

# RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



**Ecole Nationale Polytechnique**

**Département Maîtrise des Risques Industriels et Environnementaux**

**Filière QHSE-GRI**

**Entreprise : Lafarge Ciment Oggaz - Mascara**

Mémoire de projet de fin d'études  
pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en QHSE-GRI

## **GESTION DES RISQUES LIES AUX ZONES DE MATIÈRES CHAUDES**

**Asmaa BOUCETTA**

Présenté et soutenu publiquement le 22/09/2022

**Composition du Jury :**

Président :	M. Hamid YOUSFI	Professeur, ENP
Rapporteurs :	M. Abdelmalek CHERGUI	Professeur, ENP
	M. Hicham TAIBI	Ingénieur d'Etat HSE
	M. Hasni CHIKH	Doctorant
	M. Benmoussa TAHRAOUI	Manager Safety Lafarge
Examineurs :	Mme. Marya FODIL	Maitre Assistante, ENP
	M. Aboubakr KERTOUS	Maitre-Assistant, ENP

**ENP 2022**



# RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



**Ecole Nationale Polytechnique**

**Département Maîtrise des Risques Industriels et Environnementaux**

**Filière QHSE-GRI**

**Entreprise : Lafarge Ciment Oggaz - Mascara**

Mémoire de projet de fin d'études  
pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en QHSE-GRI

## **GESTION DES RISQUES LIES AUX ZONES DE MATIÈRES CHAUDES**

**Asmaa BOUCETTA**

Présenté et soutenu publiquement le 22/09/2022

**Composition du Jury :**

Président :	M. Hamid YOUSFI	Professeur, ENP
Rapporteurs :	M. Abdelmalek CHERGUI	Professeur, ENP
	M. Hicham TAIBI	Ingénieur d'Etat HSE
	M. Hasni CHIKH	Doctorant
	M. Benmoussa TAHRAOUI	Manager Safety Lafarge
Examineurs :	Mme. Marya FODIL	Maitre Assistante, ENP
	M. Aboubakr KERTOUS	Maitre-Assistant, ENP

**ENP 2022**

# Dédicaces

J'ai le grand honneur de dédier ce travail à :

Mon père : Parce qu'il m'a soutenu du début à la fin du projet, et il m'a

beaucoup aidé et m'a inspiré le courage de mener à bien ce projet,

Ma mère : Pour l'amour qu'elle m'a donnée et le soutien moral dans le travail de

ce projet et pour les sacrifices que tu les as sacrifiées pour moi,

Mon frère et mes sœurs : pour m'encourager et me soutenir avec amour,

Mon grand-père, ma grand-mère pour l'amour et le soutien qu'ils m'ont donné,

Tous les membres de ma famille

**Asmaa**

# Remerciements

Je remercie ALLAH le tout puissant de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience de mener à terme ce présent travail.

Le présent rapport n'aurait pas pu voir le jour sans la contribution de nombreuses personnes à qui j'aimerais adresser mes vifs remerciements :

À Monsieur ABDELMALEK CHERGUI Professeur à l'ENP pour leur disponibilité, leur présence et leurs conseils.

À Monsieur HASNI CHIKH et HICHAM TAIBI qui ont participé dans le projet.

À Monsieur HAMID YOUSFI Professeur à l'ENP, en qualité de président de jury, Madame MARYA FODIL Maitre Assistante à l'ENP et Monsieur ABOUBAKR KERTOUS, Maitre-Assistant à l'ENP en tant qu'examineurs pour l'effort prodigué afin de corriger et d'apporter la touche finale au projet.

À Madame FADHELA KEDARI ma très chère Enseignante cela m'a donnée du courage et m'a aidée à réaliser ce projet.

À Monsieur BENMOUSSA TAHRAOUI Manager Safety chez l'entreprise LAFARGE OGGAZ MASCARA qui m'a accompagné tout le long du projet et m'avoir donné un nouveau thème de fin d'étude « Gestion des risques liés aux zones de matières chaudes ».

À Monsieur BENABDELKADER ARABI Manager Qualité qui m'a beaucoup aidé dans l'usine.

Je remercie également les employés de l'usine de Oggaz qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

À Monsieur MOHAMED BOUBAKEUR Chef de département MRIE, de m'avoir toujours soutenu.

Je tiens aussi à adresser mes remerciements les plus sincères à toute l'équipe pédagogique qui nous a accompagnés tout au long de notre formation à l'École Nationale Polytechnique pour la qualité de l'enseignement prodigué et l'engagement dont ils ont fait preuve.

À Monsieur REDA BOURDJOUL pour sa sympathie.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches et amis, qui m'ont toujours soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire.

## ملخص

إنتاج الإسمنت يستهلك كميات كبيرة من المواد الخام والطاقة (الحرارية والكهربائية). في هذا الصدد، تعتبر صناعة الإسمنت أكثر الصناعات في استخدام الطاقة مقارنة بالصناعات الأخرى. عملية التصنيع معقدة للغاية والتي يمكن أن يكون لها تأثير كبير على البيئة والصحة والسلامة.

غالبًا ما تكون المخاطر بسبب الانسداد والتسرب المفاجئ للمادة الساخنة، والتي يمكن أن تصل إلى درجات حرارة تصل إلى 1400 درجة مئوية. يمكن أن تتدفق المادة الساخنة كسائل وبالتالي تعبر جميع الأجزاء غير المعزولة من منطقة تصنيع الكلنكر. ينبغي أن يحدد تقييم هذه المخاطر كل نقطة تسرب محتملة وأن يحدد الضوابط التشغيلية والسلامة وممارسات العمل الجيدة اللازمة لمنع التسربات وحماية الموظفين من التعرض للمواد الساخنة والغازات والأسطح الساخنة.

في هذه الدراسة، تم توضيح عملية تصنيع الأسمنت وتحديد ودراسة المخاطر المحتملة والمخاطر المرتبطة بها من أجل تصميم مختلف تدابير التحكم والمراقبة.

**الكلمات المفتاحية:** الإسمنت، لافارج، تحليل المخاطر، إدارة المخاطر، المواد الساخنة، منطقة الطهي.

## ABSTRACT

The production of cement involves the consumption of large quantities of raw materials and energy (thermal and electrical). In this respect, the cement industry is considered the most energy intensive, compared to other industries. The manufacturing process is very complex, which can lead to considerable environmental, health and safety consequences.

The risks are most often due to blockages and accidental release of hot material, whose temperature can reach up to 1400°C. The hot material can flow like a liquid and therefore pass through all uninsulated parts of the clinker manufacturing area. The assessment of these hazards must identify each potential typical release point and define the operational controls, safety devices and good work practices necessary to prevent releases and protect personnel from exposure to hot materials, gases and hot surfaces.

In this study, the cement manufacturing process was clarified and the potential hazards and their associated risks were inventoried and studied in order to design the various mitigation and control measures.

**Key words:** Cement, LAFARGE, Danger, Risk Analysis, Risk Management, Hot Materials, Cooking Area.

## RÉSUMÉ

La production de ciment implique la consommation de grandes quantités de matières premières et d'énergie (thermique et électrique). À cet égard, l'industrie cimentière est considérée comme étant la plus énergivore, comparé à d'autres industries. Le processus de fabrication est très complexe, ce qui peut engendrer des conséquences considérables à la fois sur l'environnement, à la santé et à la sécurité.

Les risques sont le plus souvent dus à des blocages et à la libération accidentelle de la matière chaude, dont la température peut atteindre jusqu'à 1400°C. La matière chaude peut s'écouler comme un liquide et, par conséquent, traverser toutes les parties non isolées de la zone de fabrication du clinker. L'évaluation de ces risques doit relever chaque point de libération typique potentiel et définir les contrôles opérationnels, les dispositifs de sécurité et les bonnes pratiques de travail nécessaires pour prévenir les libérations et protéger le personnel contre l'exposition aux matières chaudes, les gaz et les surfaces chaudes.

Dans cette étude, le processus de fabrication du ciment a été clarifié et les dangers potentiels et leurs risques associées ont été inventoriés et étudiés afin de concevoir les différentes mesures d'atténuation et de maîtrise.

**Mots clés :** Ciment, LAFARGE, Danger, Analyse des risques, Gestion des risques, Matières chaudes, Zone de cuisson.

# TABLE DES MATIERES

## LISTE DES TABLEAUX

## LISTE DES FIGURES

## LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION.....	14
<b>CHAPITRE I : PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT AU NIVEAU DE LA CIMENTERIE OGGAZ.....</b>	<b>18</b>
I.1 Introduction.....	18
I.2 Présentation de la cimenterie Oggaz.....	18
I.3 Processus de fabrication du ciment.....	19
I.3.1 Définition du ciment.....	19
I.3.2 Les étapes de fabrication du ciment.....	19
I.3.2.1 Extraction et broyage des matières premières.....	20
I.3.2.2 Chauffage et broyage du cru de ciment.....	20
I.3.2.3 Broyage et expédition du ciment.....	21
I.4 Zone de cuisson : .....	21
I.4.1 Introduction.....	21
I.4.2 Principaux ateliers de la zone de cuisson.....	22
I.4.2.1 La tour.....	22
I.4.2.2 Le four.....	24
I.4.2.3 Le refroidisseur.....	24
I.5 Conclusion.....	25
<b>CHAPITRE II : PROCESSUS DE GESTION DES RISQUES.....</b>	<b>27</b>
II.1 Introduction.....	27
II.2 Termes et définitions.....	27
II.3 Processus de la gestion des risques.....	28
II.3.1 Appréciation du risque.....	28
II.3.1.1 Identification du risque.....	28
II.3.1.2 Analyse du risque.....	28
II.3.1.3 Évaluation du risque.....	29
II.3.2 Traitement du risque.....	29
II.3.3 Suivi et revue.....	29
II.4 Outils d'identification des dangers.....	29
II.4.1 Brainstorming.....	29
II.4.2 Check-List.....	30
II.4.3 Questionnaires.....	30

II.5 Méthodes d'analyse des risques .....	30
II.5.1. Méthode de mesure de la pertinence.....	30
II.5.1.1 Evaluation des risques .....	30
II.5.1.2 Matrice de criticité .....	31
II.5.2 Arbre de défaillance .....	32
II.5.2.1 Introduction .....	32
II.5.2.2 Elaboration de l'arbre .....	33
II.5.2.3 Exploitation qualitative de l'arbre des défaillances .....	35
II.5.2.4 Exploitation quantitative de l'arbre des défaillances .....	36
II.5.2.5 Limites et avantages .....	38
II.5.3 Arbre des événements .....	39
II.5.3.1 Introduction .....	39
II.5.3.2 Définition de l'événement initiateur .....	39
II.5.3.3 Identification des fonctions de sécurité.....	40
II.5.3.4 Construction de l'arbre.....	40
II.5.3.5 Exploitation de l'arbre.....	41
II.6 Accidentologie et retour d'expérience.....	41
II.6.1 Cimenterie Lafarge Oggaz en Algérie .....	41
II.6.2 Cimenterie de M'Sila en Algérie .....	44
II.6.3 Cimenterie de Bouskoura en Maroc .....	45
II.6.4 Accident Mortel du Groupe Ex Holcim Survenue à l'Indonésie .....	46
II.6.5 Accident Mortel du Groupe Ex Holcim Survenue à l'Inde.....	47
II.7 Conclusion .....	47
<b>CHAPITRE III : IDENTIFICATION DES DANGERS ET ANALYSE DES RISQUES LIÉS AUX ZONES DE MATIERES CHAUDES .....</b>	<b>49</b>
III.1 Introduction .....	49
III.2 Description technique de la zone de cuisson.....	49
III.2.1 Description de la tour de préchauffage.....	49
III.2.2 Description du four.....	51
III.2.3 Description du refroidisseur .....	52
III.3 Principe de transformation physico-chimique de la farine crue en clinker.....	53
III.4 Identification des dangers.....	54
III.4.1 Collecte des données .....	54
III.4.2 Matrice d'évaluation.....	55
III.5 Résultats de l'analyse des risques .....	58
III.5.1 Evaluation actuelle des risques dans la zone de matières chaudes.....	58
III.5.1.1 Taux du risque en fonction de niveau du risque .....	58

III.5.1.2 La cuisson .....	59
III.5.1.3 Le four.....	60
III.5.1.4 Le refroidisseur .....	61
III.5.1.5 La tour .....	62
III.5.2 Réévaluation des risques dans la zone de matières chaudes .....	64
III.5.2.1 Taux du risque en fonction de niveau du risque .....	65
III.5.2.2 Évaluation des risques dans les différentes zones de matières chaudes .....	66
III.6 Cartographie des risques liés aux zones des matières chaudes .....	68
III.6.1 Définition de la cartographie des risques .....	68
III.6.2 Modalités de réalisation d'une cartographie des risques .....	69
III.6.3 Présentation de la cartographie.....	69
III.7 Conclusion.....	71
<b>CHAPITRE IV : ANALYSE DES RISQUES PAR ARBRE D'ÉVÉNEMENT ET ANALYSE PAR ARBRE DE DÉFAILLANCE.....</b>	<b>73</b>
IV.1 Introduction.....	73
IV.2 Études des événements redoutés .....	73
IV.2.1 La tour .....	73
IV.2.1.1 Bourrage cyclone .....	73
IV.2.1.2 Débouillage du cyclone .....	75
IV.2.2 Le four : Fuite de matière chaude au niveau du joint amont.....	75
IV.2.3 Le refroidisseur.....	78
IV.2.3.1 Avalanche de matière chaude .....	78
IV.2.3.2 Formation d'un Snow Man.....	78
IV.2.3.3 Bourrage du concasseur .....	79
IV.3 Analyse par arbre d'événement (AdE).....	79
IV.3.1 Définition des événements redoutés.....	80
IV.3.2 Identification des barrières de sécurité et leurs probabilités de défaillances .....	80
IV.3.3 Construction de l'arbre .....	81
IV.3.3.1 ER « Bourrage cyclone » .....	81
IV.3.3.2 ER « Fuite de matière chaude au niveau du joint amont » .....	82
IV.3.3.3 ER « Avalanche de matière chaude » .....	82
IV.3.3.4 ER « Formation d'un Snow Man ».....	83
IV.3.3.5 ER « Bourrage du concasseur » .....	83
IV.3.3.6 Interprétation des résultats .....	84
IV.4 Analyse par arbre de défaillance (AdD) .....	84
IV.4.1 ER « Bourrage cyclone ».....	84
IV.4.2 ER « Fuite de matière chaude au niveau du joint amont ».....	87

IV.4.3 ER « Avalanche de matière chaude ».....	90
IV.4.4 ER « Formation d'un Snow Man » .....	92
IV.4.5 ER « Bourrage du concasseur » .....	94
IV.5 Conclusion .....	96
Recommandations .....	97
CONCLUSION GENERALE.....	99
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	100
ANNEXE A : TABLEAU D'ANALYSE DES RISQUES.....	101
ANNEXE B : AdE .....	110
ANNEXE C : RELEVÉ TEMPERATURE VIROLE – FOUR.....	116
ANNEXE D : SOP VISITE ET INSPECTION A L'INTERIEUR DU REFROIDISSEUR. ....	118
ANNEXE E : FOUR, REFROIDISSEUR .....	120

# LISTES DES TABLEAUX

Tableau II- 1 : Exemple de Matrice de criticité [10].....	31
Tableau II- 2 : Les niveaux de probabilité [10].....	32
Tableau II- 3 : Calcul de la probabilité d'occurrence de l'événement final selon la porte logique « OU » et la porte logique « ET » .....	37
Tableau III- 1 : Matrice d'évaluation des risques liés aux zones chaudes .....	56
Tableau III- 2 : Niveau du risque liés aux zones chaudes .....	57
Tableau III- 3 : Taux du risque en fonction de niveau du risque .....	58
Tableau III- 4 : Pourcentage de chaque niveau du risque dans la zone de cuisson.....	59
Tableau III- 5 : Pourcentage de chaque niveau du risque dans le four .....	60
Tableau III- 6 : Pourcentage de chaque niveau du risque dans le refroidisseur.....	61
Tableau III- 7 : Pourcentage de chaque niveau du risque dans la tour.....	63
Tableau III- 8 : Taux du risque en fonction de niveau du risque après la mise en place des contrôles supplémentaires .....	65
Tableau III- 9 : Pourcentage de chaque niveau du risque dans la zone de matière chaude .....	66
Tableau IV- 1 : Probabilité d'occurrence de chaque événement redouté .....	80
Tableau IV- 2 : Probabilité de défaillance des barrières .....	81

# LISTE DES FIGURES

Figure a- 1 : Relation entre le danger, le risque et le dommage.....	14
Figure a- 2 : Démarche méthodologique de l'étude.....	16
Figure I- 1 : Lafarge Cement Oggaz (LCO) [1] .....	18
Figure I- 2 : Les différents types de ciment de LAFARGE LCO [1].....	19
Figure I- 3 : Processus de fabrication du ciment [2] .....	20
Figure I- 4 : Matière chaude à l'intérieur du four [1].....	22
Figure I- 5 : La tour de la société LCO [1].....	23
Figure I- 6 : Schéma descriptif de la tour type Humbolt [1] .....	23
Figure I- 7 : Schéma du four [1].....	24
Figure I- 8 : Refroidisseur à Grille mobile [1] .....	25
Figure II- 1 : Processus de gestion des risques [7].....	28
Figure II- 2 : Démarche pour l'élaboration d'un arbre des défaillances [11] .....	34
Figure II- 3 : Exemple d'arbre des défaillances [11] .....	35
Figure II- 4 : Structure d'un arbre d'événement [12].....	40
Figure II- 5 : Incident Brûlure pendant le débouillage c3 tours gris LCO [1] .....	42
Figure II- 6 : Incident Brûlure pendant le débouillage c4 tours blanc LCO [1] .....	43
Figure II- 7 : Incident critique de matière chaude au niveau du concasseur, refroidisseur du four blanc- LCO 2021 [1].....	44
Figure II- 8 : Accident Mortel du LafargeHolcim pays Algérie Survenue à LCM'sila [1] ....	45
Figure II- 9 : Incident à la Cimenterie de Bouskoura en Maroc [1].....	46
Figure II- 10 : Accident Mortel de la matière chaude du Groupe Ex Holcim Survenue à l'Indonésie [1].....	46
Figure II- 11 : Accident Mortel de la matière chaude du Groupe Ex Holcim Survenue à l'Inde [1] .....	47
Figure III- 1 : Tour Humbolt avec précalcinateur [1] .....	50
Figure III- 2 : Structure du four [1] .....	52
Figure III- 3 : Refroidisseur SF Cross-Bar de La Couronne [1] .....	53
Figure III- 4 : Description de la zone de cuisson [1].....	53
Figure III- 5 : Taux du risque en fonction de niveau du risque.....	58
Figure III- 6 : Risques de matières chaudes dans la zone de cuisson selon leur niveau du risque .....	60
Figure III- 7 : Les risques de matières chaudes dans le four selon leur niveau du risque.....	61
Figure III- 8 : Les risques de matières chaudes dans le refroidisseur selon leur niveau du risque. ....	62

Figure III- 9 : Les risques de matières chaudes dans la tour selon leur niveau du risque.....	63
Figure III- 10 : Taux du risque en fonction de niveau du risque.....	65
Figure III- 11 : Risques de matières chaudes dans la zone de cuisson selon leur niveau du risque.....	67
Figure III- 12: Les risques de matières chaudes dans le four selon leur niveau du risque.....	67
Figure III- 13 : Les risques de matières chaudes dans le refroidisseur selon leur niveau du risque.....	67
Figure III- 14 : Les risques de matières chaudes dans la tour selon leur niveau du risque.....	68
Figure III- 15 : Cartographie des risques dans la zone de matières chaudes .....	70
Figure IV- 1 : Conséquence du blocage du cyclone [1].....	74
Figure IV- 2 : Emplacement de la Sonde gamma sur le cyclone [1] .....	74
Figure IV- 3 : Les moyens utilisés pour prévenir le débouillage [1] .....	75
Figure IV- 4 : Fuite de matière chaude au niveau du joint amont à Lafarge Ciment Oggaz ...	76
Figure IV- 5 : Croûtage dans le four [1].....	77
Figure IV- 6 : Formation d’anneau à l’intérieur du four [1] .....	77
Figure IV- 7 : Scanner du four .....	78
Figure IV- 8 : Snow Man dans le refroidisseur à grille [16] .....	79
Figure IV- 9 : Bourrage cyclone [1].....	85
Figure IV- 10 : AdD de l’ER1 « Bourrage cyclone » .....	86
Figure IV- 11 : AdD de l’ER2 « Fuite de matière chaude au niveau du joint amont ».....	89
Figure IV- 12 : AdD de l’ER3 « Avalanche de matière chaude » .....	91
Figure IV- 13 : AdD de l’ER4 « Formation d’un Snow Man » .....	93
Figure IV- 14 : AdD de l’ER5 « Bourrage du concasseur » .....	95
Figure B- 1 : AdE de l’ER1 « Bourrage cyclone » .....	111
Figure B- 2 : AdE de l’ER2 « Fuite de la matière chaude au niveau du joint amont ».....	112
Figure B- 3 : AdE de l’ER3 « Avalanche de matière chaude » .....	113
Figure B- 4 : AdE de l’ER4 « Formation d’un SnowMan » .....	114
Figure B- 5 : AdE de l’ER5 « Bourrage du concasseur » .....	115
Figure C- 1 : Relevé température virole.....	117
Figure D- 1 : Visite et inspection à l’intérieur du refroidisseur .....	119

# **LISTES DES ABREVIATIONS**

AdE : Arbre d'Evènement

AdD : Arbre de Défaillance

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ER : Evènement Redouté

INS : Immédiates, Nécessaires et Suffisantes

LOTOTO: Lock Out, Tag Out, Try Out

mi: millionne

MSR: Mandatory Safety Release

RCA : Root Cause Analysis

SOP : Standard Operating Procedure

t: tonne

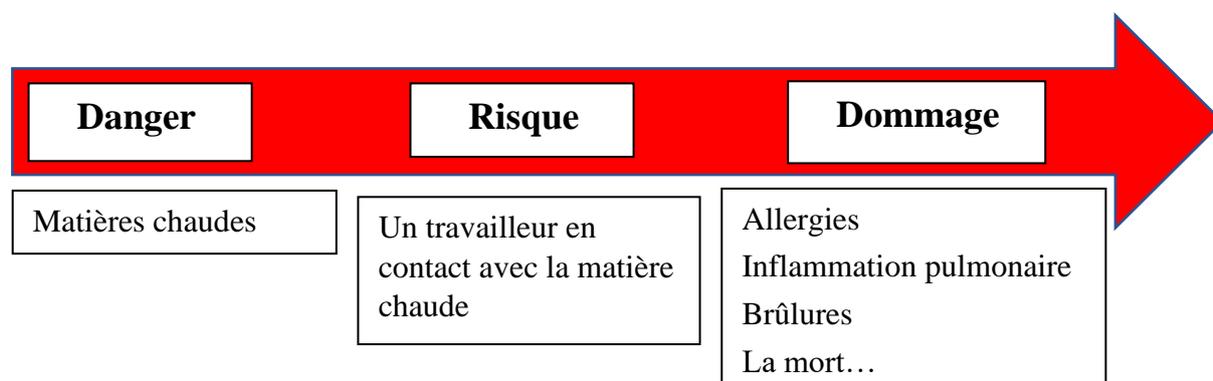
# **INTRODUCTION**

# INTRODUCTION

La gestion des risques dans les entreprises industrielles est un sujet d'actualité aujourd'hui, d'une part en raison du rôle extrêmement important de l'industrie dans les économies mondiales et nationales et d'autre part l'incertitude croissante quant aux résultats que les entreprises industrielles se fixent comme objectifs et espèrent atteindre par leurs activités. Les processus de mondialisation et le développement technologique de plus en plus rapide contribuent à cette incertitude.

Les industries cimentières sont parmi les industries les plus vulnérables aux risques majeurs, notamment les risques liés aux zones des matières chaudes au niveau de Lafarge Ciment Oggaz -Mascara. Le groupe LafargeHolcim a enregistré une hausse significative des accidents causés par les matières chaudes ces dernières années, y compris plusieurs décès ont eu lieu en Indonésie, en Colombie, en Zambie et récemment au Maroc. En effet, les incidents dans notre industrie impliquant des fuites et des projections des matières chaudes peuvent entraîner des blessures graves et des décès, soit par contact direct, soit en raison d'explosions de vapeur lors du refroidissement à l'eau. Pour réduire les conséquences des matières chaudes il est nécessaire de gérer les risques liés aux zones des matières chaudes au niveau de l'usine Lafarge Cement Oggaz.

La gestion des risques liés aux zones des matières chaudes est fondée sur le principe danger, risque, dommage. Pour notre cas, le danger provient de la présence de la matière chaude. La figure a-1 montre la relation entre le danger, le risque et les dommages susceptible de se produire dans l'entreprise.



**Figure a- 1 : Relation entre le danger, le risque et le dommage**

Partant de ce principe Lafarge Cement Oggaz – LCO- Mascara est une usine qui fabrique le ciment, le ciment passe par l'étape de clinkérisation dans la zone de cuisson à des températures très élevée allant jusqu'à 1450°C. Des défaillances peuvent apparaître au cours de l'opération de cuisson, nous citons en l'occurrence dans :

- La tour de préchauffage,
- Le four,
- Le refroidisseur.

Ces défaillances peuvent avoir des conséquences sur le fonctionnement du système de production et aussi sur la santé des travailleurs.

La démarche méthodologique (figure a-2) que nous avons utilisé pour la gestion des risques liés aux zones de matières chaudes est basé sur les étapes suivantes :

- **Etape 1 : Identification des dangers liés aux matières chaudes** : Par l'utilisation d'un questionnaire pour les différents postes de Lafarge Ciment Oggaz,
- **Etape 2 : Analyse des risques** : En utilisant la méthode de mesure de la pertinence,
- **Etape 3 : Analyse par arbre d'événement et arbre de défaillance** : cinq événements redoutés ont été retenu dans notre cas : Bourrage de cyclone, fuite de matières chaudes au niveau du four, avalanche de matières chaudes, formation d'un SnowMan et bourrage du concasseur.
- **Etape 4 : Recommandations**

Le présent rapport comporte quatre chapitres qui étayeront chacun à leur tour le travail effectué pour la gestion des risques liés aux zones de matières chaudes.

Le premier chapitre est consacré à la présentation de l'usine et du processus de fabrication du ciment au niveau de l'entreprise.

Le second chapitre traite le processus de gestion des risques et une revue des accidents de matières chaudes survenus dans le groupe LafargeHolcim.

Le troisième chapitre est consacré à l'identification des dangers et analyse des risques liés aux zones de matières chaudes en appliquant la méthode de mesure de la pertinence.

Le quatrième chapitre est consacré à l'application de la méthode d'analyse par arbre d'événement et la méthode d'analyse par arbre de défaillance.

À la fin une conclusion générale et perspective.

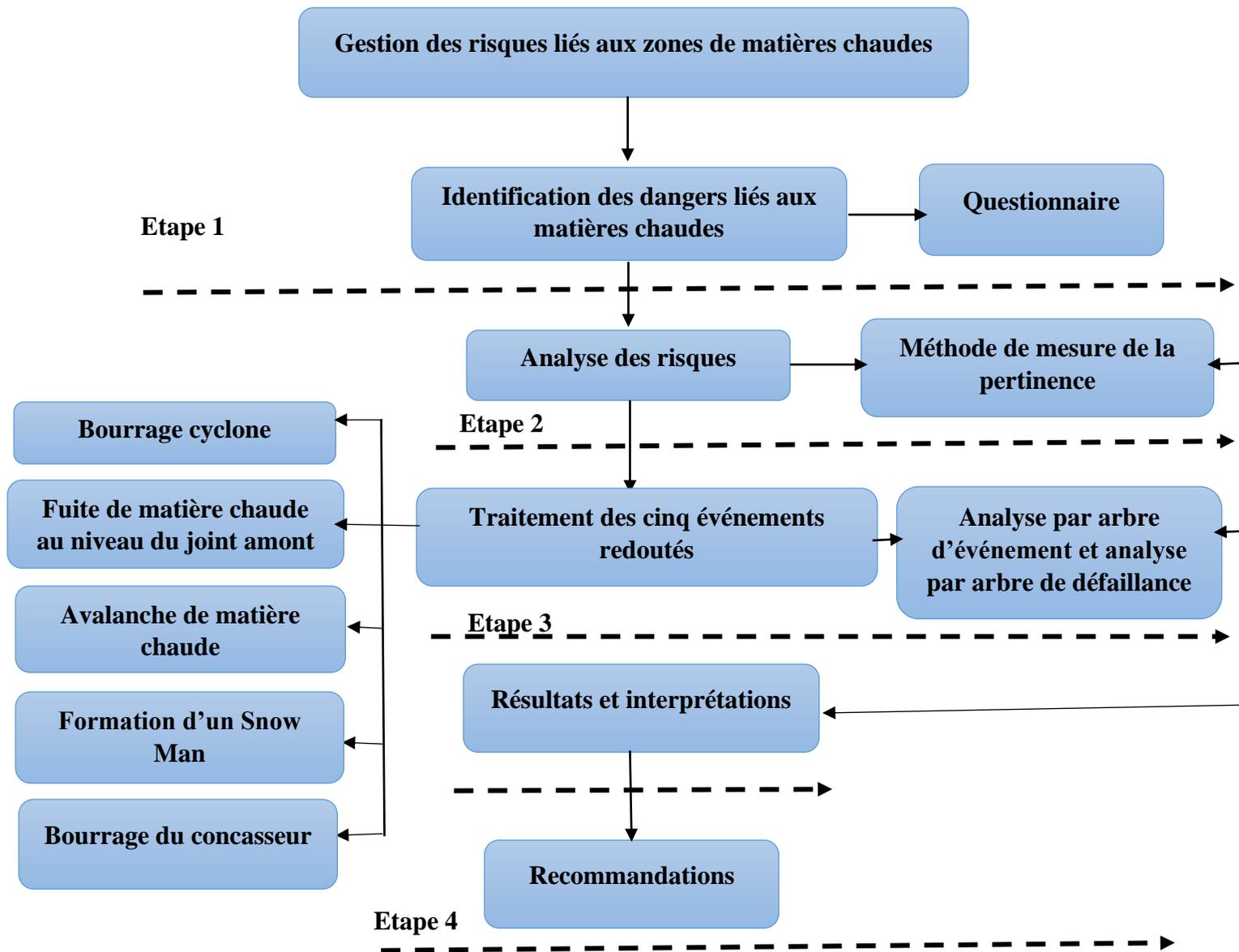


Figure a- 2 : Démarche méthodologique de l'étude

**CHAPITRE I : PROCESSUS DE  
FABRICATION DU CIMENT AU  
NIVEAU DE LA CIMENTERIE  
OGGAZ**

# CHAPITRE I : PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT AU NIVEAU DE LA CIMENTERIE OGGAZ

---

## I.1 Introduction

Le Ciment est une substance de construction, un produit indispensable pour la rénovation ou naissance des villes, il n'est pas naturel et nécessite toute un processus pour sa fabrication.

Dans ce chapitre, nous présenterons la cimenterie et le processus de fabrication du ciment à Oggaz. Nous définirons la zone de cuisson, objet de notre travail, considérée comme la principale zone où les matières chaudes sont localisées.

## I.2 Présentation de la cimenterie Oggaz

La Cimenterie du Groupe Lafarge Algérie est membre du Groupe LafargeHolcim, leader mondial des matériaux de construction. La société Lafarge Ciment Oggaz (LCO) est située dans la commune d'Oggaz, wilaya de Mascara, elle est considérée comme la plus grande cimenterie d'Afrique.

La société LCO est entrée en production en 2007 avec sa ligne de ciment blanc, suivie en 2008, par le démarrage de la ligne de ciment Gris.

La capacité installée de LCO est de 3.8 mi t/an dont 3,2 mi t/an (Gris) et 0,6 mi t/an (Blanc), avec la particularité d'être l'unique usine de ciment blanc en Algérie dont une partie de la production est exportée vers différents pays [1].

La qualité du ciment Blanc de LCO est mondialement reconnue, notamment aux USA, Brésil et en Angleterre.

LCO est la première cimenterie nationale à incinérer des déchets. Elle contribue ainsi à l'effort collectif pour la préservation des ressources naturelles et le développement durable [1].

La figure I-1 donne une vue générale de la société LCO.



**Figure I- 1 : Lafarge Cement Oggaz (LCO) [1]**

# CHAPITRE I : PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT AU NIVEAU DE LA CIMENTERIE OGGAZ

## I.3 Processus de fabrication du ciment

### I.3.1 Définition du ciment :

Le ciment est un matériau artificiel qui prend et durcit tout en liant d'autres matériaux.

