

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



Mémoire de Master en Sécurité industrielle

Spécialité : QHSE-GRI

Intitulé

Évaluation des risques industriels

Cas de l'unité de détergents UNILEVER

Etudié par : BOUBERAK Wissame

Proposé par : ZEBOUDJ Saliha

Encadré par : ZEBOUDJ Saliha et BENMOKHTAR Amine

Promotion Juin 2015

10, Avenue des frères Ouadek. Hassen Badi. BP A82, 16200. Alger, ALGERIE.
www.enp.edu.dz

REMERCIEMENTS

Au terme de ce projet de mémoire de master, il m'est indispensable de m'acquitter d'une dette de reconnaissance auprès de toutes les personnes dont l'intervention a favorisé son aboutissement.

Je remercie Dieu de m'avoir accordé des connaissances de la science et de m'avoir aidé à réaliser ce modeste travail.

J'adresse mes sincères remerciements à mes encadreurs Mme ZEBOUJ Maitre de Conférences A et Mr BENMOKHTAR Maitre-Assistant à l'ENP pour leurs conseils, leurs patience et pour le soutien et l'attention apportés tout le long de la réalisation de ce travail. Qu'ils trouvent ici ma profonde gratitude et mes respects les plus profonds.

Je remercie vivement les membres du jury, Mme DJOUADI et Mr TOUAHAR pour avoir pris le temps et le soin de lire ce rapport.

Comme je tiens à remercier l'ensemble du personnel d'Unilever, particulièrement Mesdames BENALI.H, MEKKAOUIL et Messieurs AISSAOUI. Y et l TOUGHZA.A qui ont mis à ma disposition la documentation qui m'a été utile dans mon travail.

Enfin, c'est dans un état d'esprit mitigé que je rédige ces quelques lignes, afin de remercier toutes les personnes qui ont contribué implicitement ou explicitement à l'ensemble de ce travail notamment mon oncle El Hadj Mekki HENNI.

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم المخاطر في وحدة المنظفات. وهذا بتحديد مصادر الخطر التي يمكن أن تؤثر على البيئة، الأشخاص والممتلكات بتحليل اولي لتلك تحديد لها تم تقديرها لتحديد الأولويات ثم مقارنة مستوى هذا (Grille de criticité).

الخطوة التالية تتمثل في تحليل هذه المخاطر من خلال الطريقة التي تمكننا من تحديد العطل من طبيعة تقنية وعملية على يؤدي إلى .

يل المخاطر، تقييم .APR HAZOP

RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude consiste à évaluer les risques dans l'unité de détergent UNILEVER. Il s'agit d'identifier les sources de danger qui peuvent atteindre les personnes, les biens et l'environnement en procédant à une analyse préliminaire des risques APR. Après cette identification, il sera procédé à l'estimation des risques en vue de les hiérarchiser et de pouvoir comparer par la suite ce niveau de risque aux critères de décision (grille de criticité). L'étape suivante consiste à analyser les risques par la méthode HAZOP (*Hazard and Operability studies*) qui permet l'identification des dysfonctionnements de nature technique et opératoire dont l'enchaînement peut conduire à un scénario d'accident.

Mots-clés :

Evaluation des risques, Analyse des risques, APR, HAZOP.

Abstract

The present study attempts to provide a risk analysis in the industry of powder detergent production. In order to achieve this task, it was necessary to identify the sources of danger that could cause injuries to people or/and damage to property and environment through carrying out a preliminary analysis of ARP risks. Once this identification has been done, a risk assessment should take place in order to rank the risks on one hand, and compare the level of risk to the decision-making criteria (criticality grid) on the other hand. The other part of the study examines the application of HAZOP method to the equipment through identifying the technical and operational dysfunctions.

Key word

Risk assessment, Risk analysis, APR, HAZOP.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Grille de criticité.....	18
Tableau 2 : Echelle de gravité.....	19
Tableau 3 : Echelle de fréquence	19
Tableau 4 : Découpage structurel du générateur d'air chaud (sous système alimentation en gaz)	21
Tableau 5 : Découpage structurel du générateur d'air chaud (sous système alimentation en air)	21
Tableau 6 : Découpage structurel du générateur d'air chaud (sous système chambre de combustion- brûleur).....	22
Tableau 7 : Découpage structurel du générateur d'air chaud (Sous système de contrôle et de sécurité).....	22
Tableau 8 : Nœuds et déviations retenus.....	23
Tableau 9 : Inventaire des défaillances de risque inacceptable.....	34

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Processus de la gestion des risques.....	7
Figure 2 : Schéma du procédé de fabrication du détergent.....	14
Figure 3: Principales zones à risque de l'usine Unilever	17
Figure 4: Répartition des risques sans mesures de prévention/protection	33

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ALARP:	As Low As Reasonably Practicable
ATEX :	Atmosphère explosive
AMDEC	Analyse des Modes de défaillance de leurs Effets et de leurs Criticité
:	
APR :	Analyse Préliminaire des Risques
BHS :	Barrières Humaines de Sécurité
BTS :	Barrières Techniques de Sécurité
ER :	Evénement redouté
HAZOP :	Hazard and Operability Studies
ICPE :	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
MMR :	Mesures de Maitrise des Risques
SAMS :	Systèmes à Action Manuelle de Sécurité
SIS :	Systèmes instrumentés de sécurité.

Table des matières

Introduction	5
CHAPITRE I : MAITRISE DES RISQUES INDUSTRIELS	7
I.1 Place de l'analyse dans la gestion des risques	7
I.1.1 Principe de la gestion des risques	7
I.1.2 Analyse des risques	7
I.1.3 Evaluation des risques.....	8
I.1.4 Réduction du risque	9
I.2 Apport des méthodes classiques d'analyse des risques	9
I.2.1 L'analyse préliminaire des risques APR.....	9
I.2.2 HAZOP	10
I.3 Mesures de Maitrise des Risques	12
CHAPITRE II : APPLICATION DES METHODES D'ANALYSE	13
II.1 Description du procédé de fabrication du détergent OMO D'UNILEVER	13
II.1.1 Transport des matières premières	15
II.1.2 Fabrication et pompage de la pâte	15
II.1.3 Séchage par atomisation	16
II.1.4 Post d'addition	16
II.2 Détermination des zones à risques	16
II.3 Analyse Préliminaire des Risques (APR) des zones à risques	18
II.3.1 Grille de criticité	18
II.3.2 Classification des risques.....	20
II.4 Etude HAZOP	20
II.4.1 Découpage structurel du générateur d'air chaud/ brûleur	20
II.4.3 Application de HAZOP	24
II.4.4 Analyse et résultats de l'HAZOP	33
Conclusion	35
Références	36
Annexes	37

Introduction

La maîtrise des risques industriels est une exigence réglementaire à la charge du premier responsable de l'industrie, et passe par l'identification des scénarios d'accidents susceptibles de survenir sur les installations.

Les Mesures de Maîtrise des Risques MMR industriels peuvent être de deux natures :

1. Les mesures de prévention qui agiront sur la probabilité de réalisation.
2. Les mesures de protection qui agiront sur les conséquences.

Quelle que soit les méthodes d'analyse retenues, il faut s'assurer que les mesures mises en place permettent d'amener le niveau de sécurité de l'installation à un niveau acceptable ;y compris la conformité réglementaire et l'acceptabilité sociale (riverains, autorités locales, etc.)^[1].

L'ampleur et la fréquence des accidents industriels ont suscité de nombreux efforts sur les études de risques afin de mieux les prévenir et les prévoir dans la perspective de gestion des risques industriels.

Unilever Algérie qui opère dans l'industrie des détergents en poudre n'est pas à l'abri d'un accident majeur. La capacité de production est de près de 170 tonnes/jour. Ainsi, l'organisation UNILEVER est considérée comme étant une installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) et soumise à une étude de danger, conformément au décret exécutif n° 07-144 fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.

Pour satisfaire à cette exigence réglementaire, force est de constater que l'évaluation des risques est au cœur de l'étude de danger. Dans cette optique, nous développerons le présent sujet qui traitant l'évaluation des risques industriels.

Le problème résidé dans la recherche essentiellement d'un ou plusieurs équipements qui seraient responsables d'un accident majeur dans une zone donnée. L'atteinte de cet objectif sera cautionnée par l'utilisation d'une méthode bien adaptée, selon une approche bien établie.

Le retour d'expérience permet alors de mettre en évidence les enseignements tirés des accidents majeurs qui se sont produits suite à l'enchaînement d'événements non souhaités combinés à des défaillances de barrières de sécurité.

Pour analyser de tels accidents, il est fait appel à des méthodes d'analyse adaptées pour identifier les causes profondes et émettre des recommandations d'amélioration afin d'éviter la récurrence^[2].

