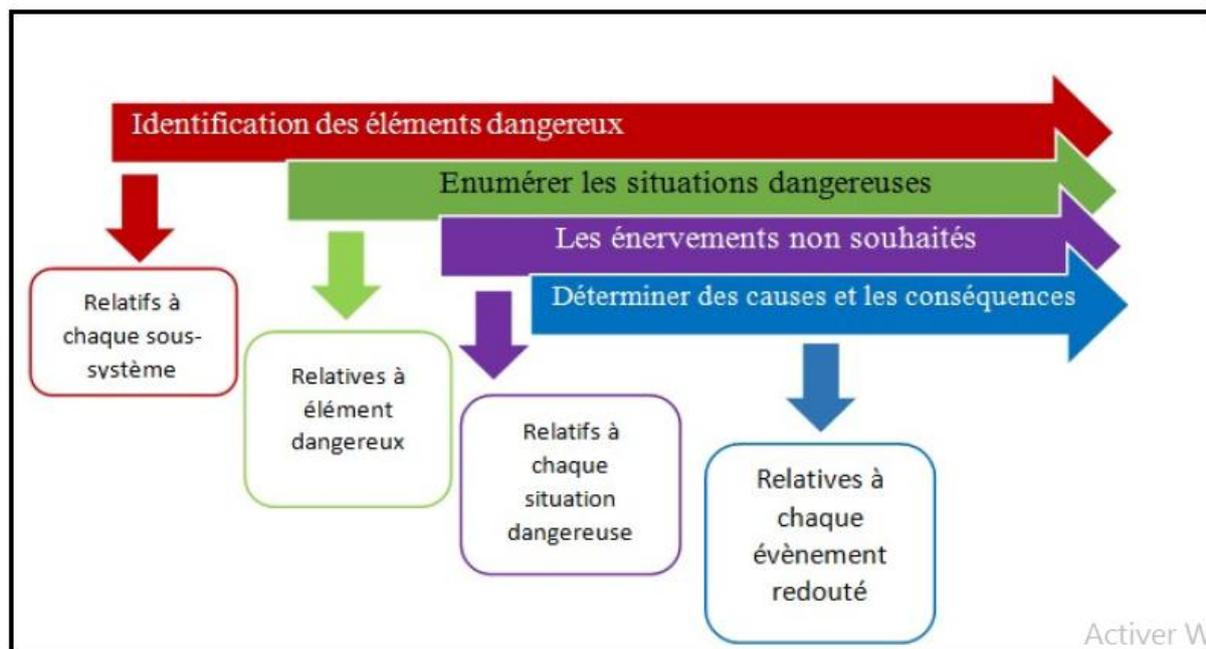


Figure 2.1 : Principe de la méthode APR (6)

L'enchaînement représenté dans la Figure 2.5 fait appel, dans la détermination des conséquences, à un travail d'équipe qui par la suite consistera à :

- côter les fréquences d'occurrence des évènements redoutés en s'appuyant sur leurs causes ;
- déterminer les niveaux de gravité en s'appuyant sur les conséquences que peut engendrer l'évènement redouté.

L'équipe de travail sera amenée à associer les mesures de protection et de prévention présentes pour la réduction de chaque risque après sa première évaluation.

Dans la plupart des cas nous intégrons les deux paramètres (gravité (G) et probabilité(P)) dans une matrice à deux dimensions pour la hiérarchisation des risques en fonction des objectifs en matière de sécurité. [6]

2.2.1.5. Déroulement de la méthode

En respectant les principes de la méthode, le déroulement de celle-ci se fera selon les étapes suivantes :

- **Étape 1** : Détermination du système étudié

Cette étape consiste à sélectionner et à déterminer le système à analyser.

- **Étape 2** : Identification des éléments dangereux

L'analyse préliminaire des risques nécessite dans un premier temps, l'identification des éléments dangereux de l'installation en question, ces éléments dangereux désignent le plus souvent :

Chapitre 2 : Outils de maîtrise des risques

- des substances ou préparations dangereuses, que ce soit sous forme de matières premières ou sous forme de produits finis ou semi-finis ;
- des différents équipements dangereux que comporte l'installation ;
- des opérations dangereuses associées au procédé.

- **Étape 3** : Détermination des évènements redoutés (ER)

Cette étape repose sur la détermination des évènements redoutés résultant des situations dangereuses et du déclenchement d'un évènement initiateur en s'appuyant sur le retour d'expérience.

- **Étape 4** : Détermination des causes et conséquences

Énumérer les causes qui sont à l'origine de chaque ER et les conséquences qui peuvent en découler.

- **Étape 5** : Grille d'évaluation (P et G)

Mise en place d'une grille d'évaluation de la probabilité (P) d'apparition d'un ER et de la gravité (G) des conséquences engendrées.

Dans notre cas nous nous sommes proposé d'élaborer nos propres grilles de probabilité et de gravité sur la base des rapports d'accidentologie de l'entreprise en question et suite au retour d'expérience.

- **Étape 6** : Estimation de la criticité (C) du risque

Estimation de la probabilité et de la gravité de chaque ER.

Par la suite, vient le calcul à partir de ces estimations de la criticité (C) du risque à l'aide de la formule suivante : $C = P \times G$

- **Étape 7** : Identification des barrières de sécurité existantes

Cette étape consiste à identifier les mesures de sécurités existantes pour chaque système étudié.

- **Étape 8** : Réévaluation de niveau de criticité (C') du risque

Après détermination des mesures de prévention et de protection existantes, une nouvelle estimation de la probabilité (P') et de la gravité (G') est réalisée, puis nous ressortons avec un niveau de risque réévalué ($C' = P' \times G'$).

- **Étape 9** : Hiérarchisation des risques

Hiérarchisation des risques à l'aide de la matrice de criticité, qui est une matrice à deux dimensions (P, G) en ressortant avec les catégories des risques suivants :

- risques acceptables ;
- risques ALARP;
- risques inacceptables.

Chapitre 2 : Outils de maitrise des risques

A la fin de ce travail, les résultats seront synthétisés dans un tableau.

Le tableau suivant est le déploiement type de l'APR qui constitue le produit de cette méthode.

Tableau 2.1 : Déploiement type de l'APR

Systèmes N° :												
SS	EDS	ER	causes	conséquences	P	G	C	Mesures de prévention	P'	Mesures de protection	G'	C'

2.2.1.6. Avantages et limites de la méthode

La méthode APR permet d'établir un examen relativement rapide des situations dangereuses sur les installations. Comparée aux autres méthodes d'analyse, l'APR apparait comme relativement économique en terme de temps passé et ne nécessite pas un niveau de description du système étudié très détaillé, ceci représente l'avantage principal de la méthode.

En revanche, cette méthode ne permet pas de déterminer avec exactitude le déroulement des évènements susceptibles de conduire à un accident majeur pour les systèmes complexes.

2.2.2. La méthode SADT

2.2.2.1. Définition de SADT

SADT (en anglais structured analysis and designed technique), connue aussi sous label IDEF0 (en anglais integration definition for function modeling), est une méthode d'origine américaine, développée par Softech par Doug Ross en 1977 puis introduite en Europe à partir de 1982 par Michel Galinier. Elle se répondit vers la fin des années 1980 comme l'un des standards de description graphique d'un système complexe par analyse fonctionnelle descendante c'est-à-dire que l'analyse chemine du générale (dit « niveau A-0 ») vers le particulier et le détaillé et le détaille (dits « niveau A_{ijk} »).

SADT est une démarche systémique de modélisation d'un système complexe ou d'un processus opératoire. [7]

Chapitre 2 : Outils de maîtrise des risques

2.2.2.2. Objectif de SADT

L'objectif de cette étude doit mener les intervenants (ingénieurs, techniciens, opérateurs) à un tout qui soit cohérent et homogène avec le système à étudier. Dans n'importe quel système automatisé, circulent un certain nombre de flux de données (flux de pièces, flux d'informations, flux énergétiques, flux divers (Rebuts, déchets ...)). [7]

2.2.2.3. Avantages

- Structure hiérarchisée par niveau permettant une clarification et une décomposition analytique de la complexité d'un système ;
- préciser de plus en plus finement le rôle de chacun des éléments du système ;
- Donner une vision globale du système par une analyse des niveaux successifs ;
- Diagramme intemporel ;
- Économie de temps. [7]

2.2.2.4. Inconvénients

- Pas de représentation séquentielle ;
- Absence d'opération en logique booléenne (ET, OU, etc.) ;
- Impossibilité d'une vue globale, sauf au « niveau le plus haut ». [7]

2.2.2.5. Représentation des fonctions

Chaque fonction est représentée par une boîte (ou un bloc). Une boîte SADT est située dans son contexte avec les autres boîtes ou modules, par l'intermédiaire de flèches de relation. Ces flèches symbolisent les contraintes de liaisons entre boîtes

- des flèches d'entrée horizontales représentant la matière d'œuvre (souvent à caractère informationnel et immatériel) ;
- des flèches d'entrée verticales descendantes représentant les contraintes de contrôle (souvent à caractère informationnel et immatériel) ;
- des flèches d'entrée verticales remontantes représentant les contraintes (souvent à caractère physique et matériel) de la boîte ;
- des flèches d'entrée verticales remontantes représentant la valeur ajoutée de la fonction (souvent à caractère informationnel et immatériel). [7]

Chapitre 2 : Outils de maitrise des risques

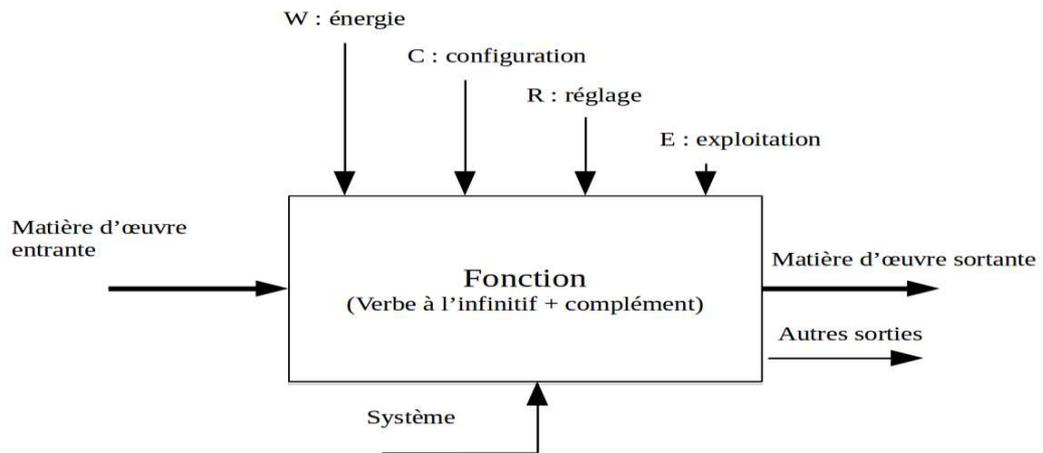


Figure 2.2 : schéma simplifié de la SADT (7)



Figure 2.3 : schéma détaillée de la SADT (7)

2.2.2.6. Analyse descendante

La méthode, appuyée par le modèle graphique décrit précédemment, procède par approche descendante en ce sens que l'on va du plus général au plus détaillé, en s'intéressant aux activités du système.

Le premier niveau du modèle, appelé niveau A-0, est en général très abstrait, et progressivement les activités et les moyens nécessaires à leur réalisation sont détaillés. [7]

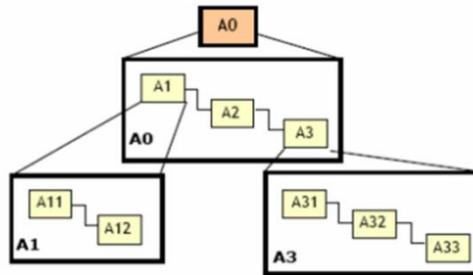


Figure 2.4 : Schéma de défilement de niveaux de SADT

Le SADT est un outil graphique de représentation des systèmes et un travail d'équipe qui demande discipline et coordination. L'application de la SADT sur des systèmes extrêmement complexe est une manière très efficace pour comprendre parfaitement le fonctionnement de ces systèmes et pour situer avec précision les éléments vulnérable set susceptible de crée un problème ou qu'on déjà causer un. [7]

2.2.3. Méthode AMDEC :

2.2.3.1. Historique de l'AMDEC

Cette méthode a été développée par l'armée américaine à la fin des années 1940, puis a servi dans les années 1960 pour l'étude de fiabilité des missions spatiales. Dans les années 1970, elle a été un des outils utilisés pour l'étude de fiabilité pour la conception des centrales nucléaires. Pendant cette même période, elle a été utilisée dans l'industrie automobile, notamment chez FORD ou elle a été introduite dans le référentiel Q101 EN 1986. [8]

2.2.3.2. Définition de l'AMDEC

L'AMDEC est une méthode qualitative et inductive qui définit une règle ou une loi à partir de l'expérience : un raisonnement inductif visant à identifier les risques de pannes potentielles contenues dans un avant projet de produit ou du système, quelles que soient les technologies, de façon à les supprimer ou à les maitriser (norme AFNOR X 60-510 de décembre 1986). [8]

2.2.3.3. Mots relatifs à l'AMDEC

- **Fréquence (F) :** Fréquence d'apparition de la défaillance : elle doit représentée la probabilité d'apparition du mode de défaillance résultante d'une cause de données.

Chapitre 2 : Outils de maitrise des risques

- **Détection (D)** : Fréquence de non détection de la défaillance : elle doit représenter la probabilité de ne pas détecter la cause ou le mode de défaillance avant que l'effet survient.
- **Gravité (G)** : Gravité des effets de la défaillance : La gravité représente la sévérité relative à l'effet de la défaillance.
- **Criticité (C)** : Elle est exprimée par l'indice de priorité risque. [9]

2.2.3.4. Les types de l'AMDEC

- **L'MADEC produit**

Utilisée pour fiabiliser les systèmes par l'analyse des défaillances dues aux erreurs de conception. Ce type d'AMDEC est donc initialisé en phase de développement produit au moment de sa conception.

L'AMDEC peut être réalisée à différents stades de la conception du produit, en ne perdant pas de vue qu'elle sera d'autant plus efficace qu'elle interviendra plutôt dans le processus de conception. [10]

-Au stade de l'analyse fonctionnelle

-Au stade de la définition du produit

- **AMDEC processus**

L'AMDEC processus est utilisée pour analyser les défaillances générées par le processus de fabrication. Ce type d'AMDEC est idéalement initialisé en phase d'industrialisation au moment de la définition du processus de fabrication et de la conception des moyens. [10]

- **AMDEC montage**

On emploie aussi l'expression AMDEC assemblage. Pour certains produits ou pour certaines étapes de la fabrication d'un produit, le procédé (ou une partie du procédé seulement) sera constitué par une succession d'opérations totalement (ou partialement) manuelles. [10]

- **AMDEC contrôle**

Ici encore, on est très proche de l'AMDEC procédé, pour ces opérations de contrôle, les modes de défaillances pourraient être qualifiés de modes de défaillance génériques, puisqu'ils seront toujours du type : Absence ou oubli du contrôle, déclarer un produit bon ou un produit mauvais. [10]

Chapitre 2 : Outils de maitrise des risques

- **AMDEC sécurité :**

Pour assurer la sécurité des opérations dans les procédés ou il existe des risques pour l'homme. [10]

- **AMDEC machine**

Analyse de la conception et/ou de l'exploitation d'un moyen ou équipement de production pour améliorer la disponibilité et la sécurité de celui-ci. [10]

2.2.3.5. Notions utilisées [2]

Définition de base

Les termes de base utilisés dans le cadre de la méthode AMDEC, et définis par la norme, sont les suivants :

- **Dispositif :** Tout élément, composant, sous-système unité fonctionnelle, équipement ou système que l'on peut considérer individuellement. Un dispositif peut être constitué de matériel, logiciel ou des deux à la fois, et peut aussi dans certains cas comprendre le personnel. Un ensemble déterminé de dispositifs, par exemple une population ou un échantillon, peut lui-même être considéré comme un dispositif.
- **Défaillance :** Cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise.
- **Panne :** Etat d'une entité inapte à accomplir une fonction requise, non comprise inaptitude due à la maintenance préventive ou à d'autres actions programmées, ou due à un manque de moyens extérieurs.
- **Mode de défaillance :** Manière avec laquelle une défaillance est observée. [11]

Causes de défaillance

La cause d'une défaillance peut être définie comme un événement lié à la conception, la fabrication ou l'emploi du dispositif, qui peut entraîner une défaillance. Dans le cadre d'une analyse AMDEC, il peut être utile d'identifier les causes les plus probables pour chaque mode de défaillance potentiel. L'identification de ces causes n'est pas toujours nécessaire : elle est à réserver aux modes dont l'effet a un impact important. Ces causes permettent une meilleure évaluation de la probabilité du mode et de prévoir des mesures de prévention, en agissant au niveau de ces causes. [11]

Effet d'une défaillance

L'effet d'une défaillance est défini comme étant la conséquence du mode de défaillance sur le fonctionnement ou sur l'état du dispositif. Les effets peuvent se manifester sur :

Chapitre 2 : Outils de maitrise des risques

- La disponibilité du moyen de production ;
- La qualité du produit fabriqué ;
- Sur les couts ;
- La sécurité des personnes et des biens ;
- L'environnement. [11]

Un effet peut nécessiter l'apparition de plusieurs défaillances simultanément pour se produire.

