REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle

Spécialité : Hygiène et Sécurité Industrielle

Thème

Analyse et maîtrise des risques professionnels dans l'atelier de conditionnement Carton A de la NCA Rouiba et application de l'AMDEC à la Tetra Pak A3/Speed

---

Présenté par :

Mr. LAIDOUDI Rayane

Mr. BENREBAI Abdesslam

Proposé et Dirigé par :

Dr. HASSEIN-BEY A.H.

Devant les membres du Jury composé du :

Pr. FERHAT Samira	Présidente du Jury
Dr. RAHMANI Ahmed Cherif	Examinateur

Promotion : Juin 2025

DEDICACES

Nous dédions ce modeste travail :

À nos parents,

pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices et leurs prières constantes qui nous ont protégé tout au long de ce parcours.

À nos familles,

pour leur soutien moral, leur patience et leur confiance, même dans les moments les plus exigeants.

À nos enseignants,

pour la qualité de leur enseignement, leur exigence bienveillante et leur transmission de savoir.

À nos amis et camarades de la promotion 2024/2025,

de la spécialisation HSI avec qui nous avons partagé efforts, réussites, doutes et moments de motivation pendant cette étape de formation.

Et à tous ceux et celles qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Rayane

Abdesslam

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à Allah Tout-Puissant pour nous avoir permis de mener à bien ce travail.

Nous remercions sincèrement Madame HASSEIN-BEY, notre directrice de thèse, pour sa disponibilité, ses conseils avisés et son accompagnement constant tout au long de ce mémoire.

Nous remercions tout le personnel et les enseignants de la filière d'Hygiène et Sécurité Industrielle pour leur disponibilité et leurs encouragements tout au long de nos études.

Nous tenons également à adresser nos vifs remerciements à toute l'équipe du service (QHSE) de l'entreprise NCA Rouiba, et en particulier à Monsieur KHALED SAYAD, pour leur accueil, leurs encadrements sur le terrain et les données mises à notre disposition.

Notre reconnaissance va aussi à l'ensemble des techniciens, opérateurs et responsables de production de l'atelier Carton A, qui ont contribué par leur expérience et leur disponibilité à enrichir ce travail.

Ne n'oublions pas nos familles, nos amis et nos camarades de promotion, pour leur soutien moral, leur motivation et leurs encouragements tout au long de notre parcours.

Enfin, un grand merci à toutes les personnes, de près ou de loin, qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

ملخص

أصبحت الصحة والسلامة المهنيتين الآن قضية رئيسية لأي منظمة مهتمة برفاهية موظفيها وأدائهم العام. باعتبارها وريثة لمفاهيم النظافة والسلامة والبيئة، تهدف الصحة والسلامة المهنيتين ليس فقط إلى منع حوادث العمل والأمراض المهنية، ولكن أيضًا إلى تعزيز بيئة عمل مواتية للصحة البدنية والعقلية.

يقدم الفصل الأول من هذه المذكرة[أساسيات الصحة والسلامة في العمل بطريقة نظرية، ويغطي ثقافة الوقاية، وأنظمة إدارة الصحة والسلامة المهنية بالإضافة إلى طرق تحليل المخاطر الرئيسية (تحليل المخاطر الأولي وتحليل أنماط الفشل وآثارها وخطورتها) وأساسيات الصيانة الصناعية، اما الفصل الثاني فيقدم شركة رويبة وعملية التصنيع الخاصة بها، بالإضافة إلى نهج الجودة والصحة والسلامة والبيئة وإدارة الحوادث في الشركة. كما يتضمن الفصل الثالث تفاصيل تحليل المخاطر المهنية في ورشة عمل الكرتون أ، بما في ذلك وصف الموقع وتنفيذ طريقة تحليل المخاطر الأولي، وأخيرًا، الجزء الرابع مخصص للتطبيق العملي لـ تحليل أنماط الفشل وآثارها وخطورتها على آلة تيترا باك أ3/سبيد مع تقديم المعدات، وتدابير السلامة وتحليل النتائج وصياغة خطة عمل تصحيحية خاصة بها.

الكلمات الرئيسة: الصحة والسلامة المهنية، النظافة والسلامة والبيئة، نظام إدارة الصحة والسلامة المهنية، طرق تحليل المخاطر المهنية، تحليل المخاطر الأولي، تحليل أنماط الفشل وآثارها وخطورتها

RESUME

La Santé et Sécurité au Travail (SST) constitue aujourd'hui un enjeu majeur pour toute organisation soucieuse du bien-être de ses collaborateurs et de sa performance globale. Héritière des concepts d'Hygiène, Sécurité et Environnement (HSE), la SST vise non seulement à prévenir les accidents du travail et les maladies professionnelles, mais aussi à promouvoir un cadre de travail favorable à la santé physique et mentale.