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail, dont l'intitulé est **Evaluation des Risques industriels-Pour le cas de l'unité de détergents UNILEVER.**

La démarche adoptée pour traiter ce travail s'articule autour de deux volets : dans le premier chapitre nous présenterons les concepts de base en relation avec le thème, à savoir : le processus de gestion des risques, la maîtrise des risques, les méthodes d'analyse des risques, les concepts et typologie des barrières de sécurité. Le second et dernier chapitre traitera principalement l'application des méthodes d'analyse des risques, d'abord par l'Analyse Préliminaire des Risques (APR) des zones dangereuses et ensuite par la méthode HAZOP.

Enfin, ces chapitres seront suivis par une conclusion générale décrivant le travail réalisé, les résultats obtenus et les perspectives envisagées.

CHAPITRE I : MAITRISE DES RISQUES INDUSTRIELS

I.1 Place de l'analyse dans la gestion des risques [2]

Face aux risques industriels, la réglementation algérienne exige l'élaboration d'une étude de danger pour les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement ICPE.

L'analyse des risques et des conséquences est un élément clé que doit comporter une étude de danger, afin d'identifier de façon exhaustive les événements accidentels pouvant survenir, leur attribuer une cotation en terme de gravité et de probabilité permettant de les hiérarchiser, en précisant les méthodes d'évaluation des risques [3].

I.1.1 Principe de la gestion des risques

La gestion des risques ou management des risques peut être définie comme l'ensemble des activités coordonnées menées en vue de réduire les risques à un niveau jugé tolérable ou acceptable à un moment donné et dans un contexte donné [2].

Le processus de gestion des risques est représenté dans la figure ci-dessous :

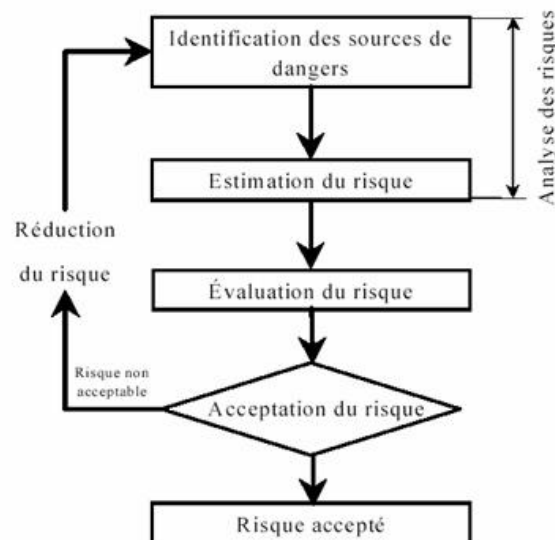


Figure 1: Processus de la gestion des risques [4]

I.1.2 Analyse des risques

Pour mener une analyse des risques, il s'agira en premier lieu d'identifier les sources de danger et les situations associées qui peuvent atteindre les personnes, les biens et l'environnement.

Elle permet de mettre en exergue les barrières de sécurité existantes (barrières de prévention/ de protection).

Après cette identification, on procède à l'estimation des risques en vue de hiérarchiser les risques identifiés et de pouvoir comparer par la suite ce niveau de risque aux critères de décision.

L'estimation du risque consiste à déterminer :

- Le niveau de probabilité qu'un phénomène dangereux se produise,
- Le niveau de gravité des conséquences.

Ces grandeurs sont estimées qualitativement, quantitativement ou semi-quantitativement, suivant le contexte et les outils et données disponibles.

I.1.3 Evaluation des risques

L'évaluation du risque est l'étape de comparaison du risque estimé à des critères de décision face au risque. Elle consiste à décider si le risque est acceptable ou s'il doit faire l'objet de mesures supplémentaires de maîtrise. Les critères d'acceptabilité sont définis au préalable, par les parties prenantes, avant le processus d'analyse des risques, selon les objectifs poursuivis dans la gestion des risques.

Un risque tolérable est défini comme un risque accepté dans un certain contexte et fondé sur les valeurs admises par l'entreprise. ^[5]

De ce fait, l'acceptation du risque peut dépendre de facteurs éthiques, moraux, économiques ou politiques. Or, dans le domaine des risques accidentels, la décision d'acceptation des risques fait intervenir les autorités compétentes.

Quels que soient les critères d'acceptation retenus, il est indispensable qu'ils soient connus et explicites préalablement à toute phase d'analyse des risques.

Les critères de décision ne font pas toujours référence explicitement à la notion de risque acceptable. Ils peuvent s'exprimer en termes de bénéfices attendus des actions de maîtrise de risque par rapport au coût qu'elles engendrent. D'où la notion d'ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*), c'est à dire aussi bas que raisonnablement praticable.

I.1.4 Réduction du risque

La réduction du risque (ou maîtrise du risque) est l'ensemble des actions ou dispositions entreprises pour diminuer la probabilité ou la gravité des dommages associés à un risque particulier.

Lorsque le risque est jugé inacceptable, les mesures de réduction doivent être envisagées. Il s'agit :

- Des mesures (ou barrières) de prévention : permettant de limiter la probabilité d'un évènement indésirable, avant que le phénomène dangereux ne se produise.
- Des mesures (ou barrières) de limitation : permettant de limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux.
- Des mesures (ou barrières) de protection : permettant de limiter les conséquences sur les cibles potentielles par diminution de la vulnérabilité.

Ces mesures consistent à mettre en place des barrières de sécurité, y compris, les dispositifs techniques ou organisationnels qui assurent la maîtrise du risque.

La réduction du risque apportée par les barrières de sécurité dépend de leur efficacité, de leur temps de réponse et de leur fiabilité caractérisée par un niveau de confiance.

I.2 Apport des méthodes classiques d'analyse des risques

Une analyse des risques a pour but d'identifier l'ensemble des phénomènes dangereux pouvant se produire sur un site et pouvant conduire à des accidents ^[2].

I.2.1 L'analyse préliminaire des risques APR

- **Objectif** ^[6]

L'analyse préliminaire de risques (APR) est une démarche, dont l'objectif est d'évaluer les problèmes à résoudre en matière de maîtrise des risques.

- **Principe** ^[2]

Une APR nécessite dans un premier temps d'identifier les éléments dangereux de l'installation. Il s'agit :

- Des substances ou préparations dangereuses (matières premières, produit finis ou utilités).
- Des équipements dangereux (bacs de stockage, zone de réception, fours, réacteurs, fourniture d'utilités).

- Des opérations dangereuses associées au procédé.

La méthode APR repose :

- Sur les enchaînements des événements
- Sur les cotations des fréquences des événements à l'origine des situations dangereuses ou des accidents ;
- Sur la gravité des conséquences des accidents.

- **Limites et avantages**

Par contre, l'APR ne permet pas de caractériser finement l'enchaînement des événements susceptibles de conduire à un accident majeur pour des systèmes complexes.

Comme son nom l'indique, il s'agit à la base d'une méthode préliminaire d'analyse qui permet d'identifier les points critiques devant faire l'objet d'études plus détaillées comme *HAZard and OPerability studies*(HAZOP), Analyse des Modes de défaillance de leurs Effets et de leurs Criticité (AMDEC)...etc.

La méthode la plus adaptée dans notre cas est l'HAZOP, car elle est dédiée à l'industrie chimique, y compris les systèmes thermo hydrauliques régissant des paramètres importants pour la sécurité

I.2.2HAZOP

La méthode HAZOP est un outil formalisé, systémique et développé pour analyser les risques potentiels associés à l'exploitation d'une installation industrielle. Cette méthode étudie l'influence de déviations des divers paramètres régissant le procédé analysé. A l'aide de mots-clefs, les dérives imaginées de chaque paramètre sont examinées systématiquement afin de mettre en évidence leurs causes, leurs conséquences, les moyens de détection et les actions correctives ^[6].

- **Objectif**

L'objectif de la méthode HAZOP est, à l'origine, d'identifier les dysfonctionnements de nature technique et opératoire dont l'enchaînement peut conduire à des événements non souhaités. Il s'agit donc de déterminer, pour chaque sous-ensemble ou élément d'un système bien défini, les conséquences d'un fonctionnement hors du domaine d'utilisation pour lequel ce système a été conçu. ^[7]

- **Principe**

La méthode HAZOP consiste à décomposer un système donné en sous-ensembles appelés « nœuds » puis, à l'aide de mots-clés ou mots guides spécifiques, à faire varier les paramètres du système étudié par rapport à ses points de consignes appelés « intentions du procédé ».

Les déviations ainsi obtenues sont examinées dans le but d'en déduire les conséquences potentielles pour l'ensemble du système et de déterminer celles conduisant à des risques potentiels pour la sécurité des personnes, des biens et de l'environnement. Il faut définir ensuite les actions recommandées pour éliminer en priorité la cause ou atténuer, voire éliminer les conséquences ^[8].