Fréquence ou probabilité d'apparition d'une défaillance

La fréquence ou probabilité d'apparition d'une défaillance permet de caractériser sa vraisemblance. Il convient de préciser la période de temps utilisée pour spécifier cette fréquence. Elle peut être évaluée de façon qualitative ou quantitative. Dans les cas où le mode de défaillance concerne un composant relativement simple, celle-ci peut être estimée à partir du taux de défaillance en prenant en compte les conditions d'exploitation. [12]

Sévérité d'une défaillance

La sévérité d'une défaillance, notée S, est définie par la norme comme l'importance de l'effet d'un mode de défaillance sur le fonctionnement du dispositif, sur l'environnement du dispositif, ou sur l'opérateur de dispositif. La sévérité de l'effet d'un mode de défaillance est liée aux limites définies pour le système analysé et elle est mesurée en examinant l'effet global ou final. Cette notion correspond à la gravité du risque. [12]

Détection d'une défaillance

Un mode de défaillance peut être plus ou moins facilement détectable. Plus on peut le détecter facilement, plus il sera possible de mettre en place des mesures pour en limiter les effets. Par exemple, si la défaillance menace la sécurité, on pourra mettre en action un système de sécurité lorsqu'une défaillance est détectée. Dans le cas d'une défaillance qui a un effet sur la production ou sur son niveau de qualité, la détection permet de prendre les mesures adéquates en réorganisant les capacités de production. [12]

Dans une analyse AMDEC, on peut donc recenser les moyens de détection de chaque mode de défaillance. Ces moyens de détection peuvent être vus comme une barrière de prévention des effets de la défaillance. Ils peuvent prendre par exemple la forme de capteurs, de surveillance par contrôle de statistique ou de surveillance par un opérateur. Il est important de

Chapitre 2 : Outils de maîtrise des risques

noter que plusieurs défaillances peuvent se manifester de façon identique et que la détection n'est pas toujours évidente. [12]

Criticité d'une défaillance

La criticité d'une défaillance est définie par la norme comme la combinaison de la sévérité de ses effets et de sa vraisemblance, ce qui correspond à la définition générale.

Pour la déterminer, on peut utiliser un tableau à deux entrées, la probabilité ou fréquence et la gravité. Pour chaque case du tableau, un niveau de criticité est défini. La norme définit quatre niveaux : intolérable, indésirable, tolérable et négligeable. [12]

2.2.3.6. Déroulement de la méthode AMDEC

La méthode AMDEC est une méthode exhaustive pour analyser l'effet de toutes les défaillances de tous les éléments d'un système. Elle considère les modes de défaillances successivement, et fait donc l'hypothèse implicite qu'il n'y a pas de modes de défaillances simultanés qui se manifestent en même temps. Cette hypothèse est importante et est une limite pour traiter les défaillances de cause commune. [13]

On peut s'intéresser aux défaillances des fonctions d'un système, à celles des composants ou entités structurelles d'un système ou au mélange des deux.

L'approche fonctionnelle est utilisée :

- Lorsque les composants ne peuvent pas être identifiés, comme par exemple très tôt au niveau de la conception ;
- Si la complexité du système nécessite de structurer l'analyse en utilisant les blocs fonctionnels. [13]

L'approche « composants » ou matérielle, est utilisée :

- Si les composants peuvent être identifiés et ont des fonctionnalités faciles à identifier ;
- Si l'analyse, pour être quantifiée, nécessite de s'appuyer sur des données de fiabilité dépendantes du composant physique ; [13]

L'approche mixte est aussi souvent utilisée :

Elle est construite en partant d'une analyse fonctionnelle du système pour bien le comprendre, complétée par l'identification des composants utilisés par les groupes fonctionnels. [13]

Chapitre 2 : Outils de maitrise des risques

➤ Les étapes de l'analyse AMDEC

Quelques soient le type d'approche choisie, les étapes d'une analyse AMDEC sont les suivantes :

- a) Préparation de l'analyse : définition du contexte, recherche des informations et observations ;
- b) Description, modélisation de l'installation ;
- c) Application de la procédure AMDEC :
 - Identification des modes ;
 - Recherche des effets ;
 - Recherche des causes ;
 - Evaluation de la probabilité ;
 - Evaluation de la gravité
- d) Bilan de l'analyse et des mesures à prendre, rédaction du rapport d'analyse. [14]

1) Préparation de l'analyse

Cette phase fait partie de la définition du contexte du processus de gestion des risques.

Elle comprend :

- La définition des objectifs de l'analyse (sécurité, qualité, etc.) ;
- La planification de l'analyse ;
- La définition des limites du système analysé et du niveau de détail ;
- La constitution du groupe de travail, impliquant éventuellement des experts pour certains éléments. [14]

Ensuite il est nécessaire de définir une échelle adaptée des indices de gravité et de fréquence, soit qualitative, soit mixte si certaines probabilités sont évaluées à partir des taux de défaillances ou utilisée dans des arbres de défaillances dans l'étape suivante.

On définit ensuite comment est calculée la criticité.

Enfin on peut préciser si les moyens de détection sont analysés de façon systématique, et s'ils sont évalués à une échelle adéquate. [14]

Chapitre 2 : Outils de maitrise des risques

2) Modélisation du système

Après avoir défini le contexte, et avant de commencer l'analyse AMDEC d'un système, il est nécessaire de le modéliser. L'approche qui est souvent utilisée est une analyse fonctionnelle, de façon à : Structurer et modulariser l'analyse ; [14]

- Comprendre comment et pourquoi l'entité fonctionne ;
- Fournir une représentation du système qui permettra de rechercher de façon systématique les modes de défaillance. [14]

3) Application de la procédure d'analyse [4]

Une fois que l'installation a été modélisée, on examine les différents éléments en suivant la démarche décrite dans le schéma au dessous. Le résultat de l'analyse de chaque mode permet de remplir une table selon le format présenté. Si les moyens disponibles pour mener l'analyse sont limités, il peut être utile de choisir les 20% d'équipements générant les 80% de la criticité. [14]

Pour identifier les fonctions générant la criticité, une solution consiste à identifier les événements redoutés au niveau du système. On travaille ensuite sur les modes de défaillances conduisant à ces événements redoutés. [14]

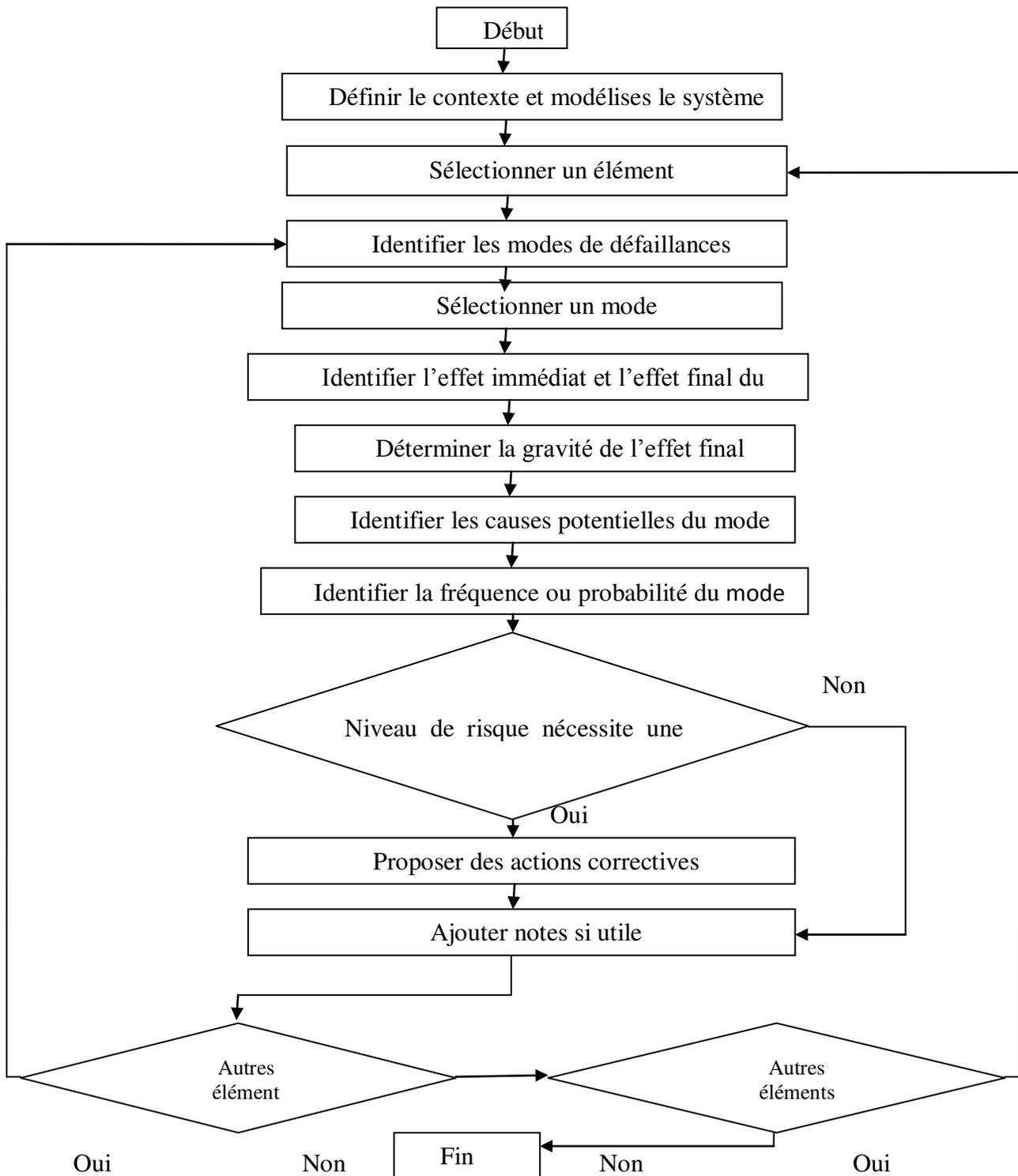


Figure 2.5 : Déroulement de l'analyse AMDEC

Chapitre 2 : Outils de maîtrise des risques

- **Identification des modes**

Pour chaque fonction ou entité sélectionnée, on cherche ses modes de défaillances :

-Le premier mode de défaillance sera en général du type perte totale de la fonction ou du composant, il peut être utile de distinguer les états dans lesquels le système se trouve après la défaillance, car les effets seront différents.

-Si cela est nécessaire, on examinera les différentes possibilités de pertes partielles des capacités de la fonction ou du composant, que se soit en termes d'amplitude des spécifications de la fonction, ou en termes de fonctionnement par rapport au temps.

-Il peut aussi parfois être utile d'examiner les cas de défaillances dues à une conception incorrecte. [15]

- **Recherche des effets**

Pour chaque mode identifié, on recherche l'effet immédiat, c'est-à-dire l'effet sur l'élément le plus proche, et l'effet global au niveau de l'installation.

Une autre ambiguïté vient du fait que la méthode AMDEC fait l'hypothèse qu'il n'y a pas de modes simultanés. Par conséquent, l'effet est celui obtenu en supposant que l'ensemble des autres fonctions et entités sont en fonctionnement correct. Dans certains cas, cela n'est pas satisfaisant et on est amené à ajouter des effets sous conditions. [15]

- **Rechercher les causes**

Après avoir identifié les effets, on s'intéresse ensuite aux causes des modes de défaillance.

De façon générale, celles-ci peuvent être des défaillances d'autres fonctions ou composants, des défauts internes, ou des dommages générés par un phénomène redouté. Celles-ci peuvent, soit provenir de l'installation, soit être externe à l'installation. Une cause peut être externe d'un point de vue géographique, comme une défaillance externe liée à une perte d'alimentation ou un événement redouté externe comme un incendie. Elle peut aussi être externe au niveau temporel, comme une défaillance dans une autre phase de vie du système, un défaut de conception ou une erreur de maintenance. Une approche à base de modèle permet de structurer la recherche des causes. [15]

- **Détermination de la probabilité ou fréquence**

La probabilité (ou fréquence) d'occurrence du mode de défaillance peut être déterminée soit directement, soit indirectement en examinant les causes du mode de défaillance. Si

Chapitre 2 : Outils de maitrise des risques

celles-ci sont disponibles, la probabilité d'un mode peut être calculée à partir de celles de ses causes et on cotera uniquement les probabilités des modes considérés comme primaires pour lesquels les causes ne sont pas identifiées. [15]

Tableau 2.2 : Grille de cotation de la fréquence sur 4 niveaux

Niveau de fréquence : F		Définition des niveaux
Fréquence très faible	1	Défaillance rare : moins d'une défaillance par an
Fréquence faible	2	Défaillance possible : moins d'une défaillance par trimestre
Fréquence moyenne	3	Défaillance fréquente : moins d'une défaillance par semaine
Fréquence forte	4	Défaillance très fréquente : plusieurs défaillances par semaine

- **Détermination de la gravité**

La gravité d'un mode est définie en fonction de l'importance et de la quantité de dommages qu'il entraîne. Souvent, un mode de défaillance ne génère des dommages que de façon indirecte par les phénomènes dangereux qui sont inclus dans ses effets globaux. On se base donc plutôt sur ceux-ci pour évaluer la gravité. [15]

Tableau 2.3 : Grille de cotation de la gravité sur 5 niveaux

Niveau de gravité : G		Définition des niveaux
Gravité mineure	1	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt de production inférieur à 2 mn • Aucune dégradation notable du matériel
Gravité significative	2	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt de production de 2 à 20 mn • Remise d'état de courte durée ou une petite réparation sur place nécessaire
Gravité moyenne	3	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt de fonction de 20 mn à 1 heure • Changement du matériel défectueux nécessaire
Gravité majeure	4	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt de fonction de 1 à 12 heures • Intervention importante sur sous ensemble
Gravité catastrophique	5	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt de fonction supérieur à 2 heures • Intervention lourde nécessitant des moyens coûteux • Problème de sécurité du personnel ou d'environnement

Chapitre 2 : Outils de maîtrise des risques

• Moyens de détection

Dans les moyens de détection, on indique s'il est possible de détecter la défaillance une fois qu'elle est survenue, et quel sera le moyen de détection. Dans certains cas, cette détection concerne les causes du mode de défaillance, et non le mode lui-même. [15]

Tableau 2.4 : Grille de cotation de la probabilité de non détection sur 4 niveaux

Niveau de la probabilité de non détection : D		Définition des niveaux
Détection évidente	1	<ul style="list-style-type: none">• Défaillance détectable à 100%• Détection à coup sur de la cause de défaillance• Signe avant coureur évident d'une dégradation• Dispositif de détection automatique d'incendie
Détection possible	2	<ul style="list-style-type: none">• Défaillance détectable• Signe avant coureur de la défaillance facilement détectable mais nécessitant une action particulière de l'opération (visite, contrôle, visuel)
Détection improbable	3	<ul style="list-style-type: none">• Défaillance difficilement détectable• Signe avant coureur de la défaillance facilement détectable, nécessitant une action ou des moyens complexes (démontage ou appareillage)
Détection impossible	4	<ul style="list-style-type: none">• Défaillance indétectable• Aucun signe avant coureur de la défaillance

• Actions à mettre en place

Lorsque le niveau de criticité du mode examiné est jugé inacceptable, il convient de proposer un certain nombre d'actions correctives. Celles-ci peuvent agir sur la probabilité ou la gravité et permettent d'obtenir une nouvelle valeur de la criticité. Ces nouvelles valeurs sont ajoutées dans le tableau en ajoutant les colonnes correspondantes. [15]

Chapitre 2 : Outils de maitrise des risques

Tableau 2.5 : Grille des actions à engager

Niveau de criticité	criticité	Actions correctives
Criticité entre $1 \leq C \leq 12$	Criticité négligeable	<ul style="list-style-type: none">• Aucune modification de conception• Maintenance corrective
Criticité entre $12 \leq C \leq 16$	Criticité moyenne	<ul style="list-style-type: none">• Amélioration des performances de l'élément• Maintenance préventive systématique
Criticité entre $16 \leq C \leq 20$	Criticité élevée	<ul style="list-style-type: none">• Révision de la conception des sous ensembles et choix des éléments pour surveillance particulière• Maintenance préventive conditionnelle
Criticité entre $20 \leq C \leq 80$	Criticité interdite	<ul style="list-style-type: none">• Remise en cause complète de la conception

4) Bilan de l'analyse et des mesures à prendre

L'analyse AMDEC permet de mettre en évidence les modes de défaillance critique d'un système. Dans le rapport final d'analyse, un résumé des effets au niveau du système pourra être proposé. Pour chaque effet, on pourra lister l'ensemble des modes qui y conduisent et évaluer la probabilité d'obtenir ce mode.

Par ailleurs, le rapport établit la liste des mesures à prendre. Dans les cas les plus simples, les actions peuvent être proposées directement. Dans les cas les plus complexes, comme dans le cas de défaillances entraînant des dommages importants, ou pour les systèmes avec redondances ou avec des modes de défaillance à cause commune, une évaluation plus précise doit être menée. On utilise généralement une représentation par arbre de défaillances ou par diagramme nœud papillon. Cette même représentation pourra être utilisée pour évaluer le niveau d'efficacité des barrières. [15]

2.2.4. Méthode HAZOP

La méthode HAZOP (HAZard and OPerability studies) a été élaborée au début des années 1970 par la société imperial chemical industries pour répondre à un besoins d'amélioration de

Chapitre 2 : Outils de maîtrise des risques

la sécurité et des process. La méthode HAZOP a pour objectif d'identifier les dangers potentiels d'un système et d'identifier les éventuels risques d'exploitation à fin d'éviter l'apparition d'événements non souhaitable.

HAZOP étant une approche d'analyse des risques différents des approches des l'époque s'est développée pour s'adapter à d'autres secteurs. On la retrouve notamment aujourd'hui en version français au travers de la norme CEI 618882. [16]

La méthode HAZOP est dédiée à l'analyse des risques des systèmes thermo-hydrauliques pour lesquelles il est primordial de maîtriser des paramètres comme la pression, la température .le débit....[16]

HAZOP c'est une méthode qualitative d'analyse de risques alimentée par une équipe pluridisciplinaire.

2.2.4.1. Le déroulement de la méthode HAZOP

Phase préparatoire

Il est important de d'limitable périmètre de la méthode HAZOP. Le système sera divisé en sous-système appelés ''nœuds'', l'installation examinée sera appelée ''ligne'' ou ''maille''.

Le groupe de travail constitué doit parfaitement connaitre et maîtrise le nœud et ses lignes/ mailles. [16]

2.2.4.2. Générer les dérives potentielles

Afin de générer efficacement des dérives potentielles .la méthode HAZOP .prévoit d'associer des **mots-clés** à tous les paramètres pouvant interagir sur les sécurités du système.

Les mots clé (Primary/secondary keywords), permettent de générer de manière systématique les dérives à considérer.la norme CEI : 61882 propose des exemples de mots –clés dont l'usage est particulièrement courant. Ces mots-clés sont repris dans le tableau ci-dessous.