Le mot "ciment" remonte au terme romain "opus caementicium" - matériau de maçonnerie fabriqué à partir de roches concassées avec de la chaux brûlée comme liant.

Il peut être caractérisé comme étant :

- Hydraulique - prend et devient adhésif en raison de la réaction chimique entre les composants secs et l'eau (ciment Portland).
- Non hydraulique - ne prend pas dans des conditions humides, mais plutôt en séchant et en réagissant au dioxyde de carbone présent dans l'air (chaux éteinte ou hydroxyde de calcium mélangé à l'eau) [1].

### I.3.2 Les étapes de fabrication du ciment

Il y a quatre (4) types de ciments fabriqués par LCO (figure I-2) :

1. **Ciment Sarie** : c'est un ciment gris de résistance 52.5 MPa.
2. **Ciment Chamil** : c'est un ciment gris de résistance 32.5 MPa.
3. **Ciment Matine** : c'est un ciment gris de résistance 42.5 MPa.
4. **Ciment Malaki** : c'est un ciment blanc, on distingue un ciment de résistance 42.5 MPa et un ciment de résistance 52.5 MPa.



Figure I- 2 : Les différents types de ciment de LAFARGE LCO [1]

La production du ciment est assurée par les étapes suivantes (figure I-3) :

# CHAPITRE I : PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT AU NIVEAU DE LA CIMENTERIE OGGAZ

## I.3.2.1 Extraction et broyage des matières premières

Les matières premières qui entrent dans la fabrication du ciment (carbonate de calcium, silice, alumine et minerai de fer) sont généralement extraites de roche calcaire, de craie, de schiste ou d'argile. Ces matières premières sont prélevées des carrières par extraction ou dynamitage. Ces minéraux naturels sont ensuite broyés mécaniquement. Le broyage permet de produire une fine poudre, appelée « cru de ciment », qui est ensuite préchauffée, puis placée dans un four [2].

## I.3.2.2 Chauffage et broyage du cru de ciment

Le four est au cœur du procédé de fabrication du ciment. Une fois dans le four, le cru de ciment est chauffé à environ 1500 °C, ce qui correspond à peu près à la température de la lave en fusion.

A cette température, des réactions chimiques se produisent et entraînent la formation du clinker, substance qui contient des silicates de calcium hydrauliques.

Pour chauffer des matières à une température aussi élevée, il faut produire une flamme de 2000°C à l'aide de carburants fossiles et de déchets. Le four est incliné de trois degrés par rapport à l'horizontale, ce qui permet à la matière de le traverser en 20 à 30 minutes.

A sa sortie du four, le clinker est refroidi, puis entreposé, avant d'être broyé afin de produire le ciment [2].

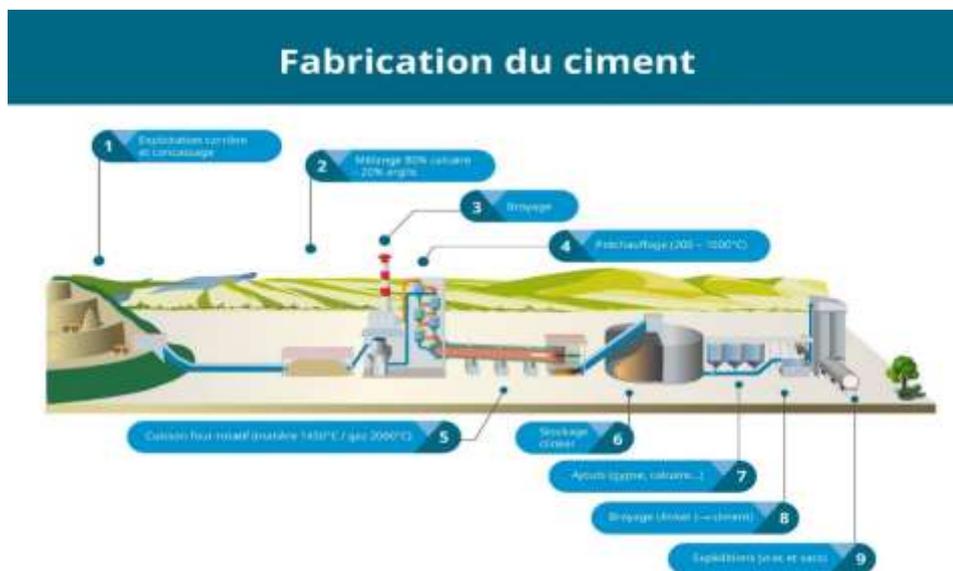


Figure I- 3 : Processus de fabrication du ciment [2]

## **CHAPITRE I : PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT AU NIVEAU DE LA CIMENTERIE OGGAZ**

---

### **I.3.2.3 Broyage et expédition du ciment**

Une petite quantité de plâtre (de trois à cinq pour cent) est ajoutée au clinker pour réguler le durcissement du ciment. Ce mélange est ensuite moulu très finement pour obtenir du « ciment pur ». Pendant cette phase, d'autres minéraux, appelés « adjuvants », pourraient être ajoutés en plus du plâtre. Ces adjuvants d'origine naturelle ou industrielle sont dosés pour conférer au ciment des propriétés précises : perméabilité réduite, résistance accrue aux sulfates et aux environnements agressifs, maniabilité améliorée, meilleure qualité des finis, etc.

Enfin, le ciment est entreposé dans des silos avant d'être expédié en vrac ou en sacs aux chantiers ou il sera utilisé [2].

La cimenterie d'Oggaz est constituée en plusieurs zones :

- Zone Carrière
- Zone de cuisson
- Zone de broyage
- Zone de l'expédition

Chaque zone contient des risques et des dangers. Nous nous sommes intéressés, dans le cadre de notre étude à la zone de cuisson où le danger de la matière chaude présente un grand risque majeur pour les employés et intervenants.

## **I.4 Zone de cuisson :**

### **I.4.1 Introduction**

Les matières chaudes (figure I-4) qui se déversent du système de four ont une température extrêmement élevée, jusqu'à 1000°C, ces matières s'écoulent rapidement comme de l'eau, mais avec des conséquences mortelles pour les personnes à proximité comme les matières provenant d'une éruption volcanique pyroclastique. Des précautions extrêmes doivent être prises pour que les personnes gardent une distance de sécurité. Lorsqu'il entre en contact avec une grande quantité d'eau, le nuage de poussière explosif qui en résulte est mortel pour toutes les personnes se trouvant à proximité du nuage. En raison de la rapidité de l'explosion et de l'absence de visibilité, il est impossible pour les personnes de s'échapper assez vite de ce danger mortel [Standard MSR LAFARGE].



**Figure I- 4 : Matière chaude à l'intérieur du four [1]**

On distingue différents types de la matière chaude :

- Farine crue en début de cuisson 90 – 250 °C
- Farine chaude décarbonaté 300 – 900 °C
- Clinker et poussière de clinker 280 °C -1300 °C

## **I.4.2 Principaux ateliers de la zone de cuisson**

La zone de cuisson est composée de trois principaux ateliers :

### **I.4.2.1 La tour**

La figure I-5 présente de la tour de la société LCO.

La farine sèche (de 20 à 80°C) est introduite dans la partie supérieure d'une tour à cyclones pour y être préchauffée avant son introduction dans le four avec pour objectif une déshydratation complète et un taux de décarbonatation le plus élevé possible (de 25 à 30 % pour une tour à cyclones simple). L'échangeur comporte plusieurs étages de cyclone (en général 4). Il existe plusieurs types de tour, nous citons en l'occurrence : Type Dopol (Polysius) à 2 étages à courants parallèles et 2 à contre courants et le type Humbolt (figure I-6)

# CHAPITRE I : PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT AU NIVEAU DE LA CIMENTERIE OGGAZ



Figure I- 5 : La tour de la société LCO [1]

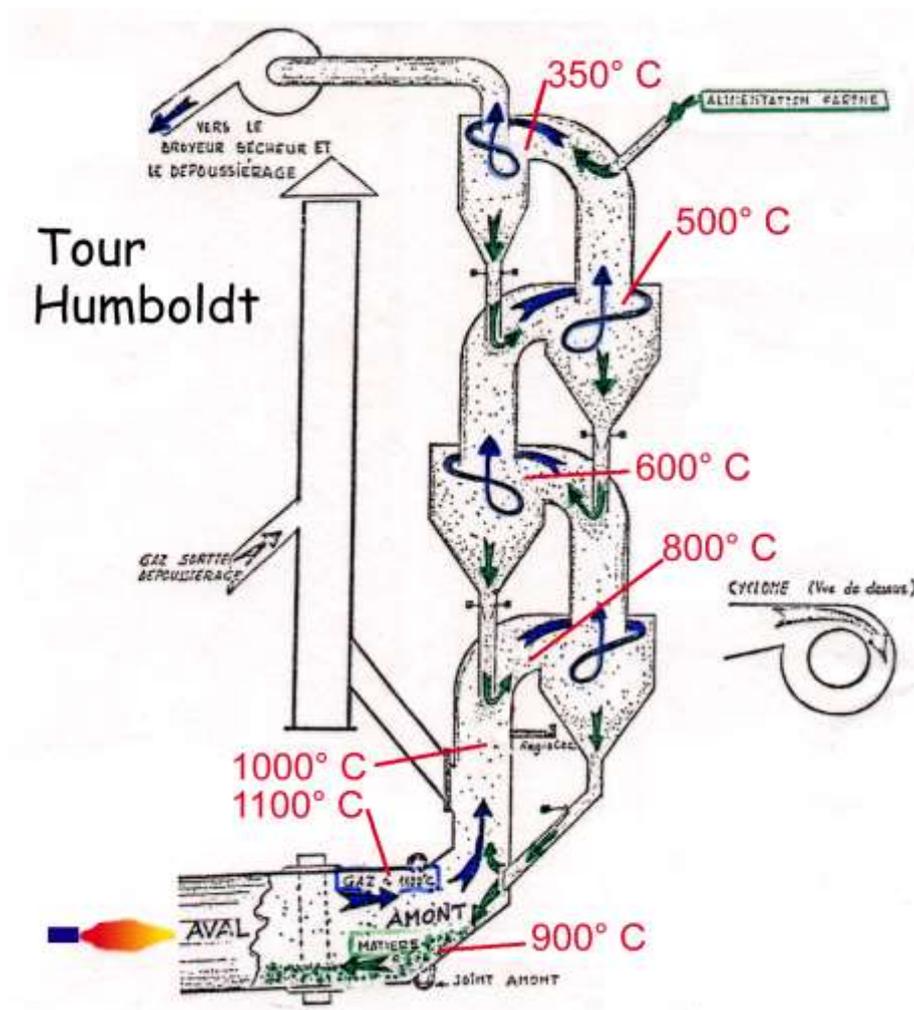


Figure I- 6 : Schéma descriptif de la tour type Humboldt [1]

## CHAPITRE I : PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT AU NIVEAU DE LA CIMENTERIE OGAZ

### I.4.2.2 Le four : fin de la décarbonatation et la clinkérisation

C'est la pièce maîtresse de la cimenterie. Le four est un cylindre de 60 à 90 m de long et de 4 à 5m de diamètre et a pour rôle de transformer la matière préparée dans la tour en clinker en la portant à une température allant de 1000°C à 1400°C. Le temps de parcours de la matière dans le four est de l'ordre de 1 heure (figure I-7).



### Cuisson/combustion

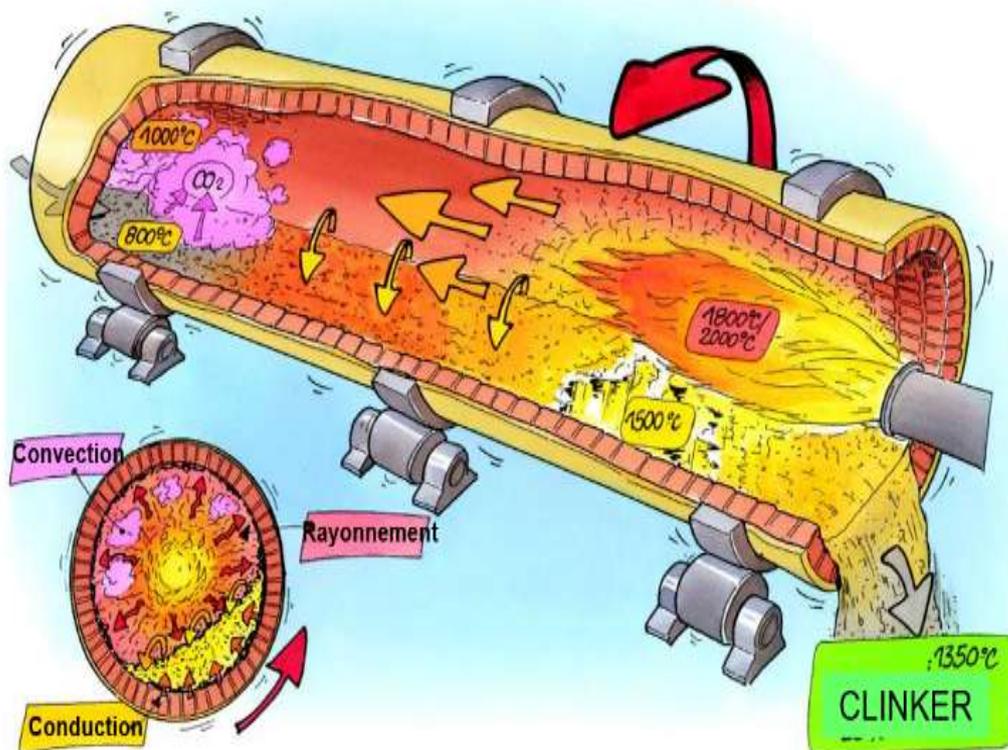


Figure I- 7 : Schéma du four [1]

### I.4.2.3 Le refroidisseur

Le clinker sort du four à une température supérieure à 1350°C. Le passage dans le refroidisseur permet de tremper et refroidir le clinker, récupérer des thermies pour l'air de combustion et éventuellement un broyeur cru ou charbon.

Le refroidisseur est un échangeur thermique. Il existe plusieurs types de refroidisseurs : vertical, rotatifs, à ballonets, à grilles mobiles, à grilles statiques. Le refroidisseur à grilles mobiles, est le plus utilisé chez Lafarge Ciments (figure I-8).

## CHAPITRE I : PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT AU NIVEAU DE LA CIMENTERIE OGGAZ

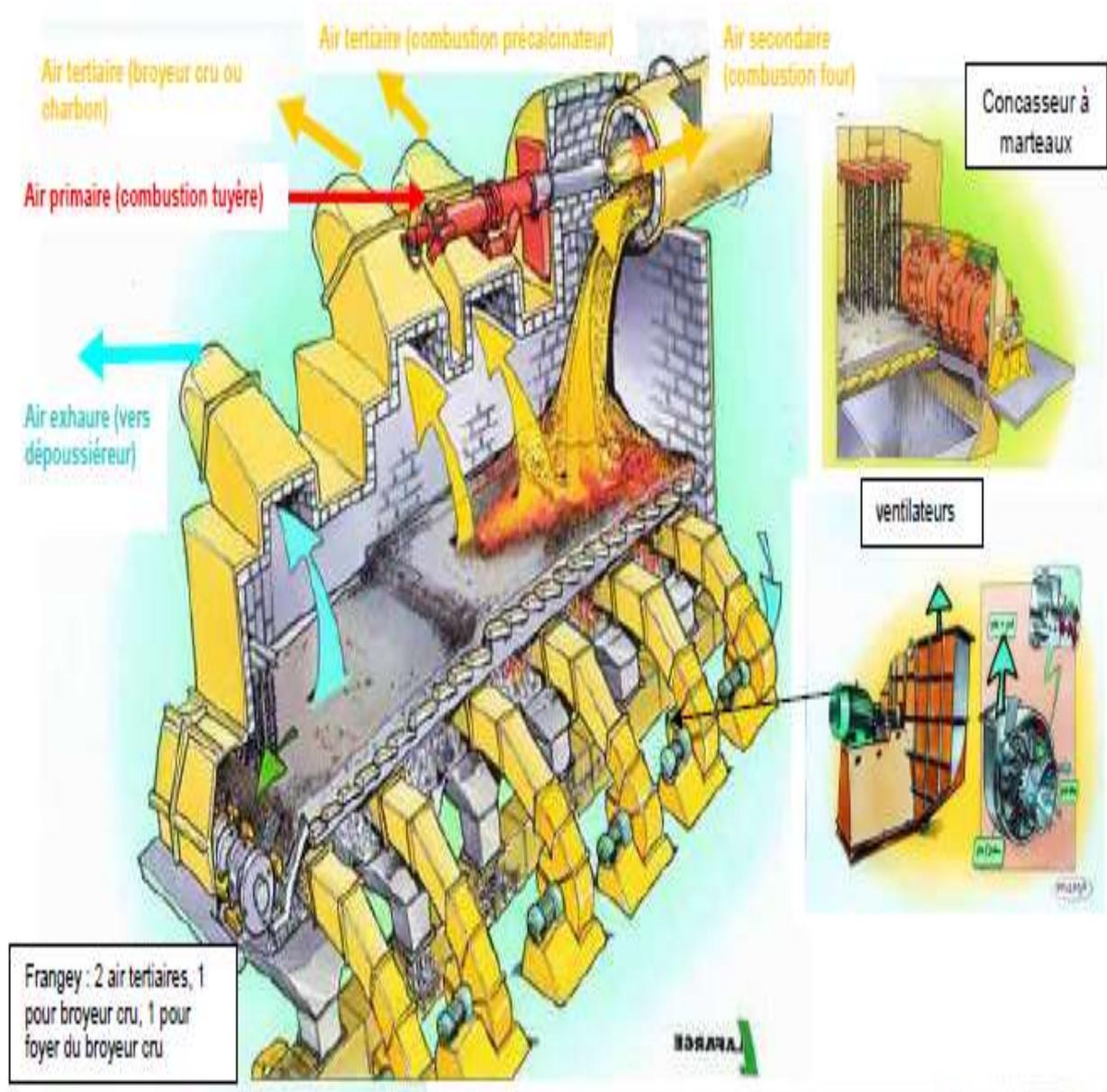


Figure I- 8 : Refroidisseur à Grille mobile [1]

### I.5 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre la société algérienne Lafarge Cement Oggaz, le processus de fabrication du ciment, et une description détaillée de la zone de cuisson.

Le chapitre suivant sera consacré aux processus de gestion des risques.

# **CHAPITRE II : PROCESSUS DE GESTION DES RISQUES**

### II.1 Introduction

Le risque prend de plus en plus d'importance dans la gestion des entreprises en raison du risque élevé d'accompagnement. Or, toute activité d'une entreprise ou d'une organisation ne peut être raisonnablement envisagée sans tenir compte des risques qui y sont associés. La gestion des risques est aujourd'hui une préoccupation majeure des entreprises et un élément essentiel de leur performance par la mise en place des mesures offensives, préventives, proactives, etc.

Dans ce chapitre, nous allons dans un premier temps donner quelques principaux termes et définitions liés à la gestion des risques et décrire le processus de gestion des risques. Nous allons par la suite aborder quelques outils d'identification des dangers.

Nous abordons ensuite les principales méthodes d'analyse des risques utilisés (méthode de mesure de la pertinence, arbre de défaillance, arbre d'évènement) et en décrivant brièvement leurs principes de déroulement.

A la fin, nous citons quelques cas d'accidents liés aux zones des matières chaudes survenus à la société LafargeHolcim, leurs causes et conséquences particulier pour le cas de Lafarge Ciment Oggaz.

### II.2 Termes et définitions

Quelques définitions des termes les plus couramment utilisés :

- Danger : Source potentielle de dommage [3].
- Phénomène dangereux : Source de dommage potentiel [4].
- Dommage : Blessure physique ou atteinte à la santé des personnes, ou atteinte aux biens ou à l'environnement [3].
- Conséquence : Effet d'un évènement affectant les objectifs [4].
- Gravité : Mesure des conséquences possibles d'un phénomène dangereux [5].
- Fréquence d'occurrence : Nombre de fois qu'un tel évènement indésirable peut survenir dans des conditions techniques et météorologiques bien définis.
- Exposition : Degré auquel un organisme et/ou une partie prenante sont soumis à un évènement [4].
- Risque : Combinaison de la probabilité de la survenue d'un dommage et de sa gravité [3].

### II.3 Processus de la gestion des risques

Le processus de gestion des risques est présenté dans la figure II-1. Il comprend :

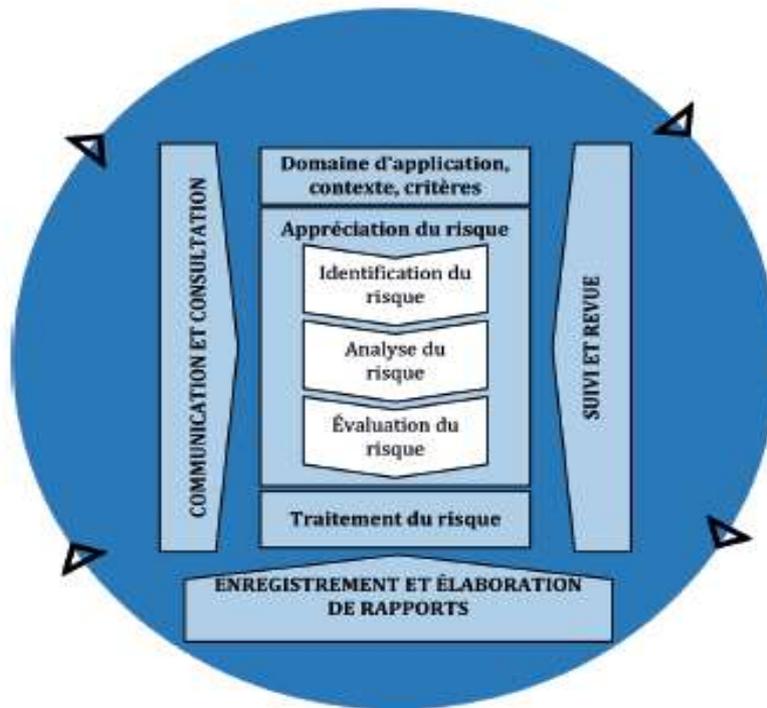


Figure II- 1 : Processus de gestion des risques [7]

#### II.3.1 Appréciation du risque

L'appréciation du risque est le processus global d'identification, d'analyse et d'évaluation du risque [7].

##### II.3.1.1 Identification du risque

L'identification du risque a pour but de rechercher, reconnaître et décrire les risques qui peuvent aider ou empêcher un organisme d'atteindre ses objectifs. Il est essentiel que les informations utilisées pour l'identification des risques soient pertinentes, appropriées et à jour [7].

##### II.3.1.2 Analyse du risque

L'analyse du risque a pour but de comprendre la nature du risque et ses caractéristiques, y compris le niveau de risque. L'analyse du risque implique la prise en compte détaillée des incertitudes, des sources de risque, des conséquences, de la vraisemblance, des événements, des scénarios, des moyens de maîtrise et de leur efficacité. Un événement peut avoir des causes et conséquences multiples et affecter des objectifs multiples [7].

### II.3.1.3 Évaluation du risque

L'évaluation du risque a pour but de déboucher sur des décisions plus judicieuses. L'évaluation du risque consiste à comparer les résultats de l'analyse du risque aux critères de risque établis afin de déterminer si une action supplémentaire est exigée. Cela peut déboucher sur la décision :

- De ne rien faire de plus ;
- D'examiner les options de traitement du risque ;
- D'entreprendre une analyse plus approfondie afin de mieux comprendre le risque ;
- De maintenir les moyens de maîtrise du risque existants ;
- De réexaminer les objectifs [7].

### II.3.2 Traitement du risque

Le traitement du risque a pour but de choisir et de mettre en œuvre des options pour aborder le risque [7].

### II.3.3 Suivi et revue

Le suivi et la revue ont pour but de s'assurer et d'améliorer la qualité et l'efficacité de la conception, de la mise en œuvre et des résultats du processus. Il convient que le suivi continu et la revue périodique du processus de management du risque et de ses résultats soient planifiés dans le processus de management du risque, en définissant clairement les responsabilités [7].

## II.4 Outils d'identification des dangers

### II.4.1 Brainstorming

Le brainstorming implique de stimuler et d'encourager la libre conversation au sein d'un groupe de personnes compétentes afin d'identifier les modes de défaillance potentiels et les dangers, risques, critères de décision et/ou options de traitement associés.

Cette technique comprend : la stimulation de la discussion au démarrage, l'encouragement périodique du groupe à évoquer d'autres domaines pertinents et la saisie des questions émanant de la discussion (qui est en général assez vivante) [6].

Le brainstorming peut être utilisé avec d'autres méthodes d'évaluation des risques. Il peut également être utilisé seul, comme une technique stimulant l'imagination à toutes les étapes du processus de gestion des risques et du cycle de vie d'un système.

Le brainstorming accorde une place prépondérante à l'imagination. Par conséquent, il est particulièrement utile lors de l'identification des risques liés à de nouvelles technologies, en l'absence de données ou lorsqu'il est nécessaire de trouver des solutions originales à des problèmes [6].

### II.4.2 Check-List

Il s'agit d'un questionnaire portant sur les différentes situations, énumérant point par point des facteurs ou des situations à contrôler pour un certain poste ou équipement de travail. Une check-list peut être générale ou spécifique. Elle permet de passer en revue de manière systématique les différents points d'attention, mais elle doit être adaptée en fonction du groupe l'utilisant et de la situation à analyser [8].

### II.4.3 Questionnaires

L'identification des risques à partir des questionnaires est très utilisée dans les organisations anglo-saxonnes et présuppose l'existence d'un dispositif de risk management mûr et efficace.

Le questionnement permet de réaliser des benchmarks intersites et intragroupe, et de produire à ce titre des rosaces de performance permettant d'identifier les centres de risque n'appliquant pas à la lettre les procédures de sécurité et de gestion de crise.

Ce dispositif est inadapté dans le cas de construction d'un dispositif de risque management et, dans cette hypothèse, on privilégiera les techniques d'interviews [9].

## II.5 Méthodes d'analyse des risques

Il existe de nombreuses méthodes d'analyse des risques, parmi lesquelles : Méthode de mesure de la pertinence, l'Analyse par arbre de défaillance et Analyse par arbre d'évènement.

Les méthodes d'analyse présentées dans cette partie constituent les outils de base que nous utilisons pour compléter le processus d'analyse, chaque méthode à différents niveaux de détail fournissant des informations précieuses qui seront ensuite utilisées pour prendre les mesures appropriées pour réduire les risques majeurs.

### II.5.1. Méthode de mesure de la pertinence

#### II.5.1.1 Evaluation des risques

Dans le domaine de la cindynique, l'évaluation des risques est l'ensemble des méthodes consistant à calculer la CRITICITE (Pertinence et Gravité) des DANGERS.

## CHAPITRE II : PROCESSUS DE GESTION DES RISQUES

---

Elle vise outre à les quantifier, à qualifier les dangers

Dans ce domaine, on se restreint à l'étude du risque aryétique, C'est-à-dire en ne considérant que les évènements à conséquences négatives.

On s'attache à obtenir des valeurs chiffrées, afin de pouvoir effectuer des classements, de mettre des priorités sur les mesures à prendre pour réduire les risques et combattre leurs conséquences.

On parle d'évaluation chiffrée du risque, ou en anglais quantitative risk assesment (QRA).

La CRITICITE est donc cette valeur chiffrée. Habituellement, elle est décomposée en plusieurs paramètres :

- Fréquence
- Effectif exposé
- Gravité
- Niveau de maitrise

La criticité est alors le produit des valeurs de ces paramètres [10].

### II.5.1.2 Matrice de criticité

Les deux paramètres principaux de la criticité sont la Probabilité (Fréquence) d'apparition et la Gravité.

On donne en général quatre à cinq niveaux à chaque paramètre :

1. **FREQUENCE OU PROBABILITE** : Très improbable, Improbable (rare), Probable (occasionnel) et Très probable (fréquent).
2. **GRAVITE** : Faible, Moyenne, Grave et Très grave.

Plutôt que de multiplier les deux valeurs, on construit une matrice et ce sont les zones de la matrice qui indiquent la criticité [10].

**Tableau II- 1 : Exemple de Matrice de criticité [10]**

		<b>GRAVITE</b>			
		<b>Faible</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Grave</b>	<b>Très Grave</b>
<b>PROBABILITE</b>	<b>Très Probable</b>				
	<b>Probable</b>				
	<b>Improbable</b>				
	<b>Très Improbable</b>				

### - Dans le domaine de la santé

La GRAVITE peut s'estimer par le classement suivant :

- 1. Faible :** Accident du Travail (AT) ou Maladie Professionnelle (MP)  
SANS ARRET DE TRAVAIL
- 2. Moyenne :** AT ou MP  
AVEC ARRET DE TRAVAIL
- 3. Grave :** AT ou MP  
ENTRAINANT UNE INCAPACITE PERMANENTE PARTIELLE.
- 4. Très Grave :** MORTEL

Par ailleurs, un dommage corporel ne peut survenir que si une personne se trouve exposé au danger [10].

La probabilité de dommage dépend donc de la probabilité d'apparition d'un évènement dangereux et de la durée d'exposition du danger, ou de la fréquence d'exposition :

Tableau II- 2 : Les niveaux de probabilité [10]

<b>1. Très improbable :</b>	<b>Probabilité d'événement dangereux Faible et exposition Rare et/ou Courte.</b>
<b>2. Improbable :</b>	<b>Probabilité d'événement dangereux Forte et exposition Rare et/ou Courte.</b>
<b>3. Probable :</b>	<b>Probabilité d'événement dangereux Faible et exposition Fréquente et/ou Longue.</b>
<b>4. Très probable :</b>	<b>Probabilité d'événement dangereux Forte et Exposition Fréquente et/ou Longue.</b>

## II.5.2 Arbre de défaillance

### II.5.2.1 Introduction

L'analyse par arbre des défaillances fut historiquement la première méthode mise au point en vue de procéder à un examen systématique des risques. Elle a été élaborée au début des années 1960 par la compagnie américaine Bell Téléphone et fut expérimentée pour l'évaluation de la sécurité des systèmes de tir de missiles [11].

L'analyse par arbre de défaillances est une méthode de type déductif. En effet, il s'agit, à partir d'un événement redouté défini a priori, de déterminer les enchaînements d'évènements ou combinaisons d'évènements pouvant finalement conduire à cet événement. Cette analyse permet de remonter de causes en causes jusqu'aux évènements de base susceptibles d'être à l'origine de l'évènement redouté.

Quelle que soit la nature des éléments de base identifiés, l'analyse par arbre des défaillances est fondée sur les principes suivants :

- Ces évènements sont indépendants.
- Ils ne seront pas décomposés en éléments plus simples.
- Leur fréquence ou leur probabilité d'occurrence peut être estimée.

Ainsi, l'analyse par arbre des défaillances permet d'identifier les successions et les combinaisons d'évènements qui conduisent des évènements de base jusqu'à l'évènement indésirable retenu.

Les liens entre les différents évènements identifiés sont réalisés grâce à des portes logiques (de type « ET » et « OU » par exemple). Cette méthode utilise une symbolique graphique particulière qui permet de présenter les résultats dans une structure arborescente (figure II-3) [11].

La définition de l'évènement final (évènement redouté), qui fera l'objet de l'analyse, est une étape cruciale pour la construction de l'arbre. On conçoit que plus cet événement est défini de manière précise, plus simple sera l'élaboration de l'arbre des défaillances, (figure II-2).

De manière classique, les évènements considérés peuvent concerner le rejet à l'atmosphère de produits toxiques ou inflammables, le risque d'incendie, d'explosion... [11].

### **II.5.2.2 Elaboration de l'arbre**

La construction de l'arbre des défaillances vise à déterminer les enchaînements d'évènements pouvant conduire à l'évènement final retenu. Cette analyse se termine lorsque toutes les causes potentielles correspondent à des évènements élémentaires.

La recherche systématique des causes Immédiates, Nécessaires et Suffisantes (INS) est donc à la base de la construction de l'arbre.

Afin de sélectionner les évènements intermédiaires, il est indispensable de procéder pas à pas en prenant garde à bien identifier les causes directes et immédiates de l'évènement considéré et

## CHAPITRE II : PROCESSUS DE GESTION DES RISQUES

---

se poser la question de savoir si ces causes sont bien nécessaires et suffisantes. Faute de quoi, l'arbre obtenu pourra être partiellement incomplet voire erroné [11].