Le premier chapitre présente de manière théorique les fondamentaux de la santé et sécurité au travail, abordant la culture de prévention, les systèmes de management SM-SST, ainsi que les principales méthodes d'analyse des risques (APR et AMDEC) et les bases de la maintenance industrielle. Le deuxième chapitre présente l'entreprise NCA Rouiba et son processus de fabrication, ainsi que la démarche QHSE et la gestion des incidents. Cependant, le troisième chapitre détaille l'analyse des risques professionnels dans l'atelier Carton A, incluant la description du site étudié et la mise en œuvre de la méthode APR. Enfin, le quatrième chapitre se consacre à l'application pratique de l'AMDEC sur la machine Tetra Pak A3/Speed, en présentant l'équipement, les mesures de sécurité, l'analyse des résultats et la formulation d'un plan d'actions correctives.

Mots-clés : Santé et Sécurité au Travail (SST), Hygiène, Sécurité, Environnement (HSE), Système de Management SM-SST, méthodes d'analyse des risques professionnels, Analyse

des modes de défaillances, de leurs effets et de leurs criticités, Analyse préliminaire de risques.

ABSTRACT

Occupational Health and Safety (OHS) is now a major concern for any organization committed to the well-being of its employees and its overall performance. Inheriting the concepts of Health, Safety, and Environment (HSE), OHS aims not only to prevent workplace accidents and occupational diseases but also to promote a work environment that supports both physical and mental health.

The first part presents the theoretical fundamentals of occupational health and safety, covering prevention culture, SM-SST management systems, as well as the main risk analysis methods (APR and AMDEC) and the basics of industrial maintenance. The second part introduces NCA Rouiba and its production process, along with the QHSE approach and incident management.[2]

The third part details the analysis of occupational risks in the Carton A workshop, including site description and the implementation of the APR method. Finally, the fourth part is dedicated to the practical application of the AMDEC method on the Tetra Pak A3/Speed machine, presenting the equipment, safety measures, result analysis, and the development of a corrective action plan.

Keywords: Occupational Health and Safety (OHS), Health, Safety, Environment (HSE), SM-SST Management System, Occupational Risk Analysis Methods, Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis (FMECA), Preliminary Risk Analysis (PRA).

TABLE DES MATIERES

DEDICACES i
REMERCIEMENTS ii
ملخص iii
RESUME iii
ABSTRACT iv
TABLE DES MATIERES v
LISTE DES FIGURES ix
LISTE DES TABLEAUX x
ABREVIATIONS ET NOMENCLATURES xi
INTRODUCTION GENERALE xiii
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA SANTE ET LA SECURITE AU TRAVAIL 17
.I.1 Concepts de base de la Santé et Sécurité au Travail (SST) 17
I.1.1. Culture SST et rôle des acteurs 17
I.1.2. Principes de prévention 17
I.1.3. Cadre réglementaire et normatif (SST) 19
I.2. Systèmes de management SST (SM-SST) 20
Approche PDCA 20
I.3. Méthodes d'analyse des risques 21
I.3.1. Généralité sur les méthodes d'analyse des risques 21
I.3.2. Présentation de l'Analyse Préliminaire des Risques (APR) 22
I.3.3. Présentation de l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC) 23
I.3.4. Intégration des méthodes d'analyses des risques APR et AMDEC dans le SM-SST 25
I.4. Généralité sur la maintenance 25
I.4.1. Définitions 25
I.4.2. Les types de maintenance 26
I.4.3. Niveaux de maintenance 27