Le groupe de travail sélectionne un paramètre de fonctionnement de l'exploitation (la température, le temps, la pression, le débit ...)choisi un mot-clé définissant une déviation.

Une déviation est la combinons du mot-clé et du paramètre qui constitue la dérive.

Par exemple le paramètre « pression » associé au mot clé «supérieur à » et une valeur limite, exprime un risque d'une surpression.

Toutes les dérives générées doivent être crédibles. [16]

2.2.4.3. Identifier les causes et les conséquences potentielles

Le groupe de travail réfléchit aux causes et aux conséquences que peuvent entraîner les dérives crédibles générées.

Cette méthode s'appuie sur les plans de circulation des fluides et des schémas détaillés PID «Piping and instrumentation diagramme ».

Chapitre 2 : Outils de maitrise des risques

Un PID ou un schéma tuyauterie et instrumentation est un diagramme qui définit tous les éléments d'un procédé chimique. Il est le schéma le plus précis et le plus complet utilisé par les ingénieurs- chimistes pour la description d'un procédé.

Il se distingue du schéma de procédé par l'ajout des éléments de contrôle, les armatures, les détails sur l'isolation et la protection des installations et la position coordonnée des installations les unes par rapport aux autres.

Les installations ainsi que les vannes et les éléments de contrôle sont décrits par des symboles. [16]

2.2.4.4. Proposer des axes de contrôles

Le groupe de travail émet des recommandation d'actions correctives a mettre en œuvre en cas d'apparition de la dérive. Ou des recommandations d'actions d'amélioration à mettre en place sur outils et/ou méthodes de prévention déjà existante. [16]

2.2.4.5. Etablir le rapport HAZOP

Afin de faciliter la lecture et l'enregistrement des informations, les résultats de cette analyse sont généralement repris sous la forme d'un tableau du type : [16]

Tableau 2.6 : Déploiement type de la HAZOP

Date :							
Nœuds :							
Ligne ou maille :							
paramètres	Déviations	Valeurs limites	causes	conséquences	cibles	Mesures de contrôle existantes	Mesures de contrôle à proposer

Ce chapitre nous a permis de identifier les aspects théoriques entourant les méthodes et outils d'analyse et de maitrise.

Le chapitre suivant touche l'application des méthodes

Les méthodes d'analyse sont considérées comme des outils inter-complémentaires, qui suivent une démarche bien déterminée. Elles permettent d'obtenir des résultats pertinents et de les interpréter correctement, afin d'aboutir à des propositions de mesures d'amélioration de la sécurité adéquates.

Toute analyse de risque est conditionnée par une présence accrue sur le terrain et un sens de l'observation des détails, afin d'identifier tous les risques encourus par les équipements. Ce chapitre a trait aussi à l'exposé des démarches et du déroulement des quatre méthodes d'analyse (APR, SADT, HAZOP et AMDEC). Les critères d'évaluation seront établis puis utilisés dans la conduite de ces méthodes. Il inclura les résultats obtenus ainsi que les recommandations qui en découlent.

3.1. Analyse et critique de l'étude de danger (EDD)

L'étude de danger est une exigence réglementaire permettant d'autoriser l'exploitation des sites industriels classés comme Pepsu. Elle s'inscrit dans la démarche de maîtrise des risques qu'un exploitant doit mettre en place en vue de sécuriser son organisation de Pepsu.

L'étude de danger est aussi un document technique qui caractérise les risques et qui a un rôle démonstratif, notamment pour ce qui est de l'identification des scénarios d'accidents majeurs et de la performance des mesures de maîtrise des risques.

Et à la suite en va trouver plusieurs étapes de l'analyse ce sont :

- cadre réglementaire.
- à démarche de l'analyse critique d'EDD.
- application de l'analyse critique d'EDD.

3.1.1. Cadre réglementaire

En Algérie le décret exécutif n°06-198 du 4 jourmada El oula 1427 correspondant au 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement (ICPE). Ce décret comporte deux articles 14 et 28 portant sur les EDD. Selon l'article 14 de ce décret, l'EDD doit comporter les éléments suivants:

- Présentation générale du projet ;
- Description de l'environnement immédiat du projet et du voisinage potentiellement affecté en cas d'accidents comprenant les données physiques (géologie, hydrologie, météorologie et les conditions naturelles) et les données socio-économiques et culturelles (population, habitat,

Chapitre 3 : Application des méthodes

occupation des sols, activités économiques, voies de communication ou de transport et aires protégées).

- Description du projet et ses différentes installations (implantation, taille et capacité, accès, choix du procédé retenu, fonctionnement, produits et matières mis en œuvre...) en se servant au besoin de cartes (plan d'ensemble, plan de situation, plan de masse, plan de mouvement ...).
- Identification de tous les facteurs de risque générés par l'exploitation de chaque installation considérée. Elle doit tenir compte non seulement des facteurs intrinsèques propre aux installations mais également à l'environnement auquel la zone est exposée ;
- Analyse des risques et des conséquences au niveau de l'établissement classé afin d'identifier de façon exhaustive les événements accidentels pouvant survenir. Leur attribuer une cotation en terme de gravité et de probabilité permettant de les hiérarchiser avec la méthode d'évaluation des risques utilisée pour l'élaboration de l'étude de danger ;
- Analyse des impacts potentiels en cas d'accidents sur les populations (y compris les travailleurs au sein de l'établissement), l'environnement ainsi que les impacts économiques et financiers prévisibles ;
- Modalité de prévention des accidents majeurs et du système de gestion de la sécurité et des moyens de secours.

Suivant l'article 28 du décret exécutif n°06-198, l'EDD a pour objectif de:

- Préciser les risques directs ou indirects par lesquels l'activité de l'établissement classé met en danger les personnes, les biens et l'environnement, que la cause soit interne ou externe.
- Définir les mesures d'ordre technique propres à réduire la probabilité et les effets des accidents ainsi que les mesures d'organisation pour la prévention et la gestion de ces accidents ;
- Procéder à l'information préventive sur les risques du public, du personnel et des exploitants des installations voisines ;
- Favoriser l'émergence d'une culture du risque au voisinage des établissements.
- Servir de base à l'élaboration des règles d'urbanisation et des plans d'urgence.

3.1.2. Démarche d'analyse critique des EDD

Dans cette partie nous allons exposer les différentes étapes constituant notre démarche d'analyse critique d'EDD. Ensuite, nous allons montrer l'application sur notre cas pratique de Pepsi.

Chapitre 3 : Application des méthodes

Cette approche a été adoptée dans le cadre d'une analyse critique des EDD. Les différentes étapes d'une critique d'EDD sont résumées dans cette figure :

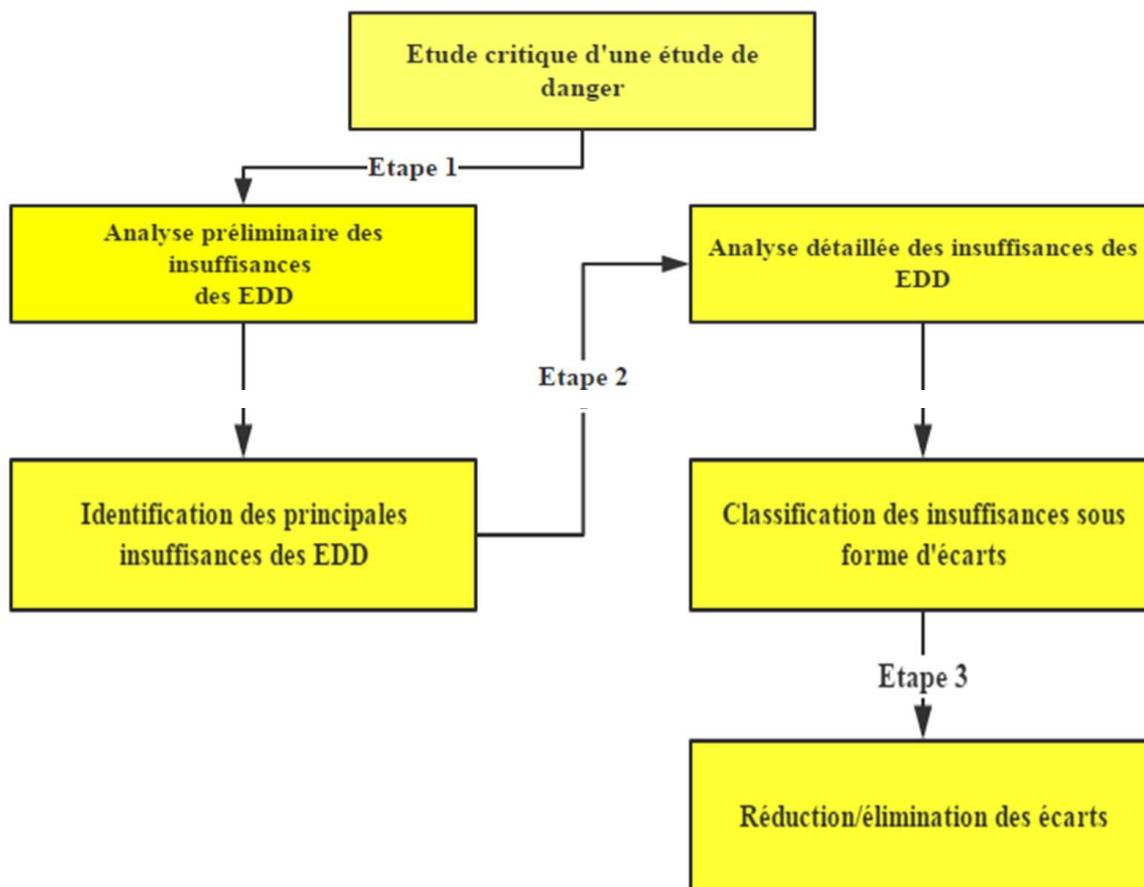


Figure 3.1: Démarche d'analyse critique d'EDD

La démarche comporte plusieurs étapes :

- **Étape 1 :** Identification des principales insuffisances des EDD

Dans cette étape, nous avons caractérisé toutes les insuffisances du contenu de l'EDD, par rapport à ce qu'il a été mentionné dans l'article 14 du décret exécutif 06-198. Les insuffisances sont classées dans un tableau en fonction des chapitres développés dans l'EDD.

- **Étape 2 :** Formulation des insuffisances sous forme d'écarts

La classification des écarts s'est faite en fonction des sous-écarts et des responsables de la mise en œuvre. Tous les écarts identifiés ont été classés par catégorie. Le schéma de la figure 3.2 explique la répartition de l'écart résultat.

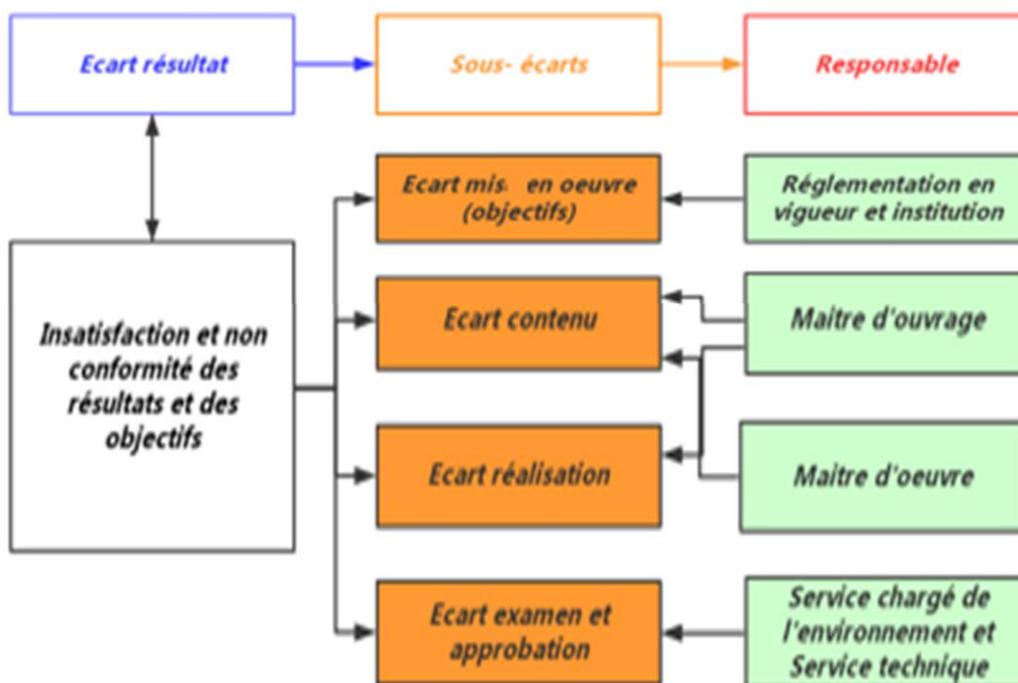


Figure 3.2: Identification et décomposition de l'écart résultat des EDD

Les types de sous écarts expliqués précédemment sont :

-**Écart mise en œuvre** : c'est l'écart entre ce qui a été tracé comme objectif et ce qui a été fait dans l'étude de danger (le résultat).

-**Écart contenu** : ce sont des chapitres qui n'ont pas été traités dans l'EDD et qui ont été essentiellement décrits dans le cadre réglementaire.

-**Écart réalisation** : l'absence de toute évaluation des risques en utilisant des méthodes d'analyse (APR, AMDEC, AdD, Nœud papillon...) permettant de faire ressortir des scénarios plausibles susceptibles de se produire dans une installation bien déterminée. Cet écart peut être dû suite au mauvais déploiement d'une méthode d'analyse (la méthodologie suivie ne correspond pas à celle décrite dans la bibliographie).

-**Écart examen et approbation** : c'est l'écart qui correspond aux critères d'examen qui n'ont pas été pris en considération lors de l'approbation de l'étude de danger.

- **Étape 3** : Réduction élimination des écarts

Cette dernière étape de la critique permet de nous renseigner sur les mesures à prendre en considération pour avoir une étude de danger conforme à la réglementation en vigueur.

Chapitre 3 : Application des méthodes

3.1.3. Application de l'analyse critique de l'EDD

Une critique de l'étude de danger de Pepsi, réalisé par Cabinet de conseils, d'études et d'expertises en juin 2016, a été effectuée.

- **Étape 1** : Identification des principales insuffisances de l'étude de danger de Pepsi.
Les insuffisances relatives à chaque chapitre de l'EDD ont été relevées dans le tableau suivant

Tableau 3.1 : Identification des insuffisances de l'EDD de Pepsi

Contenus	Oui	Non	Écarts
Résumé non technique		×	Absence du résumé non technique de l'étude de danger.
Description générale du projet	×		Absence de plan qui permet de localiser l'emplacement du projet
Description de l'environnement	×		Absence de plan de masse qui illustre les industries voisines du projet : Les répartitions de la population dans le projet et dans la commune ne sont pas mentionnées. La section agriculture nécessite plus d'informations vu que le projet est implanté dans la zone industrielle de rouiba.
Identifications des facteurs de risque	×		L'origine des risques majeurs identifiés n'est pas mentionnée. Les conditions d'occurrence des risques majeurs ne sont pas cités.
Analyse du risque	×		Les scénarios proposés ne sont pas suffisant et manque de détail et de précision. Les scénarios ne sont pas appropriés à une telle installation. En effet leur identification a été faite d'une manière générale. Absence de cotation du risque (probabilité, gravité) L'APR n'a pas été suivi d'autre méthode comme : ADD, AMDEC, Nœud papillon, HAZOP... Aucune méthode quantitative n'a complété l'APR. Absence des critères d'évaluation.
Évaluation des risques majeurs		×	Absence de résultat d'évaluation des risques.

Chapitre 3 : Application des méthodes

Mesures de réduction des risques	×		Absence de mesures de prévention des risques. Aucune barrière de sécurité n'a été proposée pour réduire le risque.
----------------------------------	---	--	--

- **Étape 2** : classification des écarts résultats relevés de l'EDD selon le type du sous-écart auxquels ils sont appropriés.

Nous avons classé les écarts identifiés par catégories dans le tableau suivant :

Tableau 3.2 : Classement des insuffisances sous forme d'écart

Écart mis en œuvre (objectifs)	Écart contenu	Écart réalisation	Écart examen
Absence de mesure de prévention des risques. Aucune barrière de sécurité n'a été proposée pour réduire le risque. Absence de résultat d'analyse des risques.	Absence de résumé non technique. Absence de schéma démonstratif des points faibles des installations à haut risque. Absence des critères d'évaluation. Absence de plan de masse et de localisation qui Permet d'illustrer le l'emplacement du projet. Les produits chimiques utilisés dans les opérations de maintenance n'ont pas été mentionnés. Le procédé de maintenance a été expliqué d'une manière générale non détaillé, n'incluant aucun état exhaustive équipements utilisés. La zone de stockage des gaz sous pression n'est pas décrite dans l'EDD.	Les scénarios ne sont pas appropriés à une telle installation ; leur identification a été faite de manière générale. Absence de cotation du risque (probabilité, gravité). L'APR n'a pas été suivi d'autre méthode comme : AdD, AMDEC, Nœud papillon, HAZOP... Aucun tableau résultat de l'APR n'a été déployé dans cette étude. Absence de l'analyse et l'évaluation des risques.	Absence de maîtrise des risques. Les scénarios proposés ne sont pas suffisant et manque de détail et de précision. Aucune méthode quantitative n'a complété l'APR. Absence de résultat d'analyse des risques .

Chapitre 3 : Application des méthodes

- **Étape 3** : Réduction/élimination des écarts :

Les actions mise en place pour permettre une réduction des écarts sont les suivantes :

- Suivi d'une méthodologie de travail conforme à celle dictée dans la réglementation, pour faciliter l'expertise et le suivi des résultats.
- Suivit et le contrôle de l'EDD lors la réalisation par les services compétents EHS de Pepsi.
- Veille sur l'atteinte des objectifs fixés par la réglementation en matière des EDD ;
- Examen de la forme et du fond de l'EDD avant l'approbation ;
- Mise à jour de l'EDD tous les cinq ans ou après chaque modification dans l'organisation.