Considérant de manière systématique les dérives des paramètres d'une installation en vue d'en identifier les causes et les conséquences, cette méthode est particulièrement utile pour l'examen de systèmes thermo-hydrauliques, pour lesquels des paramètres comme le débit, la température, la pression, le niveau... sont particulièrement importants pour la sécurité de l'installation.

Les étapes à suivre pour mener une étude HAZOP sont présentées comme suit :

- Choisir un nœud ; qui englobe un équipement et ses connections, l'ensemble réalisant une fonction dans le procédé identifié au cours de la description fonctionnelle ;
- Choisir un paramètre de fonctionnement ;
- Retenir un mot clé et étudier la dérive associée ;
- Identifier les causes et les conséquences potentielles de cette dérive ;
- Examiner les moyens de détection de cette dérive et de prévention de l'occurrence ou de limitation des effets ;
- Changer de mot clé pour le même paramètre, et reprendre l'analyse ;
- Lorsque tous les mots clés ont été considérés, retenir un nouveau paramètre et reprendre l'analyse.

- **Limites et avantages**

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

De plus, il est parfois difficile d'affecter un mot clé à une portion bien délimitée du système à étudier.

En effet, les systèmes étudiés sont souvent composés de parties interconnectées si bien qu'une dérive survenant dans un nœud peut avoir des conséquences ou à l'inverse des causes dans un

nœud voisin et inversement. Bien entendu, il est possible a priori de reporter les implications d'une dérive d'une partie à une autre du système. Toutefois, cette tâche peut rapidement s'avérer complexe.

Enfin, L'HAZOP traite tous types de risques. Ainsi cette dernière s'avère être un outil très efficace pour les systèmes thermo hydrauliques.

I.3 Mesures de Maîtrise des Risques ^[9]

Les risques générés par les activités industrielles, à l'instar de l'industrie des détergents, nécessitent la mise en place des Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) dites (barrières de sécurité).

Elles sont de trois types :

- Les barrières techniques de sécurité BTS (dispositifs de sécurité et systèmes instrumentés de sécurité SIS),
- Les barrières humaines de sécurité BHS,
- Les barrières qui font intervenir les barrières techniques et humaines. Ces barrières sont appelées systèmes à action manuelle de sécurité SAMS.

Les respects des normes dans la conception et l'exploitation ne sont pas considérés comme des barrières de sécurité. Néanmoins, ils sont intégrés dans la démarche d'analyse des risques au niveau de la fréquence des événements initiateurs associés ou au niveau de la possibilité des scénarios d'accidents, dans le cadre de la maîtrise des risques.

CHAPITRE II : APPLICATION DES METHODES D'ANALYSE

II.1 Description du procédé de fabrication du détergent OMO D'UNILEVER ^[10]

Unilever Algérie est issue d'un Partenariat Algéro-Britannique, avec un investissement estimé à soixante-cinq millions d'euros sur un total d'un milliard d'euros à l'échelle mondiale.

L'usine "Unilever" activant dans la fabrication du détergent "OMO" basée à Oran, est implantée à Hassi-Ameur sur un terrain d'assiette d'une superficie de 27 569 m². Le procédé de fabrication du détergent OMO est représenté en Figure N°2.

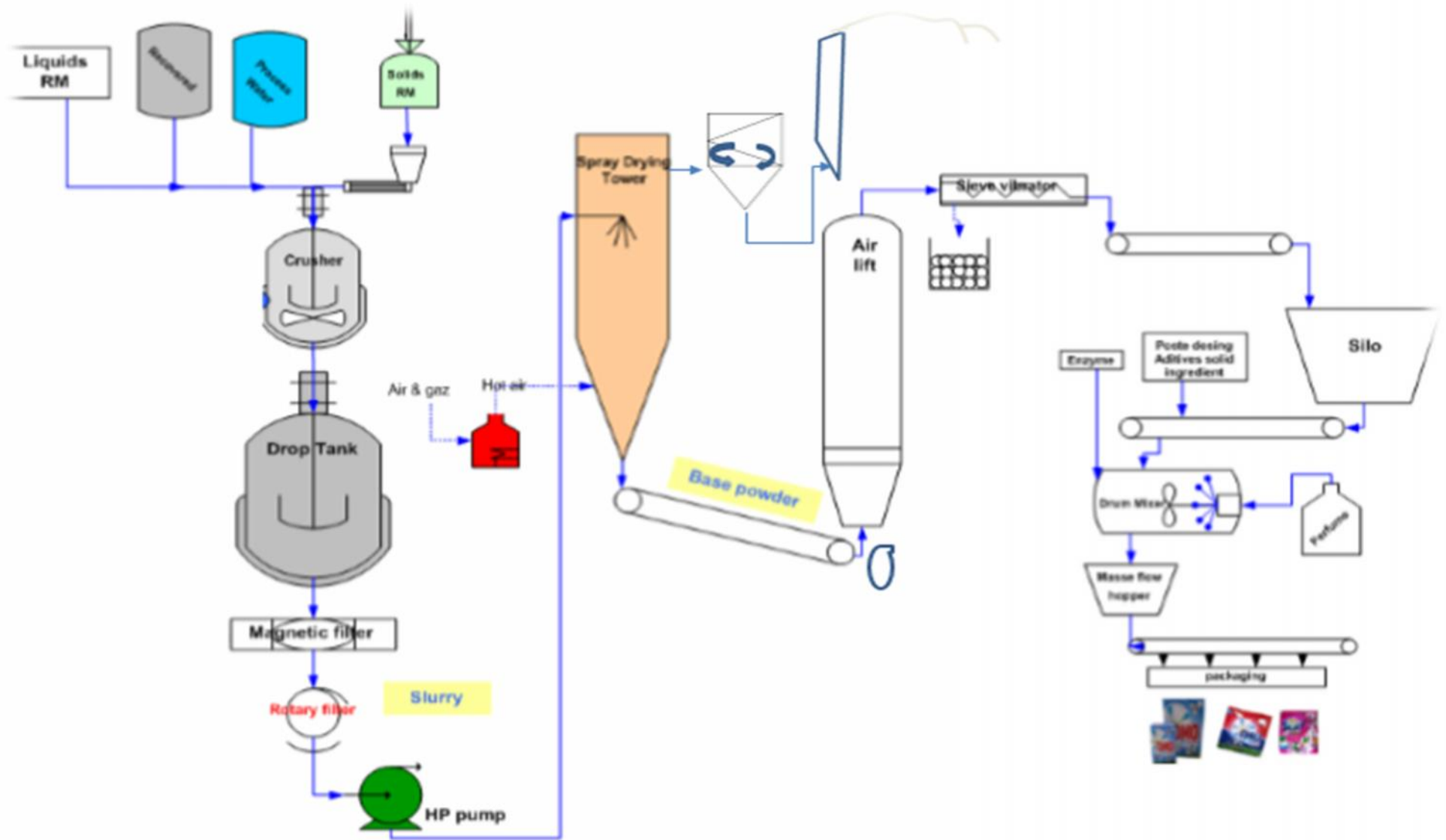


Figure 2 : Schéma du procédé de fabrication du détergent

Ce procédé est constitué de quatre zones, à savoir : transport des matières premières, fabrication et pompage de la pâte, séchage par atomisation et le post d'addition.

II.1.1 Transport des matières premières

Les matières premières liquides sont stockées dans des bacs contenus dans une cuvette de rétention. Ces matières sont transportées par le biais des pompes dans un mélangeur, à des volumes donnés, selon l'ordre suivant :

- L'eau chaude ;
- La soude caustique ;
- L'acide sulfonique.

La réaction de neutralisation entre l'acide sulfonique et la soude caustique est d'une durée de deux minutes.

- Silicate ;
- CP5 (acrylic/maleic).

L'agitation des matières premières liquides se fait avec 30% de la vitesse nominale de l'agitateur.

Un opérateur contrôle directement un tableau de bord de toutes les machines impliquées.

Pour les matières premières solides, elles sont transportées dans de grands sacs, à l'aide d'un dispositif de levage pneumatique, en passant par des doseurs, vers le mélangeur. Il s'agit du :

- Sulfate ;
- Carbonate.

L'agitation des matières premières solides se fait avec 70% de la vitesse nominale de l'agitateur.

Le mélange entre ces matières à des concentrations données, produit une pâte visqueuse appelée "slurry".