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA NCA ROUIBA ET DESCRIPTION DU PROCESSUS DE FABRICATION 30

II.1. Présentation de l'entreprise NCA Rouiba 30

II.1.1. Historique 30

II.1.2. Localisation géographique de la NCA Rouïba 30

II.1.3. Organigramme de l'entreprise 32

II.1.4. Produit fabriqué 32

II.1.5. Certification ISO 33

II.2. processus de fabrication 33

II.2.1. La réception des matières premières 33

II.2.2. Zone Tampon 35

II.2.3. Dépotage 35

II.2.4. Siroperie 35

II.2.5. Conditionnement 37

II.2.6. Suremballage et stockage de produit fini 39

II.2.7. STEP (Station d'Épuration des Eaux Usées) 39

II.3. Gestion de sécurité dans la NCA Rouiba et démarche QHSE 40

II.3.1. Politique QHSE 40

II.3.2. Organigramme de département QHSE 40

II.3.3. Mesures de protection et prévention 40

II.3.4. Gestion des accidents et incidents 44

CHAPITRE III : ANALYSE DES RISQUES PROFESSIONNELS DANS L'ATELIER CARTON A DE LA NCA ROUIBA 46

III.1. Description de la zone de conditionnement (carton) 46

III.1.1. Présentation de l'atelier Carton A 47

III.1.2. Fiche technique type pour l'atelier (Carton A) 47

III.2. Mesures de sécurité : 48

III.3. Méthodologie d'analyse des risques APR 50

III.3.1. Constitution de l'équipe 50

III.3.2. Collecte et revue documentaire 50

III.3.3. Tableau général APR 50

III.3.4. Evaluation de la criticité 51
III.3.5. Synthèse et plan d'actions 53
III.3.6. Grilles APR 53
III.3.7. Synthèse des résultats APR 63
III.4. Conclusion 66
CHAPITRE IV : APPLICATION DE LA METHODE AMDEC A LA MACHINE TETRA PAK A3/SPEED 68
IV.1. Présentation de la machine : 68
IV.1.1. Plaque signalétique de la machine 69
IV.1.2. Fiche technique de la machine 69
IV.1.3. Unités fonctionnelle de la machine 69
IV.1.4. NEP (nettoyage en place) 73
IV.1.5. Équipements périphériques 74
IV.1.6. Forme d'emballage à chaque étape 76
IV.2. Mesures de Sécurité de la Machine Tetra Pak A3/Speed 77
IV.2.1. Risques potentielle 77
IV.2.2. Messages de sécurité 78
IV.2.3. Panneaux de sécurité 78
IV.2.4. L'arrêt d'urgence 81
IV.2.5. Dispositifs de verrouillage 81
IV.2.6. Colonne de signalisation 81
IV.2.7. Tapis de sécurité 82
IV.3. Mise en œuvre de l'AMDEC 83
.IV.3.1 Initialisation 83
IV.3.2. Objectifs à atteindre 83
IV.3.3. Constitution du groupe de travail 83
IV.3.4. Préparation des outils d'analyse AMDEC 83
IV.3.5. Tableau général AMDEC 83
IV.3.6. Evaluation de la criticité 84
IV.3.7. Synthèse et actions 86
IV.3.8. Application de la méthode (AMDEC) 86

IV.4. Synthèse des résultats AMDEC 110
IV.4.1. Effectif des éléments selon la Criticité 110
IV.4.2. Résultat : 110
IV.4.3. Recommandations 113
IV.5. Conclusion 114
CONCLUSION GENERALE 116
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 117

LISTE DES FIGURES

Figure I-1 : Les 9 Principes de prévention....18
Figure I-2 : Les étapes de l'approche PDCA....21
Figure I-3 : Les Étapes de la méthode APR....23
Figure I-4 : Les types de maintenance....26
Figure II-1 : Position géographique de la NCA Rouïba....31
Figure II-2 : Plan de masse de l'usine NCA Rouiba identifiant la zone étudiée....31
Figure II-3 : Organigramme de l'entreprise....32
Figure II-4 : Types de traitement d'eau....34
Figure II-5 : Etapes de traitement de l'eau pour la production....34
Figure II-6 : Etapes du traitement de l'eau pour le nettoyage....34
Figure II-7 : La zone tampon du site NCA Rouiba....35
Figure II-8 : Salle de dépotage de la matière première....35
Figure II-9 : Système mix-proof pour la préparation de la recette....36
Figure II-10 : Pasteurisateur....37
Figure II-11 : Le tank stérile (Tetra Alsafe LA, HA,SV)....37
Figure II-12 : La Remplisseuse (SERAC)....38
Figure II-13 : Etapes du suremballage dans l'atelier Carton A....39
Figure II-14 : Stockage du produit fini....39
Figure II-15 : STEP (Station d'Épuration des Eaux Usées)....39
Figure II-16 : Organigramme du département QHSE....40
Figure II-17 : Equipements de protection individuels (EPI)....41
Figure II-18 : Equipements de protection collective....41
Figure II-19 : Les types d'extincteurs présents dans le site....42
Figure II-20 : Composantes d'une centrale anti-incendie présente dans la NCA Rouiba....42
Figure II-21 : Robinets d'incendie armé disponible à la NCA Rouiba....42
Figure II-22 : Types de Signalisation....43
Figure III-1 : Illustration de l'atelier Carton A....47
Figure III-2 : Pourcentage d'effectif selon la criticité (APR)....64
Figure IV-1 : Tetra PAK A3/speed....68
Figure IV-2 : Unité de Raccordement Automatique (URA)....70
Figure IV-3 : Unité supérieure de stérilisation....70
Figure IV-4 : Chambre aseptique de remplissage....71
Figure IV-5 : Système mâchoires de remplissage....72
Figure IV-6 : Unité finale de pliage (UFP)....73
Figure IV-7 : Etapes du nettoyage en place....74
Figure IV-8 : Tableau de commande (remplissage)....74
Figure IV-9 : Réservoir de peroxyde....75
Figure IV-10 : Conteneurs de produits chimiques (NEP)de remplissage....76
Figure IV-11 : Forme d'emballage à chaque étape....77
Figure IV-12 : Tableau résumant les messages de sécurité de la machine....78
Figure IV-13 : Emplacement de L'arrêt d'urgence....81
Figure IV-14 : Dispositif de verrouillage....81
Figure IV-15 : Colonne de signalisation....82
Figure IV-16 : Tapis de sécurité....82
Figure IV-17 : Découpage fonctionnel de la remplisseuse....86
Figure IV-18 : Pourcentage des éléments selon la criticité (AMDEC)....110