Durant l'analyse de l'EDD de Pepsi, nous avons identifié des insuffisances potentielles, sur le plan réglementaire et sur la démarche suivie, qui devraient être prises en considération afin que l'entreprise soit sécurisée de tous les risques majeurs qui peuvent toucher à ses ressources (humaines et matérielles).

Pour remédier aux écarts identifiés, il s'est avéré nécessaire de refaire la partie analyse des risques.

3.2. Méthode APR

Afin de mener notre analyse préliminaire des risques, une description des installations du processus a été faite, et en parallèle à cela, les critères d'évaluation sont établis en concertation avec l'ensemble des acteurs de ce projet.

3.2.1. Découpage fonctionnel de la société

Dans un premier temps, tous les équipements et installations susceptibles de conduire à un accident significatif sont recensés sur le site.

Ce recensement est réalisé sur la base d'un découpage géographique permettant de prendre en compte l'emplacement des installations sur le site, et donc leur proximité avec l'environnement externe. Dans le cas du site de la société «ABC Pepsi » le découpage géographique correspond aux différentes unités du site (bâtiments) ainsi que les équipements la constituant. Puis, pour chaque unité, les équipements et zones qui vont vraisemblablement conduire aux zones de danger les plus étendues est identifiés, et les effets de la libération des potentiels de danger sont quantifiés.

Les différentes activités présentes sur le site ont été classées afin de définir une cotation du risque pour chaque élément.

Chapitre 3 : Application des méthodes

Tableau 3.3: Découpage fonctionnel de la société

Zone	Secteur	Définition
A	ZONE A	
	A-1	Chaufferie
	A-2	Bureaux
	A-3	Local compresseurs
	A-4	Magasin pièces de rechanges (gaz industriel)
	A-5	Hall de production
	A-6	Aires de stockage
	A-7	Déchetteries
B	ZONE B	
	B-1	Bureaux
	B-2	Dépôt préformes et bouchons
	B-3	Local soufflage
	B-4	Local transformateur
	B-5	Magasin pièces de rechanges
	B-6	Local compresseurs
	B-7	Zones de production
C	ZONE C	
	C-1	Bureaux
	C-2	Postes de garde
	C-3	Poste détente gaz
D	ZONE D	
	D-1	Réservoirs de stockage de CO2
	D-2	Local stockage d'huiles usagées
	D-3	Chaudières
E	ZONE E	
	E-1	Zone de stockages produits
	E-2	Zone de stockage intercalaire
F	ZONE F	
	F-1	Hangar stockage produits finis
	F-2	Magasin de stockage des produits chimiques
	F-3	Atelier maintenance et mécaniques
	F-4	Atelier de graissage
	F-5	Station de lavage
	F-6	Bureaux
	F-7	Citernes de stockage de gasoil
F-8	Aire de stockage des palettes en bois	

Chapitre 3 : Application des méthodes

3.2.2. Identification des éléments dangereux

L'identification des éléments dangereux qui sont susceptibles de causer un ou plusieurs événements non souhaités ont été localisés sur la base des flux entrants et sortants pour chacun des systèmes préalablement déterminé.

3.2.3. Détermination des situations dangereuses

Après avoir identifié l'ensemble des éléments dangereux, nous avons déterminé pour chaque système, les situations dangereuses qui peuvent contribuer à la production ou l'aggravation d'un événement non souhaité.

Nous avons pu constater que les situations dangereuses sont d'ordre technique tel le dysfonctionnement des équipements importants pour la sécurité. Mais le plus souvent, ces situations peuvent résulter d'erreurs humaines.

3.2.4. Attribution des événements non souhaités (ENS)

Une fois les situations dangereuses déterminées, nous avons attribué les événements non souhaités pour chaque système. Nous avons pu constater que les ENS les plus répandus sont l'incendie et l'explosion.

3.2.5. Détermination des causes et des conséquences

Nous avons par la suite déterminé les causes et les conséquences de chaque événement non souhaité préalablement identifier afin d'évaluer la criticité de chaque ENS.

3.2.6. Evaluation de la criticité

Elaboration de la Matrice de risque : Après consultation des bases de données de l'accidentologie de l'Entreprise ainsi que l'historique des accidents dans le secteur agroalimentaire (base BARPI, et l'expérience des responsables de l'Entreprise , nous avons obtenu la matrice de risque spécifique qu'à ABC Pepsi avec une échelle de cinq niveaux de gravité et de cinq niveau de probabilité.

Tableau 3.4 : Échelle de gravité

Niveau de gravité (NG)	Appréciation
NG5	Catastrophique : Létalité
NG4	Majeur : Atteinte irréversible impliquant des blessures majeures
NG3	Sérieux : Atteinte sérieuse réversible sans aggravation
NG2	Modéré : Atteinte impliquant traitement du premiers secours.
NG1	Négligeable : Aucune atteinte pour la santé

Chapitre 3 : Application des méthodes

Tableau 3.5 : Échelle de probabilité

Niveau de probabilité (NP)	Appréciation
NP5	Très probable : Le dommage apparaît souvent (au moins 1 fois par 2 semaines)
NP4	Probable : Le dommage apparaît fréquemment (plus de 1 fois par mois)
NP3	Peu probable : Le dommage apparaît occasionnellement (2 fois par an)
NP2	Très improbable : Le dommage apparaît rarement (1 fois par 2 ans)
NP1	Extrêmement improbable : Le dommage apparaît très rarement (1 fois par 5 ans).

			Gravité				
			Négligeable	Modéré	Sérieux	Majeur	Catastrophique
			1	2	3	4	5
Probabilité	Extrêmement improbable	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
	Très improbable	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
	Peu probable	3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
	Probable	4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
	Très probable	5	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5

Figure 3.3 : Matrice de criticité

Zone rouge : Risque inacceptable, il nécessite une nouvelle évaluation des risques.

Zone jaune : critique un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Zone verte : Risque résiduel, compte tenu des mesures de maîtrise du risque, est modéré et n'implique pas d'obligation de réduction complémentaire du risque d'accident

3.2.7. Résultats APR

Dans notre APR découlent les résultats suivants : Dans un premier temps, nous avons évalué les risques sans prendre en compte les barrières de sécurité mises en place. Ceci nous a permis d'aboutir à la matrice de criticité représentée ci-dessous :

Chapitre 3 : Application des méthodes

NG5			D-3		
NG4			A-1		
NG3		C-3 A-3	A-6 B-8		
NG2	A-2 B-1 C-1 F-6 A-3	A-4 B-5 D-2 F-2 B-6	F-3 F-7	A-5 D-1	
NG1		D-4			
NG	NP1	NP2	NP3	NP4	NP5

Figure 3.4 : Positionnement des risques

Tableau 3.6 : Niveaux de risque sans les mesures des protections et préventions

	Risque totale	Risque acceptable	Risque critique	Risque inacceptable
Nombre de risques	20	1	14	5
Pourcentage de risque	100%	5%	70%	25%

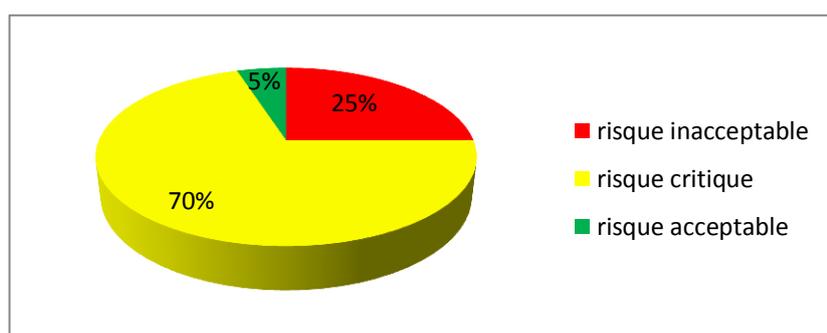


Figure3.5 : Répartition des risques

3.2.8. Interprétation

Après déroulement de l'APR, nous constatons ce qui suit :

- l'usine SPA ABC PEPSI comportant vingt systèmes, fait ressortir 14 ENS.
- les systèmes chaudière à vapeur A-1 et D-3, qui se situent dans la zone à risque majeur (25%).
- l'usine présente 70% de risques critique, tandis que les risques résiduels ne représentent que 5% de la totalité des risques.

Chapitre 3 : Application des méthodes

Deuxième évaluation

Nous avons réévalué les risques, en prenant en considération les éventuelles barrières de prévention et/ou de protection, ce qui a donné une nouvelle matrice de criticité sur laquelle nous avons positionné les différents risques.

NG5					
NG4					
NG3		A-1			
NG2		A-6 B-8		D-3	
NG1	D-4 A-3 B-5 B-6 D-2 F-2	F-7 A-2 A-3 B-1 A-5 C-1 F-6	C-3		
NG	NP1	NP2	NP3	NP4	

Figure 3.6 : Niveaux de risque avec les mesures des protections et préventions

Tableau 3.7 : cotation des risques

	Risque totale	Risque acceptable	Risque critique	Risque inacceptable
Nombre de risques	20	16	3	1
Pourcentage de risque	100%	80%	15%	5%

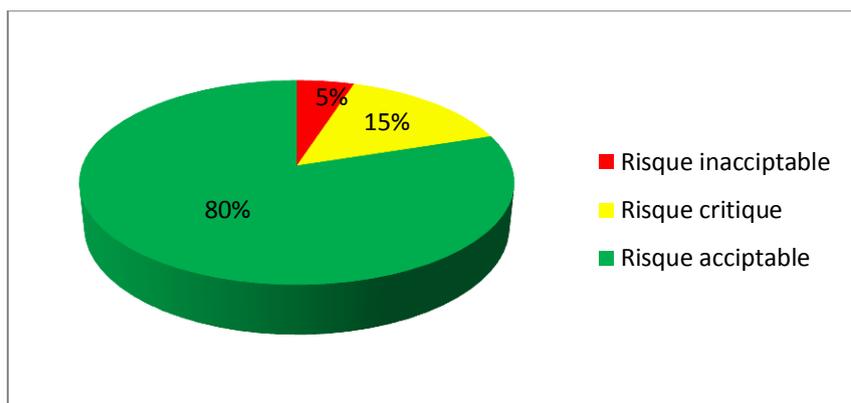


Figure 3.7 : Répartition des risques

Interprétation

Après déroulement de notre APR, nous constatons ce qui suit :

- l'usine ABC Pepsi comportant vingt systèmes fait ressortir ENS.
- le système chaudière à vapeur est le système qui se situe dans la zone à risque majeur (5%) car elle est susceptible de provoquer une explosion d'une grande ampleur.
- l'usine présente 15% de risques critique, tandis que les risques résiduels représentent 80% de la totalité des risques.

3.2.9. Justification du choix de l'équipement à étudier

La suite de notre travail s'est portée sur une étude approfondie de chaudières à vapeur de l'usine ABC Pepsi, et ceci pour différentes raisons :

Le retour d'expérience (REX) : Le REX a montré que le secteur de l'industrie agroalimentaire était vulnérable aux accidents majeurs tels que les incendies et les explosions. La base de données BARPI a recensé 214 accidents ou incidents dans l'industrie agroalimentaire entre 1988 et 2005.

La base ARIA a également recensé 121 événements survenus entre 15/06/1972 et le 05/02/2007, impliquant des chaufferies ou chaudières.

L'examen de l'étude de danger : Après avoir examiné le document portant « étude de danger » (EDD) d' ABC Pepsi, établi par le cabinet de conseil d'études et expertises, nous avons pu localiser les points critiques sur lesquels notre étude va se porter. Ce dernier a préconisé une étude approfondie sur les chaudières à vapeur.

Résultats de l'analyse préliminaire des risques : Selon les résultats obtenus lors de notre APR, nous avons constaté que, malgré les barrières de sécurité existantes, les chaudières à vapeur de l'usine présentent toujours un risque inacceptable et nécessitant des études plus approfondies. Tout cela, nous amène à faire des propositions des mesures

Chapitre 3 : Application des méthodes

d'amélioration pour gérer le risque que peut engendrer la chaudière à vapeur.

Besoin de l'entreprise : L'Entreprise a exprimé son besoin de réaliser une étude plus poussée sur la chaudière à vapeur. En effet, la vapeur produite par la chaudière est principalement utilisée dans la laveuse et pour la pasteurisation. Étant des étapes indispensables au procédé industriel, la détérioration de ces dernières entrainerait l'arrêt complet de la production.

Recommandation

Identifier et étudier les combinaisons de cause conduisant aux situations dangereuses ;

- Identifier les mesures de maîtrise des risques pouvant intervenir dans le déroulement du scénario d'accident ;
- Evaluer de manière quantitative la probabilité d'occurrence des différents événements, de la situation dangereuse et de ses différents effets possibles en tenant compte de la fiabilité des mesures de maîtrise des risques ;
- Modéliser les effets des différents phénomènes physiques causés par la situation dangereuse et analyser l'exposition des éléments vulnérables présents dans les zones d'aléa.
- Proposer des mesures d'amélioration complémentaires si besoin est, afin de réduire le risque résiduel.

3.3. Définition de système étudiée

3.3.1. Introduction

Les chaufferies vapeur ont toujours nécessité un haut niveau de surveillance pour obtenir un degré de sécurité suffisant. De nos jours, les installations doivent travailler d'une manière efficace et pouvoir répondre aux attentes des utilisateurs aussi souvent que possible, certaines chaudières travaillent en continu ou sont arrêtées longtemps ou au contraire s'arrêtent sur des intervalles courts. Dans tous les cas, les technologies modernes exigent que la chaudière soit dans le régime le mieux adapté à l'application avec des éléments de régulation efficaces, pour fournir le rendement et la sécurité requis. [Donald *et al*, 2001]

3.3.2. La chaudière

3.3.2.1. Définition

Une chaudière (en anglais ; boiler) peut être définie comme un système dans lequel l'énergie d'un combustible (entrée) est cédée et transférée à un liquide pris dans le cas des chaudières à vapeur, l'énergie produite permet de changer l'état d'une phase liquide à une phase gazeuse (sortie).

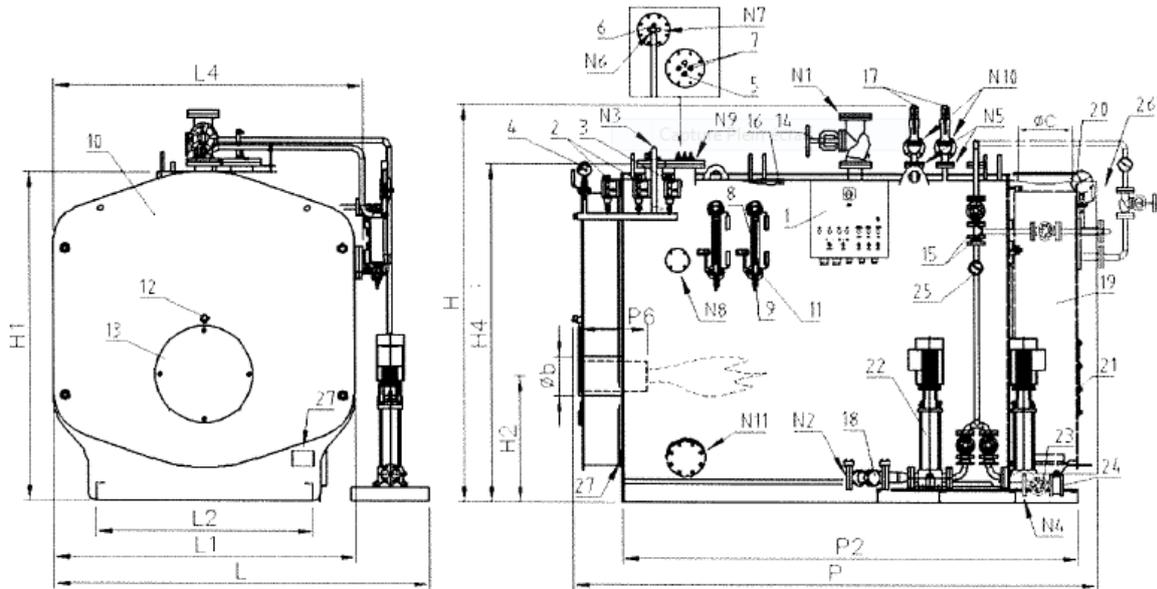
Chapitre 3 : Application des méthodes

3.3.2.2. Spécifications techniques de la chaudière étudiée :

La chaudière étudiée est une chaudière vapeur surchauffée



Figure 3.8 : chaudière a vapeur



LÉGENDE

- 1 Pupitre électrique
- 2 Pressostats de réglage
- 3 Pressostat de sûreté
- 4 Manomètre
- 5 1^{er} sonde niveau de sûreté (moindre)
- 6 2^e sonde niveau de sûreté (minimum)
- 7 Sondes réglage niveau (départ/Arrêt)
- 8 Indicateurs de niveau
- 9 Vidange indicateur de niveau
- 10 Porte avant
- 11 Robinets de preuve niveau
- 12 Témoin contrôle flamme
- 13 Plaque pour application du brûleur

- 14 Branchement prise vapeur
- 15 Clapet de retenue
- 16 Regard
- 17 Clapets de sûreté
- 18 Filtre d'alimentation
- 19 Caisson à fumée arrière
- 20 Raccord cheminée
- 21 Porte pour le nettoyage
- 22 Électropompe d'alimentation
- 23 Soupape flux engagé
- 24 Clapet de vidange
- 25 Thermomètre
- 26 Groupe de économiseur (en option)
- 27 Plaque de données

- N1 Prise vapeur
- N2 Alimentation
- N3 Raccord pour appareils
- N4 Vidange chaudière
- N5 Vidange clapets de sûreté
- N6 Vidange 2^e sonde niveau de sûreté
- N7 Raccord pour niveau maximum
- N8 Vidange contrôle salinité
- N9 Barillet porte sondes
- N10 Vidange clapets de sûreté
- N11 Inspection inférieure

Caractéristiques	Puissance utile		Puissance utile		Pertes charge côté fumées	Pression de Timbre	Capacité totale	Capacité à niveau	Superf. évaporante	Production vapeur ¹	Poids totale	Tens. nom.	Fréq. nom.	Degré de protect.	Puissance électrique	Combustibles			
	kW	kcal/h	kW	kcal/h												mbar	bar	l	l
GSX 6000 P	4088	3.515.680	4.523	3889780	15,8	12	10900	9200	7,05	5000	15550	3N-400	50,0	IP55	20000	X	X	X	X

Figure 3.9 : donnée technique de chaudière à vapeur

Chapitre 3 : Application des méthodes

3.3.2.3. Principe général de fonctionnement

Les chaudières à tube d'eau diffèrent des chaudières à tubes de fumées car l'eau circule à l'intérieur des tubes et la source de chaleur et à l'extérieur. Ceci implique des limites de pression beaucoup plus élevées car la contrainte circonférentielle est plus faible. Cette chaudière est utilisée lorsque l'on souhaite des productions vapeur, des pressions importantes ou de la vapeur surchauffée. Ces chaudières sont beaucoup plus onéreuses que les chaudières à tubes de fumées plus compactes. A travers le monde, nous pouvons retrouver des chaudières à tubes d'eau jusqu'à dépressions de 270 bars. La gamme des chaudières à tubes d'eau s'étend de 2000 kg/h à 3500 Tonnes/h. Les plus petites peuvent être livrées montées en une partie. Les plus grosses sont assemblées sur site. L'eau froide est introduite dans le ballon vapeur puis retombe dans le ballon inférieur ou ballon des boues car la densité est plus importante que celle de l'eau chaude.