II.1.2 Fabrication et pompage de la pâte

Le slurry est transporté dans un bac de maturation dont la capacité est trois fois supérieure à celle du mélangeur. L'agitation se fait à l'intérieur de ce bac à une vitesse constante

Il passe ensuite, après agitation, dans un bac de décantation pour éliminer les grumeaux, puis par la suite dans un filtre magnétique à l'effet d'empêcher le passage des corps métalliques étrangers. Elle passe dans un autre filtre broyeur pour lui permettre d'avoir une homogénéité et ensuite par un filtre rotatif à l'effet de piéger les grandes particules.

Par l'effet de la gravité, le slurry est transporté par une mono pompe à quatre bars, puis par une pompe haute pression de cinquante bars pour alimenter la tour d'atomisation.

II.1.3 Séchage par atomisation

L'entrée de la tour d'atomisation est alimentée par un four à près de 350°C. Le slurry est alors pulvérisé par des gicleurs, qui au contact de l'air chaud, est séché, d'où la production de la poudre de base.

La partie supérieure de la tour d'atomisation, est alimenté par des cyclones qui aspirent la poudre de faible masse volumique. Cette dernière sera recyclée, ou rejetée sous forme de vapeur concentrée au contact de l'eau chaude.

II.1.4 Poste d'addition

A la sortie de la tour d'atomisation, la température de la poudre de base est à 110°C. Elle est alors transportée par un convoyeur vers un pont aérien appelé "*air lift*" à l'aide de ventilateurs centrifuges.

Ce passage permet de refroidir la poudre de base. Elle traverse ensuite des tamis vibrants pour être stockée dans des silos.

Après stockage, elle passe par des convoyeurs doseurs, pour alimenter le mixeur. Les additifs sont également transportés par des convoyeurs doseurs vers le mixeur.

Après un temps, le produit fini est transporté depuis les convoyeurs vers la zone de conditionnement pour l'emballage et le stockage.

II.2 Détermination des zones à risques

Avant de procéder à l'analyse préliminaire des risques nous avons fait un découpage des zones à risque de l'usine.

Comme indiqué dans la figure 3, les principales zones à risques sont :

- Zone de procédé ;
- Zone des utilités ;
- Zone de stockage des matières premières liquides ;
- Zone de stockage du carbonate ;
- Zone de stockage des aérosols.

Dans le tableau de l'annexe A, les zones où se trouvent les équipements et substances sont indiquées de même que les risques y afférents.

Il est à noter que la zone des utilités pourra faire l'objet d'une autre étude, en vue de sa complexité.

Dans cette phase, il est notamment question de retenir des échelles de cotation des risques et une grille de criticité.

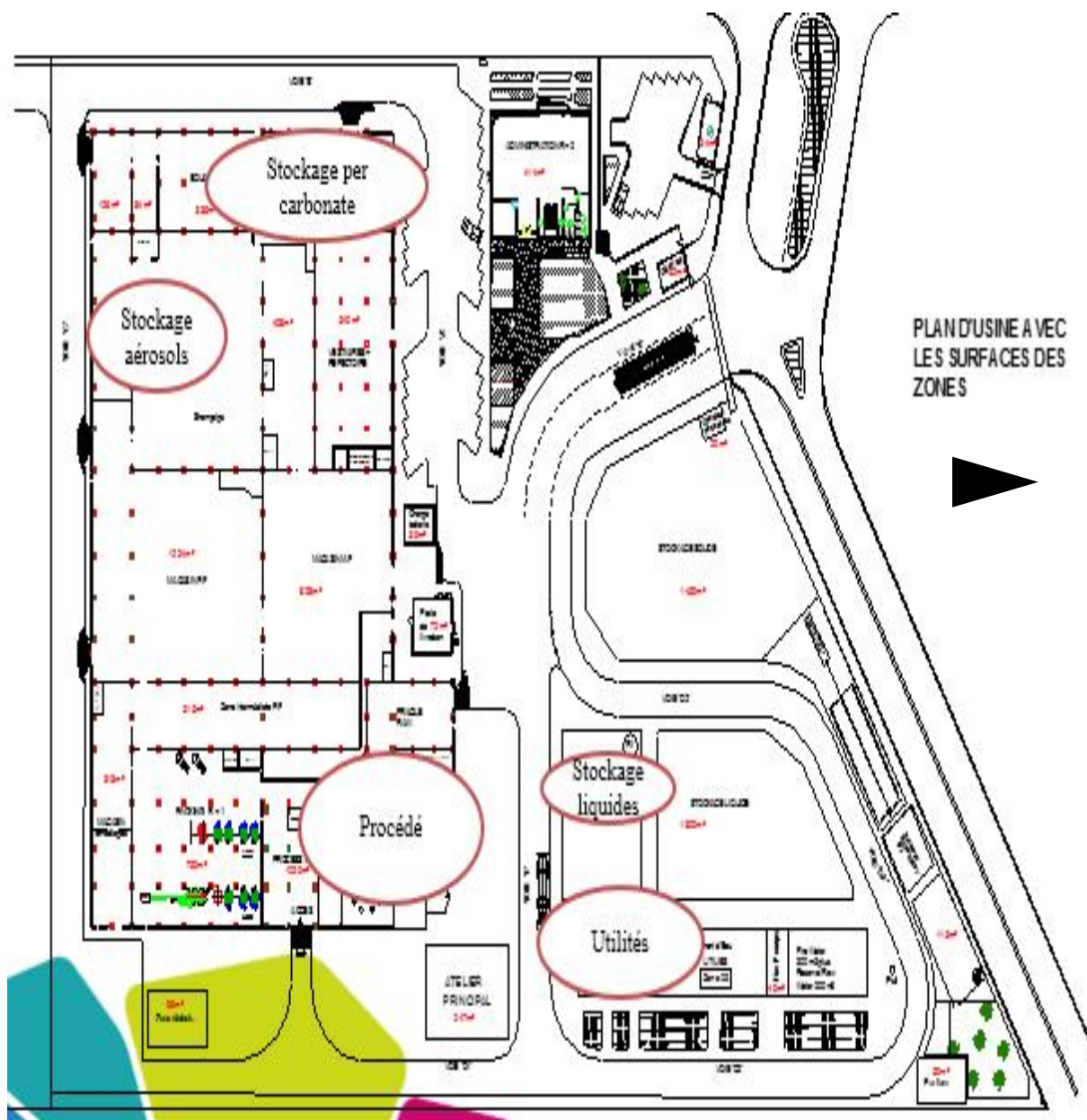


Figure 3: Principales zones à risque de l'usine Unilever

II.3 Analyse Préliminaire des Risques (APR) des zones à risques

L'APR, consiste à identifier les éléments dangereux présents dans le système étudié et à examiner comment il pourrait conduire à une situation accidentelle, suite à un évènement initiant une situation potentiellement dangereuse.

Elle permet ainsi, de mettre en exergue l'équipement et/ou la zone qui fera l'objet d'une analyse détaillée et la hiérarchisation des risques y afférents.

II.3.1 Grille de criticité

La grille de criticité d'Unilever (annexe B) ne tient compte que des risques professionnels. C'est pour cette raison que nous avons jugé nécessaire d'établir une autre grille en tenant compte cette fois-ci des risques majeurs.

Nous nous sommes inspirés des grilles de criticité de l'INERIS ^[11]. Puis, nous l'avons validé par l'équipe dirigeante d'Unilever.

La cotation des sous-ensembles, intégrant la probabilité de la survenue d'un accident et sa gravité associée, a été menée selon la matrice de criticité ci-après :

Tableau 1: Grille de criticité

Gravité 4	1.4	2.4	3.4	4.4
Gravité 3	1.3	2.3	3.3	4.3
Gravité 2	1.2	2.2	3.2	4.2
Gravité 1	1.1	2.1	3.1	4.1
	Fréquence 1	Fréquence 2	Fréquence 3	Fréquence 4

Tableau 2: Echelle de gravité

Gravité	Estimation de la gravité
G4	<p>Conséquences majeurs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fatalité sur au moins une personne ; • Dommages importants avec arrêt total de la production ; • Pollution non contrôlée de longues durées.
G3	<p>Conséquences critiques</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incapacité permanente de travail ; • Dommages localisés avec arrêt temporaire de la production ; • Pollution interne significative.
G2	<p>Conséquences significatives</p> <ul style="list-style-type: none"> • Blessure importante parmi le personnel (non permanente) ; • Dommages mineurs sans arrêt de la production ; • Pollution interne maîtrisée.
G1	<p>Conséquences mineures</p> <ul style="list-style-type: none"> • Blessures légères ; • Pas de dommages ; • Pas d'atteinte à l'environnement.