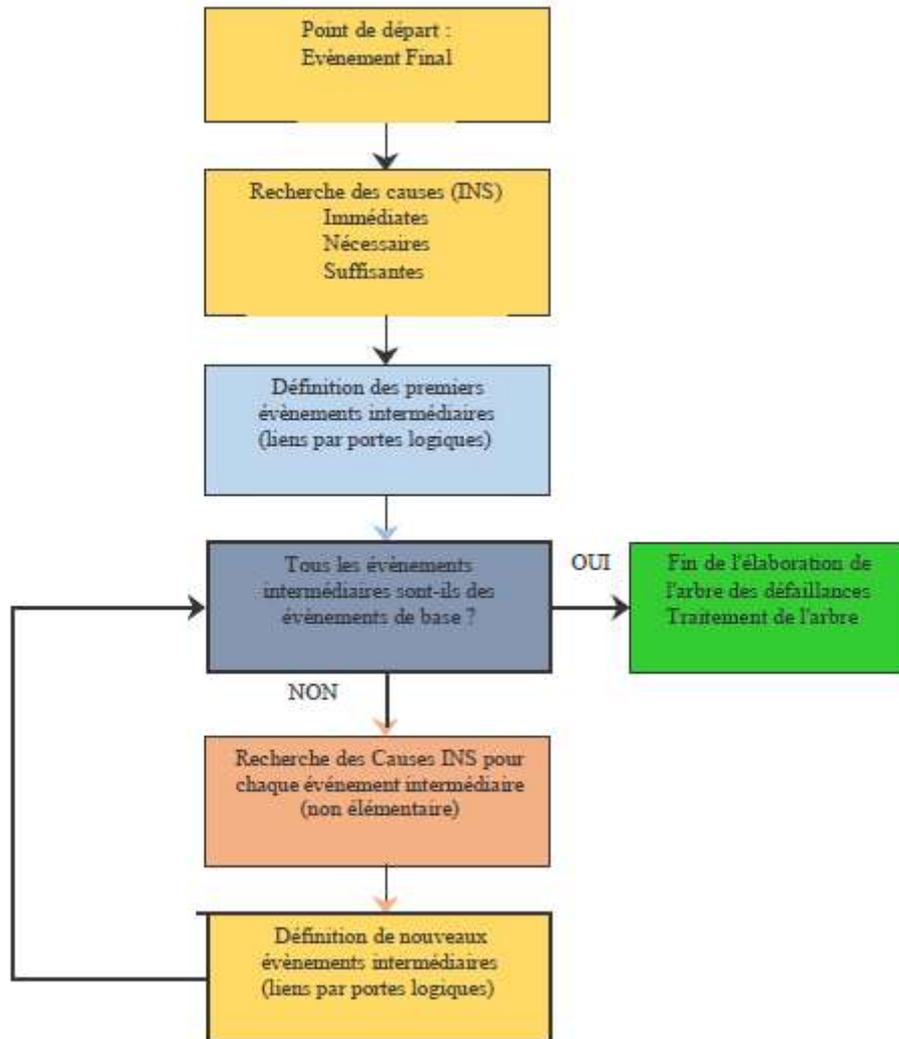


Figure II- 2 : Démarche pour l'élaboration d'un arbre des défaillances [11]

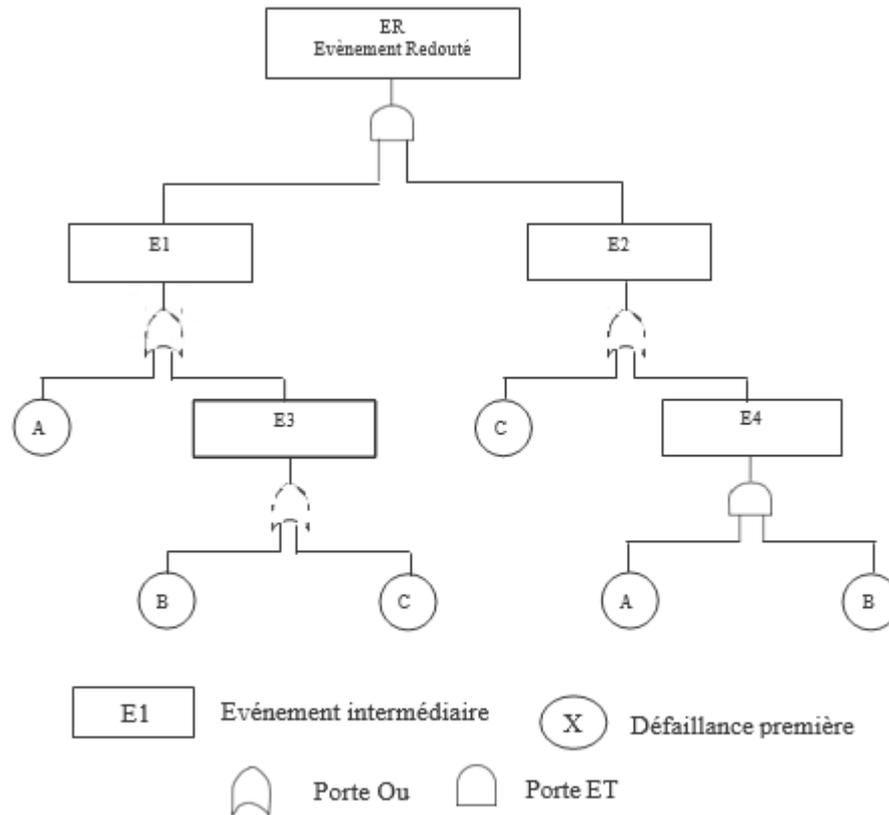


Figure II- 3 : Exemple d'arbre des défaillances [11]

### II.5.2.3 Exploitation qualitative de l'arbre des défaillances

L'exploitation qualitative de l'arbre vise à examiner dans quelle proportion une défaillance correspondant à un événement de base peut se propager dans l'enchaînement des causes jusqu'à l'évènement final. Pour cela, tous les évènements de base sont supposés équiprobables et on étudie le cheminement à travers les portes logiques d'évènement ou de combinaisons d'évènements jusqu'à l'évènement final.

De manière intuitive, une défaillance se propageant à travers le système en ne rencontrant que des portes « OU » est susceptible de conduire très rapidement à l'évènement final. A l'inverse, un cheminement s'opérant exclusivement à travers des portes « ET » indique que l'occurrence de l'évènement final à partir de l'évènement ou la combinaison d'évènements de base est moins probable et démontre ainsi une meilleure prévention de l'évènement final.

La définition des coupes minimales permet d'accéder directement aux évènements et combinaisons d'évènements les plus critiques pour le système considéré. Ainsi, plus l'ordre d'une coupe minimale est petit, plus l'occurrence de l'évènement final suivant ce chemin critique peut paraître probable. Un moyen de prévenir les évènements indésirables ou redoutés

visé à modifier l'arbre des défaillances en vue d'obtenir des coupes minimales d'ordre le plus élevé possible, par l'introduction de portes « ET » par exemple.

Cette approche qualitative repose néanmoins sur l'hypothèse relativement forte que les événements de base sont équiprobables. Il peut cependant arriver qu'une coupe minimale d'ordre 1 corresponde à un événement extrêmement peu probable alors qu'une coupe minimale d'ordre supérieur peut correspondre à des combinaisons d'événements très probables [11].

### II.5.2.4 Exploitation quantitative de l'arbre des défaillances

L'exploitation quantitative de l'arbre des défaillances vise à estimer, à partir des probabilités d'occurrence des événements de base, la probabilité d'occurrence de l'événement final ainsi que des événements intermédiaires. Il ne s'agit pas d'une démarche qui permet d'accéder avec exactitude à la probabilité de chaque événement. Elle doit être mise en œuvre dans l'optique de hiérarchiser les différentes causes possibles et de concentrer les efforts en matière de prévention sur les causes les plus vraisemblables [11].

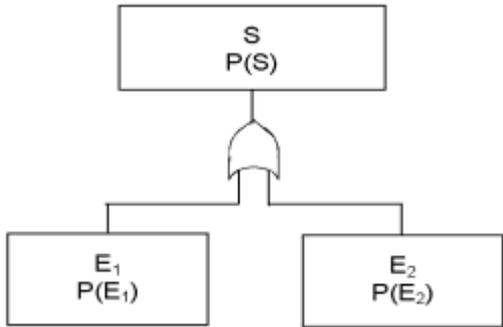
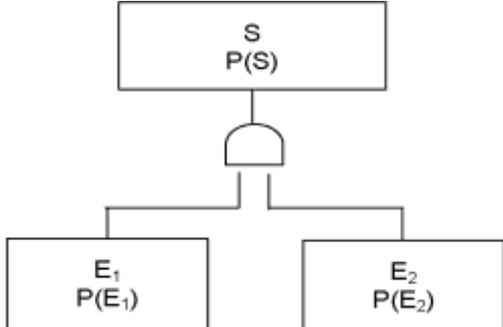
En pratique, il est souvent difficile d'obtenir des valeurs précises de probabilités des événements de base. En vue de les estimer, il est possible de faire appel à :

- Des bases de données,
- Des jugements d'experts,
- Des essais lorsque cela est possible,
- Au retour d'expérience sur l'installation ou des installations analogues.

A partir des probabilités des événements de base, il s'agit de remonter dans l'arbre des défaillances comme le montre le tableau II-3.

## CHAPITRE II : PROCESSUS DE GESTION DES RISQUES

Tableau II- 3 : Calcul de la probabilité d'occurrence de l'événement final selon la porte logique « OU » et la porte logique « ET »

Porte OU	Porte ET
	
<p> <math>P(S) = P(E1) + P(E2) - P(E1) \cdot P(E2)</math>                      (Théorème de POINCARRE)                      Lorsque la probabilité des événements de base est faible, il est possible de négliger le produit <math>P(E1) \cdot P(E2)</math> et de considérer :  <math>P(S) \approx P(E1) + P(E2)</math> </p>	<p> <math>P(S) = P(E1) \cdot P(E2)</math> </p>

### Légende

- Porte OU : L'événement de sortie S est généré si l'un au moins des événements E1 et E2 sont présents.
- Porte ET : L'événement de sortie S est généré si les événements E1 et E2 sont présents simultanément.
- S : L'événement de sortie
- E1 : L'événement E1
- E2 : L'événement E2
- P(S) : La probabilité d'occurrence de l'événement S
- P(E1) : La probabilité d'occurrence de l'événement E1
- P(E2) : La probabilité d'occurrence de l'événement E2

## CHAPITRE II : PROCESSUS DE GESTION DES RISQUES

---

L'examen des probabilités des évènements intermédiaires conduisant à l'événement final permet de hiérarchiser les priorités de modifications du système en identifiant les causes les plus probables d'un événement indésirable ou final.

La réduction de la probabilité de cet événement final peut alors être envisagée de plusieurs manières :

- En supprimant ou réduisant la probabilité d'occurrence des évènements de base,
- En améliorant la fiabilité du système par l'ajout de portes « ET » entre l'événement final et les évènements de base. Les portes « ET » placées au plus proche de l'événement final permettant de traiter un maximum de coupes minimales et, le cas échéant, de traiter certaines causes qui n'auraient pas été envisagées.

Cette dernière stratégie correspond en pratique à l'ajout de barrières de sécurité. L'événement final ne peut alors se produire que si l'événement de base se produit et si la barrière de sécurité destinée à le compenser est elle-même défaillante [11].

### II.5.2.5 Limites et avantages

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

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

L'analyse par arbre des défaillances porte sur un événement particulier et son application à tout un système peut s'avérer fastidieuse. En ce sens, il est conseillé de mettre en œuvre au préalable des méthodes inductives d'analyse des risques. Ces outils permettent d'une part d'identifier les évènements les plus graves qui pourront faire l'objet d'une analyse par arbre des défaillances et, d'autre part, de faciliter la détermination des causes immédiates, nécessaires et suffisantes au niveau de l'élaboration de l'arbre [11].

### II.5.3 Arbre des événements

#### II.5.3.1 Introduction

L'analyse par arbre d'événements a été développée au début des années 1970 pour l'estimation du risque lié aux centrales nucléaires à eau légère. Particulièrement utilisée dans le domaine du nucléaire, son utilisation s'est étendue à d'autres secteurs d'activité.

L'analyse par arbre des défaillances permet d'estimer les probabilités d'occurrence de séquences accidentelles à condition de disposer de la probabilité d'occurrence de l'évènement initial et de la probabilité de défaillance des barrières de sécurité [11].

L'analyse par arbre des défaillances, vise à déterminer, dans une démarche déductive, les causes d'un événement indésirable ou redouté retenu a priori. A l'inverse, l'analyse par arbre d'événements suppose la défaillance d'un composant ou d'une partie du système et s'attache à déterminer les événements qui en découlent.

A partir d'un événement initiateur ou d'une défaillance d'origine, l'analyse par arbre d'événements permet donc d'estimer la dérive du système en envisageant de manière systématique le fonctionnement ou la défaillance des dispositifs de détection, d'alarme, de prévention, de protection ou d'intervention...

Ces dispositifs peuvent concerner aussi bien des moyens automatiques qu'humains [11].

La démarche généralement retenue pour réaliser une analyse par arbre d'événements est la suivante

- Définir l'événement initiateur à considérer,
- Identifier les fonctions de sécurité prévues pour y faire face,
- Construire l'arbre,
- Décrire et exploiter les séquences d'événements identifiées.

#### II.5.3.2 Définition de l'événement initiateur

Il s'agit d'une étape importante pour l'analyse par arbre d'événements. Etant donné qu'il s'agit d'une approche qui peut vite se révéler lourde à mener, il est généralement bon de sélectionner un événement initiateur qui peut effectivement conduire à une situation critique. Ceci suppose donc de connaître, au moins de manière partielle, les principaux risques associés à l'installation considérée. Pour une analyse après accidents, ces risques sont de fait connus. Ce cas mis à part, il est pertinent d'élaborer un arbre d'événements suite à une première analyse qui a mis en lumière les accidents potentiels à envisager. En ce sens, cette méthode apparaît complémentaire

de méthodes telles que l'APR par exemple.

### II.5.3.3 Identification des fonctions de sécurité

Les fonctions de sécurité doivent être assurées par des barrières en réponse à l'événement initiateur. Elles ont en général pour objectif d'empêcher que l'événement initiateur soit à l'origine d'un accident majeur.

Elles se déclinent le plus souvent en :

- Fonctions de détection de l'événement initiateur,
- Fonctions d'alarme signifiant l'occurrence de l'événement initiateur,
- Fonctions de limitation visant à empêcher que l'événement initiateur ne perdure dans le temps,
- Fonction d'atténuation s'attachant à réduire les effets de l'événement initiateur.

### II.5.3.4 Construction de l'arbre

La construction de l'arbre consiste alors, à partir de l'événement indésirable, à envisager soit le bon fonctionnement soit la défaillance de la première fonction de sécurité.

L'événement initiateur est représenté schématiquement par un trait horizontal. Le moment où doit survenir la première fonction de sécurité est représenté par un nœud. La branche supérieure correspond généralement au succès de la fonction de sécurité, la branche inférieure à la défaillance de cette fonction figure II-4.

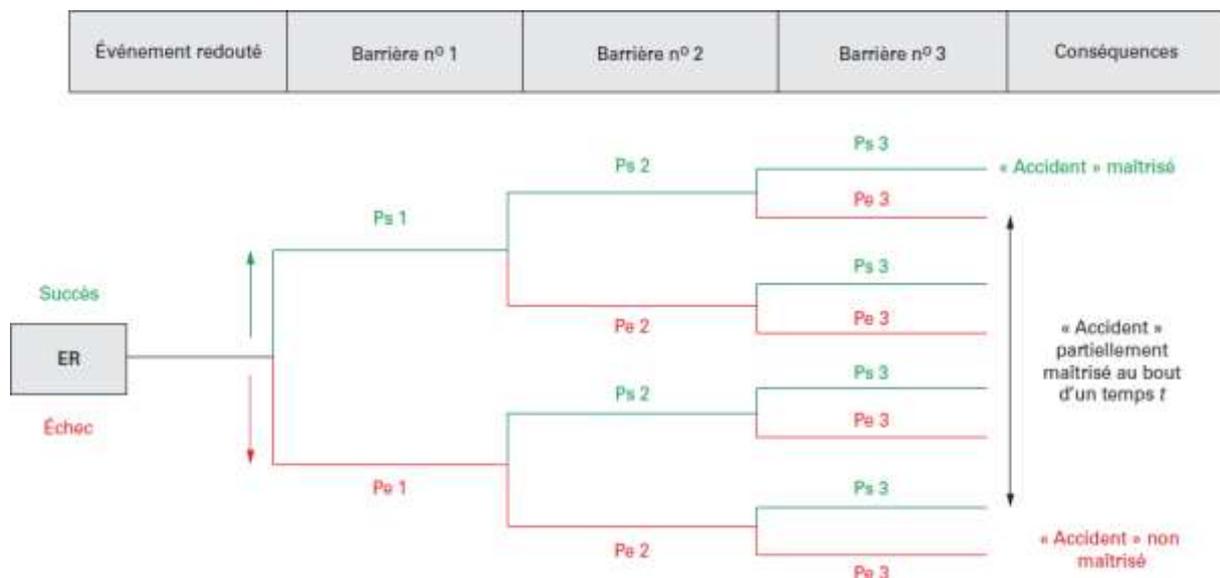


Figure II- 4 : Structure d'un arbre d'événement [12]

### II.5.3.5 Exploitation de l'arbre

La réalisation d'un arbre d'événements permet en définitive de déterminer la probabilité d'occurrence des différentes conséquences à partir des séquences identifiées.

Cette dernière ne peut être effectuée qu'à partir d'un arbre d'événements préalablement réduit. La réduction de l'arbre concourt entre autres à éliminer les chemins non physiquement possibles ainsi qu'à identifier les modes communs de défaillances. Cette opération est nécessaire pour assurer l'indépendance des événements intermédiaires présentés.

La probabilité d'occurrence d'une conséquence suite à une séquence particulière peut alors être estimée, pour des événements indépendants, comme le produit de la probabilité d'occurrence de l'événement initiateur et de la probabilité de défaillance ou de fonctionnement selon le cheminement des événements intermédiaires [11].

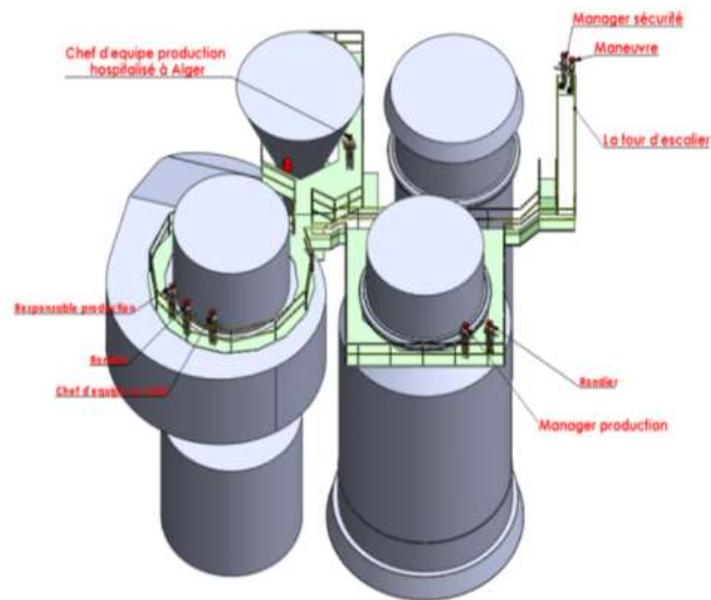
## II.6 Accidentologie et retour d'expérience

Le retour d'expérience est une étape cruciale dans la préparation de la gestion des risques. La collecte d'informations sur les accidents liés aux matière chaude survenus dans la cimenterie Lafarge nous donne une idée des principales causes de ces accidents.

Dans ce qui suit, nous citons des exemples d'accidents survenus dans les zones de matières chaudes :

### II.6.1 Cimenterie Lafarge Oggaz en Algérie

- Le 14/06/2012 à 20h : Un accident survenu pendant le débouillage du cyclone C 3 (figure II-5), l'ouverture du circuit a entraîné des brûlures de 3<sup>ème</sup> degré à 8 intervenants parmi lesquels 6 roudiers et 2 responsables [1].



**Figure II- 5 : Incident Brûlure pendant le débouillage c3 tours gris LCO [1]**

- Mercredi le 11/07/2018 vers 11h00, lors d'une opération débouillage cyclone 4 du tour ligne blanc, un employé a reçu une quantité de poussière chaude sur une partie de son visage, provoquant une brûlure superficielle. En effet, la victime était en train d'inspecter extérieurement le cyclone 4 pour implanter un cardox à ce moment-là, une quantité de matière a chuté à l'intérieure de cyclone provoquant une projection de poussière chaude vers l'extérieure à travers la conduite de ringardage, (figure II-6).

Après l'incident, des mesures immédiates ont été prises :

- Arrêter le chantier
- Evacuer la victime vers la clinique d'usine et l'hôpital de Sig pour recevoir les soins.
- Lancer un safety talk
- Programmer un RCA [1].

Photo de simulation



**Figure II- 6 : Incident Brûlure pendant le débouillage c4 tours blanc LCO [1]**

- Le 22/09/2021 vers 15h :50, après avoir débloqué la chute du concasseur refroidisseur four blanc, l'équipe constituée du chef de secteur, chef d'équipe et deux rondiers se sont retirés à 3m de l'incident. La porte du concasseur était restée ouverte (figure II-7).

Ils ont demandé à l'opérateur de redémarrer le refroidisseur, une fois ce dernier mis en service, le circuit s'est mis en pression engendrant un échappement de gaz chaud poussiéreux provoquant la blessure des intervenants (les mains et le visage, brûlures peu étendues sans risque vital).

Les blessés ont été évacués vers l'hôpital de Sig après avoir reçu les premiers soins à la clinique d'usine, puis transférés le lendemain vers hôpital à Oran pour recevoir les soins et les traitements les plus appropriés.

Parmi les actions immédiates prises :

- Déclenchement du plan MER (Medical Emergency Response)
- Arrêt du four
- Communication et partage via Stop Sécurité
- Exiger le port de tenue Nomex pour l'ensemble des équipes postées
- Réviser le mode opératoire « Déblocage chute concasseur »
- Réviser la procédure « Arrêt de four après blocage concasseur »

- Déclencher d'une investigation et RCA pour identifier les causes racines de l'accident [1].



**Figure II- 7 : Incident critique de matière chaude au niveau du concasseur, refroidisseur du four blanc- LCO 2021 [1]**

### II.6.2 Cimenterie de M'Sila en Algérie

En date du **23 Octobre 2016** vers **22H30**, lors du début de l'opération de remplacement du joint amont four, un mécanicien de la société TWISSTI est tombé dans la chambre de récupération des fuites matière chaude du joint amont en voulant récupérer son casque. La victime a utilisé un échafaudage non validé (Tag rouge au pied) situé à côté de ladite chambre puis a sauté par-dessus le mur (hauteur 2m50). La victime s'est gravement brûlée sur la partie inférieure du corps, aux jambes, aux mains et aux bras en tombant. Le mécanicien a été évacué par ses collègues qui ont été obligés de forcer le portail de la chambre. Celle-ci était condamnée par une barre transversale fixée de chaque côté sur les murs. Des signalisations étaient présentes en langue arabe et en langue française à l'entrée indiquant les risques côté porte : Présence matière chaude, obligation de porter les EPI's spécifiques, pas de signalisation côté mur et échafaudage. La victime a été transférée vers l'hôpital spécialisé à Alger où il a été mis en soins intensifs. Au même moment, la direction générale a décidé de lancer une procédure de transfert vers une clinique spécialisée en France (Tour). Malheureusement, la victime décède deux jours plus tard suite à ses blessures [1].

Après l'incident des mesures immédiates ont été prises :

- Soutien à la famille de la victime

- Stop sécurité organisé sur tous les sites
- Programmation d'une RCA
- Diffusion d'un message par le Directeur Général à tous les employés [1].



**Figure II- 8 : Accident Mortel du LafargeHolcim pays Algérie Survenue à LCM'sila [1]**

### II.6.3 Cimenterie de Bouskoura en Maroc

Le 15 septembre 2015 à 2h30 du matin, une fuite de matière chaude s'est produite à partir du joint arrière du four et la matière chaude est tombée dans une boîte dédiée. Avant l'évacuation, une opération de nettoyage a été lancée pour enlever la matière chaude. Un employé ainsi que d'autres entrepreneurs ont commencé à refroidir la farine chaude avec de l'eau pulvérisée à une distance de 20 mètres avant son enlèvement. Soudain, un effet de surchauffe a résulté de la chute de matière dans la tour de préchauffage (avalanche), ce qui a provoqué la sortie d'un grand volume de matière chaude (900 °C) du système par le joint d'entrée du four, entrant en contact avec l'eau sur le sol (flaque d'eau formée par l'eau utilisée pour refroidir la matière chaude). Cela a créé un nuage de matière chaude avec une fumée sombre (semblable à une explosion propageant la farine chaude jusqu'à 40 mètres).

Pensant que son chargeur allait prendre feu, l'employé a essayé de s'échapper de la zone. Il a d'abord déplacé le chargeur, puis il est sorti de la cabine. En raison de la mauvaise visibilité, il s'est trompé de direction et ses jambes sont entrées en contact avec la farine chaude, provoquant des brûlures au second degré. Il a été immédiatement transporté dans une clinique spécialisée, mais est décédé après dix jours de soins intensifs. Deux autres personnes impliquées dans la pulvérisation d'eau ont également été brûlées lors de cette opération (Figure II-9).

Après l'incident des mesures immédiates ont été prises :

## CHAPITRE II : PROCESSUS DE GESTION DES RISQUES

- Tous les travaux de nettoyage ont été arrêtés et toute la zone de l'incident a été marquée.
- Les circonstances de l'incident ont été communiquées à tous les employés et sous-traitants de l'usine.
- Revoir les procédures relatives aux matières chaudes [1].

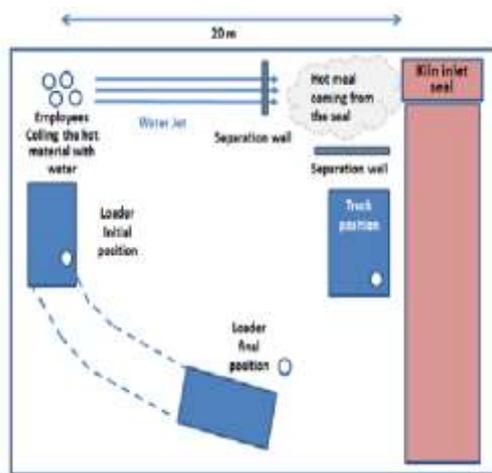


Figure II- 9 : Incident à la Cimenterie de Bouskoura en Maroc [1]

### II.6.4 Accident Mortel du Groupe Ex Holcim Survenue à l'Indonésie

Le 30/05/2012, deux (02) morts en exposition direct avec la matière chaude, l'ors d'une Opération de Refroidissement d'un tas de Matière chaude par l'eau (figure II-10) [1].



Figure II- 10 : Accident Mortel de la matière chaude du Groupe Ex Holcim Survenue à l'Indonésie [1]

### II.6.5 Accident Mortel du Groupe Ex Holcim Survenue à l'inde

Le 11/11/2012, 01 décès de mort lors d'une opération de nettoyage de matière.



**Figure II- 11 : Accident Mortel de la matière chaude du Groupe Ex Holcim Survenue à l'inde [1]**

### II.7 Conclusion

La gestion des risques permet d'identifier, d'évaluer et hiérarchiser les risques liés aux activités de l'entreprise, en particulier les risques liés aux matières chaudes, puis à les traiter méthodiquement afin de réduire et contrôler la probabilité des événements redoutés, et leurs conséquences.

Le chapitre suivant sera consacré à l'identification des dangers et analyse des risques liés aux zones de matières chaudes.

**CHAPITRE III : IDENTIFICATION  
DES DANGERS ET ANALYSE DES  
RISQUES LIÉS AUX ZONES DE  
MATIERES CHAUDES**

### **III.1 Introduction**

Dans ce chapitre, nous présentons, une description technique de la zone de cuisson zone de la matière chaude, où il se produit une transformation physico-chimique de la farine crue en clinker. Nous identifions les risques dans ces zones en nous basant sur le questionnaire, et nous les analyserons à l'aide de la méthode de mesure de la pertinence avec élaboration d'une cartographie des risques de la matière chaude.

### **III.2 Description technique de la zone de cuisson**

La zone de cuisson se compose de :

1. La tour de préchauffage
2. Le four
3. Le refroidisseur

#### **III.2.1 Description de la tour de préchauffage**

La tour, encore appelée préchauffeur à suspension ou préchauffeur à cyclone est le lieu de l'échange amont, elle est composée par (figure III-1) :

- **ID Fan** : sa fonction principale
  - D'assurer l'échange thermique de la tour
  - D'assurer le tirage
  - D'assurer l'effet cyclonique de la tour
- **Tour de conditionnement** : qui collecte les poussières émanant de la tour de préchauffage
- **Air lift** : qui transport la matière vers la tour de préchauffage (alimentation)
- **Clapet d'alimentation** : un clapet automatique qui s'ouvre et se ferme automatiquement et qui alimente la tour par la matière crue, ce clapet est utilisé pour régler le débit du four.
- **Cyclones** : Le cyclone assure deux fonctions principales
  - L'échange thermique GAZ / MATIERE
  - La séparation GAZ / MATIERE après l'échange thermique
- **Conduite et double clapet** qui se trouve au-dessous de chaque cyclone

### CHAPITRE III : IDENTIFICATION DES DANGERS ET ANALYSE DES RISQUES LIES AUX ZONES DE MATIERES CHAUDES

- **Calcinateur** : Permet de décarbonater la matière à 95% avant son introduction dans le four.
- **Clapet diviseur** : pour répartir la matière entre alimentation four et boîte à fumée.
- **Analyseur des gaz** : Analyse les gaz (CO- CH<sub>4</sub>- O<sub>2</sub>- NOX)
- **Station de gaz** pour injection dans le calcinateur
- **Boîte a fumée** [1]
  - C'est un lieu de transit du gaz et de la matière.
  - C'est un point de :
    - Contrôle des températures et pression gaz.
    - Prélèvement des gaz et de la matière.
- **Les airs choc** : pour éliminer les colmatages et concrétions.