La densité diminue lorsque l'eau est véhiculée dans le tube soumis à la chaleur. L'eau chaude et les bulles de vapeur atteignent à nouveau le ballon supérieur où la vapeur se sépare naturellement de l'eau et peut être distribuée. Cependant lorsque la pression augmente, la différence entre la densité de l'eau et de la vapeur saturée diminue, ce qui entraîne une diminution de la circulation. Pour conserver le niveau d'eau constant à la pression de calcul, la distance entre les deux ballons doit être augmentée.

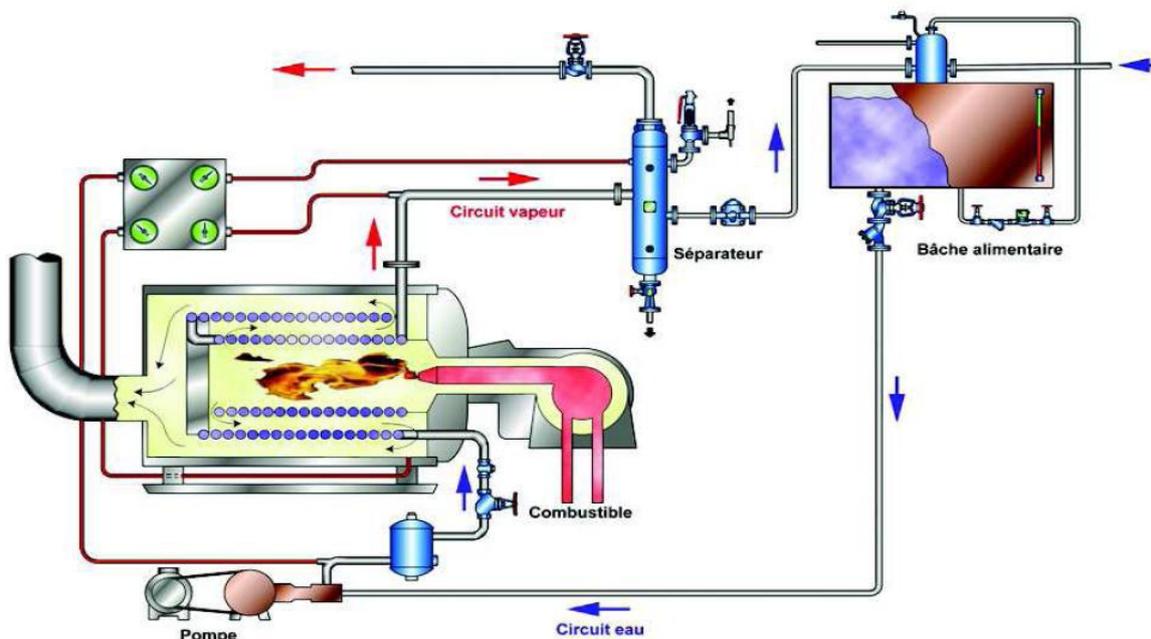


Figure 3.10 : Circuit d'eau et vapeur dans la chaudière

3.3.3. Identification du système critique

Durant cette étape, nous allons procéder à un découpage fonctionnel des systèmes présents dans la chaudière afin d'aller en profondeur et en détail dans l'étude préliminaire car cette étape permet de connaître tous les sous-systèmes qui entrent dans le fonctionnement du système. Ensuite nous allons déployer une AMDEC globale pour tous les systèmes afin de déterminer lequel doit faire objet d'une étude détaillée avec des méthodes d'analyse des risques complémentaires.

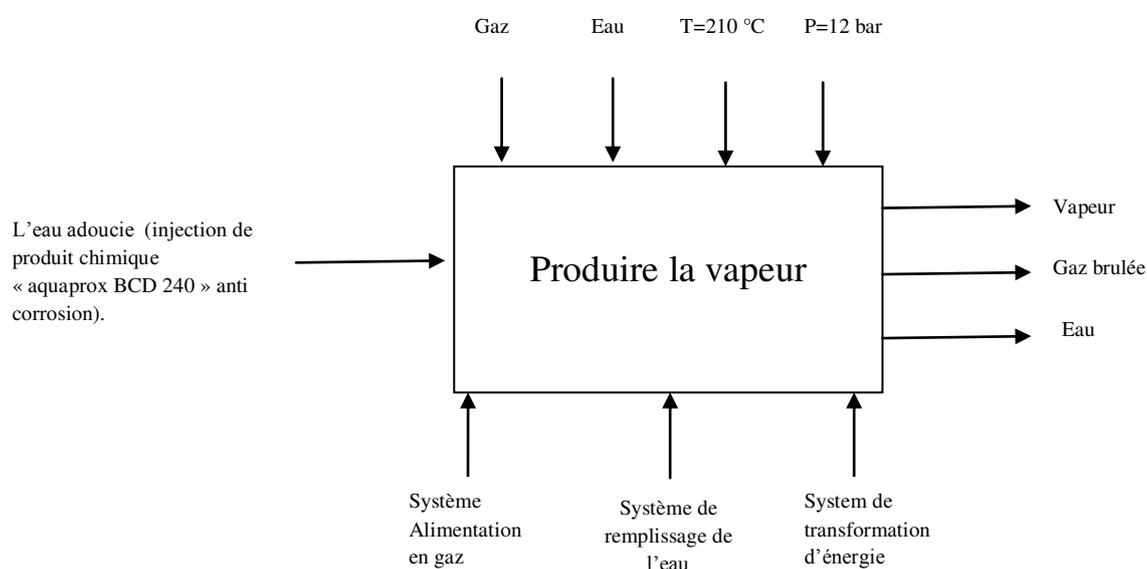


Figure 3.11 : SADT sur la chaudière à vapeur A0

Chapitre 3 : Application des méthodes

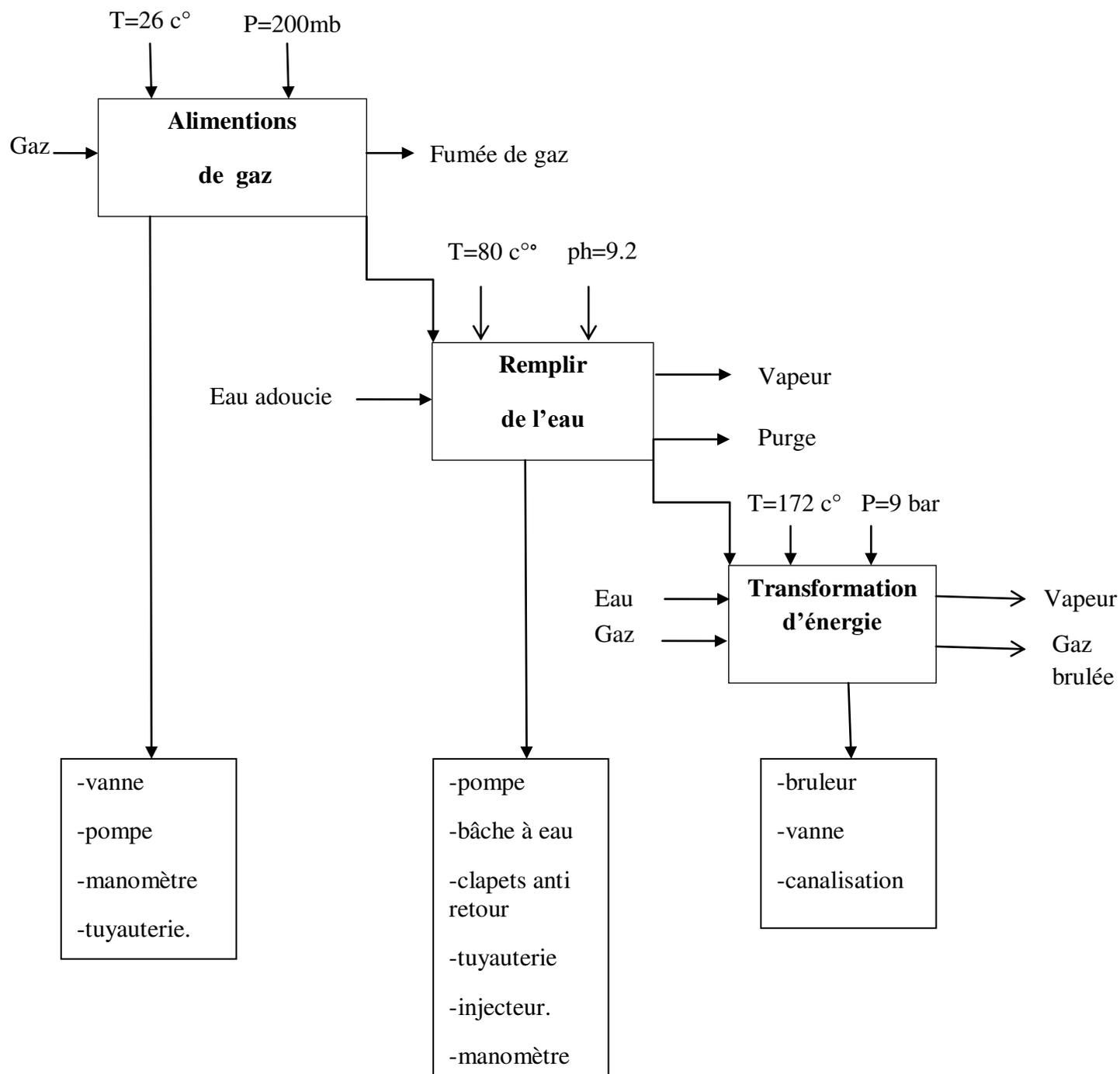


Figure 3.12 : sous systèmes fonctionnels de la chaudière

Chapitre 3 : Application des méthodes

3.4. Application de la méthode AMDEC

3.4.1. Introduction

Dans cette partie, nous allons entamer la partie essentielle de notre étude, ce qui veut dire, remplir les tableaux AMDEC par les résultats de l'analyse dont nous avons effectué à la chaudière, et mentionner les recommandations possibles pour les défaillances critiques que nous avons trouvées.

3.4.2. Initialisation de l'étude

La cogénération est une technique qui permet d'obtenir à partir d'un seul combustible et dans une installation unique de la chaleur (vapeur) et de l'énergie mécanique, cette dernière étant convertie en électricité à travers les alternateurs.

Nous allons appliquer cette analyse sur la chaudière

3.4.3. Définition de système étudié

Le système à étudier est une chaudière, elle est destinée à produire de la vapeur surchauffée à une pression de 53 bars et une température de 480°C, avec un débit nominal de 150 t/h. Combustible (gaz naturel).

3.4.3.1. Définition de la phase de fonctionnement

Le fonctionnement de la chaudière est assurée par :

- Un circuit d'alimentation en eau.
- Un circuit d'alimentation en air.
- Un circuit d'alimentation en gaz naturel.
- Deux bruleurs.
- Faisceaux tubulaires.
- Armoire électrique.

3.4.3.2. Définition des objectifs à atteindre

Le but de notre étude est donc d'étudier et d'analyser tous les modes de défaillances possibles dues au fonctionnement de la chaudière, puis de voir les actions correctives qui permettront d'optimiser la sûreté de fonctionnement de l'équipement et de réduire le nombre de défaillances.

Pour mieux détecter les modes de défaillances et leurs effets, nous décomposerons notre analyse selon les cinq fonctions élémentaires détaillées auparavant dans le rapport de façon à identifier correctement la criticité, afin d'analyser au mieux notre équipement sur la base.

3.4.4. Analyse fonctionnelle du système

Dans cette partie, nous avons suivi l'analyse fonctionnelle (organigramme) suivante :

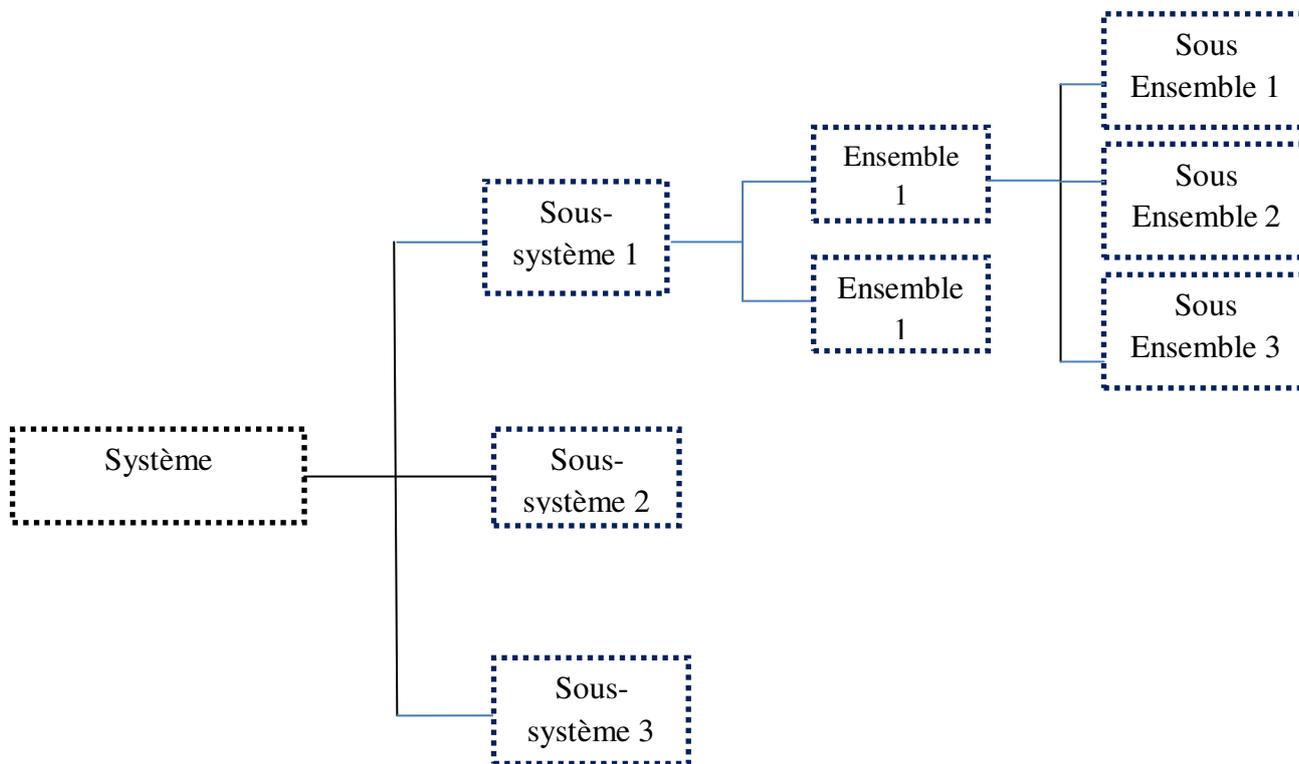


Figure 3.13 : Organigramme d'analyse fonctionnelle

3.4.4.1. Décomposition de système

On a décomposé la chaudière en (06) sous-systèmes suivants :