Tableau 3: Echelle de fréquence

















Fréquence	Estimation de la fréquence
F4	<ul style="list-style-type: none"> • Très probable dans la vie d'une installation ; <p>S'est produit fréquemment chez Unilever.</p>
F3	<ul style="list-style-type: none"> • Probable <p>Pourrait se produire pendant la durée de vie de l'installation.</p>
F2	<ul style="list-style-type: none"> • Peu probable <p>Déjà (ou pourrait se) rencontré dans une organisation similaire.</p>
F1	<ul style="list-style-type: none"> • Improbable <p>Jamais rencontré ou entendu parler mais physiquement possible (ou rarissime).</p>

L'APR nous permettra d'estimer les niveaux de :

















- Fréquence avant et après la prise en compte des mesures de prévention/protection (F et F').
- Gravité avant et après la prise en compte des mesures de prévention/protection (G et G').
- Criticité avant et après la prise en compte des mesures de prévention/protection (C et C').

II.3.2 Classification des risques

a. Zone de stockage des matières premières / sprays aérosols :

Gravité 4				
Gravité 3				
Gravité 2				
Gravité 1				
	Fréquence 1	Fréquence 2	Fréquence 3	Fréquence 4

b. Zone de procédé :

Gravité 4				
Gravité 3				
Gravité 2				
Gravité 1				
	Fréquence 1	Fréquence 2	Fréquence 3	Fréquence 4

Après avoir fait une APR et déterminé le niveau de criticité, en tenant compte des mesures de prévention et de protection, nous avons abouti aux résultats suivants :

- La zone vulnérable est la zone de procédé.
- Les situations dangereuses susceptibles de se produire dans les zones à risque potentiel (incendie et explosion) figurent dans le système générateur d'air chaud.

Il convient alors de vérifier que l'exploitant a analysé toutes les mesures de maîtrise du risque envisageables et mises en œuvre.

Il ressort de notre analyse que l'équipement critique est le générateur d'air chaud. En effet, 50% des événements (initiateurs/redoutés) classés dans la zone jaune, nécessitent une étude détaillée à l'aide d'une autre méthode d'analyse.

II.4 Etude HAZOP

La méthode HAZOP étudie l'influence de déviations des divers paramètres régissant le procédé analysé par rapport à leurs valeurs nominales de fonctionnement. Il est impératif de faire une décomposition structurelle du générateur d'air chaud.

II.4.1 Découpage structurel du générateur d'air chaud/ brûleur

Le générateur d'air chaud/brûleur permet de fournir une quantité de chaleur déterminée, et à une température bien définie pour alimenter la tour d'atomisation (Voir annexe D) ^[12].

Le découpage structurel et fonctionnel du Générateur d'air chaud/brûleur est représenté par les sous-systèmes suivants (voir annexe E) :

- Sous système alimentation en gaz ;
- Sous système alimentation en air ;
- Sous système brûleur ;
- Sous système de contrôle et de sécurité.

Tableau 4: Découpage structurel du générateur d'air chaud (sous système alimentation en gaz)

Sous système (fonction principale)	Composants (fonction élémentaire)
SS1 : Alimentation en gaz	<p>C11 : Robinet manuel HV1, assure l'alimentation du réseau SONELGAZ vers l'installation (1).</p> <p>C12 : Filtre, permet de piéger les corps étrangers (2).</p> <p>C13 : Robinet poussoir HV2 ; assure l'alimentation en gaz (3).</p> <p>C14 : Manomètre, indicateur de pression.</p> <p>C15 : Vanne de contrôle de pression PCV01 (5).</p> <p>C16 : Manomètre indicateur de pression.</p> <p>C17 : Robinet manuel HV3, assure l'alimentation en gaz vers la vanne PCV2, en cas de défaillance de HV2.</p> <p>C18 : Vanne de contrôle de pression PCV02(14).</p> <p>C19 : Vanne manuelle (31).</p> <p>C110 : Electro vanne d'impulsion ; indique la présence de gaz (29).</p>

Tableau 5: Découpage structurel du générateur d'air chaud (sous système alimentation en air)

Sous système (fonction principale)	Composants (fonction élémentaire)
SS2 : Alimentation en air	<p>C21 : Filtre à air, empêche le passage de corps solides.</p> <p>C22 : Manomètre différentiel, indicateur de température.</p> <p>C23 : Vanne de régulation TY64.1, permet la régulation de l'ouverture des volets du ventilateur.</p> <p>C24 : Ventilateur d'air de dilution qui aspire l'air de l'atmosphère.</p> <p>C25 : Soufflet, réducteur de diamètre de la conduite d'alimentation qui mène vers le brûleur.</p>

Tableau 6 : Découpage structurel du générateur d'air chaud (sous système chambre de combustion- brûleur)

Sous système (fonction principale)	Composants (fonction élémentaire)
SS3 : Sous-système Chambre de combustion-brûleur	<p>C31 : Orifice ajustable, pour introduire le débit de gaz vers le brûleur.</p> <p>C32 : Réchauffeurs d'air, pour chauffer l'air de dilution (29)</p> <p>C33 : Thermostat, permettant de maintenir l'air de dilution à une température relativement stable (28).</p> <p>C34 : Bougie d'allumage, génère l'étincelle nécessaire à la combustion (23).</p> <p>C35 : Détecteurs de flamme (25).</p> <p>C36 : Contrôle de la flamme (26)</p> <p>C37 : Brûleurs, assure la réaction de combustion complète</p> <p>C38 : Registre de tirage, pour créer une dépression dans la tour grâce à l'air chaud généré.</p> <p>C39 : Thermostat, permettant de maintenir l'air chaud à une température relativement stable (28).</p>

Tableau 7: Découpage structurel du générateur d'air chaud (Sous système de contrôle et de sécurité)

Sous système (fonction principale)	Composants (fonction élémentaire)
SS4 : Sous système de contrôle et de sécurité	<p>C41 : Pressostat de pression minimale (30-150 mbar), il se déclenche lorsque la pression est supérieure à la consigne et entraîne l'arrêt du brûleur (7).</p> <p>C43 : EV1, EV02 (8) Electrovanes de sécurité, actionnées par la vanne de contrôle d'étanchéité. Lorsque le test d'étanchéité est positif, la vanne s'ouvre automatiquement pour alimenter le brûleur.</p> <p>C44 : Pressostat de test des vannes.</p> <p>C45 : Pressostat de contrôle d'étanchéité des vannes, Au cours de chaque cycle d'enclenchement, il programme automatiquement le contrôle d'étanchéité et empêche la mise en service du brûleur en cas de fuite.</p> <p>C46 : Electrovanes de sécurité EV3 EV4, sont actionnés par le régulateur PCV02, pour alimenter la flamme pilote.</p> <p>C47 : Electrovanne actionné par un servomoteur (10), branché avec un indicateur de flamme. Elle se déclenche lorsqu'il y a présence de flamme.</p> <p>C48 : Pressostat de pression maximale (30-150 mbar). Il se déclenche lorsque la pression est supérieure à la consigne.12</p> <p>C49 : Indicateurs de présence de flamme dans la conduite d'alimentation de la flamme pilote, et la conduite du brûleur. l'absence de la flamme empêche le démarrage du brûleur</p> <p>C410 : Electrovanne de régulation TY64, actionnée par l'ouverture des volets du ventilateur.</p>

Tableau 8: Nœuds et déviations retenus

Nœud	Déviations
N1 : Générateur d'air chaud	D1 : Augmentation de la température D2 : Diminution de la température D3 : Augmentation du débit d'air D4 : Pas/peu de débit d'air D5 : Trop de débit de gaz D6 : Pas/peu de débit de gaz
N2 : Tuyauterie de gaz	D1 : Diminution de la pression D2 : Augmentation de la température D3 : Composition du gaz

II.4.3 Application de HAZOP

Nœud 1 : Générateur d'air chaud - Déviation 1 : augmentation de la température

Cause	Conséquence	F	G	C	Moyens de détection	Actions correctives
1. Défaillance du thermostat du brûleur.	1. Surchauffe à l'intérieur de la chambre de combustion avec augmentation de la température à l'intérieur de la tour d'atomisation	3	2	6	- Stabilisation par le thermostat air de sécurité.	-Maintenance préventive des équipements.
2. Défaillance du réchauffeur d'air.	1. Surchauffe à l'intérieur de la chambre de combustion avec augmentation de la température à l'intérieur de la tour d'atomisation.	3	1	3	- Stabilisation par le thermostat air de sécurité. -Indicateur de température à la sortie de la chambre de combustion -Alarme.	-Maintenance préventive des équipements.
	2. Arrêt du brûleur à T>450°C	4	1	4	Système d'arrêt d'urgence	

Nœud 1 : Générateur d'air chaud - Déviation 2 : diminution de la température

Cause	Conséquence	F	G	C	Moyens de détection	Actions correctives
1. Défaillance du thermostat du brûleur.	1. Diminution de la température de la tour pouvant provoquer une différence de pression.	3	2	6	- Stabilisation par le thermostat air de sécurité. -Alarme dans la salle de contrôle	Programme de maintenance des thermostats
2. Défaillance du réchauffeur d'air.	1. Arrêt du brûleur à : $T < 350^{\circ}\text{C}$	3	1	3	- Stabilisation par le thermostat air de sécurité. -Alarme dans la salle de contrôle	Installer un détecteur de gaz