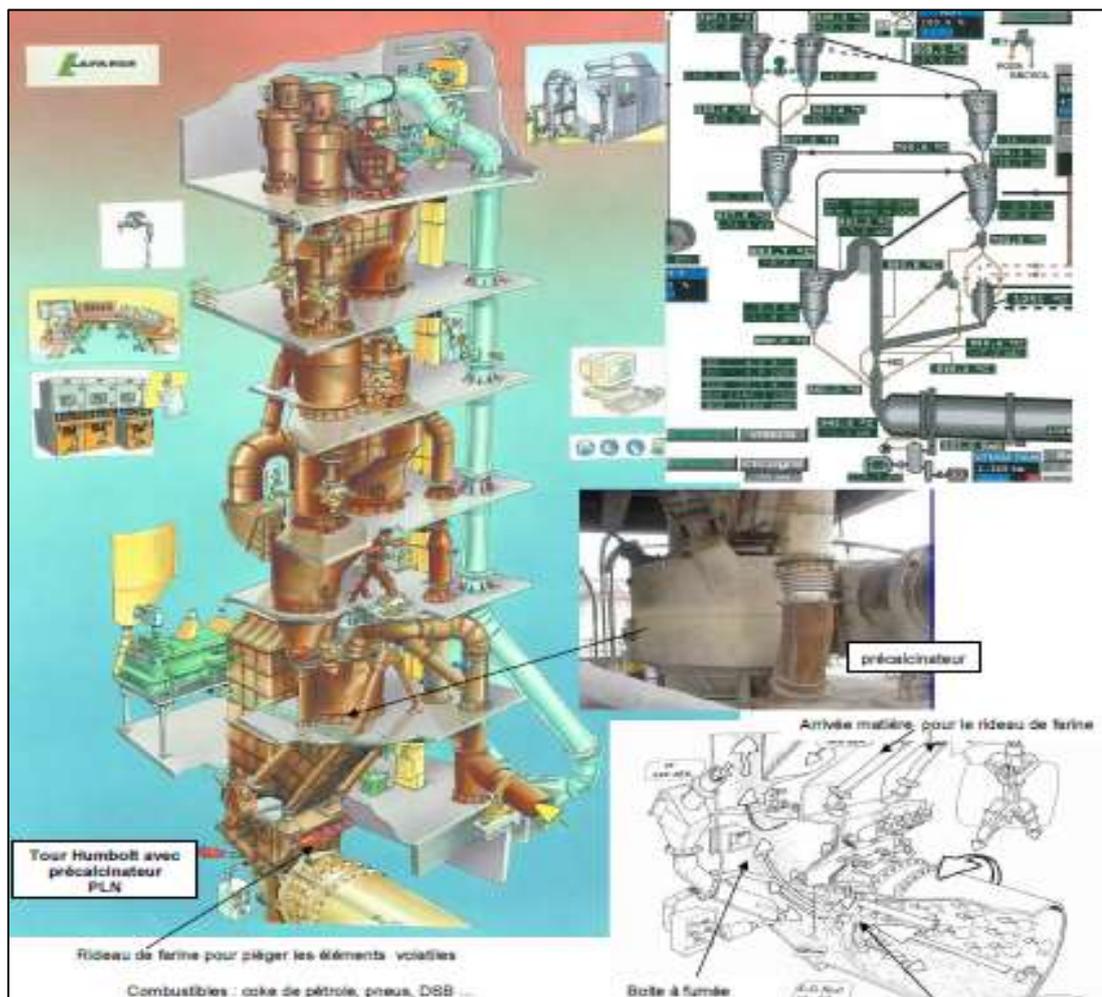


Figure III- 1 : Tour Humbolt avec précalcinateur [1]

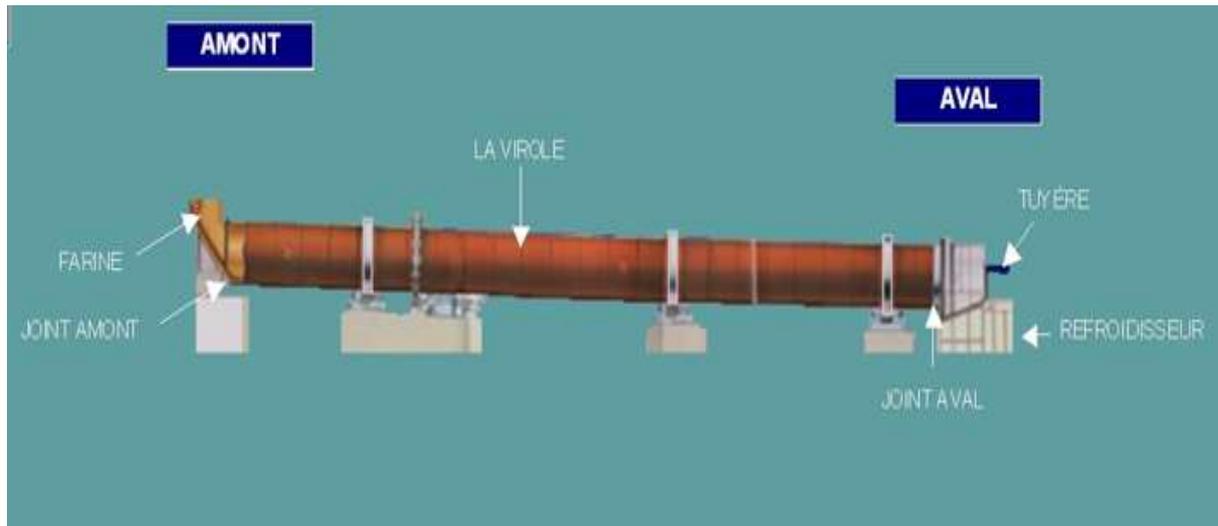
## CHAPITRE III : IDENTIFICATION DES DANGERS ET ANALYSE DES RISQUES LIES AUX ZONES DE MATIERES CHAUDES

---

### III.2.2 Description du four

Le four est un cylindre d'acier rotatif posé avec une inclinaison de 3 à 5% vers la sortie, il est composé de (figure III-2) :

- **Virole** : L'enveloppe externe du four.
- **Joint amont** : C'est un joint métallique pour la connexion entre la tour de préchauffage et la virole.
- **Bandages** : permettant au four de tourner en limitant les déformations de la virole qui sont dues :
  - Au poids de la virole et des réfractaires sur les appuis
  - A sa faible rigidité
  - A la distance entre les appuis
  - Aux températures élevées
- **Galets** : Les galets de support ou de roulement, qui tournent autour d'un axe supporté par des paliers solidaires d'un massif en béton.
- **Butée hydraulique** : est constituée d'un galet tournant autour d'un axe vertical qui s'appuie sur la face aval du « bandage amont ».
- **Joint aval** : joint métallique pour assurer la liaison entre la virole et le refroidisseur.
- **Moteur de commande** : La puissance consommée par le moteur pour faire tourner le four est de 100 à 500 kW.
- **Vireur** a pour rôle d'assurer une rotation lente du four, afin d'éviter la déformation de la virole, due à la chaleur, en cas d'indisponibilité du moteur principal.
- **Deux ventilateurs de refroidissement** au niveau des deux joints du four, première ventilateur pour joint amont et le deuxième ventilateur pour joint aval.
- **Brûleur** : Le brûleur a un rôle primordial dans la conception, la construction et le fonctionnement des fours :
  - Il fournit l'énergie thermique au four et à la charge ;
  - Il prépare la mise en contact du combustible et du comburant ;
  - Il provoque la circulation des gaz brûlés favorisant l'égalisation des températures dans l'enceinte.
  - Il crée une liaison entre le casing extérieur du four et les parois réfractaires qu'il traverse [13].



**Figure III- 2 : Structure du four [1]**

### **III.2.3 Description du refroidisseur**

Le refroidisseur est situé en aval du four, il est le lieu d'échanges thermiques, entre le clinker et l'air insufflé dans l'unité de cuisson.

Le refroidisseur se compose essentiellement de (figure III-3) :

- **Capot de chauffe** : C'est un caisson en tôle épaisse doublé intérieurement de réfractaire pour [1] :

- Protéger la tôle contre l'ABRASION par les poussières de clinker
- Réduire les déperditions calorifiques

- **Les airs choc** : résolvent des problèmes de colmatages se produisant dans les refroidisseurs à grilles.

- **Air-tertiaire** : conduit entre le capot de chauffe et le calcinateur pour récupérer les gaz chauds

- **Barre fixe et mobile** pour transporter le clinker dans le refroidisseur.

- **24 vérins hydraulique** qui poussent les barreaux pour le transport du clinker.

- **Grille de soufflage** pour refroidir le clinker.

- **8 ventilateurs de soufflage** pour le refroidissement du clinker.

- **Injecteur d'eau** : pour refroidir le clinker.

- **Caméra** pour contrôler l'entrée du refroidisseur

- **Electrofiltre avec ventilateur** pour le dégazage d'air et les poussières

- **Concasseur** : Pour permettre la manutention, les gros blocs de clinker sont fractionnés par un concasseur à marteaux.



Figure III- 3 : Refroidisseur SF Cross-Bar de La Couronne [1]

### III.3 Principe de transformation physico-chimique de la farine crue en clinker

La transformation cru – clinker est réalisé à des températures élevée le long de la ligne de cuisson. La figure III-4, illustre les différentes étapes de transformation dans la zone de cuisson.

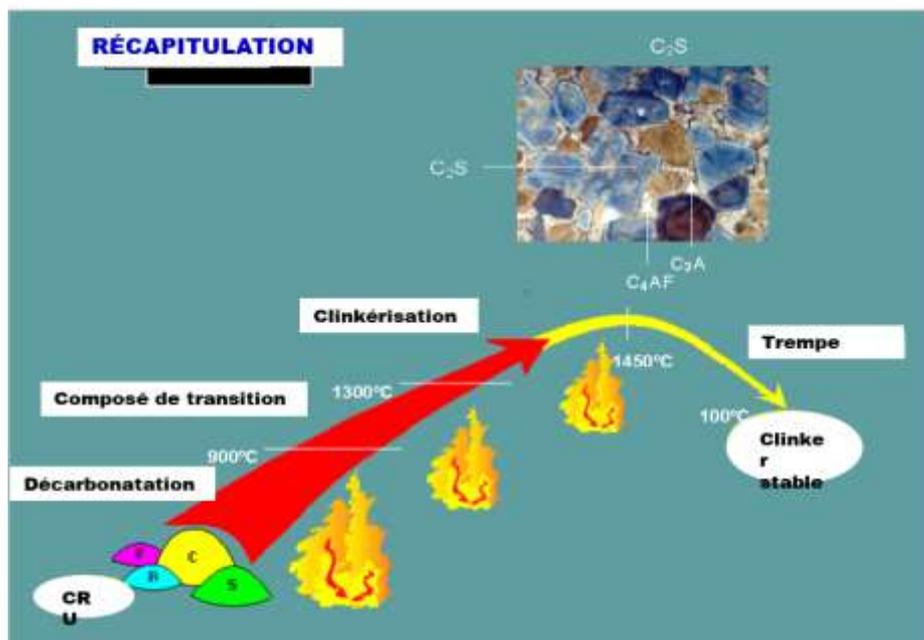


Figure III- 4 : Description de la zone de cuisson [1]

## CHAPITRE III : IDENTIFICATION DES DANGERS ET ANALYSE DES RISQUES LIES AUX ZONES DE MATIERES CHAUDES

La composition chimique de la farine crue est constituée essentiellement des éléments suivants :

1. S: SiO<sub>2</sub> (Silice)
2. A: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Alumine)
3. F : Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Oxyde de fer)
4. C : CaO (Chaux)

D'après la figure III-4, nous constatons :

- Avant 900 °C (Sortie de la tour)

A la sortie de la tour, la farine crue lorsqu'elle atteint la boîte à fumée - où la température est entre 900 °C et 1000 °C il se produit une décarbonatation de la farine crue selon la réaction suivante :



- Entre 900 °C - 1300 °C (Entrée jusqu'au milieu du four)

Dans cette étape, il y'a l'apparition de la phase liquide qui correspond à la formation de composés de transition et favorise les réactions de clinkérisation.

- 1300 °C - 1450 °C (du milieu jusqu'à la sortie du four) se produit la clinkérisation de la farine
- A 100 °C (Au niveau du refroidisseur)

Dans le refroidisseur, le clinker est stable, ses principaux éléments sont :

- ✓ C3S: 3 CaO + SiO<sub>2</sub>
- ✓ C2S :2 CaO + SiO<sub>2</sub>
- ✓ C3A: 3 CaO + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- ✓ C4AF:4 CaO + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

### III.4 Identification des dangers

#### III.4.1 Collecte des données

La récolte des données a été menée grâce à :

- Observation sur le terrain : cette approche nous a permis de nous informer au mieux de la réalité sur les mesures de prévention et de protection utilisées dans la société Lafarge Ciment Oggaz. Elle nous a permis également de faire l'inventaire des équipements de protection et de vérifier leur état.

## CHAPITRE III : IDENTIFICATION DES DANGERS ET ANALYSE DES RISQUES LIES AUX ZONES DE MATIERES CHAUDES

---

- Questionnaire : Cette méthode nous a fourni des informations générales sur les travailleurs et les données relatives aux mesures de sécurité au travail. Celle-ci consistait à poser aux employeurs des questions relatives aux zones des matières chaudes.

Le personnel qui a pris part au questionnaire :

- Chef de quart
- Rondier
- Electricien poste
- Responsable fabrication
- Chef secteur fabrication
- Ingénieur procédé
- Animateur sécurité

### III.4.2 Matrice d'évaluation

Nous avons identifié, à partir de l'observation et du questionnaire, les différents risques liés aux zones des matières chaudes et nous l'avons analysé. Les résultats du travail, qui traduisent avec exactitude les attentes, sont présentés dans le tableau d'analyse des risques de la méthode de mesure de la pertinence de l'annexe A.

Pour déterminer l'ampleur du risque, nous avons fait appel à une matrice d'évaluation (annuelle) des risques (tableau III-1).

Le risque généré par chaque danger est évalué en utilisant l'équation (1)

$$\text{Risque} = \text{Probabilité} \times \text{Gravité} \quad (1)$$

**CHAPITRE III : IDENTIFICATION DES DANGERS ET ANALYSE DES RISQUES  
LIES AUX ZONES DE MATIERES CHAUDES**

**Tableau III- 1 : Matrice d'évaluation des risques liés aux zones chaudes**

<b>Gravité</b>	Décès ou blessure invalidante	<b>Catastrophique</b>	5	10	15	20	25
	Traitement à l'hôpital	<b>Critique</b>	4	8	12	16	20
	Accident avec arrêt de travail	<b>Sévère</b>	3	6	9	12	15
	Blessures nécessitant des premiers soins	<b>Significative</b>	2	4	6	8	10
	Pas de blessure	<b>Mineur</b>	1	2	3	4	5
			<b>Extrêmement rare</b>	<b>Rare</b>	<b>Peu probable</b>	<b>Probable</b>	<b>Fréquent</b>
			1 fois par an	2 fois par an	3 fois par an	4 fois par an	5 fois par an
<b>Probabilité</b>							

### CHAPITRE III : IDENTIFICATION DES DANGERS ET ANALYSE DES RISQUES LIES AUX ZONES DE MATIERES CHAUDES

---

Tableau III- 2 : Niveau du risque liés aux zones chaudes

Évaluation du risque	Action et calendrier
20-25	<b>Inacceptable.</b> Le travail ne peut pas commencer. Des contrôles supplémentaires doivent être mis en place pour ramener la cote de risque à un niveau plus acceptable.
10-16	<b>Substantiel.</b> Des contrôles supplémentaires doivent être introduits à court terme.
5-9	<b>Modéré.</b> Si cela est raisonnablement possible, chercher à réduire le risque dans les 2 mois.
3-4	<b>Tolérable.</b> Si une action simple peut réduire davantage le risque à un coût faible ou nul, faites-le.
1-2	<b>Trivial.</b> Aucun risque significatif ; aucune action à prendre et le problème n'a pas besoin d'être enregistré.

### **III.5 Résultats de l'analyse des risques**

#### **III.5.1 Evaluation actuelle des risques dans la zone de matières chaudes**

Nous présentons les résultats obtenus de l'analyse des risques en prenant en compte les dispositions prises pour la maîtrise des risques existants au sein de la société LCO.

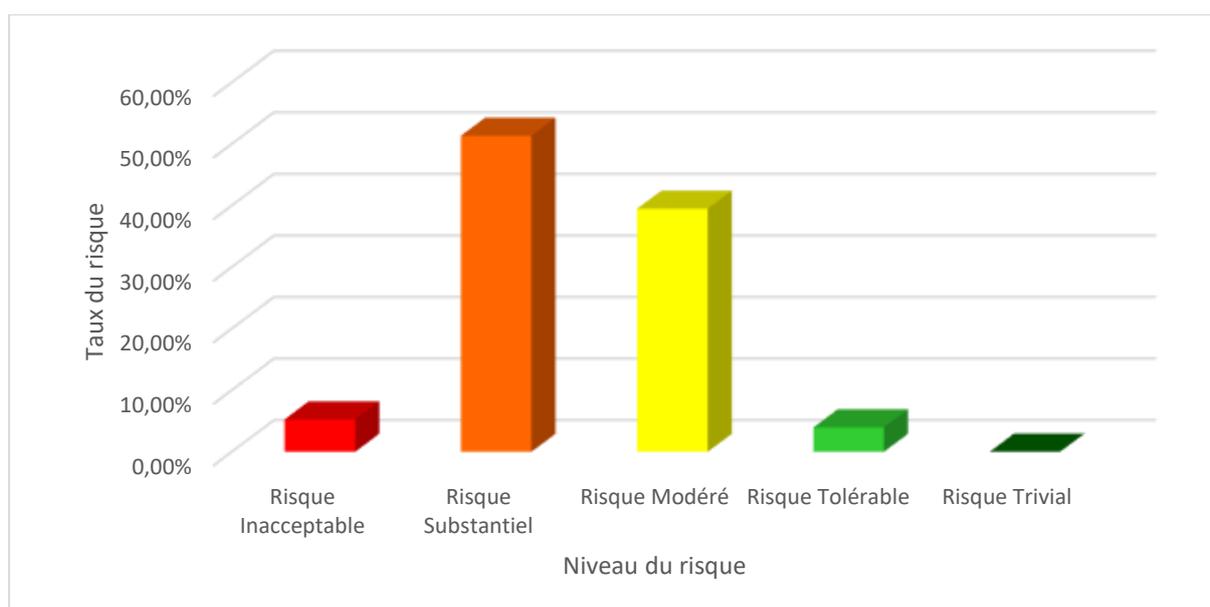
##### **III.5.1.1 Taux du risque en fonction de niveau du risque**

Le taux correspondant à chaque niveau de risque pour les zones des matières chaudes est indiqué dans le tableau III- 3.

**Tableau III- 3 : Taux du risque en fonction de niveau du risque**

<b>Niveau de risque</b>	<b>Nombre de risques</b>	<b>Taux (%)</b>
Risque Inacceptable	4	5,26
Risque Substantiel	39	51,32
Risque Modéré	30	39,47
Risque Tolérable	3	3,95
Risque Trivial	0	0,00
Total	76	100,00

La figure III- 5 illustre sous forme d'histogramme le taux du risque en fonction de niveau du risque dans la zone de matières chaudes.



**Figure III- 5 : Taux du risque en fonction de niveau du risque**

## CHAPITRE III : IDENTIFICATION DES DANGERS ET ANALYSE DES RISQUES LIES AUX ZONES DE MATIERES CHAUDES

---

La figure III-5 porte sur cinq niveaux du risque : risque inacceptable, risque substantiel, risque modéré, risque tolérable et risque trivial. L'échelle de graduation de l'axe vertical (coordonnée) est de 10 %.

Nous constatons que pour le risque inacceptable il est de 5.26%. Pour le risque substantiel le pourcentage passe à 51.32%, de 39.47% pour le risque modéré. Pour le risque tolérable le taux avoisine les 4 % et il est nul pour le risque trivial.

Il est clair que la plupart des risques liés aux matières chaudes entrent dans le niveau de risque substantiel estimé à plus de 51% et de 39,47% pour le risque modéré.

Le risque lié aux matières chaudes dans la zone de cuisson est très élevé, de sorte que le travailleur doit faire preuve de prudence au moment de l'intervention, et ce malgré l'existence de contrôles des risques.

Le risque inacceptable existe mais en faible proportion, ceci est dû à la mise en place des systèmes de détection automatisés pour la vérification et le contrôle du bon fonctionnement des équipements dans la zone de cuisson.

Le risque tolérable existe aussi mais en très faible proportion, ce qui montre que le danger est omniprésent dans la zone des matières chaudes.

### III.5.1.2 La cuisson

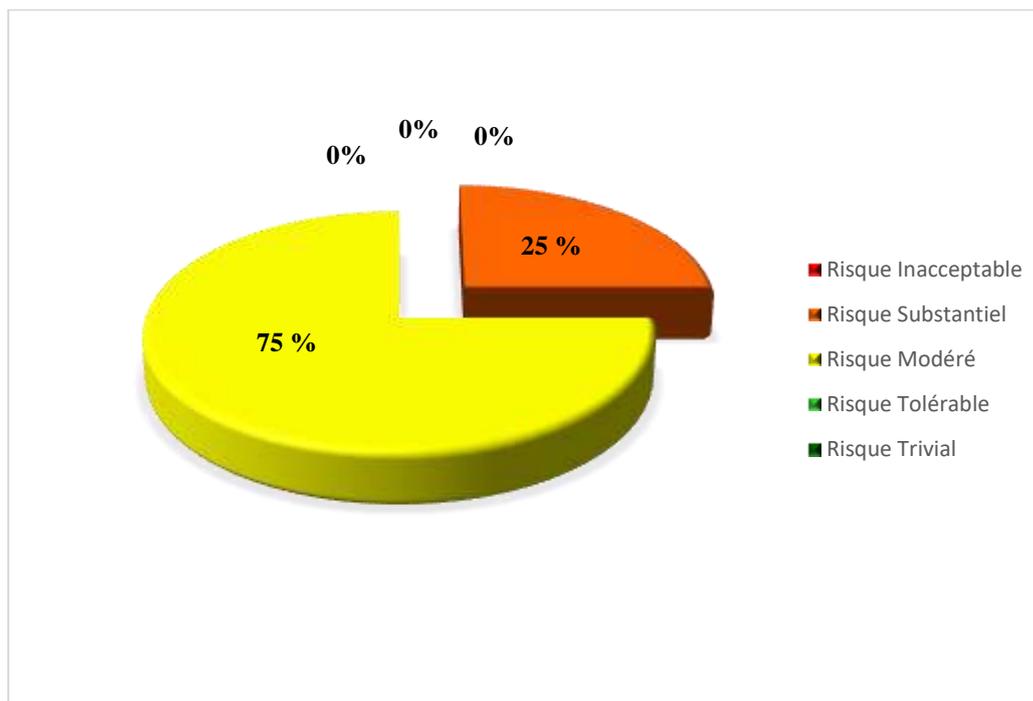
Le tableau III- 4 exprime le nombre de risques de matières chaudes distribués dans la zone de cuisson selon leur niveau de risque à laquelle ils appartiennent.

**Tableau III- 4 : Pourcentage de chaque niveau du risque dans la zone de cuisson**

Niveau de risque	Nombre de risques	Pourcentage (%)
Risque Inacceptable	0	0,00
Risque Substantiel	1	25,00
Risque Modéré	3	75,00
Risque Tolérable	0	0,00
Risque Trivial	0	0,00
Total	4	100,00

Les risques de matières chaudes dans la zone de cuisson selon leur niveau du risque sont illustrés à la figure III- 6

## CHAPITRE III : IDENTIFICATION DES DANGERS ET ANALYSE DES RISQUES LIES AUX ZONES DE MATIERES CHAUDES



**Figure III- 6 : Risques de matières chaudes dans la zone de cuisson selon leur niveau du risque**

Nous constatons que 25% des risques sont substantiels et 75% des risques sont modérés d'où la nécessité de les réduire à court terme par l'introduction par exemple des contrôles supplémentaires.

### III.5.1.3 Le four

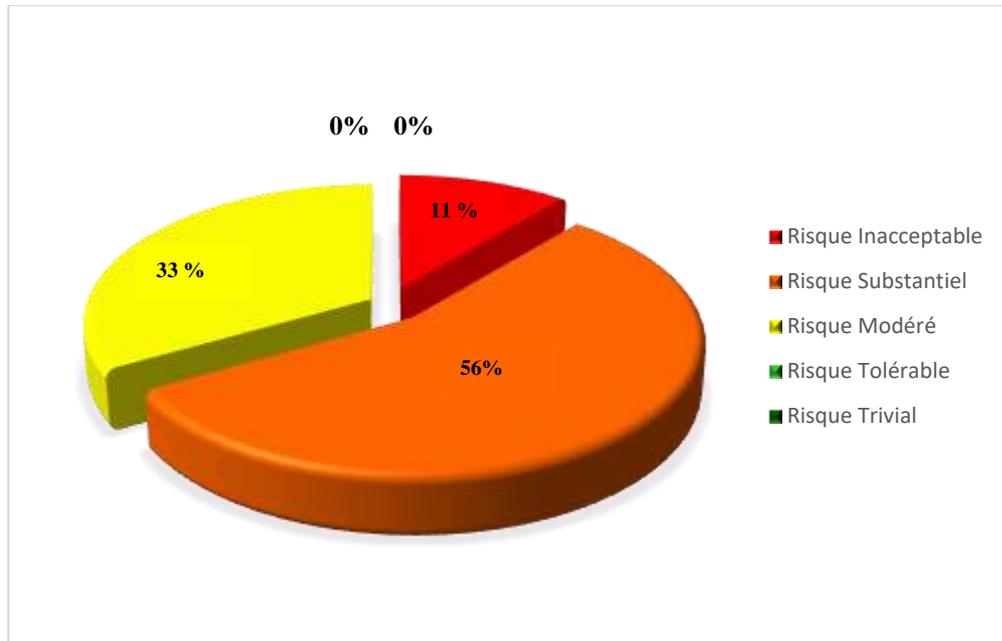
Le tableau III- 5 exprime le nombre de risques de matières chaudes distribués dans le four selon leur niveau de risque à laquelle ils appartiennent.

**Tableau III- 5 : Pourcentage de chaque niveau du risque dans le four**

Niveau de risque	Nombre de risques	Pourcentage (%)
Risque Inacceptable	1	11,00
Risque Substantiel	5	56,00
Risque Modéré	3	33,00
Risque Tolérable	0	0,00
Risque Trivial	0	0,00
Total	9	100,00

## CHAPITRE III : IDENTIFICATION DES DANGERS ET ANALYSE DES RISQUES LIES AUX ZONES DE MATIERES CHAUDES

Les risques de matières chaudes dans le four selon leur niveau du risque sont illustrés à la figure III- 7



**Figure III- 7 : Les risques de matières chaudes dans le four selon leur niveau du risque.**

Nous constatons que 56% des risques sont substantiels et 33% des risques sont modérés, d'où la nécessité de les réduire à court terme par l'introduction par exemple des contrôles supplémentaires. Le risque inacceptable représente 11% ce qui signifie que le travail ne peut pas commencer. Des contrôles supplémentaires doivent être mis en place pour ramener ce risque à un niveau plus acceptable.

### III.5.1.4 Le refroidisseur

Le tableau III- 6 exprime le nombre de risques de matières chaudes distribués dans le refroidisseur selon leur niveau de risque à laquelle ils appartiennent.

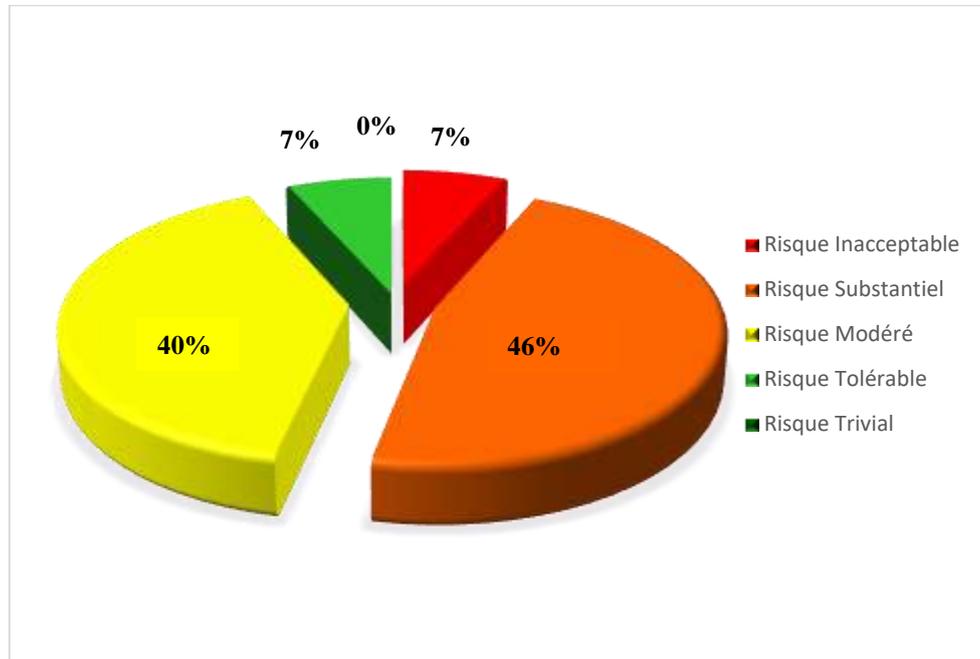
**Tableau III- 6 : Pourcentage de chaque niveau du risque dans le refroidisseur**

Niveau de risque	Nombre de risques	Pourcentage (%)
Risque Inacceptable	1	7,00
Risque Substantiel	7	46,00
Risque Modéré	6	40,00
Risque Tolérable	1	7,00
Risque Trivial	0	0,00
Total	15	100,00

## CHAPITRE III : IDENTIFICATION DES DANGERS ET ANALYSE DES RISQUES LIES AUX ZONES DE MATIERES CHAUDES

---

Les risques de matières chaudes dans le refroidisseur selon leur niveau du risque sont illustrés à la figure III- 8



**Figure III- 8 : Les risques de matières chaudes dans le refroidisseur selon leur niveau du risque.**

Nous constatons que 46% des risques sont substantiels et 40% des risques sont modérés, d'où la nécessité de le réduire à court terme par l'introduction par exemple des contrôles supplémentaires. Le risque inacceptable représente 7% ce qui signifie que le travail ne peut pas commencer. Des contrôles supplémentaires doivent être mis en place pour ramener ce risque à un niveau plus acceptable.

### II.5.1.5 La tour

Le tableau III- 7 exprime le nombre de risques de matières chaudes dans la tour selon leur niveau de risque à laquelle ils appartiennent.

### CHAPITRE III : IDENTIFICATION DES DANGERS ET ANALYSE DES RISQUES LIES AUX ZONES DE MATIERES CHAUDES

Tableau III- 7 : Pourcentage de chaque niveau du risque dans la tour

Niveau de risque	Nombre de risques	Pourcentage (%)
Risque Inacceptable	2	4,00
Risque Substantiel	26	54,00
Risque Modéré	18	38,00
Risque Tolérable	2	4,00
Risque Trivial	0	0,00
Total	48	100,00

Les risques de matières chaudes dans la tour selon leur niveau du risque sont illustrés à la figure III- 9

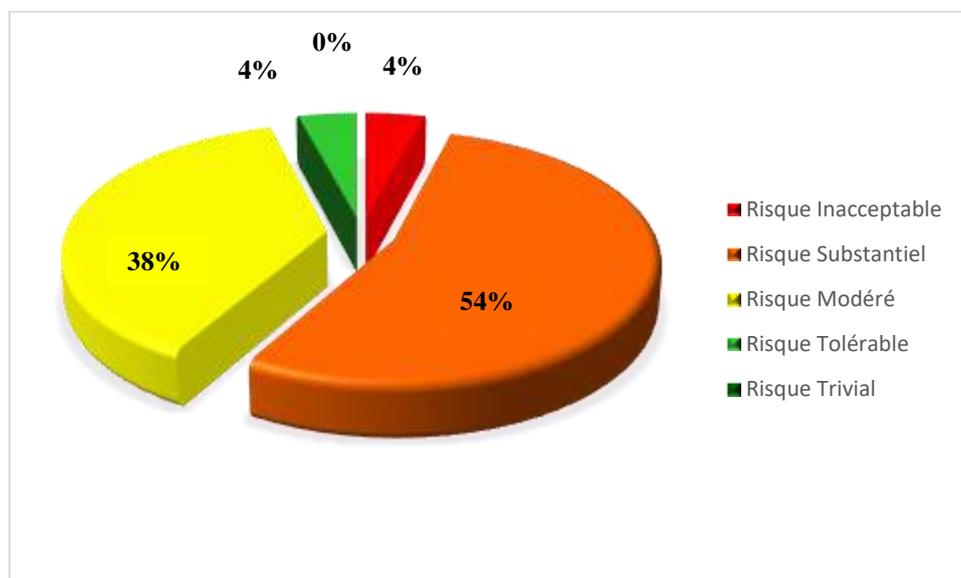


Figure III- 9 : Les risques de matières chaudes dans la tour selon leur niveau du risque.

Nous constatons que 54% des risques sont substantiels et 38% des risques sont modérés, d'où la nécessité de les réduire à court terme par l'introduction par exemple des contrôles supplémentaires malgré l'existence de contrôles des risques dans la zone de cuisson.

Le risque acceptable, à 4% est notamment dû aux mesures préventives en place, telles que l'utilisation des équipements de régulation automatisés. Le risque inacceptable représente 4% des contrôles supplémentaires doivent être mise en place pour ramener ce risque à un niveau plus acceptable.

## **CHAPITRE III : IDENTIFICATION DES DANGERS ET ANALYSE DES RISQUES LIES AUX ZONES DE MATIERES CHAUDES**

---

### **III.5.2 Réévaluation des risques dans la zone de matières chaudes**

Nous avons réévalué les risques en prenant en considération les contrôles supplémentaires en se basant sur la même matrice de risque.