1. Circuit d'air ;
2. Circuit de gaz ;
3. Circuit d'eau ;
4. Bruleur ;
5. Faisceaux tubulaires ;
6. Armoire électrique.

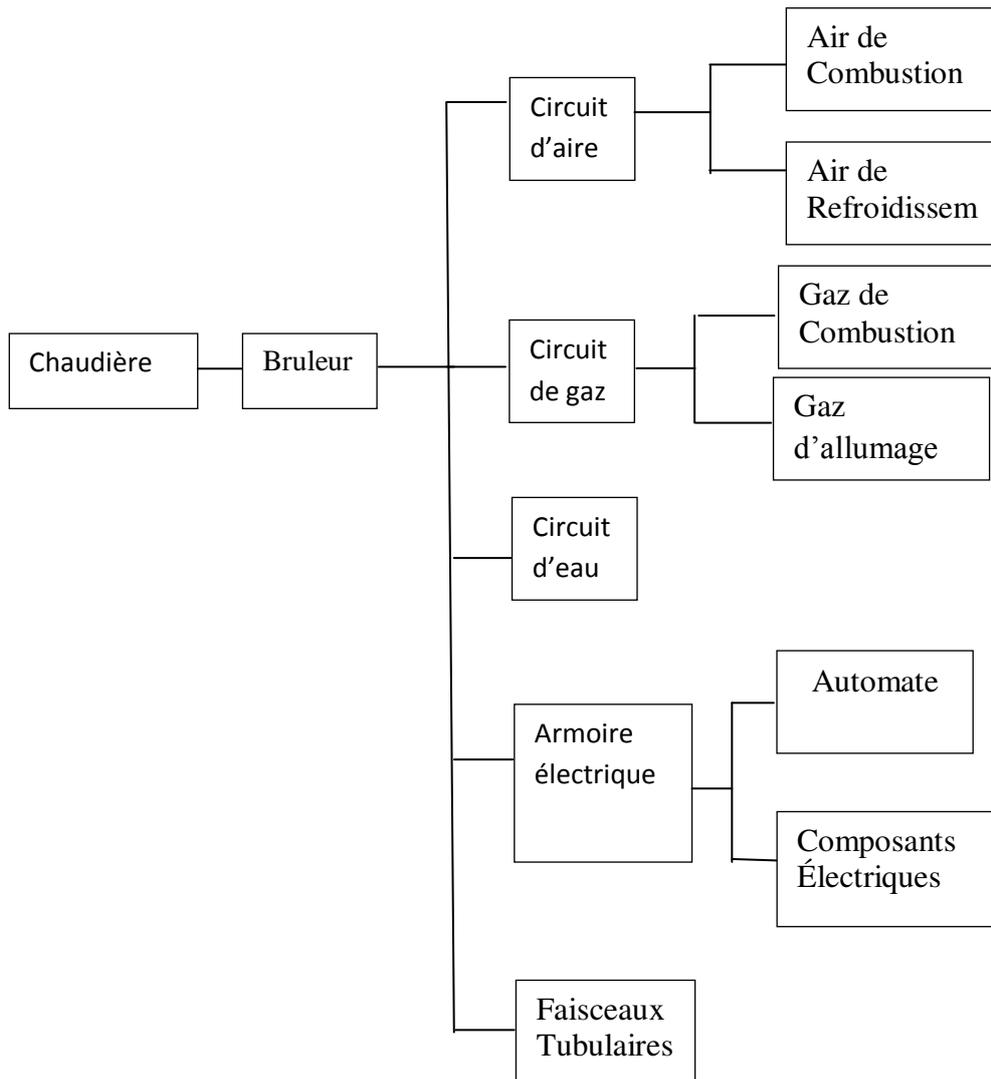


Figure 3.14 : Décomposition de la chaudière

Chapitre 3 : Application des méthodes

3.4.4.2. Décomposition des sous-systèmes :

Chaque sous système est décomposé en ensembles et chaque ensemble est décomposé en Sous-ensembles comme le montre le tableau ci-dessous :

Tableau 3.8 : décomposition de la chaudière :

Sous-système	Ensemble	Sous-ensemble
Circuit d'air	Moteur électrique	1. Rotor 2. Stator 3. Ventilateur 4. Roulement 5. Boite à bornes
	Vanne de régulation	1. Clapet 2. Couvercle 3. Membrane 4. Joint 5. Corps 6. Siege 7. Axe 8. Levier
	Transmetteur	
	Pressostat	
Circuit de gaz	Vanne de régulation	1. Clapet 2. Couvercle 3. Membrane 4. Joint 5. Corps 6. Siege 7. Axe 8. Levier
	Vanne de by-pass	
	Pressostat	
	Vanne tout ou rien	
	Electrovanne	
	Pompe alimentaire	1. Impulser 2. Arbres 3. Garniture 4. Diffuseur 5. Volute

Chapitre 3 : Application des méthodes

Circuit d'eau	Vanne de régulation	1. Clapet 2. Couvercle 3. Membrane 4. Joint 5. Corps 6. Siege 7. Axe 8. Levier
	Transmetteurs	
	Vanne tout ou rien	
Bruleur	Tuyères à gaz	
	Allumeur électrique à gaz	
	Cellule de flamme	
	Volet d'air	
	Moteur d'air d'allumage et de refroidissement Vanne de régulation de gaz	
Armoire électrique	Composants électriques	1. Disjoncteurs 2. Contacteurs 3. Redresseurs
	Automate	1. Panneau de supervision de commande tactile 2. CPU S7-300 SIEMENS (Automate) 3. Connecteur 4. Pile de sauvegarde
Faisceaux tubulaires		

3.4.5. Synthèse

Pour la hiérarchisation des défaillances selon leurs criticités, nous utilisons le tableau des Actions correctives :

Tableau 3.9 : des actions correctives des composants électriques

Niveau de criticité	organe	Actions correctives
$1 \leq C \leq 12$ Criticité négligeable	Panneau de supervision de commande tactile,	Aucune modification de conception -Maintenance corrective

Chapitre 3 : Application des méthodes

	CPU S7-300 SIEMENS (Automate), Connecteur, Pile de sauvegarde	
12C≤16 Criticit2 moyenne		-Amélioration des performances de l'élément -Maintenance préventive systématique
16≤C≤20 Criticité élevée		-Révision de la conception des sous-ensembles et choix des éléments pour surveillance particulière -Maintenance préventive conditionnelle
20≤C≤80 Criticité interdite		Remise en cause complète de la conception

D'après ce tableau, nous constatons que ces organes ont besoin seulement d'une maintenance Corrective.

Tableau 3.10 : Actions correctives pour l'automate

Niveau de criticité	organe	Actions correctives
1≤C≤12 Criticité négligeable	Panneau de supervision de commande tactile, CPU S7-300 SIEMENS (Automate), Connecteur, Pile de sauvegarde	Aucune modification de conception -Maintenance corrective
12C≤16 Criticit2 moyenne		-Amélioration des performances de l'élément -Maintenance préventive systématique
16≤C≤20 Criticité élevée		-Révision de la conception des sous-ensembles et choix des éléments pour surveillance particulière -Maintenance préventive conditionnelle
20≤C≤80 Criticité interdite		Remise en cause complète de la conception

D'après ce tableau, nous constatons que ces organes ont besoin seulement d'une maintenance Corrective.

Chapitre 3 : Application des méthodes

Tableau 3.11 : des actions correctives pour le bruleur

Niveau de criticité	organe	Actions correctives
$1 \leq C \leq 12$ Criticité négligeable	Cellule de flamme Moteur d'air d'allumage et de refroidissement	Aucune modification de conception -Maintenance corrective
$12 < C \leq 16$ Criticité moyenne	Tuyères à gaz	-Amélioration des performances de l'élément -Maintenance préventive systématique
$16 < C \leq 20$ Criticité élevée	Vanne de régulation de gaz	-Révision de la conception des sous-ensembles et choix des éléments pour surveillance particulière -Maintenance préventive Conditionnelle
$20 < C \leq 80$ Criticité interdite	Allumeur électrique à gaz Volet d'air	Remise en cause complète de la conception

D'après ce tableau, nous constatons que les organes cellule de flamme et moteur d'allumage et de refroidissement ont besoin seulement d'une maintenance corrective. Pour l'organe tuyères à gaz, la présence du monoxyde de carbone est la preuve du manque d'air dans la combustion du gaz, on propose de surveiller la couleur de la flamme quotidiennement et de régler les volets d'air.

Pour la vanne de régulation de gaz, nous proposons un contrôle annuel, et de suivre les consignes du constructeurs.

A ce qui concerne l'allumeur électrique, généralement la défaillance de ce dernier est du l'encrassement des pointes des électrodes d'allumage, ou bien les deux électrodes sont éloignés l'une de l'autre. Donc on propose d'empêcher l'air de s'infiltrer par la porte de la chaudière, en mettant des joints de l'étanchéité, et de bien régler la distance des électrodes d'allumage.

Chapitre 3 : Application des méthodes

3.5. Application de méthode HAZOP

L'étude HAZOP est une approche qui permet d'étudier les effets liés à certaine dérive pour les systèmes thermo-hydrauliques. Elle permet d'identifier les différentes dérives qui peuvent exister et qui engendrent des accidents et des incidents majeurs.

Notre analyse a portée sur l'étude des deux circuits hydrauliques (circuit eau et circuit gaz) que comporte la chaudière à vapeur tel que le montre le tableau ci-dessous :

Tableau 3.12 : Paramètres de la HAZOP

circuits	Paramètres
Circuit de l'eau	Pression
	Température
	Niveau d'eau
Circuit de gaz	Pression

3.5.1. Interprétation

D'après les résultats obtenus (Annexe), nous pouvons conclure que les principales causes d'accidents sont d'ordre technique. Cependant, une défaillance mécanique, électrique ou structurelle peut engendrer des conséquences dramatiques sur l'installation et sur l'environnement avoisinant.

A la fin de l'étude, des actions correctives sont proposées.

3.5.2. Conclusion

Pour conclure notre travail nous pouvons dire que la méthode HAZOP nous a permis d'améliorer le système de recommandation de l'étude et ce dernier nous permettra de prendre de bonne action préventive pour éviter toute sorties de risque et de minimiser au maximum leur probabilité d'occurrence ,c'est une méthode qualitative d'analyse les risques ,d'une part d'une autre parts nous permis de mieux connaitre le système de fonctionnement de la chaudière a condensation.

Conclusion

Le travail effectué pour l'évaluation de la performance des différentes barrières de sécurité, au niveau de l'Entreprise ABC Pepsi, nous a conduits au déploiement d'une démarche d'analyse des risques, et à la proposition de mesures correctives pour leur maîtrise.

Dans le cadre de ce projet :

Nous avons analysé, dans un premier temps, à l'aide de la méthode APR, l'ensemble des risques que peuvent engendrer comporte l'Entreprise.

Celle-ci nous a permis d'aboutir aux résultats suivants :

- mise en évidence d'un total de vingt ENS au niveau des systèmes ciblés ;
- le système chaudière à vapeur, présente un niveau de risque inacceptable, malgré les mesures de prévention et de protection existantes ;
- le système chaudière à vapeur, nécessite une analyse des composants plus approfondie pour la détermination des causes et conséquences.
- Nous avons procédé à une SADT pour la décomposition fonctionnelle et une AMDEC, appliquées au système chaudière à vapeur. Ceci nous a permis de faire ressortir que :
 - 80% des risques se trouvent dans la zone critique, et nécessitent des actions correctives.
 - 5% des risques sont inacceptables, et nécessitent des actions de maîtrise.

Afin de compléter notre analyse, une étude HAZOP a été réalisée sur les deux circuits hydrauliques. Nous pouvons conclure que les principales causes d'accidents sont d'ordre technique. Cependant, une défaillance mécanique, électrique ou structurelle peut engendrer des conséquences dramatiques sur l'installation et sur l'environnement avoisinant.

Pour conclure notre travail on a qu'à dire que la méthode AMDEC HAZOP nous a permis d'améliorer le système de recommandation de l'étude et ce dernier nous permettra de prendre de bonne action préventive pour éviter toute sorties de risque et de minimiser au maximum leur probabilité d'occurrence ,Ce sont des méthodes d'analyse des risques, d'une part et d'autre parts nous a permis de mieux connaître le système de fonctionnement de la chaudière a condensation.

Référence :

1. <http://www.aria.developpementdurable.gouv.fr>.
2. Atlas Bottling Corporation Pepsi.
3. Etude de danger d'ABC Pepsi
4. <http://primarisk.ineris.fr/>
5. KIRCHSTEIGER C., on the use of probabilistic and deterministic methods in risk analysis. Journal of loss Prevention in the Process Industrial 12,(339-419),1999.
6. Yves M. Méthodes d'analyse des risques, base documentaire : Tib155. Technique de l'ingénieur, se4010, 2003.
7. <http://philippe.berger2.free.fr/automatique/cours/sadt/sadt.h1.gif>
8. KELADA. J, 1994, l'AMDEC, École des Études Commerciales : Centre d'étude en qualité totale.
9. MOHAMMADKHANI-SHALI. S, Contribution à l'étude de la redondance dans les ponts : analyses des mécanismes de défaillance par surfaces de réponse, thèse de doctorat Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, soutenue le : 5/10/2007.
10. BIGRET. R, FÉRON. J.L avec la collaboration de PACHAUD. C, Diagnostic - maintenance disponibilité des machines tournantes (modèle-mesurage-analyses-des vibrations).
11. ALANI. T, Introduction au diagnostic des défaillances, Laboratoire A2SI-ESIEE-Paris, soutenu le [01/10/2006,t.alani@esiee.fr](mailto:t.alani@esiee.fr).
12. ZWINGELSTEIN. G, Diagnostic des défaillances (théorie et pratique pour les systèmes industriels), Traité des nouvelles technologies – série diagnostic et maintenance, Notion de risques, 30-53p.
13. LUC BERSON. J, 1290 Comprendre l'AMDEC, Consultant et Formateur en management des systèmes, auditeur QMS certifié IRCA, base documentaire : piloter et animer la qualité, délivré le : 24/10/2014.
14. RIDOUX. M, ag4220 AMDEC – Moyen, base documentaire : méthodes de production dans le thème : Conception et Production et dans l'univers Génie industriel, date de publication : 10/07/1999.
15. PERISSE. F, Étude et analyse des modes de défaillances des condensateurs électrolytiques à l'aluminium et des thyristors, appliquées au système de protection du LHC (LARGE HADRON COLLIDER), thèse présentée devant l'université Claude Bernard – Lyon I pour l'obtention du diplôme de doctorat, Soutenue le 17/07/2003.
16. Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA-35)

N°	ID	Système	Evénements redoutés	Causes	Conséquences	F	G	C	Mesures de prévention	F'	Mesures de protection	G'	C'	Propositions Remarques	Phénomène Dangereux
1	1	A-1	Fuite	Corrosion, érosion, Défaillance électrique, extinction du brûleur principal, montée en pression de la cuve d'air, échotation auffement, opiration des maintenance, vibration, pert de control de la rotation	Effets de surpression Effets thermiques Pert d'explosion, Effet domino en cas d'explosion	3	4	12	Accès n'interdit à toute personne non habilitée, interdication de fumer ou d'apporter toute source de chaleur, consignes d'exploitation, consigne de sécurité, présence d'extincteurs, plan de maintenance preventive	2	dispositif de coupure general de gaz, control périodique et reglmentaire, Détecteur de gaz et feu, formation du personnel de première intervention	3	6		Explosion
1	2	D-3	Fuite	pression de la valeur excessive, surchauffe due à la baisse de niveau, turbulence dans le niveau de l'eau, corrosion acide, corrosion	explosion de la chaudière, effet domino, les efforts induits dépassent les efforts admissible	3	5	15	verifier qu'il n'y ait pas de courants de fuit à lacharge du corps du générateur, vérifier le fonctionnement correct du détecteur de niveau de sécurité, Accès n'interdit à toute personne non habilitée	2	dispositif de coupure general de gaz, control périodique et reglmentaire, Détecteur de gaz et feu, formation du personnel de première intervention	4	8		Explosion
1	3	c-3	Fuite	choc, projectiles, corrosion, opiration de maintenance, usure des equipements, vibration	rupteur franche d'une canalisation de gaz naturel	3	2	6	Clapet anti-retour sur ligne inhibiteur de corrosion, circulation très limitée, canalisation totalement enterrée autorisation de travail: point chaude,,	3	Détecteur de gaz et feu, formation du personnel de première intervention	1	3		explosion dans la chambre de combustion de la chaudière
1	3	A-6 B-8	Perte de confinement	Dérèglement électrique, malveillance ravaux par point chaud, foudre	rayonnement thermique, propagation et généralisation de l'incendie à d'autres zones, degat importants sur les structures et les batiment	3	3	9	interdication de fumer sur tout le site, contrôle des intalations électriques, perme de feu et plan de prévention, control des accès	2	Détecteur de fumée, stockage à plus de 60cm des neon ou toute autre source de chaleur, présence d'extincteurs, réseau ante incendie et de RIA	2	4		perte de confinement des lignes et fuite gaz naturel
1	4	F-7	Fuite	Felexible du camion mal branche ou défectueux, fuit d'une vanne, débordement, corrosion, erreur humaine, collision	Risque de pollution des eaux souterraines, risque de départ de feu, source d'ignition : effets thermiques, risque de propagation du feu aux voisins	2	3	6	Procédure d'intervention, plat forme étanche, interdication de fumée, extincteurs	1	Flexible de dépotage remplacé régulièrement, examine avant chaque dépotage	2	2		Déversement lors du ravitaillement des citernes de stockage de gazoil
1	5	A-3	Fuite	Débordement, choc, corrosion, erreur humaine, si présence d'une source d'allumage (cigarette, étincelle)	risque de pollution des eaux, risque de départ de feu : effets thermiques, effets de suppressions, risque de propagation du feu aux voisins	2	3	6	Bac de rétention mobile, interdication de fumée, extincteur à portée de main	2	kite de dépollution, pistole à arrêt automatique,	1	2		Déversement des réservoir de camions et engins lors de ravitaillement en carbure
1	6	A-5	Fuite	Présence d'un point chaud, fuit de gaz, oxègne d'aire, pression élevée, choc, température élevée, malveillance de l'opérateur, mauvaise fermeture de lavanne, usure de la joint	effets de surpression Effets thermiques	2	4	8	stokage externe, fermeteur de vannes après chaque utilisation,	1	detecteur de gaz, stokage sous abris, extincteurs poudre sèche et co2	2	2		explosion et incendie de la bouteille acétylène
1	7	D-1	Fuite	Augmentation de température, source extérieure de chaleur, vanne de purge défectueuses ou défaut sur une soupape, ouverture intempesive des canalisations de purge (erreur humaine), chocs, projectiles, mouvements de terrain, corrosion, défaut de suivi du niveau des réservoirs	effets de suppressions (bouteilles des gaz), effets de surpression (réservoir co2), interdiction d'accès	2	4	8	stokage externe, fermeteur de vannes après chaque utilisation,	1	detecteur de gaz, stokage sous abris, extincteurs poudre sèche et co2	2	2		explosion des réservoir de stockage de co2