Nœud 1 : générateur d'air chaud- Déviation 3 : augmentation du débit d'air

Cause	Conséquence	F	G	C	Moyens de détection	Actions correctives
1. Défaillance de la vanne de régulation d'air TY64.1	1. Combustion incomplète	3	1	3	-Manomètre de mesure de la pression différentielle à l'entrée du brûleur (0-5cm Hg). -Stabilisation du pressostat différentiel d'air maximal (1-10mbar).	-Installer un indicateur de mesure de CO. -Maintenance des équipements.
	2. Extinction de la flamme du brûleur avec risque d'explosion	3	4	12	-Détecteur de flamme. -Dispositif de contrôle de la flamme	-Installer un dispositif de détection de flamme avec action sur la vanne de gaz. -Maintenance préventive des équipements.
2.-Défaillance du soufflet (réducteur de diamètre).	1. Combustion incomplète	1	1	1	-Manomètre de mesure de la pression différentielle à l'entrée du brûleur (0-5cm Hg).	-Maintenance des équipements.

Nœud 1 : générateur d'air chaud - Déviation 4 : pas/peu de débit d'air

Cause	Conséquence	F	G	C	Moyens de détection	Actions correctives
1. -Défaillance de la vanne de régulation de l'air TY64.1	1. Accumulation de gaz dans la chambre de combustion avec risque d'explosion en absence de la flamme.	3	4	12	-Manomètre de mesure de la pression différentielle à l'entrée du brûleur (0-5cm Hg). -Stabilisation du pressostat différentiel d'air maximal (1-10mbar), -Alarme	-Maintenance des équipements.
2. Arrêt intempestive du ventilateur M ;	1. Extinction de la flamme et accumulation de gaz dans la chambre de combustion avec risque d'explosion	1	4	4	-Manomètre de mesure de la pression différentielle à l'entrée du brûleur (0-5cm Hg). -Stabilisation du pressostat différentiel d'air maximal (1-10mbar), -Alarme	-Maintenance des équipements.
3. Présence de corps étranger ou sédiments dans le filtre à air ;	1. Aucun effet sur la sécurité	3	1	3	-Tournées des opérateurs	-Maintenance des équipements.

Nœud 1 : générateur d'air chaud- Déviation 5 : trop de débit de gaz

Cause	Conséquence	F	G	C	Moyens de détection	Actions correctives
1. Ouverture complète/défaillance de la vanne de régulation de gaz PCV1ou PCV2 ;	1. Formation d'un mélange explosif avec risque d'explosion dans la chambre de combustion (en absence de flamme)	3	4	12	.-Alarme dans la salle de contrôle. -Alarme générale	Elaboration d'une check-list de vérification de vannes.

Nœud 1 : générateur d'air chaud- Déviation 6 : pas/peu de débit de gaz

Cause	Conséquence	F	G	C	Moyens de détection	Actions correctives
1. Défaillance des vannes de régulation de gaz PCV1. 2. Fuite dans la conduite de gaz.	1. Combustion incomplète et risque de retour de flamme dans la conduite	3	1	3	-Manomètre de mesure de la pression différentielle à l'entrée du brûleur (0-5cm Hg). -Stabilisation du pressostat différentiel d'air maximal (1-10mbar).	-Maintenance des équipements.
3. Fermeture des vannes manuelles de gaz. (erreur de l'opérateur)	1. Balayage des fumés de la combustion, sans conséquences sur la sécurité.	1	1	1	-Détection du pressostat de pression minimale (30-150mbar).	

Suite du tableau

Cause	Conséquence	F	G	C	Moyens de détection	Actions correctives
5. Défaillance du pressostat de pression minimal CPI.	1. Perte d'alimentation du brûleur	3	1	3	-Fermeture des deux vannes de sécurité EV1 et EV2.	
	2. Arrêt du brûleur sans conséquences sur la sécurité.	3	1	3	-Alarme	
6. Absence e ou variation anormale du débit gaz (défaut de la boucle de régulation)	1. Extinction de la flamme avec risque d'explosion	2	4	8	-Détection du pressostat de contrôle de pression minimale CPI. -Surveillance de présence de la flamme FC1.	
	2. Fluctuation de la flamme ;	2	1	2	-Surveillance de présence de la flamme FC1.	
	3. Introduction gaz dans le brûleur et formation d'un mélange explosif.	2	4	8		-Assurer une ventilation permanente de l'atelier
7. Bouchage du filtre	1. Perte de la flamme avec arrêt du bruleur	4	1	4		- Maintenance préventive des équipements/ Instruments.

Nœud 2 : Tuyauterie de gaz- Déviation 1 : diminution de la pression

Caus	Conséquence	F	G	C	Moyens de détection	Actions correctives
1. Bouchage du filtre à gaz	1. Aucune conséquence sur la sécurité	3	3	9		-Maintenance préventive des équipements
2. Brèche sur une canalisation (liée à la corrosion).	1. Fuite de gaz importante dans l'atelier avec risque d'explosion dans l'atelier	3	4	12	- Détection du pressostat de contrôle de pression minimale CP1. -Alarme générale	. Assurer une ventilation permanente de l'atelier.
3. Vieillessement des joints, flexibles et réducteurs de diamètre.	1. Fuite de gaz dans l'atelier	3	1	3	- Détection du pressostat de contrôle de pression minimale CP1.	
	2. Formation d'un mélange explosif dans l'atelier avec risque d'explosion	3	4	12	-Assurer une ventilation permanente de l'atelier	Installation d'un détecteur de gaz dans l'atelier.

Nœud 2 : tuyauterie de gaz- Déviation 2 : augmentation de la température

Cause	Conséquence	F	G	C	Moyens de détection	Actions correctives
-Feu extérieur	-Détérioration de l'instrumentation (joints, flexibles) avec risque de fuite de gaz	2	4	8		

Nœud 2 : tuyauterie de gaz- Déviation 3 : composition du gaz

Cause	Conséquence	F	G	C	Moyens de détection	Actions correctives
-Présence d'impuretés -Travaux sur les canalisations	-Détérioration de l'instrumentation	3	3	9	-Contrôle de la différence de pression autour du filtre.	-Filtre plus puissant à l'entrée : gaz

II.4.4 Analyse et résultats de l'HAZOP

L'analyse HAZOP nous a permis de mettre en **évidence les déviations** nécessitant la mise en place de mesures de réduction de risque. Après l'exploitation des résultats, nous avons établi (figure 4) que :

- 7% des dysfonctionnements sont dans la zone des risques acceptables.
- 60% des dysfonctionnements sont dans la zone des risques tolérables.
- 33% des dysfonctionnements sont dans des risques inacceptables.

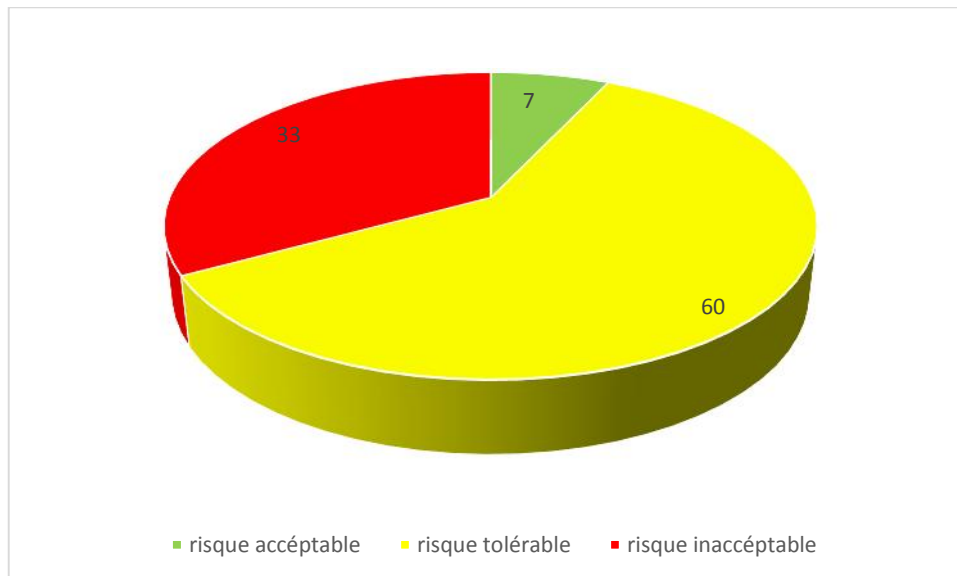


Figure 3: Répartition des risques sans mesures de prévention/protection

Le détail des défaillances de niveau de criticité inacceptables (C=12) par nœud est donné au tableau ci-dessous (tableau 9).