Les contrôles supplémentaires que nous proposons pour la réduction du risque au niveau de la zone de matière chaude sont à titre indicatif :

#### **Dans la zone de Cuisson**

- Formation et sensibilisation
- Culture sécurité
- Inspection et maintenance périodique
- Nettoyage des matières chaudes après refroidissement par calcaire

#### **Dans la zone Four**

- Inspection et maintenance périodique
- Plan d'intervention spécifique
- Limitation et contrôle d'accès
- Procédé d'élimination de l'anneau formé d'un four rotatif à haute température en utilisant de la forstérite et du silicate de sodium

#### **Dans la zone Refroidisseur**

- Nettoyage de la matière chaude
- Vérification des rondiers
- Caméra de surveillance
- Mesure d'échantillonnage en continue avec une fréquence élevée

#### **Dans la zone Tour**

- Changement de fréquence de pulvérisation des airs chocs
- Fermeture des portes visites
- Contrôles périodique et vérification des clapets des cyclones
- Respecter la durée de vie de joint de la porte de visite cyclone
- Arrêt de four

## CHAPITRE III : IDENTIFICATION DES DANGERS ET ANALYSE DES RISQUES LIES AUX ZONES DE MATIERES CHAUDES

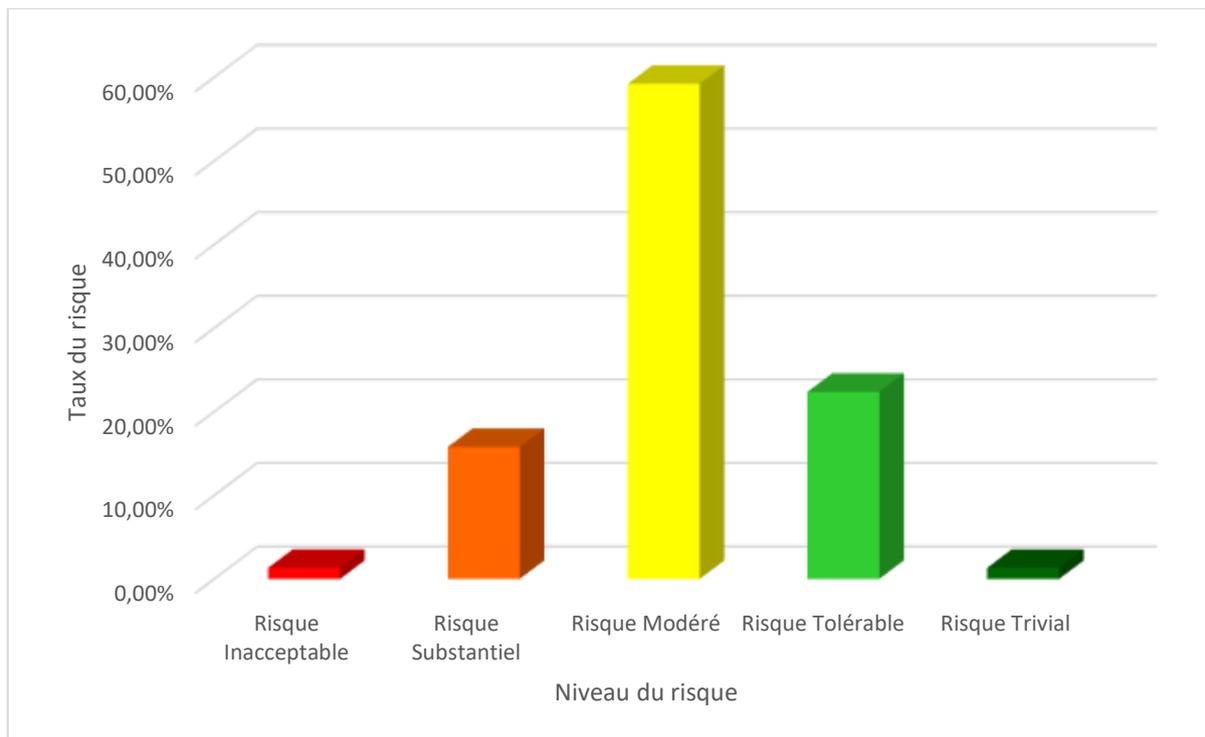
### III.5.2.1 Taux du risque en fonction de niveau du risque

Le taux correspondant à chaque niveau de risque pour les zones des matières chaudes est indiqué dans le tableau III- 8.

**Tableau III- 8 : Taux du risque en fonction de niveau du risque après la mise en place des contrôles supplémentaires**

Niveau de risque	Nombre de risques	Taux (%)
Risque Inacceptable	1	1,32
Risque Substantiel	12	15,78
Risque Modéré	45	59,21
Risque Tolérable	17	22,37
Risque Trivial	1	1,32
Total	76	100,00

La figure III- 10 illustre sous forme d'histogramme le taux du risque en fonction de niveau du risque dans la zone de matières chaudes.



**Figure III- 10 : Taux du risque en fonction de niveau du risque**

## CHAPITRE III : IDENTIFICATION DES DANGERS ET ANALYSE DES RISQUES LIES AUX ZONES DE MATIERES CHAUDES

Nous constatons que le niveau de risque substantiel et inacceptable a diminué respectivement de 35,54% et de 3,95% en instaurant des contrôles supplémentaires. Pour le risque modéré, il y a eu une augmentation importante d'où la nécessité de prendre ces mesures aux sérieux pour préserver le patrimoine industriel et la vie du personnel.

### III.5.2.2 Évaluation des risques dans les différentes zones de matières chaudes

Le tableau III- 9 exprime le nombre de risques de matières chaudes dans la cuisson, le four, le refroidisseur et la tour selon leur niveau de risque à laquelle ils appartiennent.

**Tableau III- 9 : Pourcentage de chaque niveau du risque dans la zone de matière chaude**

Zone	Cuisson		Four		Refroidisseur		Tour	
	Nombre de risques	Pourcentage (%)						
Risque Inacceptable	0	0	0	0	0	0	1	2
Risque Substantiel	0	0	1	11	3	20	8	17
Risque Modéré	1	25	6	67	9	60	29	60
Risque Tolérable	3	75	2	22	3	20	9	19
Risque Trivial	0	0	0	0	0	0	1	2
Total	4	100	9	100	15	100	48	100

Les risques de matières chaudes dans la cuisson, le four, le refroidisseur et la tour selon leur niveau du risque sont illustrés respectivement dans les figures III- 11, III- 12, III- 13 et III- 14.

### CHAPITRE III : IDENTIFICATION DES DANGERS ET ANALYSE DES RISQUES LIES AUX ZONES DE MATIERES CHAUDES

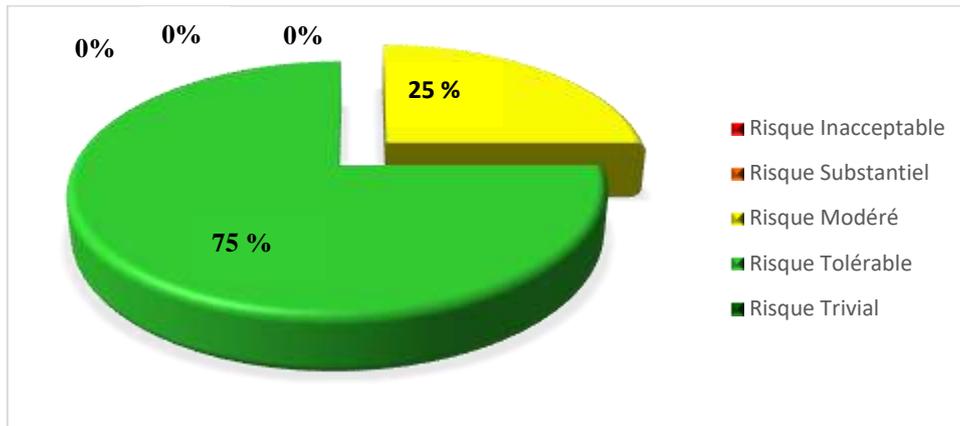


Figure III- 11 : Risques de matières chaudes dans la zone de cuisson selon leur niveau du risque.

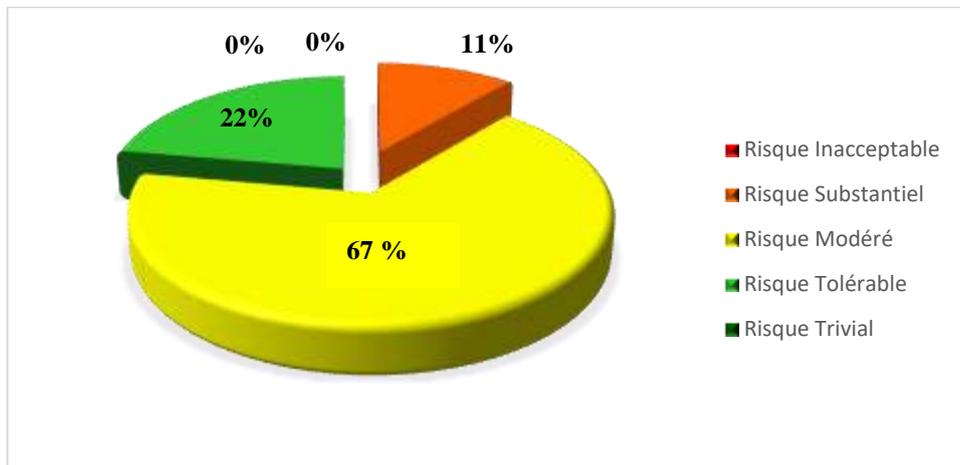


Figure III- 12: Les risques de matières chaudes dans le four selon leur niveau du risque.

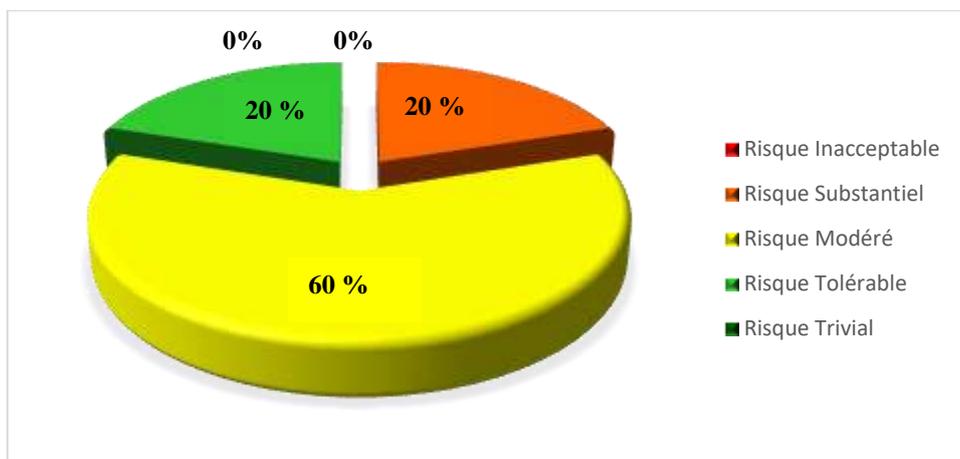
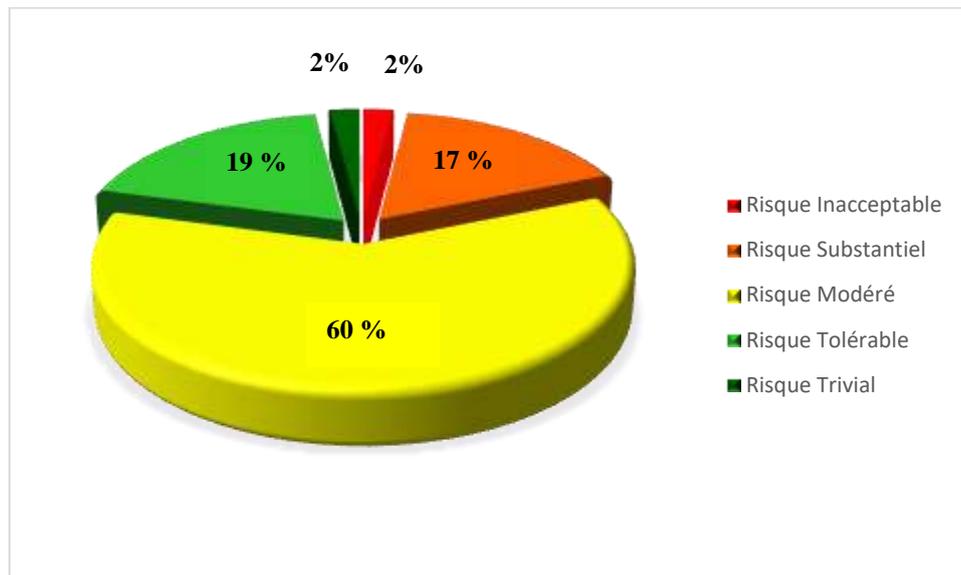


Figure III- 13 : Les risques de matières chaudes dans le refroidisseur selon leur niveau du risque.



**Figure III- 14 : Les risques de matières chaudes dans la tour selon leur niveau du risque.**

Après la mise en place des contrôles supplémentaire, nous constatons une diminution des risques inacceptables et substantiels et une augmentation de risque tolérable dans la cuisson, le four, le refroidisseur et la tour. Nous constatons aussi l'augmentation de risque modéré dans le four, le refroidisseur et la tour et apparition de risque trivial avec un pourcentage de 2%.

Nous pouvons conclure que les contrôles supplémentaires ont contribué à la réduction du risque de matières chaudes dans la cuisson, le four, le refroidisseur et la tour de préchauffage.

### **III.6 Cartographie des risques liés aux zones des matières chaudes**

#### **III.6.1 Définition de la cartographie des risques**

Une cartographie des risques est une représentation graphique de la probabilité d'occurrence et de l'impact d'un ou plusieurs risques. Les risques sont représentés de manière à identifier les risques les plus significatifs (probabilité et / ou impact là où le plus élevé) et les moins significatifs (probabilité et / ou impact là où le plus faible). Selon que l'analyse est réalisée de façon plus ou moins détaillée et approfondie, la cartographie des risques peut, soit représenter la probabilité et / ou l'impact global, soit intégrer un élément venant modifier la probabilité et / ou l'impact [14].

## **CHAPITRE III : IDENTIFICATION DES DANGERS ET ANALYSE DES RISQUES LIES AUX ZONES DE MATIERES CHAUDES**

---

### **III.6.2 Modalités de réalisation d'une cartographie des risques**

La construction et l'actualisation d'une cartographie des risques est un processus complexe nécessitant d'impliquer l'ensemble des mandataires sociaux au niveau international et les correspondants risk management par zone géographique.

La première étape consiste à identifier les micro-risques au niveau de chaque filiale, en partant de la sinistralité observée et en simulant d'autres risques potentiels affectant les centres de risque.

La deuxième étape consiste à agréger ces micro-risques en macro-risques, à la fois par unité d'affaires et par zone géographique à l'international, en faisant ressortir certaines spécificités (existence du risque politique, par exemple lié à certaines zones géographiques ; ou existence de risques spécifiques liés à chaque unité d'affaires).

La troisième étape permet la consolidation des méta-risques au niveau consolidé du groupe, en mettant en exergue les risques inacceptables nécessitant de déployer des outils de gestion de crise en cas de réalisation [15].

### **III.6.3 Présentation de la cartographie**

Nous avons élaboré cette cartographie des risques grâce à l'identification des dangers et analyse des risques liés aux zones des matières chaudes.

La cartographie (figure III- 15) est une représentation de la zone de cuisson c'est la zone de matières chaudes constitué par la tour de préchauffage, le four et le refroidisseur, elle nous permet de recenser les risques liés aux zones des matières chaudes.

### CHAPITRE III : IDENTIFICATION DES DANGERS ET ANALYSE DES RISQUES LIES AUX ZONES DE MATIERES CHAUDES

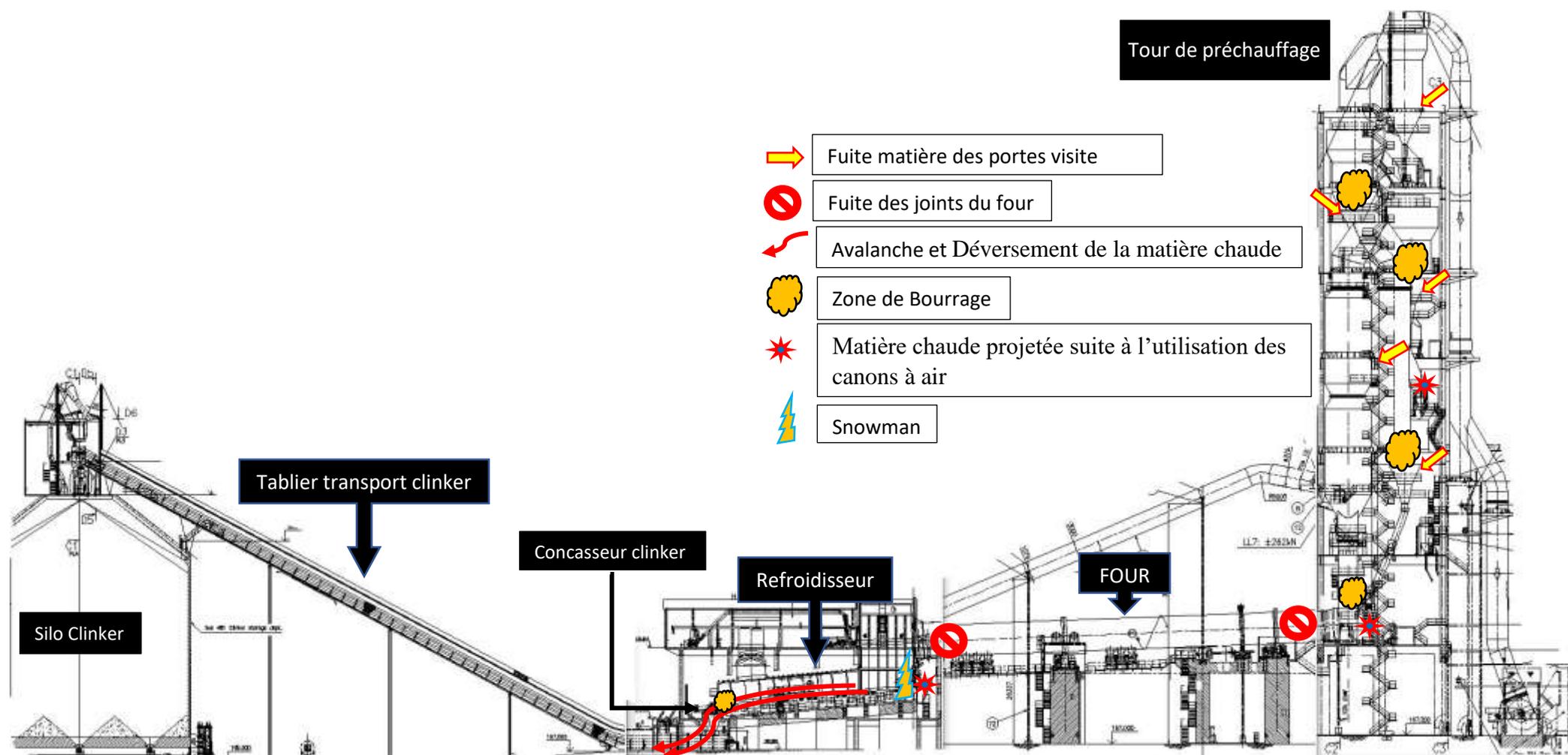


Figure III- 15 : Cartographie des risques dans la zone de matières chaudes

### **III.7 Conclusion**

L'identification et l'analyse des risques nous ont permis de conclure que tous les risques liés aux zones des matières chaudes sont importants et après discussion et réflexion avec l'équipe technique de Lafarge Cement Oggaz, nous avons retenu les principaux événements redoutés qui sont le bourrage cyclone, la fuite de matière chaude au niveau du joint amont, l'avalanche de matière chaude, la formation d'un Snow Man, le bourrage du concasseur. Ces événements feront l'objet d'une étude approfondie dans le chapitre IV par une analyse par arbre d'événement et une analyse par arbre de défaillance.

**CHAPITRE IV : ANALYSE DES  
RISQUES PAR ARBRE  
D'EVENEMENT ET ANALYSE  
PAR ARBRE DE DEFAILLANCE**

### IV.1 Introduction

La gestion des matières chaudes est une étape importante pour réduire les risques qui leurs sont liés. À cet effet, dans le présent chapitre, nous avons réalisé une analyse approfondie en utilisant deux méthodes d'analyse des risques : l'arbre des événements et l'arbre des défaillances pour identifier les risques de matières chaudes et les moyens de maîtrise au niveau de l'entreprise à savoir :

- Bourrage cyclone,
- Fuite de matière chaude au niveau du joint amont
- Avalanche de matière chaude,
- Formation d'un Snow Man,
- Bourrage du concasseur.

### IV.2 Études des événements redoutés

#### IV.2.1 La tour

##### IV.2.1.1 Bourrage cyclone

Le bourrage de cyclone est un événement fréquent qui perturbe l'ensemble de la ligne de cuisson. La détection de cette situation doit se faire le plus rapidement possible (figure IV-1).

À cet effet, la sonde  $\gamma$  (système de surveillance radiométrique) placée au fond du cyclone représente le moyen de détection le plus performant (figure IV-2).

Les différentes causes d'un bourrage de cyclone sont :

- **Clapet bloqué fermé** : ce qui résulte en une accumulation conséquente de matière dans le cyclone.
- **Interrompre du flux des matières**, nous citons à titre d'exemple : Chute de béton, de croûtage, de brique ou de colmatage.

#### Les conséquences de bourrage cyclone sont

- Mauvaise préparation de clinker,
- Arrêt de production,
- Atteinte humaine : Brûlure grave, décès,
- Libération des poussières.



**Figure IV- 1 : Conséquence du blocage du cyclone [1]**



**Figure IV- 2 : Emplacement de la Sonde gamma sur le cyclone [1]**

Les statistiques des accidents montrent que la plupart des accidents sont fréquemment dus à un blocage de cyclone. Il est nécessaire de renforcer les mesures préventives, en particulier :

- Vérifier le bon fonctionnement des clapets,
- En cas d'arrêt de longue durée, contrôler des éléments internes du cyclone,
- Régler la combustion au niveau du four,
- Élaboration d'un plan de déboufrage de cyclone.

## CHAPITRE IV : ANALYSE DES RISQUES PAR ARBRE D'ÉVÉNEMENT ET ANALYSE PAR ARBRE DE DÉFAILLANCE

### IV.2.1.2 Débouillage du cyclone

Le débouillage des cyclones est une opération très délicate et dangereuse. La figure IV-3 représente les différents moyens utilisés pour le débouillage du cyclone :

- Prévention :
  - Soufflage cyclique
- Détection :
  - Sonde gamma
  - Capteur de pression
- Actions
  - Canon à air,
  - Trous de ringardage,
  - Porte de visite.

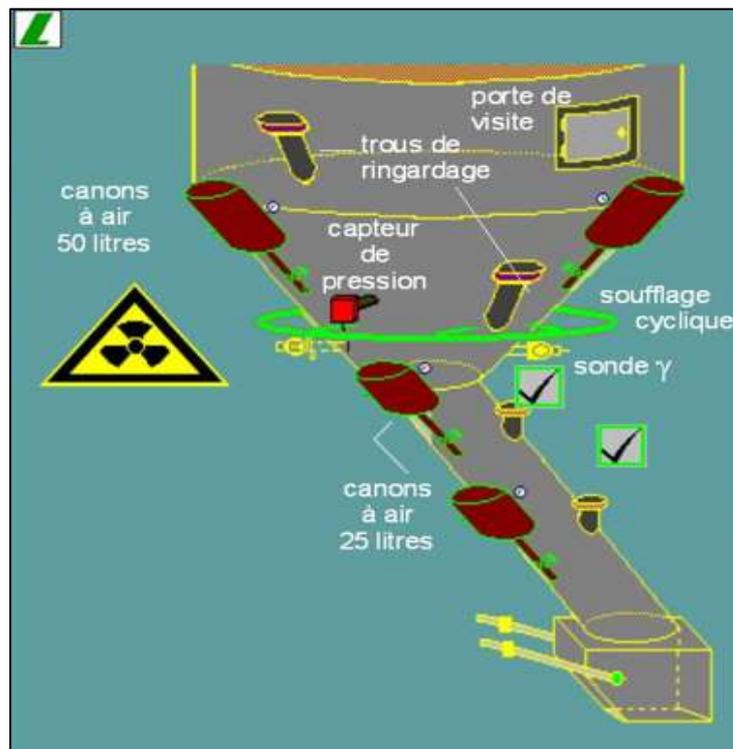


Figure IV- 3 : Les moyens utilisés pour prévenir le débouillage [1]

### IV.2.2 Le four : Fuite de matière chaude au niveau du joint amont

La fuite de matière chaude est due, par exemple, à une cuvette d'entrée du four endommagée, joints usés ou mal entretenus, à la formation d'un anneau à l'intérieur du four, au remplissage élevé du four, à des purges incontrôlées de la farine chaude.

## CHAPITRE IV : ANALYSE DES RISQUES PAR ARBRE D'ÉVÉNEMENT ET ANALYSE PAR ARBRE DE DÉFAILLANCE

La figure (4-4) représente un exemple de fuite de matière chaude au niveau du joint amont qui s'est produite dans le four.



**Figure IV- 4 : Fuite de matière chaude au niveau du joint amont à Lafarge Ciment Oggaz**

Parmi les conséquences de fuite de matière chaude au niveau du joint amont :

- Déformation de la virole,
- Perte de matière,
- Atteinte humaine : Brûlures,
- Arrêt de production.

Dans le four, il y a deux phénomènes principaux qui peuvent provoquer des risques liés aux matières chaudes susceptibles de se présenter dans le refroidisseur : le décroûtage et chute d'anneau.

### **1- Le décroûtage**

Le décroûtage est la chute du croûtage, dont la cause principale est le choc thermique. L'apparition de la phase liquide provoque un accrochage du clinker en formation sur le brique réfractaire, tout le long de la zone : c'est un croûtage.

La figure IV-5 montre la formation d'un croûtage dans le four. En effet, il est nécessaire pour protéger les briques et maintenir la chaleur. Lorsqu'une grande quantité se forme et tombe

## CHAPITRE IV : ANALYSE DES RISQUES PAR ARBRE D'ÉVÉNEMENT ET ANALYSE PAR ARBRE DE DÉFAILLANCE

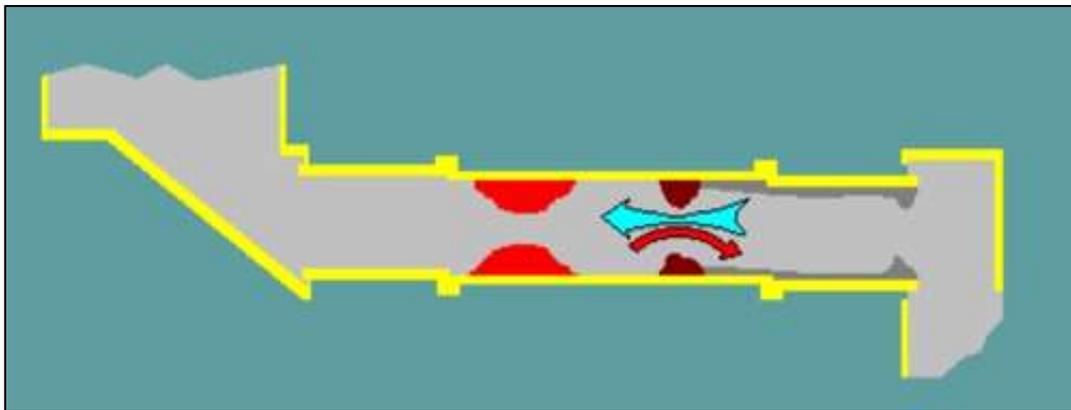
(décroûtage), il en résulte un bourrage dans l'entrée du refroidisseur sortie du four ou bourrage du concasseur.



**Figure IV- 5 : Croûtage dans le four [1]**

### 2- Chute d'anneau

Un anneau est le résultat d'un collage excessif d'une partie de la matière à la paroi dans certaines zones du four (figure IV-6).



**Figure IV- 6 : Formation d'anneau à l'intérieur du four [1]**

Un scanner du four (figure IV-7) permet de contrôler le croûtage et de détecter la formation d'un anneau afin d'éviter le bourrage des chutes à la sortie du refroidisseur, les chutes à la sortie du four et le bourrage du concasseur et aussi pour prévenir une avalanche de la matière chaude.

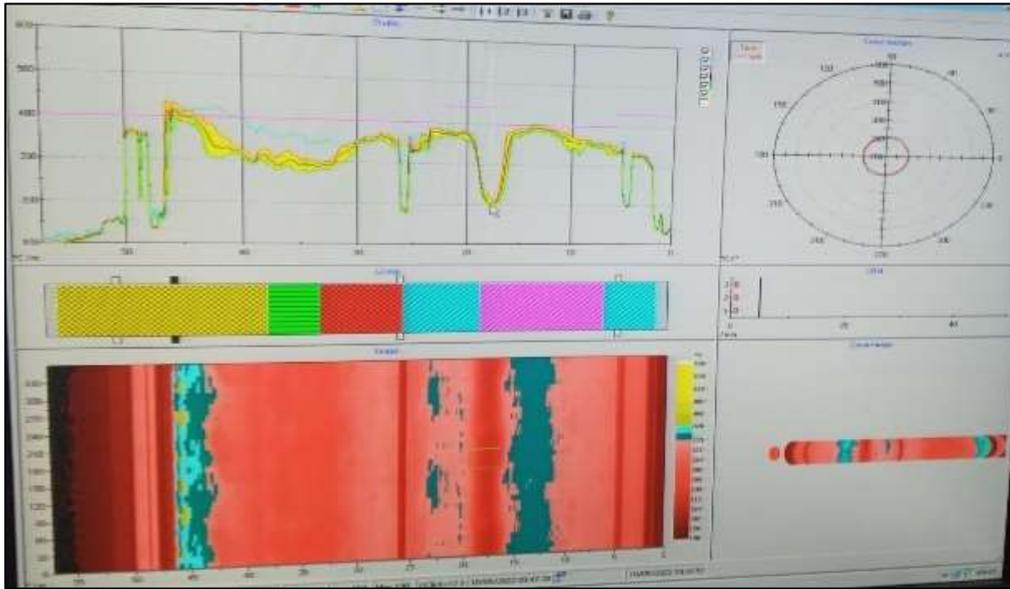


Figure IV- 7 : Scanner du four

### IV.2.3 Le refroidisseur

#### IV.2.3.1 Avalanche de matière chaude

L'avalanche de la matière chaude est une grande quantité de matière qui se déplace à une vitesse très rapide. Elle est due non seulement à la chute d'anneau, mais aussi à refroidissement du four et blocage de cyclone.

#### Les conséquences d'avalanche de matière chaude

- Bourrage dans la sortie du four,
- Bourrage dans le concasseur,
- Endommagement des câbles électriques et les capteurs de température.
- Atteinte humaine : Brûlures graves

#### IV.2.3.2 Formation d'un Snow Man

Un Snow Man (Figure IV-8) est un type d'accumulation formé au niveau de jeté du four. En général, il est causé par :

- Augmentation de la phase liquide
- Arrêt des grilles du refroidisseur
- Arrêt des airs choc du refroidisseur
- Arrêt de ventilateur orienté vers jeté de four



**Figure IV- 8 : Snow Man dans le refroidisseur à grille [16]**

#### **Les conséquences de formation d'un Snow Man**

- Endommagement des grilles du refroidisseur,
- Usure accélérée des marteaux du concasseur,
- Brûlures.

#### **IV.2.3.3 Bourrage du concasseur**

En cas de surcuisson, des boules de clinker, bloquent l'évacuation du clinker sortant de la dernière grille. Il en résulte une accumulation de clinker au-dessus des dernières chambres.

#### **Les conséquences de bourrage du concasseur sont :**

- Usure accélérée des marteaux du concasseur,
- Déchirure des courroies de la commande,
- Déformation des godets du tablier métallique,
- Atteinte humaine : Brûlures.

### **IV.3 Analyse par arbre d'événement (AdE)**

La méthode de l'arbre d'événement (AdE) permet d'identifier et d'évaluer des séquences d'événements. Les barrières de sécurité et leurs fonctions doivent être identifiées en leurs affectant des probabilités de défaillances.

La démarche générale utilisée pour l'analyse par arbre d'événement est la suivante :

- ✚ Définir l'événement initiateur à considérer,

## CHAPITRE IV : ANALYSE DES RISQUES PAR ARBRE D'ÉVÉNEMENT ET ANALYSE PAR ARBRE DE DÉFAILLANCE

- ✚ Identifier les barrières de sécurité et leurs fonctions,
- ✚ Construire l'arbre,
- ✚ Décrire et exploiter les séquences d'événements identifiées.

### IV.3.1 Définition des événements redoutés

La méthode d'arbre d'événement est appliquée aux événements redoutés suivants :

- Bourrage cyclone,
- Fuite de matière chaude au niveau du joint amont,
- Avalanche de matière chaude,
- Formation d'un Snow Man,
- Bourrage du concasseur.

Les probabilités d'occurrences de chaque événement redouté (ER), ont été établies sur la base du retour d'expérience. Les valeurs sont données dans le tableau IV-1.