1	8	D-4	Rupture dendage des cable électrique	Défaut d'étanchéité,corrsion ou vieillesissement de matériaux ,agression mécanique,choc ,corrosion des ,conducteurs par manque d'huile diélectrique,température haute à cause d'un incendie a proximité,opérations de maintenance,	feu,degradation du matériel,explosion ,emanation d'huiles ou de gazoil,incendie	2	1	2	groupe électrogène placé dans une zone séparée avec un sol étanche , programme de controle et maintenance réguliers,huilebnon corrosive ,rondes opiroatoire pour surveillance	1	entretien périodique ,essais démarrage.hbilitation électrique HT obligatoire pour tous les intervenants,interdit sans habilitation à proximité des transformateur	1	1	cours crcuts sur le transformateur pert confinement du groupe électrogène
1	9	A-4 B-5 D-2 F-2	Fuite rupture	fuit ou rupture du contenant ,impect foudre ,Pert d'étanchéité ou fuite,soucre de feu,reaction chimique inattendu,rupture ou déformation,agression d'origine anthorpique,agression d'origine naturel,choe,corrosion,arour	pollution du sol et des eaux souterraines ,incendie	2	2	4	protocole de sécurité,interdication de fumer ,renforcer la sécurité de ses installation ,	1	Rétention conforme à la réglementation,manipulation par des opirateur formés aux risques chimiques,kit de dépollution,exincteurs,evacuation par un organisme spécialisé,	1	1	Déversement accidentel pollution incendie
1	10	A-2 B-1 C-1 F-6	Masse électrique	Malveillance,soucre d'ignation ,erreur humaine(non respect des procédures)	Risque incendie ,degradation des matériel	2	2	4		2	formation de personnel à l'utilisation des extincteurs ,faire des sensibilistation	1	2	Départ de feu
1	11	A-3 B-6	Repteur Arc électrique Fuite	echauffement,blocage des ligne en aval,vibration ,corrosion,per de control de la rotation ,supression dans le ballon de réservoir d'aire ,opiration de maintenane ,desfonctionnement électrique,montée en pression de la cuve d'air,	Projection de fragments	2	2	4	présence d'un manomètre ,conception du système de motorisation pour ne pas générer de vibrations et pour ne pas etre imectée par les éventuelle vibration générées par les équipements connexes,boucles de régulation des compresseurs (imposant une vitesse de rotation),absence de matières comburantes dans local isilement par	1	formation des opirateur et manuel opérateur inspection et maintenance,soupape,entretien régulier,inspection et requalification limitartion des équipements électriques au strict minimum ,	1	1	rupture mécanique depart de feu explosion

Annexe 2 : Tableau d'AMDEC

Application de la méthode AMDEC sur le système chaudière

système	Système chaudière							
sous système	l'automate							
composant	fonction	mode de défaillance	causes	effets	P	G	C	Prévention
Panneau de supervision de commande tactile	Afficher les états, les alarmes et les défauts de la chaudière et gère toutes les boucles de la régulation	-Temps de réponse Long	-Echauffement -l'étalonnage de l'écran d'affichage	Pas de manipulation	4	2	8	Vérifier le ventilateur intérieur
CPU S7-300 SIEMENS (Automate)	exécution du programme de sécurité	Défaut interne de la CPU	-Manque d'alimentation interne	Automate à l'arrêt	4	2	8	Surveillance périodique Inhibiteur de corrosion Maintenance préventive -Redémarrer
Connecteur Pile de sauvegarde	Communication Sauvegarde le programme et des données lorsque l'automate est en hors tension	Pas de Communication Défaillance de la pile	-Détérioration de moyens de communication (ports, câbles de Communication -La pile de sauvegarde n'est pas en place -L a pile de sauvegarde est déchargée	Arrêt de la Chaudière Perte du programme en cas d'absence d'alimentation	4	2	8	Surveillance périodique -Changer le connecteur -Vérifier le montage des connecteurs -teste la continuité de câble -Mettre en place de la pile de sauvegarde -Changer la pile

Annexe 2 : Tableau d'AMDEC

sous système	la vanne de régulation							
Clapet	Ouverture ou fermeture de la vanne	Blocage du clapet	La corrosion	Blocage de la vanne (arrêt de la chaudière)	2	2	4	Surveillance périodique Inhibiteur de corrosion Maintenance préventive Changement du clapet
distributeur	La commande de distribution de l'air	Blocage du poussoir	Ressort de rappel défailons Grippage du poussoir	Blocage du distributeur (la vanne ne fonction pas)	2	5	10	Surveillance périodique Inhibiteur de corrosion Changement du distributeur
Joint torique	Etanchéité	Usure du joint	Haute pression corrosion	Fuite de pression	4	4	16	Changement du joint
Ressort	Fermeture de la vanne par la compression du ressort	Pert le mouvement d'élasticité	Fatigue du ressort	La vanne ne ce ferme pas	4	4	16	Changement du ressort
Membrane	Réservoir d'air	Membrane défectueuse	Haute pression	Pression faible (absence de l'ordre de fermeture)	4	4	16	Surveillance périodique Changement de la membrane

Annexe 2 : Tableau d'AMDEC

sous système	le bruleur							
Tuyères à gaz	Crée un mouvement tourbillonnaire du mélange gaz + air	Mauvaise orientation des surfaces biseautées	Combustion incomplète	Présence du monoxyde de carbone dans les fumées d'échappement	4	3	12	Réglage des Tuyères Surveillance périodique
Allumeur électrique à gaz	Donnait naissance à la flamme	Pas de décharge au niveau des électrodes	-Distance entre les électrodes -Problème au niveau de transformateur	Echec d'allumage du bruleur (Chaudière)	6	4	24	Surveillance périodique Maintenance préventive Réglage de la distance des électrodes
Cellule de flamme	Détection de la flamme	Emet aucun signale	Mauvais réglage (sensibilité)	Arrêt de la chaudière	2	2	4	Réglage de la sensibilité et le nettoyage de la cellule
Volet d'air	Contrôler le débit d'air	Blocage des volets d'air	-Mauvais graissage -Problème au niveau de l'organe de commande (Vérin + Distributeur	Mauvaise combustion Arrêt de la chaudière	8	4	32	Déblocage des volets
Moteur d'air d'allumage et de refroidissement	Refroidir la cellule de flamme et assure l'air de la petite flamme	Arrêt du moteur	Problème au niveau du moteur	Arrêt de la chaudière	4	2	8	Surveillance périodique Entretien périodique Maintenance préventive

Annexe 2 : Tableau d'AMDEC

sous système	le circuit d'air						
Ensemble moteur d'entraînement	Générer un couple de rotation	-Blocage -Arrêt du moteur	-Blocage des roulements - Manque d'alimentation électrique -Surcharge électrique -Absence d'aération motrice -Chute de tension -Détérioration du bobinage	Pas de ventilation	2	4	8 Surveillance périodique Entretien périodique Maintenance préventive - Changer les roulements -Vérifier le circuit électrique -Vérifier la source d'alimentation -N'allume pas jusqu'à ce qu'il se rétablisse Rebobineur
Ensemble paliers et arbres de transmission	Transmission de la rotation au ventilateur	-Usure des paliers -Vibration et cassure de l'arbre -Echauffement au niveau des paliers	défaillance mécanique Mauvais graissage -Détérioration des roulements -Mauvais alignement	Pas de ventilation	2	4	8 Surveillance périodique Maintenance préventive – Graissage périodique -Changer les roulements -Réaligner
Transmetteur (Pression, température, niveau, débit)	Convertir le signal de sortie du capteur en un signal de mesure standard	Le transmetteur est mal paramétré	L'ordre n'est pas respecté	La valeur de la grandeur mesurée est incorrecte	2	4	8 Réétalonnage des transmetteurs
Ventilateur	Aspiration de l'air	Fonctionnement dégradé	Déformation des aubages	Ventilation réduite	2	4	8 Surveillance périodique Inhibiteur de corrosion Maintenance préventive

Annexe 2 : Tableau d'AMDEC

Sous système	circuit de gaz							
Vanne de by-pass	Assure le débit de gaz en minimum technique	-Dysfonctionnement	-Rupture interne de la membrane	Arrêt du bruleur	3	4	12	Surveillance périodique Entretien périodique Maintenance préventive
Pressostat	Détection de la Pression	Pas de détection	-Absence d'alimentation -Mauvais contact du pressostat	Arrêt du bruleur	2	4	8	Surveillance périodique Maintenance préventive
Vanne tout ou rien	L'ouverture et la Fermeture	Blocage de la vanne	Circuits d'alimentation (l'air comprimé et l'alimentation)	Arrêt du bruleur	2	4	8	Surveillance périodique Maintenance préventive
Electrovanne	Commande de la vanne tout ou rien	-électrovanne défaillante	Bobine grillée -Détérioration interne	Pas de commande de la vanne	4	2	8	Changer l'électrovanne
Sous-système	circuit d'eau (moteur)							
Rotor	Transforme l'énergie électrique en énergie mécanique (rotation)	-Echauffement au niveau des roulements	mauvais graissage des roulements -Usure des roulements	Arrêt de moteur	2	4	8	-vérifier le circuit électrique
Stator	Transforme l'énergie électrique en magnétique	-Perte d'isolement -Echauffement	Le non serrage et rupture des câbles d'alimentation	Arrêt de moteur	2	4	8	Changement des Câbles d'alimentation
Ventilateur	Refroidir le moteur	-Usure -Casse		Pas d'arrêt	2	2	4	Vérification Nettoyage
Roulement	Assure le mouvement de rotation	Usure -Rupture	-Manque de graissage -Mauvais alignement	Arrêt de moteur	1	4	4	Changement des roulements
Boite à bornes	Assure l'alimentation du moteur	Etanchéité (court-circuit)	Défaut d'isolement	Arrêt de moteur	3	4	12	Vérifier le court-circuit

Annexe 2 : Tableau d'AMDEC

Sous-système	le circuit d'eau (pompe)							
impulser	Transmettre l'énergie de l'arbre au produit	-Usure -Rupture	-Effort très élevé -cavitation	Arrêt de la pompe	1	4	4	Vérifier les câbles d'alimentation
Arbres	Transmettre une puissance sous forme d'un couple et d'un mouvement de rotation	Vibration Usure	Mauvaise lubrification -Surcharge	Arrêt de la pompe	2	3	6	-Graissage périodique -Changer le roulements -Réaligner
Diffuseur	Guide de mouvement de produit	Usure	Cavitation -Eau chargée	Fonction dégradée	1	3	3	Nettoyage
Garniture	Assure l'étanchéité de la pompe, éviter les fuites de liquide à l'extérieur	-Usure des faces -Usure des joints	-Mauvaise qualité d'eau et d'huile	Arrêt de la pompe	2	3	6	Soudage de la tuyauterie
Volute	Prolonger l'effet hydraulique de la roue	Usure	-Cavitation -Eau chargée	Fonction dégradée	3	1	3	Nettoyage de la pompe
Sous système	les faisceaux tubulaires							
Tubes	Véhiculer l'eau et la vapeur	incrustation	Dépôt d'impureté sur les surfaces de chauffe	-mauvaise conduction de la chaleur. -surchauffe locale du tube. Rupture du tube	2	5	10	Purger le fond de la chaudière
		primage	Entrainement des sels minéraux par la vapeur	-Erodent les tubes. -Encrassement des aubes de la turbine	2	5	10	
		corrosion	Oxydation du métal Avec libération, d'électrons	Diminution lente de l'épaisseur du tube	2	15	30	

Unité : chaudière à gaz

Système : Système de circuit d'eau

Mot-clé	Paramètre	Causes	Conséquences	Détection	Actions correctives	Observation
Plus de	Pression	- Défaillance de la pompe	- Détérioration et éclatement de la conduite d'eau - Fuite - Inondation - Coup de bélier	Manomètre	-Maintenance préventive	
Moins de	Pression	-Trou dans la tuyauterie (corrosion) - Défaillance de l'amenée d'eau	- faible débit -faible rendement de la chaudière	-Manomètre	-Organiser des inspections de la tuyauterie -Entretien des robinets -Installer des caméras de surveillance	
Plus de	Température	- Défaillance du capteur de chaleur - Défaillance du thermostat	- Perte énergétique	-Capteur de chaleur -Thermostat	- Mettre en place un système d'alternance de capteurs et de thermostats	
Moins de	Température	- Défaillance du capteur de chaleur - Défaillance du thermostat - Défaillance dans le système d'alimentation en gaz	- Choc thermique - Explosion de la chaudière	-Capteur de chaleur -Thermostat	- Mettre en place un système d'alternance des capteurs et des thermostats	

Annexe 3

Tableau de HAZOP

<p>Plus de</p>	<p>Niveau d'eau</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Défaillance des vannes -Défaillance au niveau du bassin régulateur 	<ul style="list-style-type: none"> -haut débit et chute du rendement de la chaudière -Fuite -inondation 	<p>Purgeur</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Doter le circuit par des flotteurs et des purgeurs automatiques - Entretien des vannes 	
<p>Moins de</p>	<p>Niveau d'eau</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Défaillance des motopompes -fuite dans les conduites d'alimentation -Sondes défectueuses 	<ul style="list-style-type: none"> -Arrêt du bruleur -Implosion de la chaudière -explosion de la chaudière 	<p>Sondes de niveau bas et très bas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Programmer des inspections régulières des pompes 	

Unité : La chaudière à gaz de PEPSI						
Système : Système d'alimentation en gaz						
Mot-clé	Paramètre	Causes	Conséquences	Détection	Actions correctives	Observation
Plus de	Pression	<ul style="list-style-type: none"> -Non fermeture de l'alimentation en gaz Suite à des erreurs de procédures -Dysfonctionnement du clapet de détenteur -Dysfonctionnement des électrovannes -Anomalies dans la canalisation 	<ul style="list-style-type: none"> -Explosion dans la chambre de combustion de la chaudière -Eclatement de la conduite de gaz (tuyauterie) 	Pressostats gaz	<ul style="list-style-type: none"> -Mettre en place des détecteurs de gaz -Mettre en place un purgeur de gaz -Entretien des vannes -Sensibilisation sur la dangerosité du gaz - Mettre des plaques de signalisation 	
Moins de	Pression	<ul style="list-style-type: none"> -Joint vétuste Non--étanche -Raccords défailants ou rompus -Piquages sur les canalisations d'approvisionnement (corrosion) 	<ul style="list-style-type: none"> - Explosion -Faible rendement de la chaudière 	Pressostats gaz	<ul style="list-style-type: none"> -Réalisation de test d'étanchéité à l'air comprimé -Veiller sur le respect des procédures -Entretien des canalisations 	

COSTRUZIONI TERMOMECCANICHE

CAPITALE SOCIALE € 50.000,00 INT. VERSATO

CODICE FISCALE, P. IVA E N. REG. IMPR. PR 00178790341
C.C.I.A.A. PR 119884

Dans la suivante illustration on représente un typique emploi du dispositif de niveau de sûreté.

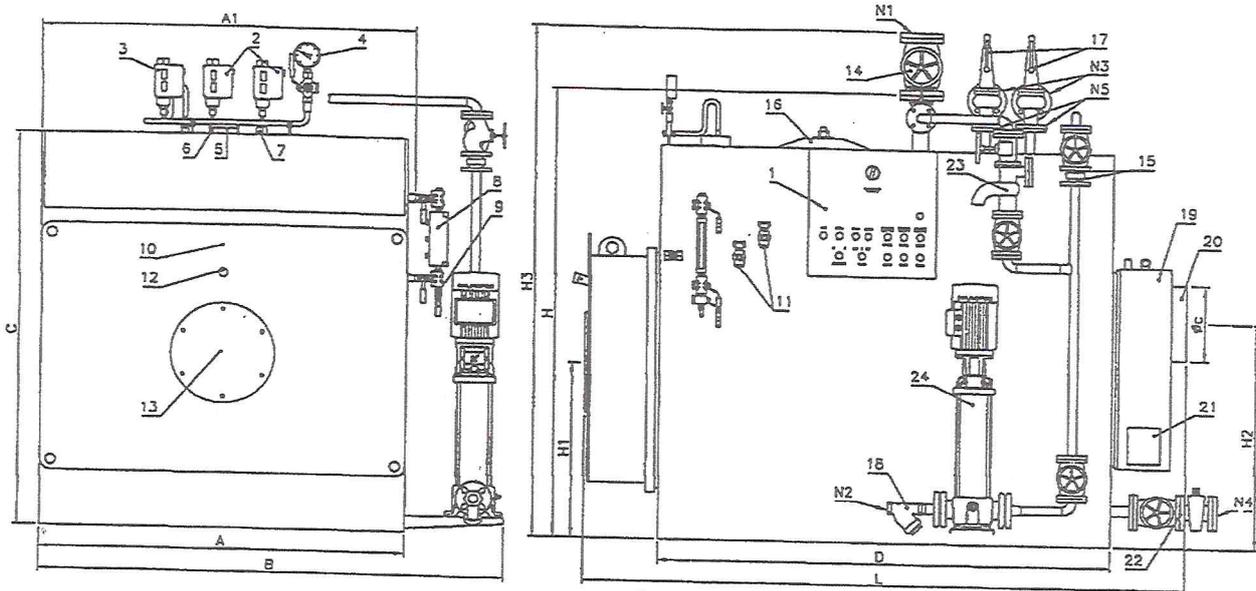


Fig. 1

LÉGENDE

- | | | | |
|----|---------------------------------------|----|-----------------------------|
| 1 | Tableau électrique | 16 | Écouteille d'inspection |
| 2 | Pressostats de régulation | 17 | Soupapes de sûreté |
| 3 | Pressostat de sûreté | 18 | Filtre alimentation |
| 4 | Manomètre | 19 | Chambre fumée postérieure |
| 5 | 1 ^a sonde niveau de sûreté | 20 | Raccord cheminée |
| 6 | Sondes régulation niveau | 21 | Porte de nettoyage |
| 7 | 2 ^a sonde niveau de sûreté | 22 | Vanne de déchargement |
| 8 | Indicateur de niveau | 23 | Injecteur |
| 9 | Vidange indicateur de niveau | 24 | Électropompe d'alimentation |
| 10 | Porte antérieure | | |
| 11 | Robinets d'essai niveau | N1 | Prise vapeur |
| 12 | Regard contrôle flamme | N2 | Alimentation |
| 13 | Plaque pour application brûleur | N3 | Vidange vannes de sûreté |
| 14 | Vanne de prise vapeur | N4 | Déchargement chaudière |
| 15 | Vanne de retenue | N5 | Jonction soupapes de sûreté |

11 RISQUES RÉSIDUELS

ÉVÈNEMENT CAUSE 1	PRESSION DE LA VALEUR EXCESSIVE	Gravité de l'évènement : B
- La pression ne doit pas dépasser la valeur maximum admise (PS, pression du projet) en raison du défaut d'intervention du clapet de sûreté et des organes auxiliaires de limitation de pression (pressostats limite et de sécurité).		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Les efforts induits dépassent les efforts maximum admissibles.		
RISQUE - DANGER		
- Explosion de la chaudière (rupture du foyer, de l'enceinte et/ou des plaques)		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Il faut vérifier l'ouverture correcte des clapets de sûreté à la pression du projet.		
- Il faut vérifier l'intervention correcte du pressostat de sécurité qui, en arrêtant le brûleur, élimine la cause de la hausse de pression.		
- Il faut vérifier la correspondance entre la puissance thermique maximale de la chaudière et la puissance maximale réelle brûlée.		
- N.B : ces solutions sont à la charge de l'utilisateur.		