Tableau 9: Inventaire des défaillances de risque inacceptable

Nœud	Déviatiion	Causes	Conséquences/Èvènements redoutés
1	D3 : augmentation du débit d'air	Défaillance de la vanne de régulation d'air TY64.1	Extinction de la flamme du brûleur avec risque d'explosion
1	D4 : pas/peu de débit d'air	Défaillance de la vanne de régulation de l'air TY64.1	Accumulation de gaz dans la chambre de combustion avec risque d'explosion..
1	D5 : trop de débit de gaz	Ouverture complète/défaillance de la vanne de régulation de gaz PCV1ou PCV2 ;	Formation d'un mélange explosif avec risque d'explosion dans la chambre de combustion
1	D6 : pas/peu de débit de gaz	Défaut dans la boucle de régulation	Extinction de la flamme avec risque d'explosion Introduction de gaz dans le brûleur et formation d'un mélange explosif.
2	D1 : diminution de la pression	Brèche sur une canalisation (liée à la corrosion). vieillessement des joints, flexibles et réducteurs de diamètre.	Fuite de gaz importante dans l'atelier avec risque d'explosion dans l'atelier Génération d'un mélange explosif dans l'atelier avec risque d'incendie et d'explosion
2	D2 : augmentation de la température	Feu extérieur	Détérioration de l'instrumentation (joints, flexibles) avec risque de fuite de gaz

Les perturbations qui peuvent nuire au bon fonctionnement du générateur d'air chaud sont de deux types :

- Défaillances d'ordre technique liées au système de régulation
- Défaillances d'ordre humain : erreurs humaines, maintenance des équipements...etc.

Nous retenons alors, comme Evènements Redoutés ER :

ER₁ : Perte de flamme avec accumulation de gaz dans le générateur d'air chaud ;

ER₂ : Fuite de gaz importante dans l'atelier.

Conclusion

La gestion des risques est souvent définie comme étant un système itératif qui a pour objectif la maîtrise des risques industriels. Elle consiste à prévenir les dangers et à estimer les risques des dommages induits.

Face aux difficultés rencontrées lors de l'application de cette activité de gestion, il s'avère indispensable de penser à des outils d'analyse des risques.

Dans le cadre de ce mémoire nous avons opté pour des méthodes classiques d'analyse des risques, à savoir, l'APR et l'HAZOP. Elles consistent :

- D'abord, à identifier les sources de dangers et les situations associés ;
- Ensuite, estimer le niveau de fréquence et de gravité, en vue d'être hiérarchisés ;
- Et enfin, comparer les risques aux critères de décision (grille de criticité).

Ces méthodes d'analyse ont fait l'objet d'une étude d'évaluation des risques dans l'unité de détergents Unilever.

Il s'agissait en premier lieu d'identifier les zones à risque. En second lieu, les résultats de l'APR ont montré que l'équipement critique est le générateur d'air chaud, qui nécessite alors une méthode d'analyse plus détaillée.

Enfin, l'analyse HAZOP nous a permis de mettre en évidence les déviations nécessitant la mise en place de mesures de réduction de risque.

L'évaluation qui a été faite montre que les perturbations qui peuvent nuire au bon fonctionnement du générateur d'air chaud sont de deux types, à savoir, les défaillances d'ordre technique et les défaillances d'ordre organisationnel.

Cependant, l'estimation des niveaux de fréquence et de gravité reposant sur des données quelque peu subjectives, nous suggérons d'approfondir ce travail par une étude quantitative qui permettra de définir de manière plus précise les mesures de prévention et de protection à mettre en œuvre au niveau de l'entreprise UNILEVER.

Références

- [1] Base documentaire : évaluer et maîtriser le risque chimique, 2015, « Etudes de dangers : mesures de maîtrise des risques (barrières) », TECHNIQUE DE L'INGENIEUR, 0543.
- [2] DEBRAY B, RODRIGUES N, GASTON D, 2006, « Méthodes d'analyse des risques génères par une installation industrielle – 7 », Rapport d'étude INERIS, DRA-35, page 38- page 41
- [3] Décret exécutif n° 06-198 du 4 Joumada El Oula 1427 correspondant au 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux Etablissements classés pour la protection de l'environnement
- [4] Guide ISO/CEI 73, 2002.
- [5] Guide ISO/CEI 51, 1999.
- [6] MORTUREU Y, 2002, « Analyse préliminaire des risques», TECHNIQUE DE L'INGENIEUR, se4010.
- [7] ROYER M, 2009, « HAZOP : une méthode d'analyse des risques- présentation et contexte », TECHNIQUE DE L'INGENIEUR, se4030.
- [8] ROYER M, 2009, « HAZOP : une méthode d'analyse des risques- principe», TECHNIQUE DE L'INGENIEUR, se4031.
- [9] THUY LE N, DIANOUS V, 2008, « Evaluation des Barrières Techniques de Sécurité – 10», Rapport d'étude INERIS, DRA-73, page 13-page17.
- [10] G ROSSI, 2001, Manuel du constructeur, BALLESTRA, spa, Milano-Italie, rev1
- [11] M.M.MERAD, 2004, « Analyse de l'état de l'Art sur les grilles de criticité», Rapport d'étude INERIS, DRA-38, page 30-page91.
- [12] ROSSI, VERRI, Schéma du générateur d'air chaud, BALLESTRA, spa, Milano-Italie.

Annexes

Annexe A : Principaux risques par zone

Zone	Equipements/ substances	risques
Stockage des matières premières liquides	Bacs/ futs de stockage de : -l'acide sulfurique -la soude caustique -silicate de sodium -non ionique	Déversement de produits Corrosifs, irritants combustibles et dangereux pour l'environnement
Stockage de per carbonate (comburant)	Le stockage se fait dans des sacs	Lésions oculaires graves. peut enflammer ou augmenter le risque d'inflammabilité lorsqu'elle est en contact avec des matériaux combustibles.
Stockage des aérosols	En cosmétiques, les gaz sont habituellement utilisés comme propulseurs dans les aérosols	Explosion
Procédés	le générateur d'air chaud(mélange explosive) la tour, la pompe haute pression	Incendie, explosion, Rupture la tour
Utilités	Salles électriques, chaudière, chambre électrique, compresseur	Electrocution Incendie Explosion

Annexes B : Matrice de criticité des risques professionnels d'Unilever

		Severity			
		Death	Permanent	Temporary	Slight
Probability	Very Likely	High	High	High	Medium
	Likely	High	High	Medium	Medium
	Unlikely	Medium	Medium	Medium	Low
	Remote	Medium	Low	Low	Low

Estimation de la gravité	Estimer la probabilité d'occurrence
Légère : les premiers secours	incidents non prévues
Temporaire : blessure normalement réversible	Improbable - incidents sans gravité des blessures
Permanente : incapacité permanente ou atteinte à la santé	Probable - incidents ont eu lieu
Fatalité	Très probablement - incidents répétés presque inévitable

Annexe C : Tableaux de l'APR

Equipement/substance	Situation dangereuse	Causes	Conséquences	F	G	C	Mesures de prévention/protection	F'	G'	C'
Acide sulfurique stocké dans un bac	Violente réaction exothermique	Présence de l'eau à l'intérieur du bac (dissolution de l'acide dans l'eau)	Brûlures à la peau et lésions oculaires graves	2	2	4	Douche et fontaine oculaire, caméra de surveillance.	2	1	2
	Dégagement de l'hydrogène	Corrosion des éléments métalliques	Explosion	2	4	8	Inspections et maintenance préventive des équipements ; Moyens d'extinctions mobiles et fixes ; Equipements de protections adéquats.	1	2	2
	Déversement accidentel	Fuite d'un bac/lors du dépotage	Contamination des sols	4	2	8	Indicateur de niveau ; Cuvette de rétention.	2	1	2
	Débordement	Défaillance de l'indicateur de niveau	Contamination des sols	2	2	4	Inspections et maintenance préventive des équipements ; Cuvette de rétention.	1	1	1

Suite 1 de l'annexe C :