**Tableau IV- 1 : Probabilité d'occurrence de chaque événement redouté**

Evènement redouté	Probabilité d'occurrence
Bourrage cyclone	$6.34 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$
Fuite de matière chaude au niveau du joint amont	$1.27 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$
Avalanche de matière chaude	$3.17 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$
Formation d'un Snow Man	$3.17 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$
Bourrage du concasseur	$3.17 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$

### IV.3.2 Identification des barrières de sécurité et leurs probabilités de défaillances

Les probabilités de défaillance des équipements et les barrières de sécurité, ont été déterminées sur la base du retour d'expérience. Les valeurs sont données dans le tableau IV-2.

## CHAPITRE IV : ANALYSE DES RISQUES PAR ARBRE D'ÉVÉNEMENT ET ANALYSE PAR ARBRE DE DÉFAILLANCE

Tableau IV- 2 : Probabilité de défaillance des barrières

Code	Barrières	Probabilité de défaillance
B1	Capteur de pression (cyclone)	$6.34 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$
B2	Capteur de température (cyclone)	$9.51 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$
B3	Sonde gamma (cyclone)	$0 \text{ s}^{-1}$
B4	Alarme sonore (cyclone)	$6.34 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$
B5	Capteur de température (four)	$6.34 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$
B6	Caméra thermique	$6.34 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$
B7	Alarme joint amont	$3.81 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$
B8	Alarme sonore (refroidisseur)	$2.54 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$
B9	Capteur de l'intensité de courant (Grille de transport)	$3.17 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$
B10	Capteur de l'intensité de courant (Ventilateur de refroidissement)	$1.27 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$
B11	Capteur de l'intensité de courant (Moteur du concasseur)	$5.71 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$

### IV.3.3 Construction de l'arbre

#### IV.3.3.1 ER « Bourrage cyclone »

L'arbre d'événement de « Bourrage cyclone » est représenté dans la figure (B.1) de l'annexe B.

La probabilité d'occurrence de l'ER « Bourrage Cyclone » est égale à :  $6.34 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$

Le calcul de la probabilité d'apparition des conséquences pour « Bourrage Cyclone »

$$\begin{aligned}
 P(C1) &= P \text{ Bourrage du Cyclone} \times (1-PB1) \times (1-PB2) \times (1-PB3) \times (1-PB4) &&= 6.34 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1} \\
 P(C2) &= P \text{ Bourrage du Cyclone} \times (1-PB1) \times (1-PB2) \times (1-PB3) \times PB4 &&= 4.02 \times 10^{-15} \text{ s}^{-1} \\
 P(C3) &= P \text{ Bourrage du Cyclone} \times (1-PB1) \times (1-PB2) \times PB3 \times (1-PB4) &&= 0 \text{ s}^{-1} \\
 P(C4) &= P \text{ Bourrage du Cyclone} \times (1-PB1) \times (1-PB2) \times PB3 \times PB4 &&= 0 \text{ s}^{-1} \\
 P(C5) &= P \text{ Bourrage du Cyclone} \times (1-PB1) \times PB2 \times (1-PB3) \times (1-PB4) &&= 6.03 \times 10^{-15} \text{ s}^{-1} \\
 P(C6) &= P \text{ Bourrage du Cyclone} \times (1-PB1) \times PB2 \times (1-PB3) \times PB4 &&= 3.82 \times 10^{-22} \text{ s}^{-1} \\
 P(C7) &= P \text{ Bourrage du Cyclone} \times (1-PB1) \times PB2 \times PB3 \times (1-PB4) &&= 0 \text{ s}^{-1} \\
 P(C8) &= P \text{ Bourrage du Cyclone} \times (1-PB1) \times PB2 \times PB3 \times PB4 &&= 0 \text{ s}^{-1} \\
 P(C9) &= P \text{ Bourrage du Cyclone} \times PB1 \times (1-PB2) \times (1-PB3) \times (1-PB4) &&= 4.02 \times 10^{-15} \text{ s}^{-1}
 \end{aligned}$$

## CHAPITRE IV : ANALYSE DES RISQUES PAR ARBRE D'ÉVÉNEMENT ET ANALYSE PAR ARBRE DE DÉFAILLANCE

---

$P(C10) = P \text{ Bourrage du Cyclone} \times PB1 \times (1-PB2) \times (1-PB3) \times PB4$	$= 2.55 \times 10^{-22} \text{ s}^{-1}$
$P(C11) = P \text{ Bourrage du Cyclone} \times PB1 \times (1-PB2) \times PB3 \times (1-PB4)$	$= 0 \text{ s}^{-1}$
$P(C12) = P \text{ Bourrage du Cyclone} \times PB1 \times (1-PB2) \times PB3 \times PB4$	$= 0 \text{ s}^{-1}$
$P(C13) = P \text{ Bourrage du Cyclone} \times PB1 \times PB2 \times (1-PB3) \times (1-PB4)$	$= 3.82 \times 10^{-22} \text{ s}^{-1}$
$P(C14) = P \text{ Bourrage du Cyclone} \times PB1 \times PB2 \times (1-PB3) \times PB4$	$= 2.42 \times 10^{-29} \text{ s}^{-1}$
$P(C15) = P \text{ Bourrage du Cyclone} \times PB1 \times PB2 \times PB3 \times (1-PB4)$	$= 0 \text{ s}^{-1}$
$P(C16) = P \text{ Bourrage du Cyclone} \times PB1 \times PB2 \times PB3 \times PB4$	$= 7.27 \times 10^{-29} \text{ s}^{-1}$

### IV.3.3.2 ER « Fuite de matière chaude au niveau du joint amont »

L'arbre d'événement de « Fuite de matière chaude au niveau du joint amont » est représenté dans la figure (B.2) de l'annexe B.

La probabilité d'occurrence de l'ER « Fuite de matière chaude au niveau du joint amont » est égale à :  $1.27 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$

Le calcul de la probabilité d'apparition des conséquences pour « Fuite de matière chaude au niveau du joint amont »

$P(C1) = P \text{ Fuite de matière chaude au niveau du joint amont} \times (1-PB5) \times (1-PB6) \times (1-PB7)$	$= 1.27 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$
$P(C2) = P \text{ Fuite de matière chaude au niveau du joint amont} \times (1-PB5) \times (1-PB6) \times PB7$	$= 4.84 \times 10^{-14} \text{ s}^{-1}$
$P(C3) = P \text{ Fuite de matière chaude au niveau du joint amont} \times (1-PB5) \times PB6 \times (1-PB7)$	$= 8.05 \times 10^{-15} \text{ s}^{-1}$
$P(C4) = P \text{ Fuite de matière chaude au niveau du joint amont} \times (1-PB5) \times PB6 \times PB7$	$= 3.07 \times 10^{-21} \text{ s}^{-1}$
$P(C5) = P \text{ Fuite de matière chaude au niveau du joint amont} \times PB5 \times (1-PB6) \times (1-PB7)$	$= 8.05 \times 10^{-15} \text{ s}^{-1}$
$P(C6) = P \text{ Fuite de matière chaude au niveau du joint amont} \times PB5 \times (1-PB6) \times PB7$	$= 3.07 \times 10^{-21} \text{ s}^{-1}$
$P(C7) = P \text{ Fuite de matière chaude au niveau du joint amont} \times PB5 \times PB6 \times (1-PB7)$	$= 5.10 \times 10^{-22} \text{ s}^{-1}$
$P(C8) = P \text{ Fuite de matière chaude au niveau du joint amont} \times PB5 \times PB6 \times PB7$	$= 1.94 \times 10^{-28} \text{ s}^{-1}$

### IV.3.3.3 ER « Avalanche de matière chaude »

L'arbre d'événement de « Avalanche de matière chaude » est représenté dans la figure (B.3) de l'annexe B.

La probabilité d'occurrence de l'ER « Avalanche de la matière chaude » est égale à :  $3.17 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$

Le calcul de la probabilité d'apparition des conséquences pour « Avalanche de matière chaude »

## CHAPITRE IV : ANALYSE DES RISQUES PAR ARBRE D'ÉVÉNEMENT ET ANALYSE PAR ARBRE DE DÉFAILLANCE

---

$$\begin{aligned} P(C1) &= P \text{ Avalanche de matière chaude} \times (1-PB6) \times (1-PB8) &= 3.17 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1} \\ P(C2) &= P \text{ Avalanche de matière chaude} \times (1-PB6) \times PB8 &= 8.05 \times 10^{-15} \text{ s}^{-1} \\ P(C3) &= P \text{ Avalanche de matière chaude} \times PB6 \times (1-PB8) &= 2.01 \times 10^{-15} \text{ s}^{-1} \\ P(C4) &= P \text{ Avalanche de matière chaude} \times PB6 \times PB8 &= 5.10 \times 10^{-22} \text{ s}^{-1} \end{aligned}$$

### IV.3.3.4 ER « Formation d'un Snow Man »

L'arbre d'événement de « Formation d'un Snow Man » est représenté dans la figure (B.4) de l'annexe B.

La probabilité d'occurrence de l'ER « Formation d'un Snow Man » est égale à :

$$3.17 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$$

Le calcul de la probabilité d'apparition des conséquences pour « Formation d'un Snow Man »

$$\begin{aligned} P(C1) &= P \text{ Formation d'un Snowman} \times (1-PB9) \times (1-PB10) \times (1-PB8) &= 3.17 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1} \\ P(C2) &= P \text{ Formation d'un Snowman} \times (1-PB9) \times (1-PB10) \times PB8 &= 8.05 \times 10^{-15} \text{ s}^{-1} \\ P(C3) &= P \text{ Formation d'un Snowman} \times (1-PB9) \times PB10 \times (1-PB8) &= 4.03 \times 10^{-15} \text{ s}^{-1} \\ P(C4) &= P \text{ Formation d'un Snowman} \times (1-PB9) \times PB10 \times PB8 &= 1.02 \times 10^{-21} \text{ s}^{-1} \\ P(C5) &= P \text{ Formation d'un Snowman} \times PB9 \times (1-PB10) \times (1-PB8) &= 1.00 \times 10^{-15} \text{ s}^{-1} \\ P(C6) &= P \text{ Formation d'un Snowman} \times PB9 \times (1-PB10) \times PB8 &= 2.55 \times 10^{-22} \text{ s}^{-1} \\ P(C7) &= P \text{ Formation d'un Snowman} \times PB9 \times PB10 \times (1-PB8) &= 1.28 \times 10^{-22} \text{ s}^{-1} \\ P(C8) &= P \text{ Formation d'un Snowman} \times PB9 \times PB10 \times PB8 &= 3.24 \times 10^{-29} \text{ s}^{-1} \end{aligned}$$

### IV.3.3.5 ER « Bourrage du concasseur »

L'arbre d'événement de « Bourrage du concasseur » est représenté dans la figure (B.5) de l'annexe B.

La probabilité d'occurrence de l'ER « Bourrage du concasseur » est égale à :  $3.17 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$

Le calcul de la probabilité d'apparition des conséquences pour « Bourrage du concasseur »

$$\begin{aligned} P(C1) &= P \text{ Bourrage du concasseur} \times (1-PB11) \times (1-PB8) &= 3.17 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1} \\ P(C2) &= P \text{ Bourrage du concasseur} \times (1-PB11) \times PB8 &= 8.05 \times 10^{-15} \text{ s}^{-1} \\ P(C3) &= P \text{ Bourrage du concasseur} \times PB11 \times (1-PB8) &= 1.81 \times 10^{-14} \text{ s}^{-1} \\ P(C4) &= P \text{ Bourrage du concasseur} \times PB11 \times PB8 &= 4.6 \times 10^{-21} \text{ s}^{-1} \end{aligned}$$

## **CHAPITRE IV : ANALYSE DES RISQUES PAR ARBRE D'ÉVÉNEMENT ET ANALYSE PAR ARBRE DE DÉFAILLANCE**

---

### **IV.3.3.6 Interprétation des résultats**

Suite à la construction des arbres d'événements, les probabilités d'occurrence des conséquences finales pour chaque événement dangereux ont été calculées. Nous constatons que toutes les conséquences de chaque événement sont importantes en particulier l'arrêt du four. Dans ce cas, l'usine subit des pertes en volumes de production qui sont estimées à environ 260 t/h de clinker gris et 64 t/h de clinker blanc, ce qui signifie des pertes économiques considérables.

### **IV.4 Analyse par arbre de défaillance (AdD)**

L'application de l'arbre de défaillance permet de déterminer les causes intermédiaires et initial de chaque événement redouté.

#### **IV.4.1 ER « Bourrage cyclone »**

L'arbre de défaillance de « Bourrage cyclone » est représenté dans la figure IV-10.

L'événement redouté « Bourrage cyclone » est causé par cinq événements intermédiaires via la porte logique OU. Il s'agit des concrétions, du colmatage, du débriquetage, de la chute de jupe cyclone et du clapet bloqué en position fermé.

On commence par rechercher les causes de concrétions :

- Température variable dans la tour,
- Problème de matière,
- Arrêt successif de l'atelier cuisson.

Pour l'événement intermédiaire « Température variable dans la tour » ces causes sont :

- Défaillance première : problème de combustion du gaz,
- Défaillance secondaire : problème de matière.

Pour l'événement intermédiaire « problème de matière », les causes principales sont considérées comme étant des événements de base et sont dues à un problème d'homogénéisation : dans la carrière, dans le hall de stockage, dans le doseur, dans l'atelier cru et dans le silo.

Parmi les causes de l'événement intermédiaire « arrêt successif de l'atelier cuisson », nous citons, en l'occurrence :

- Défaillance première : coupure électrique, c'est un événement de base.

## CHAPITRE IV : ANALYSE DES RISQUES PAR ARBRE D'ÉVÉNEMENT ET ANALYSE PAR ARBRE DE DÉFAILLANCE

---

- Défaillance secondaire : moteur grillé, c'est un événement de base.
- Défaillance troisième : chute de tension, c'est un événement de base.

Nous avons développé la branche de l'arbre « colmatage », les causes suivantes et qui sont des événements de base sont :

- Le profil thermique de la tour,
- Volatilisation des alcalins,
- Fuite de poussière dans la tour.

Nous avons développé aussi la branche « Débriquetage », avoir les mêmes événements intermédiaires et de base de concrétions qui ont déjà été développées précédemment.

Pour la branche « chute de jupe cyclone », les causes, qui sont des événements de base, sont :

- Défaillance première : défaut de fabrication.
- Défaillance secondaire : mal entretenu.
- Défaillance tertiaire : non-respect de la durée de vie.

Et pour la dernière branche « clapet bloqué en position fermé », ces événements intermédiaires colmatage et défaut mécanique considéré un événement de base.

D'après l'arbre de défaillance de « Bourrage cyclone », parmi les principaux événements de base, des problèmes liés à l'homogénéisation : dans la carrière, dans le hall de stockage, dans le doseur, dans l'atelier cru et dans le silo. Nous pouvons dire d'une manière générale que le problème de matière est la cause principale du bourrage du cyclone comme représenté sur la figure IV-9.



**Figure IV- 9 : Bourrage cyclone [1]**

## CHAPITRE IV : ANALYSE DES RISQUES PAR ARBRE D'ÉVÉNEMENT ET ANALYSE PAR ARBRE DE DÉFAILLANCE

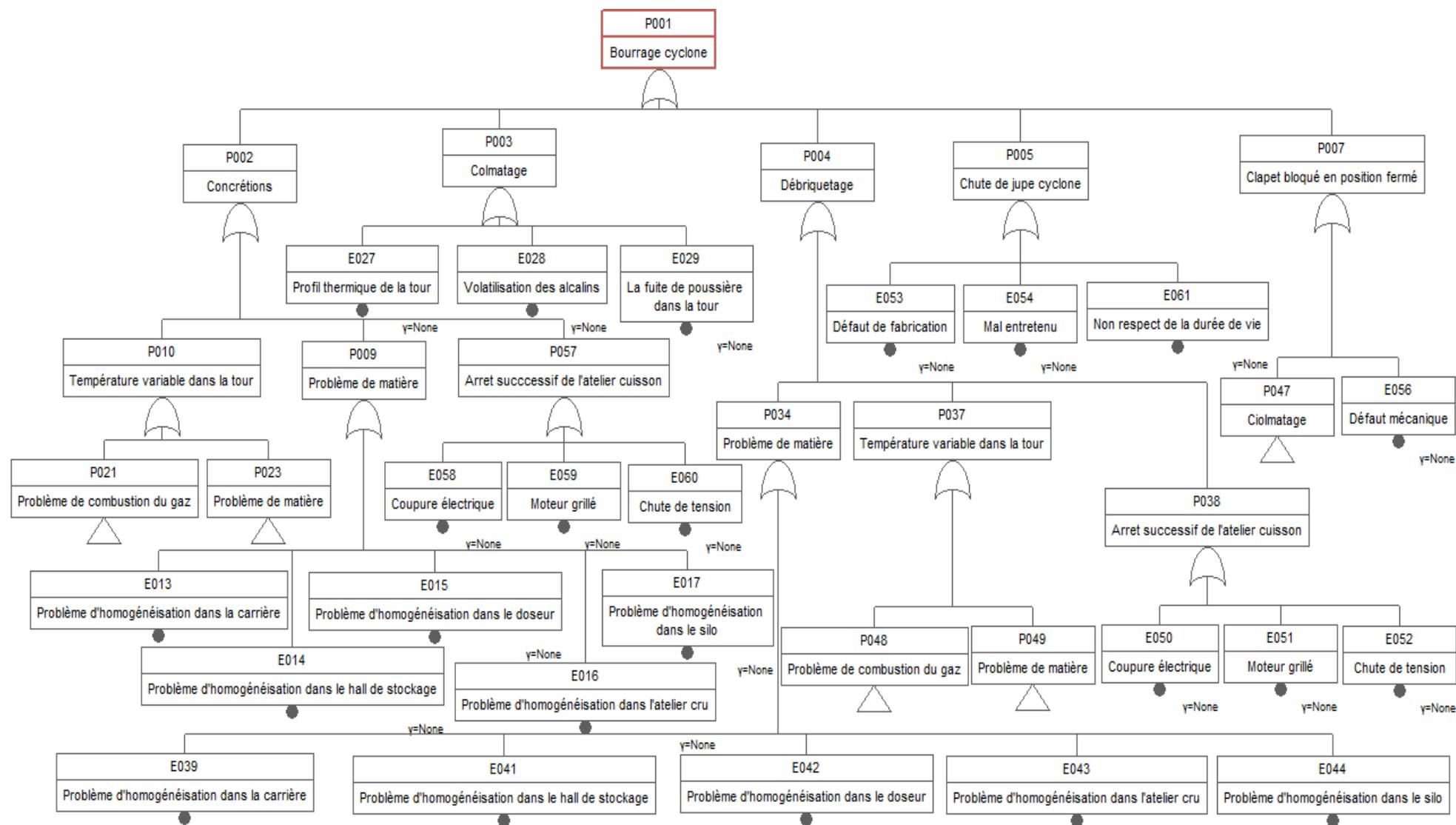


Figure IV- 10 : Add de l'ER1 « Bourrage cyclone »

## CHAPITRE IV : ANALYSE DES RISQUES PAR ARBRE D'ÉVÉNEMENT ET ANALYSE PAR ARBRE DE DÉFAILLANCE

---

### IV.4.2 ER « Fuite de matière chaude au niveau du joint amont »

L'arbre de défaillance de « Fuite de matière chaude au niveau du joint amont » est représenté dans la figure IV-11.

L'arbre de défaillance de « Fuite de matière chaude au niveau du joint amont » montre que les premiers événements intermédiaires conduisant à l'événement redouté sont : détérioration du joint amont, la formation d'anneau à l'intérieur du four, un brique endommagé et retour de la matière au niveau du joint amont, le retour de la matière au niveau du joint amont est un événement de base. L'événement redouté est ainsi engendré par ces événements intermédiaires à travers la porte logique OU. Les causes de la détérioration du joint amont sont :

- Défaillance première : le non-respect de durée de vie du joint amont. C'est un événement de base.
- Défaillance secondaire : Existence un incident à l'extérieur. C'est un événement de base.
- Défaillance tertiaire : Fonctionnement irrégulier du four. C'est un événement de base.

Nous avons développé la branche de l'arbre des défaillances de l'événement intermédiaire « la formation d'anneau », les deux événements de base obtenus sont un prolongement « normal » du croûtage et la composition chimique du cru.

Nous avons également développé l'autre branche de l'arbre de défaillances c'est un brique endommagé si on a une chute de croûtage ou si on a une mauvaise qualité de brique.

Pour le « décroûtage », ses causes principales sont :

- Problème de matière,
- Température variable dans le four,
- Arrêt successif de l'atelier de cuisson.

On considère « mauvaise qualité de brique » comme un événement de base.

Pour « problème de matière », les causes principales seront considérées comme des événements de base et qui sont :

- Problème d'homogénéisation dans la carrière,
- Problème d'homogénéisation dans le hall de stockage,
- Problème d'homogénéisation dans le doseur,

## **CHAPITRE IV : ANALYSE DES RISQUES PAR ARBRE D'ÉVÉNEMENT ET ANALYSE PAR ARBRE DE DÉFAILLANCE**

---

- Problème d'homogénéisation dans l'atelier cru,
- Problème d'homogénéisation dans le silo.

Nous pouvons déduire qu'il y a un problème d'homogénéisation tout au long de la ligne de production du ciment. Les causes de « température variable dans le four » sont liées à la combustion et à la matière.

Les causes de « arrêt successif de l'atelier cuisson » sont les événements de base suivants :

- Coupure électrique,
- Arrêt du moteur.

## CHAPITRE IV : ANALYSE DES RISQUES PAR ARBRE D'ÉVENEMENT ET ANALYSE PAR ARBRE DE DEFAILLANCE

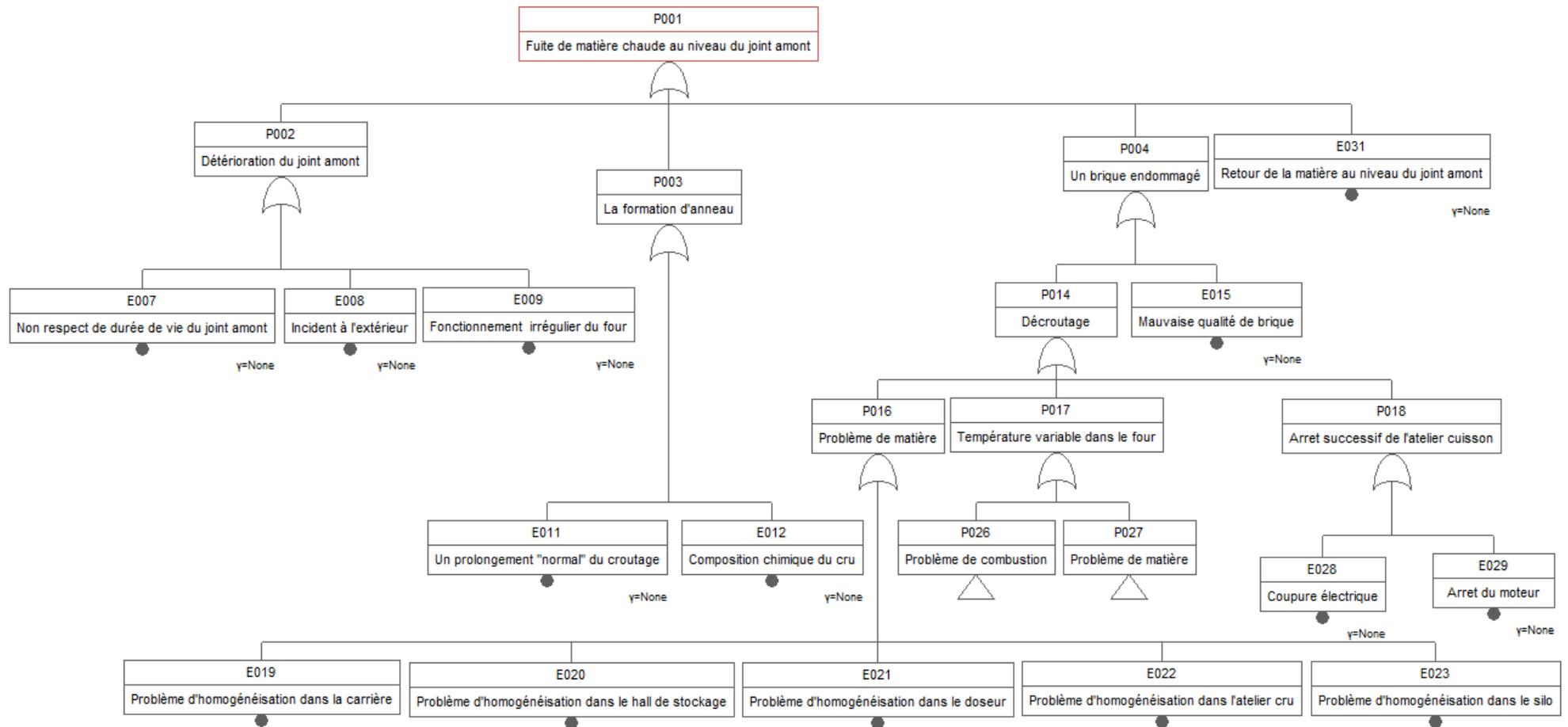


Figure IV- 11 : Add de l'ER2 « Fuite de matière chaude au niveau du joint amont »

### **IV.4.3 ER « Avalanche de matière chaude »**

L'arbre de défaillance « Avalanche de matière chaude » (figure IV-12), représente les événements intermédiaires et les événements de base de l'événement à travers la porte logique OU.

Les causes de l'événement intermédiaire « chute d'anneau » sont :

- Son poids, c'est un événement de base.
- Variation brusque du cru, c'est un événement de base.
- L'irrégularité de la matière, c'est un événement de base.
- Variation du profil thermique du four, c'est un événement de base.

Nous avons développé la branche de l'arbre de défaillance, et nous avons cherché les causes de l'événement intermédiaire « destruction de l'anneau à 15m ». On considère que refroidissement du four et blocage cyclone des événements de base de l'événement redouté « Avalanche de matière chaude ».

## CHAPITRE IV : ANALYSE DES RISQUES PAR ARBRE D'ÉVÉNEMENT ET ANALYSE PAR ARBRE DE DEFAILLANCE

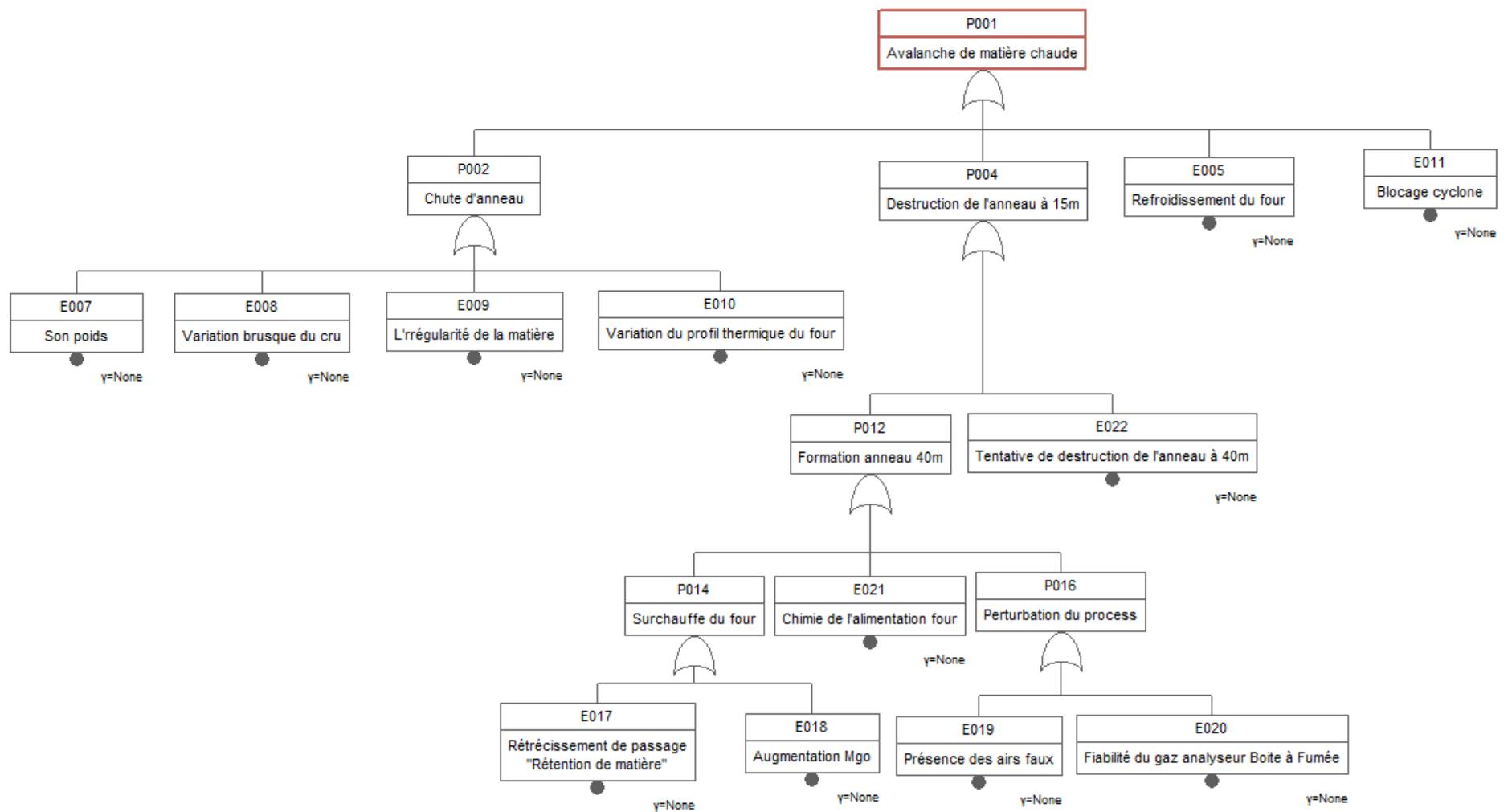


Figure IV- 12 : AdD de l'ER3 « Avalanche de matière chaude »

#### **IV.4.4 ER « Formation d'un Snow Man »**

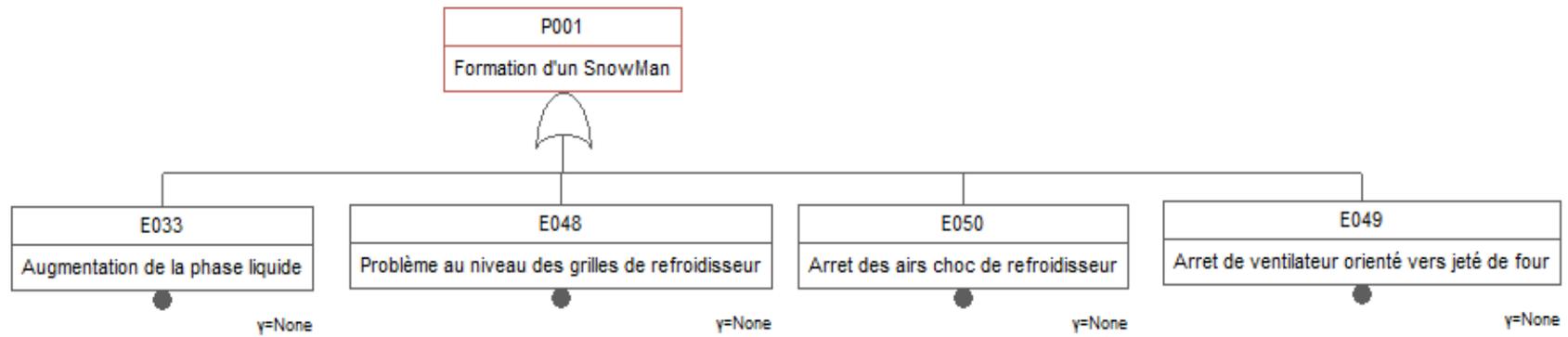
L'arbre de défaillance de « Formation d'un Snow Man » est représenté dans la figure IV-13.

L'arbre de défaillance de « Formation d'un Snow Man », représente les événements de base conduisant à cet événement qui sont :

- Augmentation de la phase liquide,
- Problème au niveau des grilles de refroidisseur,
- Arrêt des airs choc de refroidisseur,
- Arrêt de ventilateur orienté vers jeté de four.

## CHAPITRE IV : ANALYSE DES RISQUES PAR ARBRE D'ÉVÉNEMENT ET ANALYSE PAR ARBRE DE DÉFAILLANCE

---



**Figure IV- 13 : AdD de l'ER4 « Formation d'un Snow Man »**

#### **IV.4.5 ER « Bourrage du concasseur »**

L'arbre de défaillance de « Bourrage du concasseur » est représenté dans la figure IV-14.