ÉVÈNEMENT CAUSE 2	ADÉQUATION DES ACCESSOIRES	Gravité de l'évènement : B
- Combinaison d'accessoires inadéquats et/ou montage erroné, dépassement de la pression maximale admissible.		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Projection violente des morceaux dans la centrale thermique		
RISQUE - DANGER		
- Collision avec des personnes et/ou des choses		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Combiner des accessoires conformément aux indications des normes de référence EN 12953.		

ÉVÈNEMENT CAUSE 3	SURCHAUFFE DUE À LA BAISSSE DE NIVEAU	Gravité de l'évènement : B
- Le niveau de l'eau ne doit jamais baisser en dessous du niveau de projet minimum à cause d'un dysfonctionnement du détecteur de niveau de sécurité.		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Surchauffe des membrures en contact avec les produits de la combustion et effondrement conséquent de la structure par la pression de la vapeur.		
RISQUE - DANGER		
- Explosion de la chaudière		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Il faut vérifier le fonctionnement correct du détecteur de niveau de sécurité.		
- Il faut vérifier que les valeurs de conductivité de l'eau de fonctionnement rentrent dans les valeurs prévues dans le manuel technique fourni (EN 12953-10).		
- Il faut vérifier le fonctionnement correct de la pompe de remplissage de l'eau (usure de la pompe, clapet battant hydrostatique en aspiration, température de l'eau d'alimentation, attachement/détachement de la pompe résultant des sondes de réglage du niveau)		
- N.B : ces solutions sont à la charge de l'utilisateur.		

ÉVÈNEMENT CAUSE 4	SURCHAUFFE DUE À DES INCRUSTATIONS	Gravité de l'évènement : B
- Une présence excessive de calcaire dans l'eau peut se déposer sur les membrures frôlées par les produits de la combustion.		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Le dépôt de calcaire à l'intérieur des membrures frôlées par les produits de la combustion empêche une élimination correcte de la chaleur par l'eau, en entraînant une surchauffe de ces dernières.		
RISQUE - DANGER		
- Effondrement des matériaux avec une explosion possible du corps de la chaudière. Fractures localisées avec des fuites de vapeur ; rupture possible des membrures qui possèdent des fissures et donc explosion possible de la chaudière.		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Analyser l'eau avec la fréquence nécessaire en veillant à ce que les valeurs soient comprises dans les limites exprimées dans le manuel technique, en effectuant les traitements nécessaires. (EN 12953-10)		

ÉVÈNEMENT CAUSE 5	TURBULENCES DANS LE NIVEAU DE L'EAU	Gravité de l'évènement : C
- Turbulences dans le niveau dues à une climatisation erronée de l'eau d'alimentation et à un défaut de contrôle de l'eau de fonctionnement		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Relevé erroné du niveau de l'eau		
RISQUE - DANGER		
- Explosion du générateur en raison de la baisse du niveau de l'eau		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Vérifier que les caractéristiques de l'eau d'alimentation et de fonctionnement de la chaudière correspondent à celles requises dans le manuel technique (EN 12953-10).		

ÉVÈNEMENT CAUSE 6	CONDUCTIVITÉ DE L'EAU	Gravité de l'évènement : B
- Valeurs de conductivité de l'eau non incluses dans les limites admissibles		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Le détecteur de niveau ne relève pas la présence de l'eau.		
RISQUE - DANGER		
- Arrêt du brûleur parce que le détecteur de niveau se place dans des conditions de sécurité équivalentes au manque d'eau		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Vérifier que les caractéristiques de l'eau d'alimentation et de fonctionnement de la chaudière correspondent à celles requises dans le manuel technique (EN 12953-10).		

ÉVÈNEMENT CAUSE 7	MOUSSES	Gravité de l'évènement : B
- Mousses présentes dans l'eau		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Fausse détection de la présence d'eau		
RISQUE - DANGER		
- Explosion du générateur en raison de la baisse du niveau de l'eau		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Vérifier que les caractéristiques de l'eau d'alimentation et de fonctionnement de la chaudière correspondent à celles requises dans le manuel technique. (EN 12953-10)		

ÉVÈNEMENT CAUSE 8	FRAGILITÉ CAUSTIQUE	Gravité de l'évènement : B
- Concentration excessive d'hydroxyde de sodium dans l'eau		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Production de fissures intergranulaires dans le métal		
RISQUE - DANGER		
- Rupture de la chaudière due à la fragilité et explosion possible de cette dernière		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Effectuer l'analyse de l'eau avec la fréquence nécessaire.		
- Effectuer les traitements de l'eau de manière à ramener les valeurs caractéristiques dans les limites reportées dans le manuel d'utilisation et de maintenance (EN 12953-10).		
- Effectuer les purges en utilisant les raccords prévus au fond de la chaudière.		

ÉVÈNEMENT CAUSE 9	CORROSION ACIDE	Gravité de l'évènement : B
- Eau ayant une faible valeur de pH (eau acide)		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Corrosions des parties intérieures et amincissement conséquent des membrures		
RISQUE - DANGER		
- Risque d'explosion dans la chaudière (le calcul statique de la chaudière n'est plus satisfait)		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Effectuer l'analyse de l'eau avec la fréquence nécessaire.		
- Effectuer les traitements de l'eau de manière à ramener les valeurs caractéristiques dans les limites reportées dans le manuel d'utilisation et de maintenance.		

ÉVÈNEMENT CAUSE 10	CORROSION DUE À L'OXYGÈNE	Gravité de l'évènement : B
- Concentration élevée d'oxygène dissout dans l'eau		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Corrosions des parties intérieures et amincissement conséquent des membrures		
RISQUE - DANGER		
- Risque d'explosion dans la chaudière (le calcul statique de la chaudière n'est plus satisfait)		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Effectuer l'analyse de l'eau avec la fréquence nécessaire.		
- Effectuer les traitements de l'eau de manière à ramener les valeurs caractéristiques dans les limites reportées dans le manuel d'utilisation et de maintenance (EN 12953-10).		
- Maintenir l'eau à une température supérieure à 60 °C pour faciliter la désoxygénation.		

ÉVÈNEMENT CAUSE 11	PRÉSENCE DE BOUES	Gravité de l'évènement : B
- Accumulation de boues dans la partie inférieure de l'enceinte cylindrique		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Corrosion de la membrure concernée		
RISQUE - DANGER		
- Réduction de l'épaisseur de la membrure concernée avec un risque conséquent d'explosion		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Effectuer l'analyse de l'eau avec la fréquence nécessaire.		
- Effectuer les traitements de l'eau de manière à ramener les valeurs caractéristiques dans les limites reportées dans le manuel d'utilisation et de maintenance (EN 12953-10).		
- Effectuer les purges en utilisant les raccords prévus au fond de la chaudière.		

ÉVÈNEMENT CAUSE 12	CHARGES EXTÉRIEURES	Gravité de l'évènement : B
- Charges extérieures agissant sur les raccords du corps de la chaudière représentées par le poids et les dilatations thermiques des tuyaux		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Rupture des soudures des raccords		
RISQUE - DANGER		
- Explosion du corps du générateur et/ou rupture des organes d'arrêt		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Il ne faut pas considérer les raccords du corps de la chaudière comme des points de support du poids des tuyaux.		
- Il est bon de prévoir des joints de dilatation et des supports opportuns aux tuyaux qui relient la chaudière à l'installation, de manière à éviter la transmission de charges aux connexions de la chaudière.		

ÉVÈNEMENT CAUSE 13	COURANTS DE FUITE	Gravité de l'évènement : B
- Phénomènes de corrosion dus à des courants de fuite		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Corrosions des parties intérieures et amincissement conséquent des membrures		
RISQUE - DANGER		
- Risque d'explosion du corps de la chaudière (le calcul statique n'est plus satisfait) :		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Vérifier qu'il n'y ait pas de courants de fuite à la charge du corps du générateur.		
- Vérifier la mise à la terre correcte du corps du générateur.		
- Vérifier l'installation électrique de la centrale.		

ÉVÈNEMENT CAUSE 14	OUVERTURE ACCIDENTELLE DU TROU D'HOMME, DE LA TÊTE OU DE LA MAIN LE CAS ÉCHÉANT	Gravité de l'évène- ment : C
- Ouverture accidentelle du trou d'homme, de la tête ou de la main le cas échéant		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Sortie du joint de son logement		
RISQUE - DANGER		
- Risque de fuite de la vapeur avec brûlure et/ou projection violente de la porte vers l'opérateur		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Avant d'ouvrir le trou d'homme, il faut vérifier que la pression dans le corps de la chaudière soit égale à la pression atmosphérique (0 bar relatifs)		

ÉVÈNEMENT CAUSE 15	OUVERTURE ACCIDENTELLE DE LA PORTE	Gravité de l'évène- ment : D
- Ouverture accidentelle de la porte pendant que le brûleur est en marche ou en veille		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Fuite des produits de la combustion vers l'opérateur		
RISQUE - DANGER		
- Brûlure		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Avant d'ouvrir la porte, il faut vérifier que le brûleur soit éteint et désalimenté et que la température de la paroi soit de nature à ne pas causer de dommages à l'opérateur (voir événement n°16).		

ÉVÈNEMENT CAUSE 16	PARTIES CHAUDES	Gravité de l'évène- ment : C
- Contact accidentel avec des parties chaudes du générateur de vapeur en marche ou éteint depuis peu (vannes, porte, plaques tubulaires)		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Brûlures des mains ou d'autres parties du corps exposées à la chaleur		
RISQUE - DANGER		
- Brûlures		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Isolation avec de la laine de verre ou des matériaux réfractaires en général des parties pouvant entrer en contact dans des conditions d'utilisation et de maintenance ordinaires		
- Éviter le contact des parties non isolées du générateur pendant son fonctionnement. S'il est nécessaire d'effectuer des manœuvres de réglage ou de contrôle pendant le fonctionnement, il faut se protéger avec des vêtements adéquats (gants, chaussures et combinaison thermique).		
- Le générateur prévoit la présence de plaques d'avertissement sur les parties chaudes.		

ÉVÈNEMENT CAUSE 17	CHOC ET CHUTES ACCIDENTELS	Gravité de l'évènement : B
- Chute accidentelle du plancher supérieur du générateur		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Impact au sol d'une hauteur dangereuse ou choc accidentel contre le corps du générateur pendant des opérations d'installation et/ou de maintenance		
RISQUE - DANGER		
- Fractures et/ou contusions		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Plancher supérieur larmé et antidérapant		
- Monter et descendre du toit pour effectuer des opérations de maintenance ordinaire et extraordinaire en utilisant une échelle adéquate et des chaussures antidérapantes. Le plancher supérieur et l'échelle d'accès doivent être adaptés aux exigences des normes en vigueur dans le pays de l'installation.		
- Prêter attention aux arêtes vives obligatoirement présentes sur le générateur et sur ses accessoires.		

ÉVÈNEMENT CAUSE 18	TEMPÉRATURE MINIMALE	Gravité de l'évènement : B
- Le corps du générateur de vapeur est soumis à une basse température pendant les opérations de transport et d'arrêt.		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Risque de fragilité du matériau		
RISQUE - DANGER		
- Rupture due à la fragilisation du matériau avec un risque d'explosion pendant le fonctionnement ordinaire		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Vérifier que la température à laquelle le corps de la chaudière peut être soumis soit conforme à la température minimale admissible du projet.		

ÉVÈNEMENT CAUSE 19	SÉISME	Gravité de l'évènement : C
- séisme		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Dommages produits au corps du générateur dus aux :		
- affaissements structurels de la centrale thermique (chute de matériaux sur le générateur et/ou déformation de la base d'appui du générateur)		
- Dommages découlant des raccordements hydrauliques et/ou électriques de la centrale thermique		
RISQUE - DANGER		
- Risque d'affaissement des parties sous pression (explosion)		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- L'appareil n'a pas été dimensionné pour une installation dans une zone sismique.		

ÉVÈNEMENT CAUSE 20	CONDITIONS ATMOSPHÉRIQUES	Gravité de l'évènement : B
- Maintien du corps du générateur dans des conditions atmosphériques inadéquates pendant le transport et/ou dans la centrale thermique Ces conditions se réfèrent à la température minimale et aux effets produits par l'eau de pluie.		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Si la température minimale est inférieure à celle indiquée dans le projet, il peut y avoir des ruptures fragiles à la charge des soudures. - L'eau de pluie peut endommager l'installation électrique et/ou corroder la structure du générateur de l'extérieur.		
RISQUE - DANGER		
- Explosion du corps du générateur		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Protéger le générateur des conditions atmosphériques défavorables..		

ÉVÈNEMENT CAUSE 21	INSTALLATION ET MISE EN ROUTE	Gravité de l'évènement : B
- Installation erronée : - Œuvres hydrauliques, œuvres électriques, cheminée - Chocs thermiques et dilatations		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Hydraulique : fuite de vapeur - Électrique : dispersion électrique/dysfonctionnement des sécurités du générateur - Cheminée : les produits de la combustion se répandent dans la centrale thermique - Chocs thermiques et dilatations : ruptures des membrures sous pression et jonctions soudées		
RISQUE - DANGER		
- Hydraulique : brûlures générales - Électrique : fulmination/explosion du générateur - Intoxication par les gaz de combustion toxiques (monoxyde de carbone) dans la centrale thermique - Explosion de la chaudière		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Vérifier la jonction correcte des connexions hydrauliques. - Vérifier le raccordement correct des pièces électriques. - Effectuer une fixation correcte de la cheminée. - Vérifier le fonctionnement correct du générateur. - Le générateur doit être mis en marche avec une potentialité réduite (max. 50 %) jusqu'à atteindre la température de l'eau de fonctionnement afin d'éviter tout choc thermique et toute dilatation thermique entre les différentes parties constituant le corps.		

ÉVÈNEMENT CAUSE 22	DÉFAUT DE MAINTENANCE	Gravité de l'évènement : B
- Maintenance non effectuée selon les prescriptions du manuel		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Dommages produits au corps du générateur dus à la maintenance erronée		
RISQUE - DANGER		
- Explosion du générateur		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Effectuer une maintenance préventive périodique et toute réparation ou tout remplacement de composants selon les indications du manuel technique et de manière générale, dans les cas qui ne sont pas visés dans le manuel, consulter le fabricant du générateur.		

ÉVÈNEMENT CAUSE 23	MAUVAISE CONSERVATION	Gravité de l'évènement : B
- Le corps du générateur n'a pas été gardé dans les conditions optimales pendant son arrêt.		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Dommages produits au corps du générateur dus aux corrosions par l'oxygène présent dans l'eau contenue		
- Dommages dus aux conditions climatiques défavorables		
RISQUE - DANGER		
- Explosion du générateur		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- La conservation de l'appareil doit être effectuée conformément aux descriptions du manuel technique (conservation humide et conservation à sec)		
- Le corps du générateur doit être maintenu à l'abri des conditions climatiques défavorables en ce qui concerne la température minimale (-10 °C) et de l'effet de la pluie.		

ÉVÈNEMENT CAUSE 24	RÉPARATION DU CORPS SOUS PRES- SION	Gravité de l'évènement : B
- La réparation du corps (remplacement des tuyaux de fumée/brides) n'a pas été effectuée de manière correcte.		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Dommages produits au corps sous pression		
RISQUE - DANGER		
- Explosion du générateur		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Pour la réparation, il faut s'adresser au fabricant et/ou à l'organisme préposé au contrôle des générateurs de vapeur en fonctionnement (détails techniques et bureaucratiques) et utiliser des moyens et du matériel adéquats.		

ÉVÈNEMENT CAUSE 25	DÉCLASSEMENT ET CHANGEMENT D'USAGE	Gravité de l'évènement : B
- Intégrité structurelle compromise		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Sécurité et fonctionnalité du générateur compromise pendant le fonctionnement.		
RISQUE - DANGER		
- Explosion ou dysfonctionnement du générateur		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Déclassement et/ou changement d'usage du générateur après avoir reçu l'autorisation des organismes compétents.		
- Le Fabricant n'est pas responsable en cas de dommages dus à une élimination incorrecte.		

ÉVÈNEMENT CAUSE 26	MANUTENTION	Gravité de l'évènement : B
- Choc violent pendant le levage et le transport dû au détachement des œillets de levage ou décrochage ou rupture de l'appareil de levage		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Impact violent au sol - Rupture de la chaudière		
RISQUE - DANGER		
- Risque immédiat d'écrasement des personnes ou des choses en dessous. - Danger dû aux ruptures et aux pannes éventuelles provoquées à la chaudière impliquant des risques pendant le fonctionnement du générateur		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Calcul des œillets de levage - Toujours garder une distance de sécurité minimale de 5 m par rapport à la projection au sol de la chaudière pendant la manutention. - Vérifier visuellement l'intégrité de toutes les pièces du générateur. - Effectuer à nouveau le test hydraulique. - Effectuer la maintenance conformément aux indications du manuel.		

ÉVÈNEMENT CAUSE 27	INCENDIE	Gravité de l'évènement : B
- Incendie dans le local chaudière		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Endommagement au corps de la chaudière		
RISQUE - DANGER		
- Explosion du générateur à cause de l'endommagement du corps		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Exécution de la centrale conformément aux normes anti-incendie en vigueur dans le pays d'installation. - Contrôle de l'intégrité du corps après l'incendie		

ÉVÈNEMENT CAUSE 28	ÉLIMINATION	Gravité de l'évènement : D
- Intégrité structurelle compromise		
EFFET - CONSÉQUENCE		
- Sécurité et fonctionnalité du générateur compromise pendant le fonctionnement		
RISQUE - DANGER		
- Explosion ou dysfonctionnement du générateur		
SOLUTION - PRÉVENTION		
- Élimination du générateur après l'avoir communiquée aux organismes compétents		