Equipement/substance	Situation dangereuses	Causes	Conséquences	F	G	C	Mesures prévention/protection	F'	G'	C'
Silicate de sodium stocké dans un bac	Déversement accidentel	Fuite d'un bac lors du dépotage	Irritation modérée de la peau et aux yeux	3	1	3	Douche et fontaine oculaire ; Respect des procédures de dépotage.	2	1	2
	Débordement	Défaillance de l'indicateur de niveau	Contamination des sols	3	1	3	cuvette de rétention ; Inspection et maintenance préventive des équipements.	2	1	2
Per carbonate de sodium (comburant) stocké dans des sacs	Incendie	Contact avec une substance inflammable	Propagation de l'incendie sur toute la zone de stockage	2	4	8	Aération du local entreposage à sec à des températures qui ne dépassent pas 40°C ; DéTECTEURS de fumée ; Inspections visuelles chaque deux heures ; Consignes spéciales en cas de fuite : Isolation de la zone, interdiction d'utiliser l'eau, utiliser l'aspirateur. Travail à chaud interdit (soudage/ meulage).	1	2	2
	Dégagement de poussières	Chute de sacs	Inhalation de la poussière avec formation de fumées	3	1	3	DéTECTEURS de fumées.	2	1	2

Suite 2 de l'annexe C

Equipement/substance	Situation dangereuses	Causes	Conséquences	F	G	C	Mesures de prévention/protection	F'	G'	C'
Les sprays aérosols (flacons de déodorants)	Perforation des flacons non conformes	Erreur humaine liée à la mauvaise gestion des produits non conformes	Explosion du local de stockage avec fatalité humaine	2	4	8	Ventilation du local ; Changement de procédures de gestion des produits non conformes ; Moyens d'extinctions fixes et mobiles.	1	4	4
	Augmentation de la température en ambiance confinée.	Défaillance de la ventilation	Déclenchement d'un incendie	3	3	9	-Inspections hebdomadaires des opérateurs ; -Moyens d'extinction fixes. (extincteurs en poudre) ; -Maintenance préventive des équipements.	1	2	2

Suite 3 de l'annexe C

Equipement/substance	Situation dangereuses	Causes	Conséquences	F	G	C	Mesures de prévention/protection	F'	G'	C'
Le générateur d'air chaud / brûleur	Augmentation anormale de la température	Défaillance de la régulation de la température du brûleur	Déclenchement d'un incendie dans la tour d'atomisation	3	4	12	Alarmes ; Arrêt d'urgence ; Fermeture des vannes de gaz ;	2	3	6
	Fuite dans la canalisation	Vieillessement des joints, des brides et des flexibles	Perte de confinement de la tuyauterie de gaz pouvant provoquer une explosion	2	4	8	Maintenance préventive des équipements/instruments.	1	4	4
	Court-circuit dans l'armoire électrique	Mauvaise isolation	Etincelles qui peuvent être une source d'inflammation	2	3	6	Maintenance préventive des équipements ; Habilitation pour les interventions d'ordre électrique.	1	3	3
	Fuite d'une vanne	Mauvaise étanchéité des vannes ;	Formation d'un nuage de gaz	3	2	6	Contrôle d'étanchéité au démarrage du brûleur.	2	2	2
	Formation d'une atmosphère explosive ATEX	Fuite de gaz dans la tuyauterie	Explosion ; Arrêt de production	2	4	8	Réseau de lutte contre l'incendie	2	3	6
	Fuite de gaz dans la tuyauterie	Fatigue mécanique, corrosion.	Formation d'un nuage de gaz	3	2	6		3	2	6

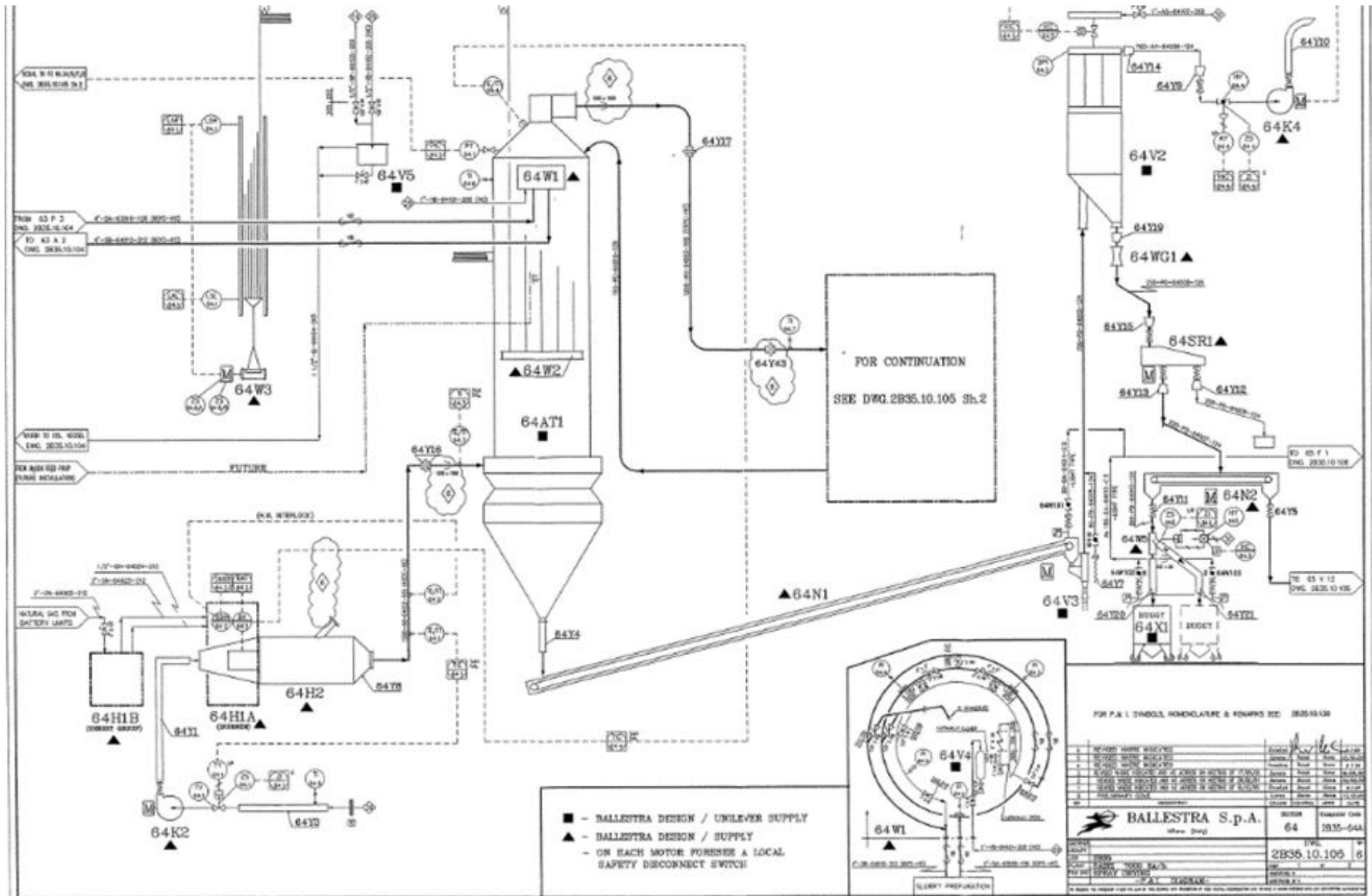
Suite 4 de l'annexe C

Equipement/substance	Situation dangereuses	Causes	Conséquences	F	G	C	Mesures de prévention/protection	F'	G'	C'
Pompe haute pression	Fuite externe	Vieillessement de la garniture ; Vibrations de la partie mécanique	Déversement de la pâte (produit irritant)	3	2	2	Caméras de surveillance ; Maintenance préventive des équipements	1	2	2
	Liquide emprisonné à l'entrée de la pompe	Bouchage des filtres	Expansion hydraulique et perte de confinement.	3	2	6	Chemins d'évacuation ; Maintenance préventive des équipements.	2	1	2

Suite 5 de l'annexe C.

Equipement/substance	Situation dangereuses	Causes	Conséquences	F	G	C	Mesures de prévention/protection	F'	G'	C'
La tour d'atomisation	Augmentation de la température d'entrée de l'air chaud	Défaillance de la régulation	Incendie à l'intérieur de la tour	3	4	12	Alarme ; Arrêt d'urgence du brûleur.	2	3	6
	Paroi interne percée	Présence d'un dépôt inconnu ou d'épaisseur incontrôlée ; Augmentation de la température de l'air à l'entrée de la tour ; - Défaillance du système de contrôle de la température.	Auto-inflammation du dépôt à l'intérieure de la tour	4	2	8	Racleur automatique à l'intérieure de la tour et portes de visite pour le raclage manuel ; Indicateur de température à l'entrée de la tour.	2	2	2
	Domage causé par un acte malveillant	Activités de parties tierces	Perturbation des opérations.	4	1	4	Caméras de surveillance ; Inspection et suivie des travaux effectué par des tiers.	2	1	2

Annexe D : Schéma P&D du système générateur d'air chaud-tour d'atomisation



Annexe E : Schéma du générateur d'air chaud