L'arbre de défaillance montre les événements intermédiaires de l'événement redouté « Bourrage du concasseur », qui sont :

- Passage de bloc du clinker dans la grille,
- Présence du bloc sortie cooler,
- Formation d'un Snow Man.

On remarque que l'arbre de défaillance débute par l'élaboration de la branche de l'événement intermédiaire, « passage de bloc du clinker dans la grille ». Les causes sont :

- Maintenance insuffisante, c'est un événement de base.
- Pas d'inspection périodique systématique, c'est un événement de base.

Par la suite, nous avons développé l'autre branche de l'arbre des défaillances c'est la présence du bloc sortie cooler dans le cas d'un décroûtage four ou d'une chute d'anneau.

Pour ce qui est du « décroûtage four » les causes sont :

- Augmentation du ratio gaz brûleur à 68%, c'est un événement de base.
- Déclenchements calcinateur, c'est un événement de base.
- Rapport kaolin à 70/30, c'est un événement de base.

Pour l'événement intermédiaire « chute d'anneau » avoir les mêmes événements de base de « décroûtage four » qui ont déjà été développées précédemment.

## CHAPITRE IV : ANALYSE DES RISQUES PAR ARBRE D'ÉVÉNEMENT ET ANALYSE PAR ARBRE DE DEFAILLANCE

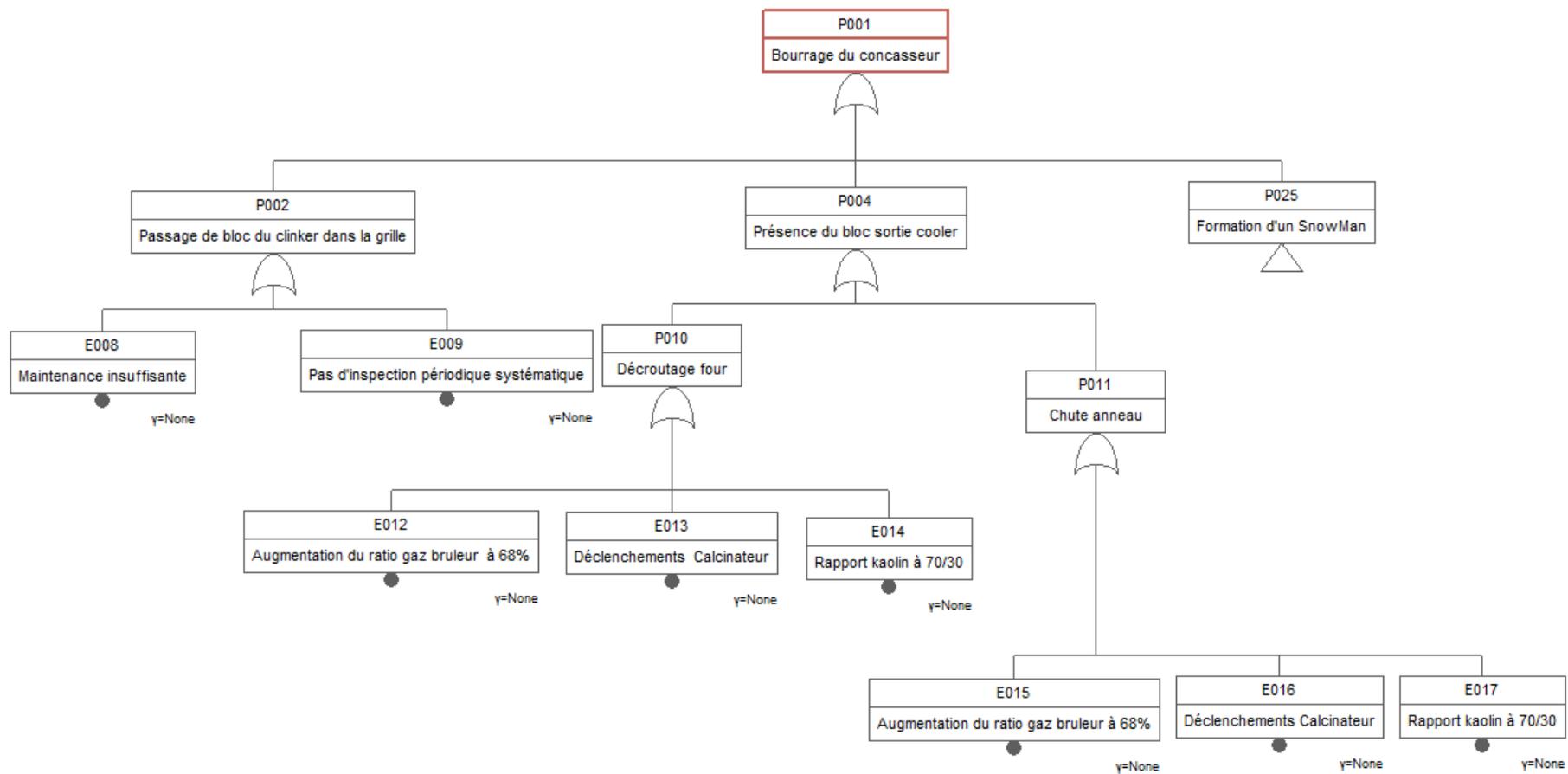


Figure IV- 14 : AdD de l'ER5 « Bourrage du concasseur »

### **IV.5 Conclusion**

L'analyse par l'arbre de défaillance, comme nous l'avons vu dans ce chapitre, nous a permis de déterminer, dans une approche déductive, les causes des cinq événements redoutés prédéfinis au préalable. En revanche, l'analyse par l'arbre des événements, nous a également permis de déterminer, dans une démarche inductive, l'ensemble des conséquences susceptibles de se produire suite à un événement initiateur, et ce, selon que les dispositifs de sécurité accomplissent ou non leur fonction de sécurité.

En effet, les matières chaudes sont présentes en très grandes quantités tout au long du processus de cuisson. Elles peuvent être libérées du processus et endommager potentiellement la santé, la sécurité et l'environnement. À cette fin, la gestion des risques de l'entreprise doit être développée et l'évaluation des risques doit être effectuée régulièrement et de manière efficace.

La section suivante fournit de nombreuses discussions et recommandations pertinentes et importantes dans cette perspective.

## **Recommandations**

Pour réduire le nombre d'incidents au niveau de ce complexe on propose les recommandations suivantes :

### **Recommandation N°01 : Actions à prendre pour la réduction des risques liés aux zones de matières chaudes**

- Optimisation du processus de combustion pour prévenir ou limiter la formation d'anneaux dans le four.
- Elimination du risque de fuites de matières chaudes en modifiant les plannings d'inspection et de maintenance.
- Prévoir des moyens et des procédures pour la manipulation et le transport sûrs des matières chaudes en cas de déversement : opérer à distance de sécurité, vérifier régulièrement la température à l'aide de thermomètre infra-rouge, et charger la matière dans des engins spécifiques.
- Formaliser les procédures d'exploitation standard (SOP) spécifiques à l'usine pour la gestion des matières chaudes.
- Tous les employés concernés doivent avoir une formation nécessaire et spécifique à l'intervention en cas de fuite de matières chaudes et en utilisent les équipements de protection individuelle (EPI) appropriés.

### **Recommandation N°02 : Actions préventives**

Nous proposons comme mesures de prévention :

- Augmentation de la fréquence d'échantillonnage dans : la carrière, le hall de stockage, l'atelier de dosage, l'atelier cru et le silo d'homogénéisation pour s'assurer de la qualité de la matière,
- Inspection et maintenance périodique des équipements,
- Améliorer le design du concasseur : Il doit être large de l'intérieur pour éviter le blocage du clinker,
- Moyens de communication (talkie-walkie) pour faciliter la communication,

### **Recommandation N°03 : Changement de comportement**

- Favoriser la formation sur la gestion des risques et leadership et encourager les bonnes pratiques.
- Sensibiliser davantage le personnel concerné particulièrement sur :

1. La criticité
2. LOTOTO

# **Conclusion Générale**

## CONCLUSION GENERALE

Le travail que nous avons réalisé pour la gestion des risques liés aux zones de matières chaudes au niveau de la cimenterie Oggaz (LAFARGE) nous a conduit à déployer une démarche d'analyse des risques et à proposer des recommandations pour leurs maitrise.

Pour atteindre les objectifs de cette étude, nous avons suivi une séquence logique impliquant l'utilisation d'un ensemble soigneusement sélectionné de méthodes pour analyser les risques liés aux zones des matières chaudes.

L'analyse de risque nous a permis de relever :

- Un total de 76 risques de la matière chaude dans la zone de cuisson (tour de préchauffage, four et le refroidisseur) en prenant en considération les contrôles des risques existants dont 4 présentant un niveau de risque inacceptable, 39 présentant un niveau de risque substantiel, 30 présentant un niveau de risque modéré, 3 présentant un niveau de risque tolérable et 0 présentent un niveau de risque trivial.
- La mise en place des contrôles supplémentaires pour minimiser et réduire le risque dont un (1) présentant un niveau de risque inacceptable, douze (12) présentant un niveau de risque substantiel, quarante-cinq (45) présentant un niveau de risque modéré, dix-sept (17) présentant un niveau de risque tolérable et un (1) présentant un niveau de risque trivial.
- Elaboration d'une cartographie des risques liés aux zones de matières chaudes.

Nous avons également établi une analyse par arbre d'événement (AdE) et une analyse par arbre de défaillance (AdD) pour les ERs :

- Bourrage cyclone
- Fuite de matière chaude au niveau du joint amont
- Avalanche de matière chaude
- Formation d'un SnowMan
- Bourrage du concasseur

Nous avons à la fin proposé quelques recommandations pour maitriser et diminuer les risques liés aux zones de matières chaudes.

Il serait souhaitable de prendre en compte les recommandations proposées dans cette étude et les mettre en pratique pour la gestion des risques liés aux zones de matières chaudes au niveau de la cimenterie d'Oggaz.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Document propre à la société Lafarge Ciment Oggaz- Mascara, 2022.
- [2] Site LafargeHolcim Maroc lien : <https://www.lafargeholcim.ma/fr/ciment>, le 15/08/2022.
- [3] Aspects liés à la sécurité – Principes directeurs pour les inclure dans les normes , ISO/CEI Guide 51, 2014.
- [4] ISO Guide 73 :2009.
- [5] ISO 14971 :2000.
- [6] Gestion des risques. Techniques d'évaluation des risques. NF EN 31010, Juillet 2010.
- [7] Management du risque – Lignes directrices. ISO 31000, 2018.
- [8] Association d'Assurance contre les Accidents (AAA), inspection du travail et des Mines, « l'évaluation et la gestion des risques », Luxembourg, 2010.
- [9] P. KERBEL, Management des risques, édition d'organisation, Paris, 2008.
- [10] Evaluation de la pertinence des parties prenantes. OFJ-QCM\_EVALUATION DES RISQUES\_SST.
- [11] INERIS - DRA et  $\Omega 7$  : Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle, 2006.
- [12] Yves, M., Arbres de défaillance, des causes et d'événement, Techniques de l'ingénieur, SE4050, 2002.
- [13] Isidore, J, Brûleurs de fours industriels, Techniques de l'ingénieur, BE8842, 1998.
- [14] Institut Français de l'Audit et du Contrôle Interne, « le management des risques de l'entreprise, cadre de référence, techniques d'application », édition EYROLLES, Paris, 2005.
- [15] Kerbal, P., Management des risques, Edition d'organisation, Paris, 2008.
- [16] Shabana, N., Cement Rotary Kiln Questions & Answers, Qatar national cement company, 2013.

# **ANNEXE A : TABLEAU D'ANALYSE DES RISQUES**

Zone	Danger	Risque probable	Contrôles des risques existants	Evaluation du risque			Contrôles supplémentaires	Evaluation du risque			Actions recommandés
				P	G	R		P	G	R	
Cuisson	Matière chaude	Présence de la matière chaude sur le sol	Balisage	3	4	12	Tenue Nomex Formation et sensibilisation	2	3	6	Formation et sensibilisation
Cuisson	Matière chaude	Contact direct de la matière chaude avec de l'eau stagnante	Accès limité Limitation en béton (balisage)	2	3	6	Barrière physique avec une tôle en acier Le sable ou gravier, par exemple, devrait être placé sur le sol, ou tapis absorbants pour éviter l'accumulation d'eau à cet endroit.	1	3	3	Utilisation balisage rigide. Installation des panneaux signalétiques. Définition d'une distance de sécurité au minimum 5m (à définir selon la situation).
Cuisson	Matière chaude	Risque de contact avec matière chaude au niveau des zones de collecte des déversements chauds (joint amont et aval)	Balisage rigide Balisage box en béton Alarme sonore Capteur de température	3	3	9	Formations et sensibilisation Culture de sécurité Capteurs acoustiques pour détecter les fuites Inspection et maintenance périodique	2	2	4	Formation et sensibilisation. Culture de sécurité.
Cuisson	Matière chaude	Risque d'enterrement	Balisage Les plaques signalétiques	2	4	8	Nettoyage des matières chaudes après refroidissement par calcaire	1	4	4	Plan de circulation.
Four	Gaz inflammable	Formation d'un nuage de gaz inflammable	EPI Capteurs de protection	3	4	12	Eviter les étincelles Utilisation de matériels antidéflagrants et anti-étincelant, à sécurité intrinsèque ou à sécurité augmentée. Inertage permanent Idéal : réduire la quantité fuel gaz imbrulé on juge sur la géométrie d'un bruleur ou on juge sur les paramètres (pression) d'un bruleur Mettre en place des dispositifs propres à limiter les effets d'une possible explosion	2	3	6	
Four	Joint amont	Fuite	La matière récupérée dans un box en béton Application procédure du nettoyage de la matière du joint amont Alarme Joint Amont	3	4	12	Inspection et maintenance périodique Installer une toiture autour du joint amont	2	3	6	Utilisation balisage rigide. Installation des panneaux signalétiques. Définition d'une distance de sécurité au minimum 5m (à définir selon la situation).
Four	La flamme	Explosion / incendie	Déclenchement de la haute tension et du bruleur automatiquement étudiée et programmée	2	5	10	Eviter les étincelles Moyens d'extinction : Sprinkler, extincteurs, adaptés aux risques, placés à proximité.	1	4	4	Système de détection incendie (SDI)

							présence de dispositifs de sécurité adéquats en cas de surpression Système de détection incendie (SDI)				
Four	La flamme	Perte de flamme du bruleur pendant la chauffe	Briquer (Igniter)+ Détecteur UV NB : Caméra, Analyseur (CH4)	2	5	10	Détecteur de flamme et de gaz Système redondants dans la détection	2	4	8	Détecteur de flamme et de gaz.
Four	La flamme	Retour de flamme du bruleur du four	Déclencher Alarme Diminuer le soufflage Revenir à la dépression du système dans les plus bref délai	2	3	6	Utilisation de simples clapets anti-retour de la sécurité	2	2	4	Utilisation de simples clapets anti-retour de la sécurité
Four	La formation d'un anneau à l'intérieur du four	Fuite de matière au niveau du joint amont	Alarme sonore au niveau du Refroidisseur Augmenter la vitesse du four sans perdre la qualité du clinker	4	4	16	Inspection et maintenance périodique Plan d'intervention spécifique	3	3	9	Procédure de démolition d'anneaux du four.
Four	La formation d'un anneau à l'intérieur du four	Avalanche matière chaude	Alarme sonore Tenue spécifique	4	5	20	Procédé d'élimination de l'anneau formé d'un four rotatif à haute température en utilisant de la forstérite et du silicate de sodium Capteur de température	3	5	15	Procédure de démolition d'anneaux du four.
Four	Matière chaude	Formation de chandelle	Utilisation des airs chocs Augmenter la vitesse de Refroidisseur de la ligne gris Diminution de la vitesse et le débit du four	3	3	9	Un système automatique de ringardage (nettoyage)	2	3	6	
Four	Matière chaude	Croutage de la matière chaude	Stabiliser de la farine cru Eviter les paramètres brusque (vitesse, gaz, ...)	3	3	9	Limitation et contrôle d'accès	2	3	6	
Refroidisseur	Blocage chute concasseur	Croutage de la matière chaude (clinker)	Alarme sonore Installation de Canon à air et Cardox	3	3	9	Ajoutez plus de porte visite pour avoir plus de accessibilité d'intervention	2	3	6	Procédure de débouillage de la chute du refroidisseur vers le concasseur.
Refroidisseur	Blocage chute concasseur	Risque de brûlures	EPI Douchette	2	4	8	Recours aux urgences Hospitalisations	2	3	6	Procédure débouillage de la chute du refroidisseur vers le concasseur.
Refroidisseur	Blocage d'un convoyeur de clinker de ciment	Débordement de clinker	Balilage Passage sécurisée avec un toit métallique qui sécurise le passage des personnes	3	3	9	Inspection et Maintenance périodique	2	3	6	
Refroidisseur	Clinker chaud	Déversement de clinker chaud sur les câbles et le chemin de câbles électriques	Diminuer la vitesse de Refroidisseur L'habilitation de rondier (le port des EPI) Activer l'alarme sonore au niveau de Refroidisseur	4	5	20	Isolation des câbles électriques	4	4	16	

Refroidisseur	Clinker chaud	Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves	Tenue spécifique	4	3	12	Premier soins Evacuation	4	2	8	
Refroidisseur	Clinker chaud	Peut irriter les voies respiratoires	Port des EPI spécifique	3	4	12	Premier soins Evacuation	3	3	9	
Refroidisseur	Clinker chaud	Peut provoquer le cancer	Port des EPI spécifique	2	4	8	Hospitalisations	2	3	6	
Refroidisseur	La porte d'accès aux convoyeur ouverte	Des objets peuvent se briser ou être éjectés (projetés) du convoyeur	Cage de protection	3	3	9	EPI les barrières, les signaux d'avertissement	2	2	4	
Refroidisseur	La porte d'accès aux convoyeur ouverte	Des objets peuvent tomber du convoyeur	Nettoyage	3	4	12	EPI les barrières, les signaux d'avertissement	2	3	6	
Refroidisseur	La porte d'accès aux convoyeur ouverte	Risques d'incendie ou d'explosion	Extincteurs Capteurs de rotation et de déviation	3	5	15	Eviter les étincelles Un système d'alarme incendie efficace	2	4	8	Système de détection incendie (SDI)
Refroidisseur	Matière chaude	Le déversement de la matière chaude	Balisage rigide Balisage box en béton Alarme sonore Capteur de température	4	4	16	Inspection régulière Vérification des rondier Le nettoyage	3	4	12	Inspection régulière.
Refroidisseur	Matière chaude	Bourrage de chute matière chaude	Alarme sonore Installation de Canon à air et Cardox	3	5	15	Caméra de surveillance	2	5	10	
Refroidisseur	Matière chaude	Avalanche matière chaude	Alarme sonore Balisage de la zone Evacuation de la zone Caméra de surveillance Suivi la procédure interne pour la maîtrise de four froid	3	4	12	EPI (Tenue midi) Mesure d'échantillonnage en continu (avec une fréquence élevée) Capteurs de mouvement	2	3	6	Mesure d'échantillonnage en continu (avec une fréquence élevée).
Refroidisseur	Matière chaude	Formation d'un Snow Man à l'entrée Refroidisseur chute four	Alarme sonore Installation de Canon à air et Cardox Ringardage manuelle	2	3	6	Amélioration de la distribution de l'air à l'entrée du refroidisseur. Une analyse chimique générale de la farine brute introduite dans le four. Installation d'un détecteur de mesure du niveau de clinker.	1	3	3	Installation d'un détecteur de mesure du niveau de clinker.
Refroidisseur	Matière chaude	Corrosion (équipement de refroidissement par l'eau)	Détartrage des cannes d'eau Revêtement anti-corrosion	2	2	4		2	2	4	
Tour	Blocage cyclone	Avalanche de matière chaude	Sirene Douchettes	3	5	15	Vérification des portes visites. Mesure d'échantillonnage en continu (avec une fréquence élevée). Capteurs de mouvement. EPI (Tenue midi).	2	4	8	Mesure d'échantillonnage en continu (avec une fréquence élevée).

Tour	Blocage cyclone	Accumulation des gaz chauds	Refroidissement avec une augmentation de tirage Ouverture d'un passage d'air frais	3	4	12	Un dispositif de détection des risques de blocage d'un cyclone par radiométrie	2	4	8	
Tour	Blocage cyclone	Risque d'incendie	Port des EPI spécifique Numéro vert (équipe safety) Extincteurs disponibles Issue de secours	2	4	8	Tout le matériel de lutte contre l'incendie fourni doit être visiblement localisé, identifié et facile d'accès. Les voies d'accès des pompiers au site doivent être maintenues dégagées. Un système d'alarme incendie efficace	2	3	6	Système de détection incendie (SDI).
Tour	Blocage cyclone	Augmentation de la température	Douchettes Alarme Tour Préchauffeur Condamnation par cadenas de l'accès à la tour	4	2	8	Un dispositif de détection des risques de blocage d'un cyclone par radiométrie	3	2	6	
Tour	Bourrage cyclone	Projection de matière à l'extérieur	Alarme sonore Caméra dans la tour Procédure de débouillage de cyclone de la tour de préchauffage Accès contrôlé à la tour Passerelle échappatoire pour tous les points de débouillage la signalisation lumineuse Douche à proximité et lavage des yeux à tous les étages Zone de repos dans les étages premiers secours Plan de sauvetage	3	4	12	Un dispositif de détection des risques de blocage d'un cyclone par radiométrie. Changer le diamètre de la conduite de la chute. Capteurs de mouvement.	2	4	8	Respecter la procédure de débouillage cyclone.
Tour	Bourrage cyclone	Colmatage	Air choc Les inspections Capteurs de température et de pression Réingardage	4	3	12	Changement de fréquence de pulvérisation des airs chocs Changer le diamètre de la conduite de la chute	3	3	9	Respecter la procédure de débouillage cyclone.
Tour	Echaffaudage utilisé pour des travaux matière chaude non conforme	Risque de blessure	Interdit de travailler sur échaffaudage non conforme Echaffaudage conforme exigée Plaque rouge signalée par agent de sécurité	2	4	8	Equipement de protection individuelle pour les monteuses d'échafaudages (Chaussures de sécurité, Casque de protection, Gants, Gilet de sauvetage, Harnais d'antichute, Antichute, Absorbeur d'énergie, Système de liaison). Protections collectives.	2	3	6	
Tour	Echaffaudage utilisé pour des travaux matière chaude non conforme	Chute d'hauteur	Permis de travail La ceinture de sécurité	2	4	8	Vérification du échaffaudage Vérifier que le plancher ne soit pas surchargé.	1	4	4	Caméra de surveillance.
Tour	Echaffaudage utilisé pour des travaux matière chaude non conforme	Trébuchement	Appareil de mesure de l'air Harnais de sécurité attaché	2	3	6	Matériel bien adapté Eviter l'encombrement généré par l'activité	1	2	2	

Tour	Echaffaudage utilisé pour des travaux matière chaude non conforme	Chute d'objet	Un balisage métallique Caisse des outils	2	4	8		2	4	8	
Tour	Elévation CO max au niveau du électro-filtre	Risque d'explosion électro-filtre	Déclenchement de la haute tension au niveau de l'électro-filtre	2	5	10	Changer l'électro filtre par filtre à manche	1	5	5	
Tour	Farine chaude dans un système bloqué	Avalanche farine cru à température élevée	Alarme sonore Tenue midi	3	4	12	Vérification des portes visites Mesure d'échantillonnage en continu (avec une fréquence élevée) Balisage	2	3	6	Mesure d'échantillonnage en continu (avec une fréquence élevée).
Tour	Farine chaude dans un système bloqué	Risque de brulures	Tenue midi	3	4	12	Evacuation	3	3	9	
Tour	Gaz chaud	Dégagement de gaz chaud	Tenue spécifique Assurer la dépression Arrêter et vidanger l'air choc Fermeture de porte visite	3	4	12	Arrêt du four	1	4	4	
Tour	Gaz chaud	Incendie	Les extincteurs dans tous les places prêt à l'utilisation	3	4	12	Tout le matériel de lutte contre l'incendie fourni doit être visiblement localisé, identifié et facile d'accès. Les voies d'accès des pompiers au site doivent être maintenues dégagées. Un système d'alarme incendie efficace	3	3	9	Système de détection incendie (SDI).
Tour	Gaz chaud	Risque de brulures	Port des EPI Premier soin Douchette	3	4	12	Evacuation	3	3	9	
Tour	Joint amont	Accumulation de la matière chaude	Réingardage	3	4	12	Augmenter la vitesse du four	2	4	8	
Tour	La chaleur interne de la tour de préchauffage	Augmentation de l'irritabilité	Douchettes Premier secours	4	4	16	Tenue midi / Tenue Nomex	4	3	12	
Tour	La farine chaude	L'écoulement de la farine cru chaude	Alarme sonore le port de la tenue spécifique	4	4	16	Eliminer la fuite (la source)	3	4	12	
Tour	La farine chaude	Une fuite de farine chaude	Alarme sonore	3	4	12	Maintenance préventive Présence permanente de personnel pour la surveillance	2	4	8	Maintenance préventive Contrôle périodique.
Tour	La farine chaude	Risque de brulures	Port des EPI spécifique (tenue midi) Douchettes	3	4	12	Evacuation	3	3	9	
Tour	Les rayons X, Gamma	Nuisible pour la santé	Tenue spécifique	2	4	8	Dosimètre Limitez l'accès. Faites porter des lunettes adaptées aux rayonnements	1	3	3	Travailler avec prudence.

Tour	Machine tournante	Risque de blessures	Interdiction sur un équipement en mouvement Isolation LOTOTO	2	3	6	Signaler les dangers liés aux machines	1	3	3	Interdit d'intervenir et la machine en mouvement.
Tour	Matière chaude	Fuite de matière chaude	Installer un bac de rétention Un accès limité Affichage et signalisation Formation du personnel Mode opératoire Mettre en place un mode de sauvetage Les inspections Les travaux de maintenance L'utilisation d'équipements de protection individuelle "appropriés et approuvés"	4	4	16	Fermeture des portes Les échantillonnage	3	4	12	Les échantillonnage
Tour	Matière chaude	Accumulation matière chaude sur les parois	Installation de Canon à air et Cardox Nettoyage par ringardage (intervention manuelle par le rondier) EPI	5	2	10		5	2	10	
Tour	Matière chaude	Une accumulation importante de matière dans le cyclone bloqué	Alarme sonore Installation de Canon à air et Cardox Nettoyage par ringardage (intervention manuelle par le rondier) EPI Balisage DéTECTEURS de pression et de température	4	5	20		4	5	20	
Tour	Matière chaude	Matières chaudes projetée suite à l'utilisation des canons à air	Faire l'étanchéité des conduites	3	4	12	EPI Contrôle des joints et supports des cyclones avant l'utilisation des air choc	2	3	6	Inspection et maintenance périodique.
Tour	Matière chaude	Bourrage de matière chaude	Alarme sonore Installation de Canon à air et Cardox	4	5	20	Changement de fréquence de pulvérisation des airs chocs. Contrôle et vérification des Clapets. Capteurs de mouvement.	3	5	15	Procédure de débouillage cyclone.
Tour	Matière chaude	Refoulement de matière (porte visite ouverte)	Fermé les portes visites en respectant le port des EPI spécifiques	3	4	12	Maintenance périodique Vérification des joints	2	4	8	Inspection et maintenance périodique.
Tour	Matière chaude	Fuite de matière par des ouvertures des portes visites ou clapets non contrôlés	L'intégrité de l'étanchéité de la tour (porte d'accès bien fermée) Accès contrôlé à la tour Caméra de surveillance Procédure d'accès à la tour	3	4	12	Contrôle périodique du clapet	2	4	8	

			Procédure d'arrêt d'urgence d'alimentation tour en cas d'incident EPI Passerelle échappatoire pour tous les points de débouillage la signalisation lumineuse Douche à proximité dans tous les étages							
Tour	Matière chaude	Risque de brûlures	EPI Douchettes Premiers de secours	4	4	16	Evacuation	4	3	12
Tour	Mauvaise étanchéité de porte visite	Fuite de porte visite	Maintenance de porte visite	3	5	15	Respecter la durée de vie de joint de la porte de visite cyclone	2	5	10
Tour	Poussière	Risque d'apparition de cancers broncho-pulmonaires	Premiers secours	2	5	10	Mesure de poussière. Masque anti-poussière FFP1, FFP2 & FFP3. Visite médicale (Télé thorax). Explorations Fonctionnelles Respiratoires (EFR).	1	4	4
Tour	Poussière	Eczéma	Premiers secours	2	4	8	Contrôle médicale	2	3	6
Tour	Poussière	Le risque de pollution de l'air	Les Bac filtre et les électro-filtre Mesure de taux de poussière dans les zones d'usine Plan d'action pour réduire la poussière diffuse	2	3	6		2	3	6
Tour	Poussière	Risque de cancer	Visite médical périodique	2	5	10		2	5	10
Tour	Poussière	Risque d'asphyxie	Tenue spécifique Evacuation	3	3	9	Mesure de poussière Masque ventilée	2	2	4
Tour	Poussière / Gaz chaud	Echappement et projection des poussières et gaz chaud	Port des EPI spécifique	3	3	9		3	3	9
Tour	Poussière / Gaz chaud	Poussières et gaz chauds s'échappant des ouvertures de la hotte du four et du joint de sortie du four	Assurer une dépression au système Port de la tenue midi	4	1	4		4	1	4
Tour	Surfaces chaude	Brûlures	Prise en charge médical Plan d'action corrective	3	4	12	Favoriser l'évacuation des personnes et l'intervention des secours.	3	3	9
Tour	Surfaces chaude	Contact avec les surfaces chaudes	EPI Isolation thermique	5	2	10	Installation des panneaux signalétiques	4	2	8

Tour	Température élevée	Risque de brûlures	EPI Douchettes Premiers secours	3	2	6	Evacuation	3	1	3
Tour	Température élevée	Risque d'asphyxie	Accès interdit Appareil de mesure de taux d'oxygène Système de ventilation Travail en couple	2	4	8		2	4	8
Tour	Température élevée	La chaleur rayonnante	EPI	3	2	6		3	2	6
Tour	Température élevée	Des troubles circulatoires	Nécessité de travailler au moins en couple Il faut avertir l'équipe sécurité industrielle	2	4	8	Visite médicale	2	3	6
Tour	Température élevée	Inflammation pulmonaire	Il faut avertir l'équipe sécurité industrielle Premiers secours	2	4	8	Visite médicale (Téléthorax). Explorations Fonctionnelles Respiratoires.	2	3	6
Tour	Matière chaude	Matière chaude encrassé sur la sonde	EPI	4	1	4	Détecteur de température alternatif Détecteur de pression alternatif Evitez tout contact direct de la matière chaude avec les capteurs.	3	1	3
Tour	Matière chaude	Dégagement de la matière chaude sous pression trop élevée	Suivi procédure interne de nettoyage de matière chaude	3	3	9	Alarme sonore Système en dépression (l'opérateur redémarre le ventilateur de tirage et diminue le soufflage dans le refroidisseur)	2	3	6

# **ANNEXE B : AdE**

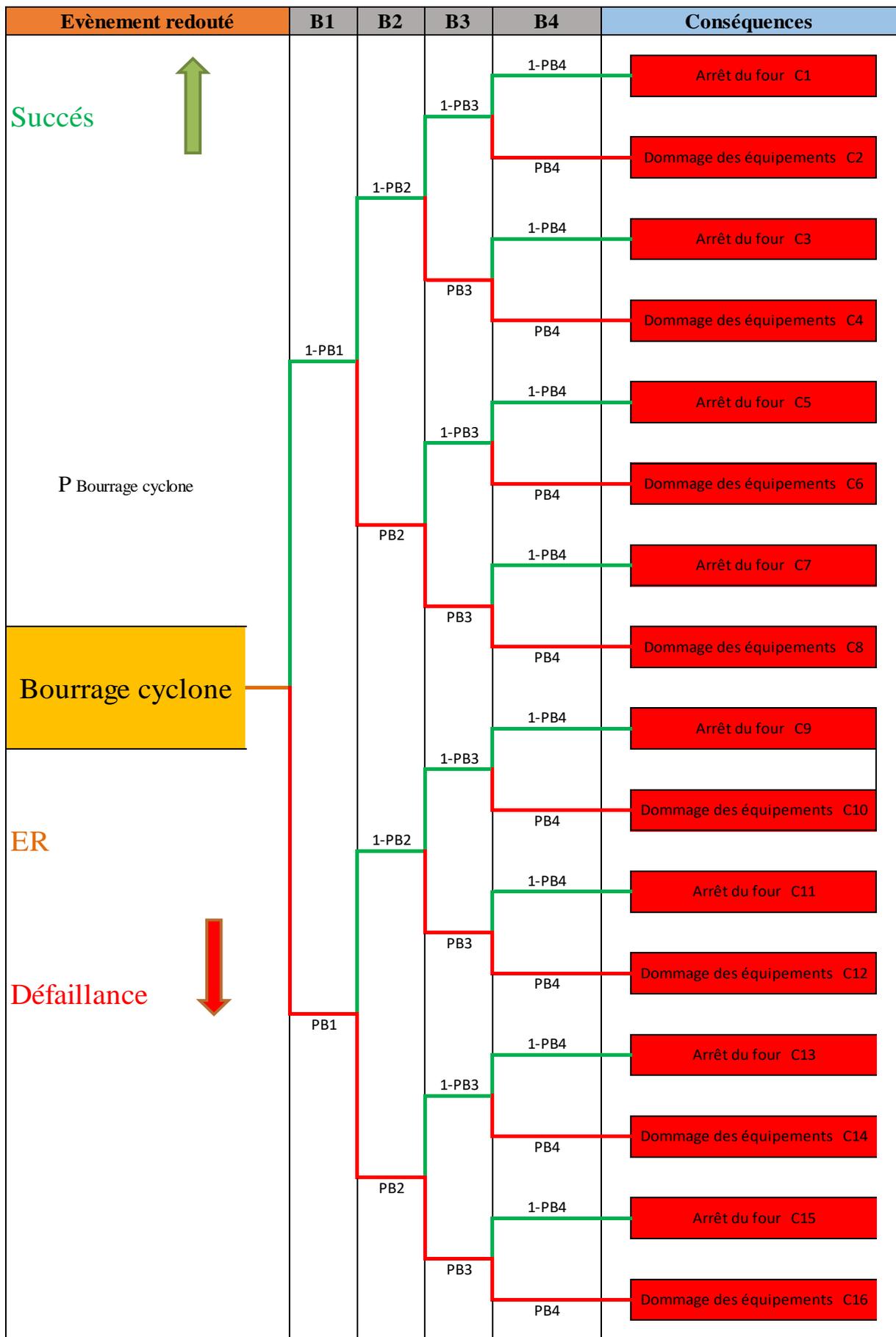


Figure B- 1 : AdE de l'ER1 « Bourrage cyclone »

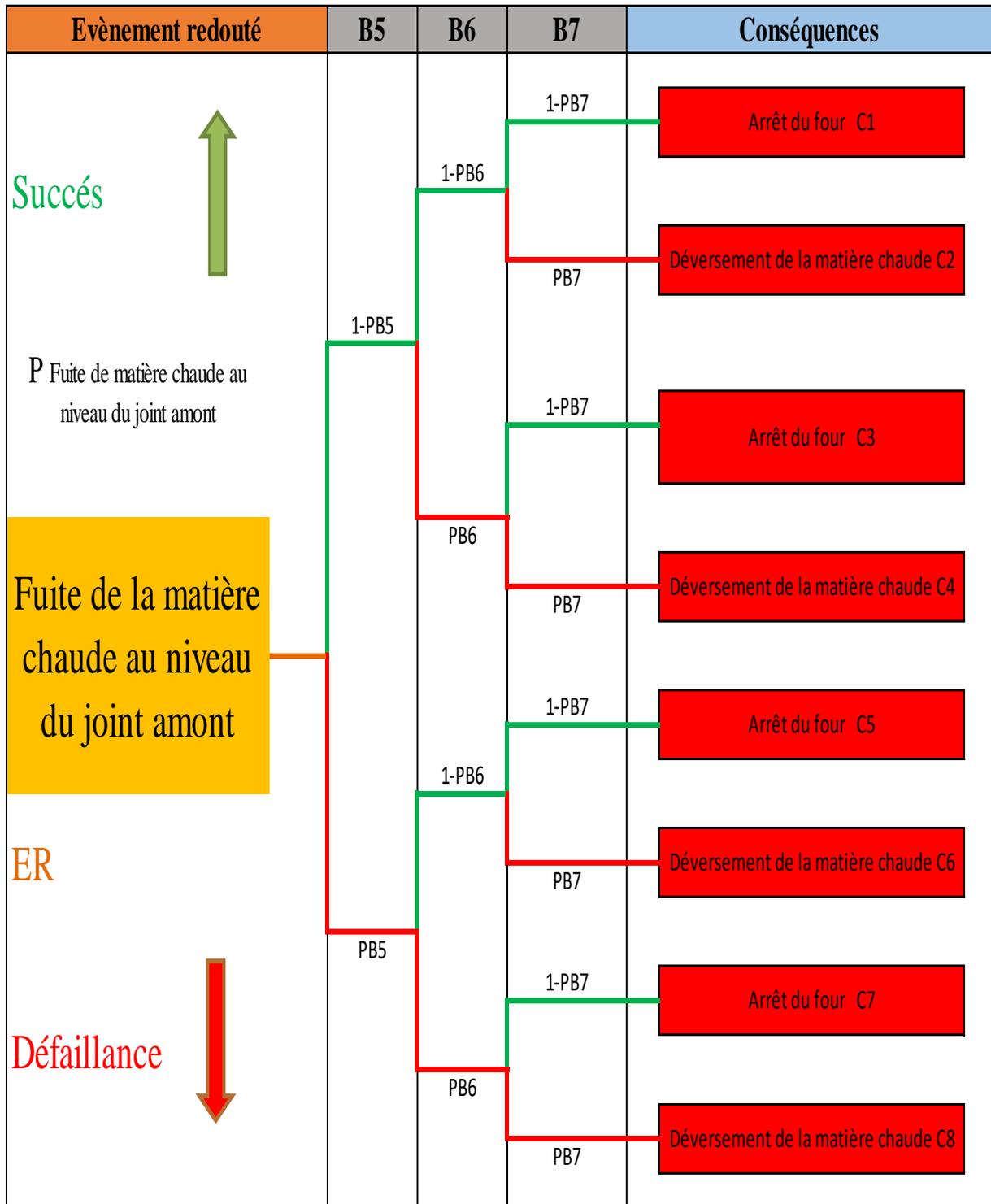


Figure B- 2 : AdE de l'ER2 « Fuite de la matière chaude au niveau du joint amont »

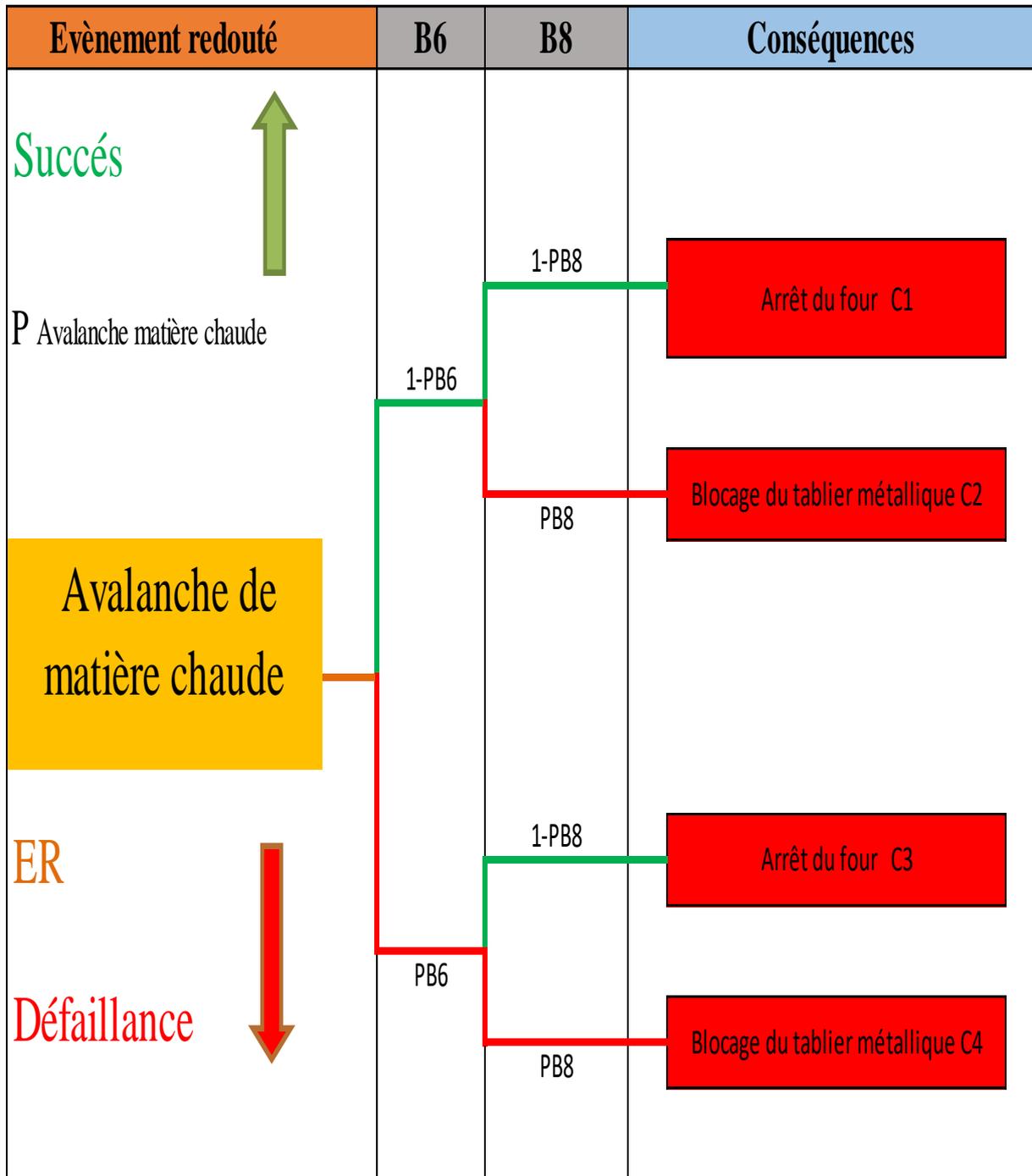


Figure B- 3 : AdE de l'ER3 « Avalanche de matière chaude »

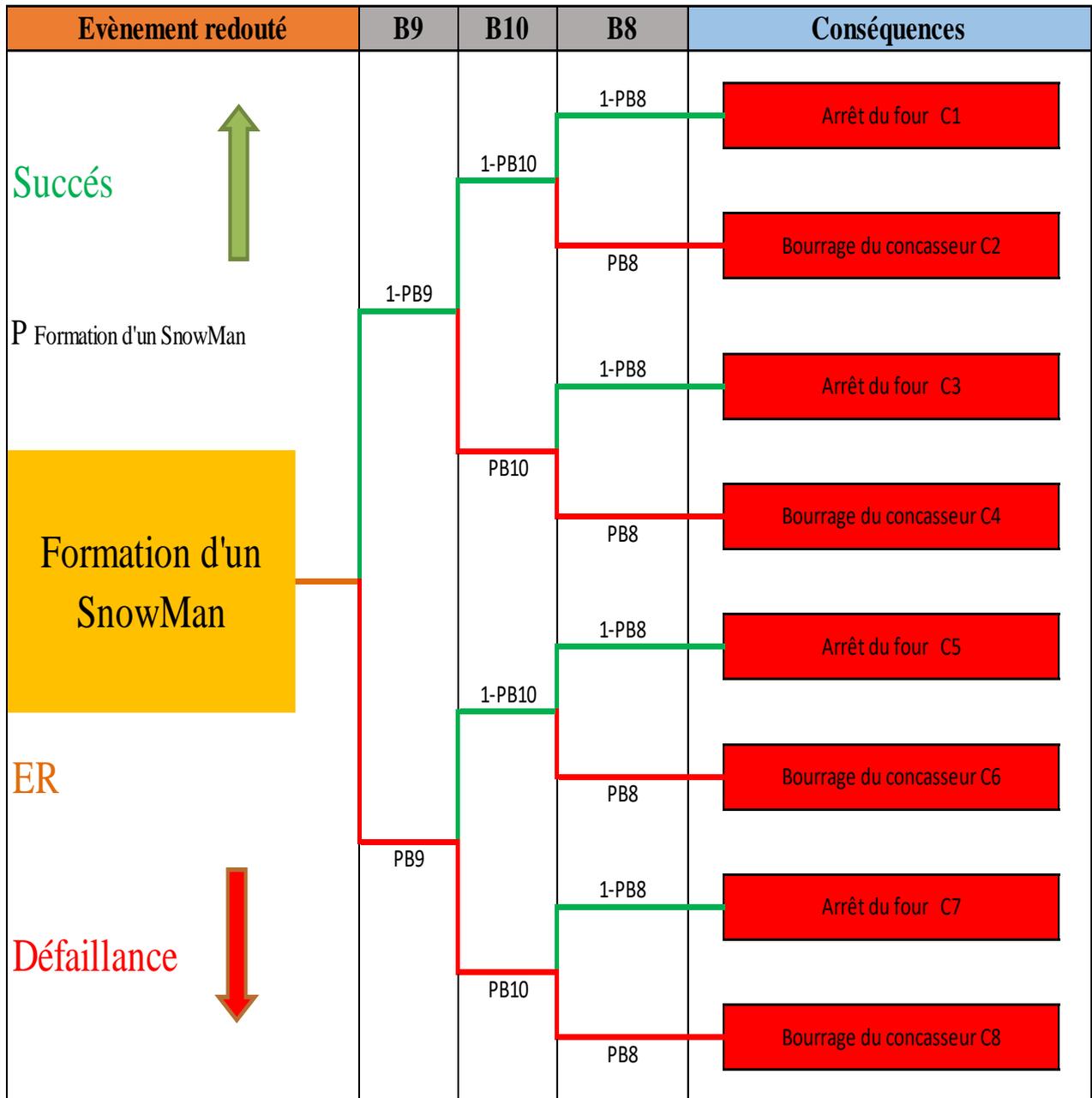


Figure B- 4 : AdE de l'ER4 « Formation d'un SnowMan »

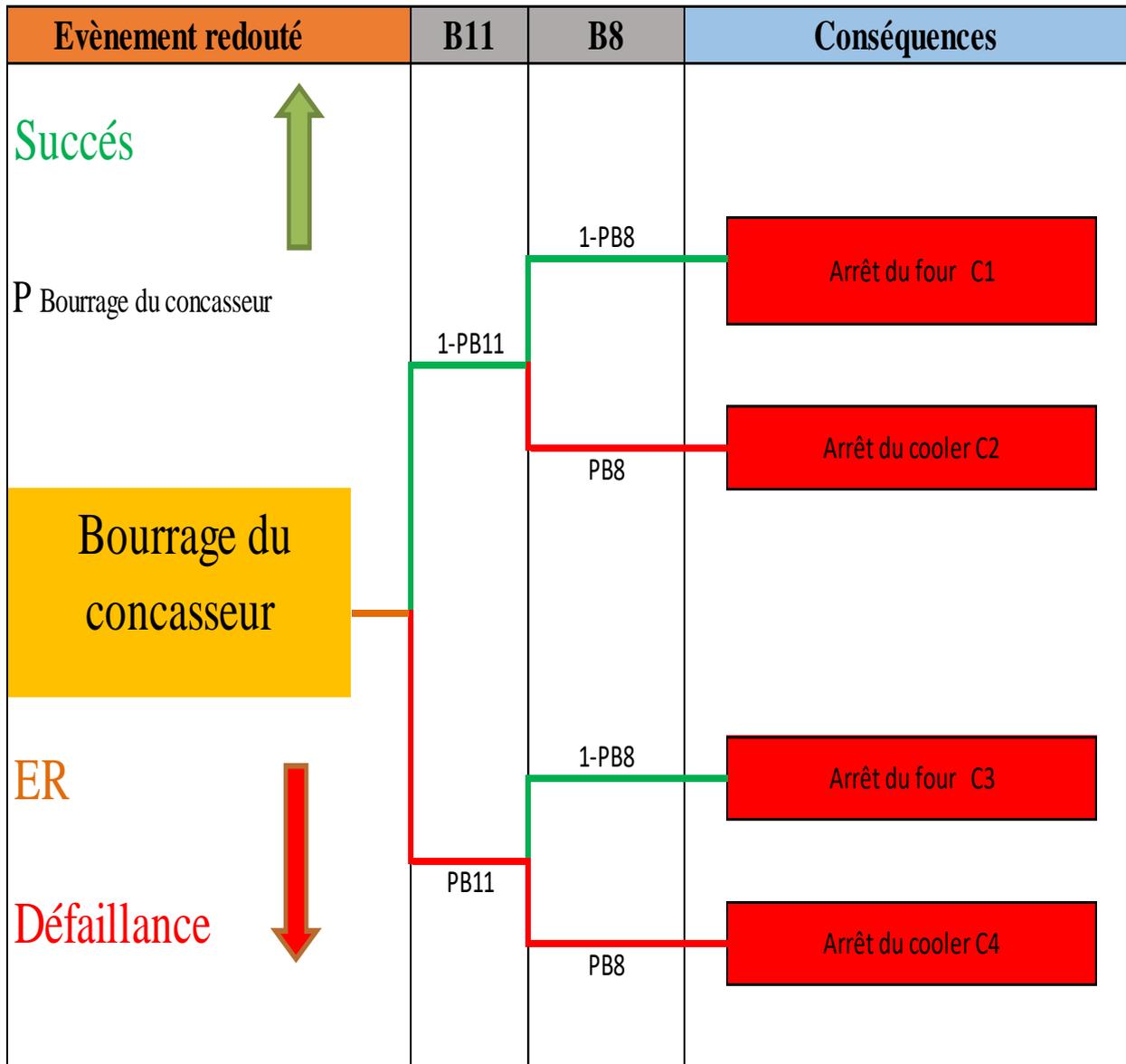


Figure B- 5 : AdE de l'ER5 « Bourrage du concasseur »

**ANNEXE C : RELEVÉ  
TEMPERATURE VIROLE – FOUR**

	<b>Tache</b>	<b>Relevé température virole</b>				<b>Référence</b>
	<b>Objectif</b>	Description mode opératoire de Relevé température virole				SOP_FAB_RTV
<b>SOP faite par :</b> Soufyane el Houbbadi				<b>Validée par :</b> Taouil Ismail		
<b>Principaux risques :</b>		Chute de plain pied -brûlure- entraînement par les équipements tournants				
<b>Personnel concernés :</b>		Equipe Service fabrication	<b>Habilitation</b>	<b>Formation</b>	<b>Autorisation</b>	
<b>Prérequis :</b>		Outils conformes - Bon état de santé - Personne formée & autorisée - Plan de circulation maîtrisé - Bonne connaissance des risques liés à la tâche				
<b>Permis requis ?</b>						
<b>Consignes générales :</b>		<i>Avant de commencer le travail il faut porter les EPI+ respecter les panneaux de signalisation</i>				
Etape	Opération étape par étape	Visualisation	Risques liés à l'opération	Description de l'opération et définition des méthodes nécessaires pour la réaliser en toute santé et sécurité		
1	Accès au lieu du travail		Chute de plain pied Accident de circulation	Respecter les règles SS d'usine (passage-piéton, EPI, tenir la rampe...). Informez la salle de contrôle.		
2	Relevé T°c virole		Heurt Bruit chute de plain pied Ecrasement Blessure Brûlure Machine en mouvement	Communiquer en continu avec la salle de contrôle (talky walky) Porter les EPI (Stop-bruit, lunettes , gant ...) Travailler dans un environnement ordonné Respecter les limites de proximité des machines en mouvement (four en mouvement & ventilateurs de refroidissement en marche)		
<b>remarque :</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour toute anomalie de sécurité il faut informer le chef de poste.</li> <li>• Pour votre sécurité travaillez dans un environnement ordonné.</li> </ul>						
<b>Pictogramme sécurité</b>						
	<b>En cas d'incident merci de contacter le numéro d'urgence du site : 3300 05 35 94 96 48</b>					
	Garder toujours votre EPI propre. En cas de malaise merci d'informer votre hiérarchie. Ne jamais travailler sous l'influence de l'alcool ou drogue.					
	Garder toujours circuit AFR propre Laisser derrière soi des chantiers sécurisés et bien rangée					

**Figure C- 1 : Relevé température virole**

**ANNEXE D : SOP VISITE ET  
INSPECTION A L'INTERIEUR DU  
REFROIDISSEUR**

L Lubrigrain		Tâche <b>Visite et inspection à l'intérieur de refroidisseur</b>			Référence: SOP-SET-CUF-18 Version 1.0 Date: 19/04/2019	
Objectif		Mode opératoire de l'opération Visite et inspection à l'intérieur de refroidisseur				
SOP faite par :		Validée par :				
Principaux risques :		Chute de l'escalier, Trébuchement, Effondrement Croutage, Inhalation poussières fines				
Personnel concerné :		AGENT FOUR		Habilitation Formation Autorisation		
Pré-requis :		Formation espace confiné, apte physique, EPI adéquat, Équipe avec un backround				
Permis requis ?		.....				
Consignes générales :		Avant de commencer le travail, il faut d'abord porter les EPI's de base et spécifiques aux dangers liés à la tâche, vérifier les équipements, appareils et l'outillage, se servir de la SOP pour préparer les mesures nécessaires en terme de sécurité, emprunter les passages piétons, tenir la rampe en montant & en descendant des escaliers, puis appliquer les mesures sécurité décrites sur la SOP selon chaque étape de l'opération				
Etape	Opération étape par étape	Visualisation	Risques liés à l'opération	Description de l'opération et définition des méthodes nécessaires pour la réaliser en toute santé et sécurité		
1	Remplir le permis d'accès aux espaces confinés		Chute plain pied	<ul style="list-style-type: none"> <li>Établir un permis aux espaces confinés signés par le chef de poste</li> <li>Informer l'opérateur de la salle de contrôle</li> <li>Afficher le permis dans le tableau de la salle contrôle « Zone dédiée aux permis ».</li> </ul>		
2	Accès au refroidisseur		Chute de l'escalier Trébuchement	Respecter le passage piéton Tenue la rampe lors de la montée et descente de l'escalier		
3	Consigner les équipements de four		Démarrage d'équipement	Mettre son cadenas personnel selon la règle LOTOTO dans le master lock Didier au consignation de four et ses auxiliaires qui se trouve devant le four avant d'entrer au refroidisseur		
4	Préparer le refroidisseur		Brulure Asphyxie éboulement de matière	Attendre 36h après l'arrêt de refroidisseur pour un refroidissement suffisant Mettre une passerelle pour faciliter l'accès au refroidisseur Mettre en place un éclairage conforme de 24 Volts Faire un prélèvement atmosphérique avant d'entrée au refroidisseur et enregistrer les de test sur le permis d'entrée Préparer et communiquer un plan de secours en cas d'urgence avant d'entrer au four		
5	Accès au four pour l'inspection		Effondrement Croutage Inhalation poussières fines Trébuchement	L'équipe d'inspection doit avoir connaissance de nature de croutage et des Risques qui peuvent se trouver dans le refroidisseur Utiliser la cage de protection contre chute croutage pendant l'inspection Contrôler l'état de croutage et de brique durant l'inspection Interdis de piquer ou retirer un bloc de croutage Déplacer la cage de protection tout en restant protégé contre les chutes du croutage En cas de croutage fragile susceptible de tomber, ANNULEZ L'INTERVENTION Porter un masque anti-poussières une personne doit surveiller en permanence l'activité depuis l'extérieur Apporter un talkie-walkie pour rester en contact avec le surveillant		
Pictogrammes S&S						
TELEPHONE URGENCE		En cas d'incident merci de contacter le numéro d'urgence du site : <b>0523729114/105</b>				
		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Règles santé : Bien laver les mains après fin de la tâche</li> <li>✗ Respecter le passage piéton / Vérifier les planchers et les garde-corps en chemin</li> <li>✗ Ne pas utiliser le téléphone en marchant ou en conduisant / Ne pas fumer dans les zones non autorisées</li> <li>✗ Ne pas porter des vêtements flottants ou avoir des cheveux longs à proximité des équipements</li> <li>✗ Remonter tout manque de protection ou dysfonctionnement</li> </ul>				
		Pensez au rangement de votre espace de travail après fin de votre tâche				

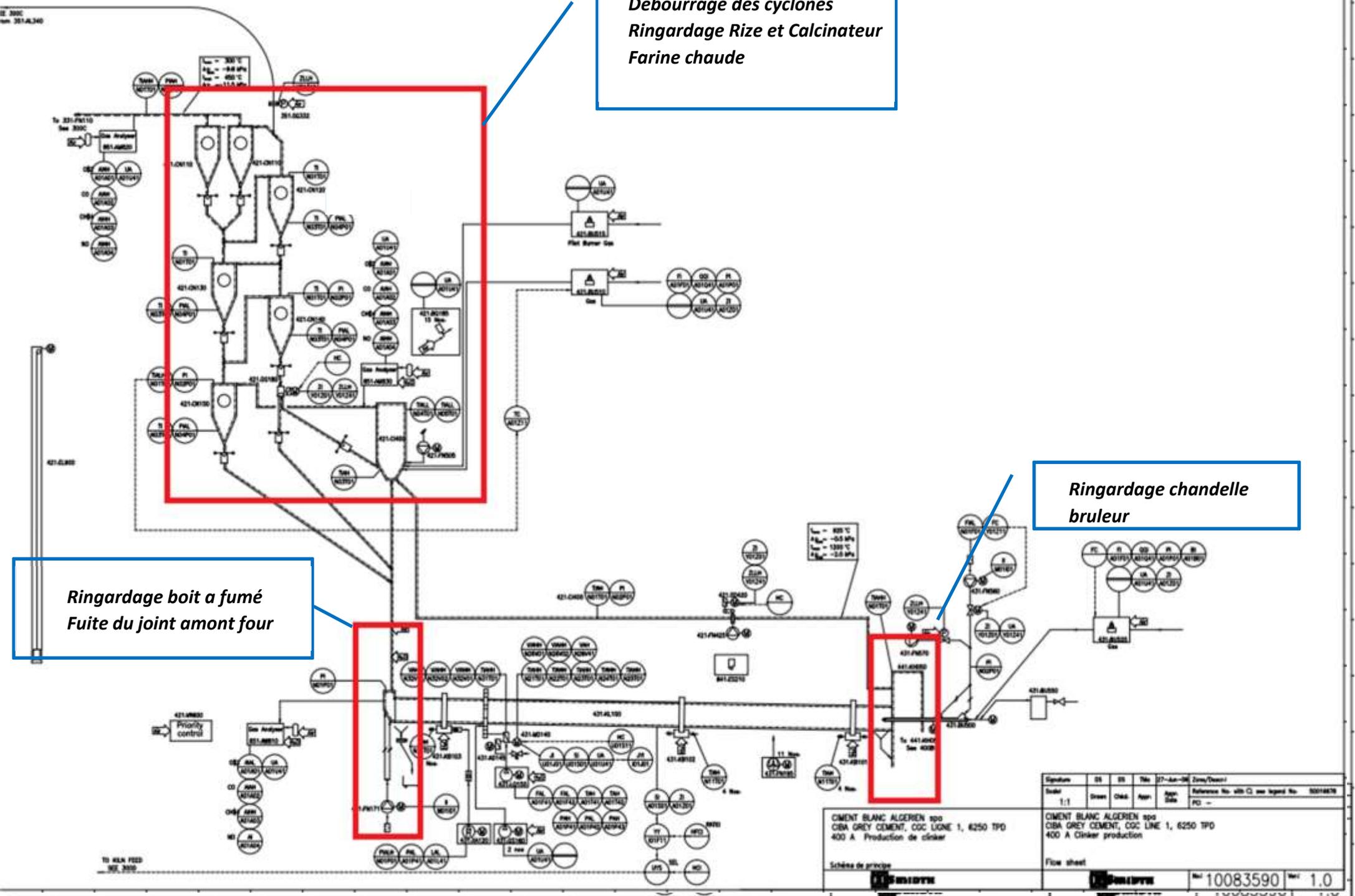
Figure D- 1 : Visite et inspection à l'intérieur du refroidisseur

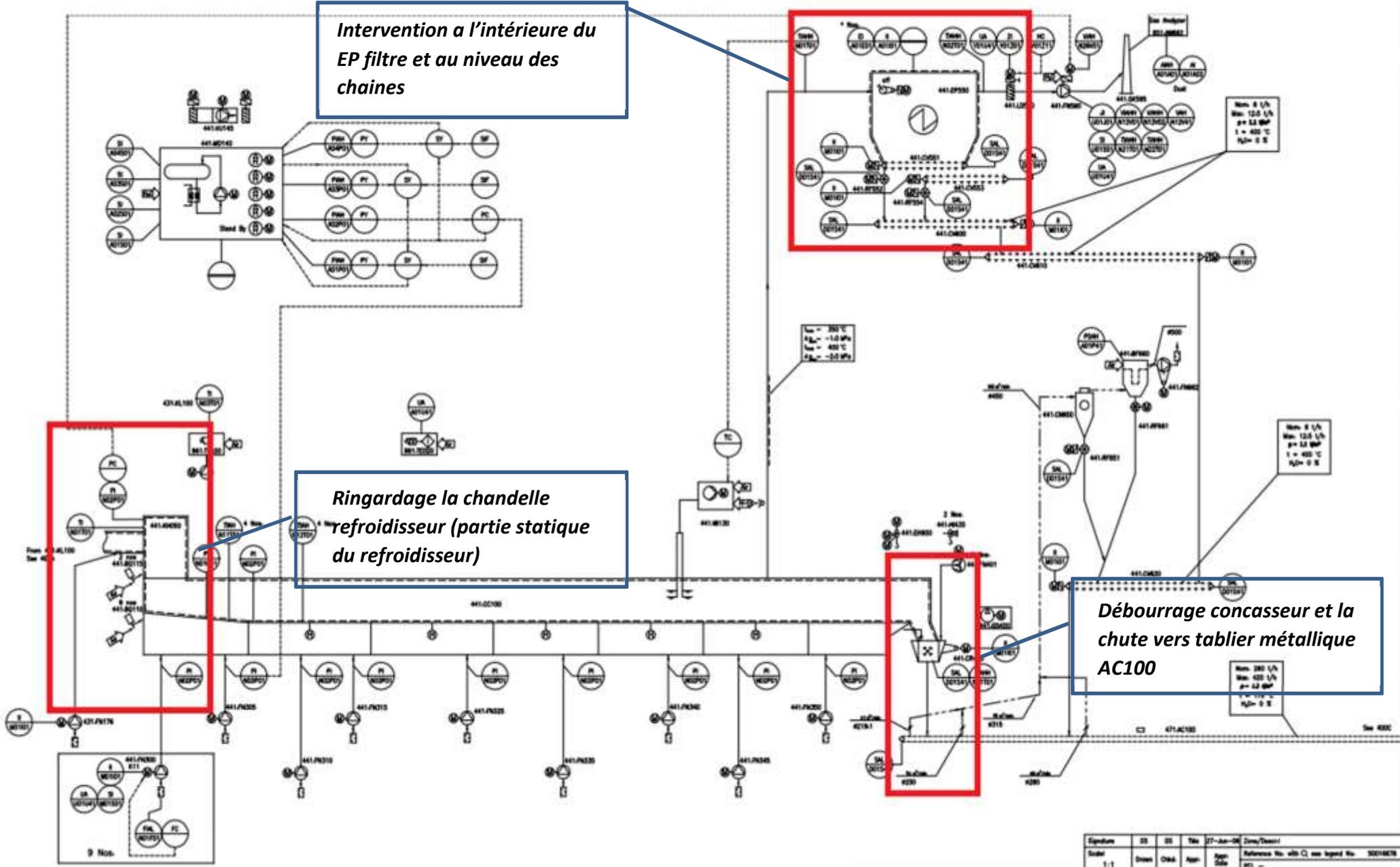
# **ANNEXE E : FOUR, REFROIDISSEUR**

*Débouillage des cyclones  
Ringardage Rize et Calcinateur  
Farine chaude*

*Ringardage chandelle  
bruleur*

*Ringardage boîte à fumé  
Fuite du joint amont four*





Intervention a l'intérieur du EP filtre et au niveau des chaines

Ringardage la chandelle refroidisseur (partie statique du refroidisseur)

Débourrage concasseur et la chute vers tablier métallique AC100

Signature	ES	ES	Tite	27-Jun-06	2mes/Dessin
Scale	1:1	Draw	Obs	App	App
					Reference No with C: see legend No. 5004678
					PCI -
CIMENT BLANC ALGERIEN app CIBA GREY CEMENT, COC LIGNE 1, 6250 TPD 400 B Production de clinker			CIMENT BLANC ALGERIEN app CIBA GREY CEMENT, COC LIGNE 1, 6250 TPD 400 B Clinker production		
Schéma de principe			Flow sheet		
					10083591   1.0