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I-1 : Rôles des acteurs clés dans la culture SST 17
Tableau I-2 : Les niveaux de maintenance industrielle. 27
Tableau II-1 : Les formats d'emballage à l'usine NCA Rouiba 32
Tableau II-2 : Type de signalisation présent sur le site NCA Rouiba 43
Tableau III-1 : Fiche technique type pour l'atelier (Carton A).....48
Tableau III-2 : Marquages au sol 49
Tableau III-3 : Signalisation visuelle 49
Tableau III-4 : Le tableau général d'APR de l'atelier étudié.....51
Tableau III-5 : Indice de Probabilité (P).....52
Tableau III-6 : Indice de fréquence d'exposition (F).....52
Tableau III-7 : Indice de gravité (G) 52
Tableau III-8 : L'indice de criticité (C).....53
Tableau III-9 : Application de la méthode APR dans l'atelier Carton A 54
Tableau III-10 : Classification des évènement redoutés selon leur criticités.....63
Tableau III-11 : Les causes les plus fréquentes des risques 64
Tableau IV-1 : Plaque signalétique de la tetra pak A3/speed 69
Tableau IV-2 : Fiche technique de la tetra pak A3/speed.....69
Tableau IV-3 : Tableau récapitulatif des risques existants dans la machine Tetra Pak A3/Speed.....77
Tableau IV-4 : Panneaux de sécurité de la machine et leur emplacements.....79
Tableau IV-5 : Tableau général AMDEC de la machine Tetra Pak A3/Speed.....84
Tableau IV-6 : Indice de fréquence ou l'occurrence (F) 85
Tableau IV-7 : Indice de gravité (G) 85
Tableau IV-8 : Indice de non détection (D).....86
Tableau IV-9 : L'indice de criticité (C).....86
Tableau IV-10 : Grille AMDEC des sous-ensembles de l'Unité de Raccordement Automatique (URA) 87
Tableau IV-11 : Grille AMDEC des sous-ensembles du Bâti de la machine.....90
Tableau IV-12 : Grille AMDEC des sous-ensembles de l'unité de service 93
Tableau IV-13 : Grille AMDEC des sous-ensembles unité supérieure de stérilisation 95
Tableau IV-14 : Grille AMDEC des sous-ensembles de la chambre aseptique 99
Tableau IV-15 : Grille AMDEC des sous-ensembles du Système de mâchoires 101
Tableau IV-16 : Grille AMDEC des sous-ensembles de l'unité finale de pliage (UFP).....104
Tableau IV-17 : Grilles AMDEC des sous-ensembles (armoire électrique) 107
Tableau IV-18 : Effectif des éléments selon la Criticité 110
Tableau IV-19 : Les défaillances les plus importantes dont la criticité C est supérieur à 18 .111
Tableau IV-20 : Causes des défaillances récurrentes.....111
Tableau IV-21 : Les défaillances liées à la sécurité du personnel 111

ABREVIATIONS ET NOMENCLATURES

ADD
Arbre de défaillances 21
ADE
Arbre d'événements 21
AFNOR
Association Française de Normalisation 25
AMDEC
Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leurs criticités xiii
APR
Analyse Préliminaire des Risques xiii
AT
Accidents du travail 52
EPC
Équipement de Protection Collective 41
EPI
Équipement de Protection Individuelle 20
HAZOP
Hazard and operability studies 21
IANOR
Institut Algérien de Normalisation 19
ISO
Organisation internationale de normalisation 19
MP
Maladies professionnelles 52
NCA
Nouvelle Conserverie Algérienne xiv
NEP
Nettoyage en place 33
PDCA
Plan – Do – Check – Act 20
QHSE
Qualité Hygiène Sécurité Environnement 40
REX
Retour d'expérience 28
RIA
Robinet d'Incendie Armé 42
SM-SST
Système de management de la sécurité et santé au travail 20
SST
Santé et sécurité au travail 17
STEP
Station d&#39 39
UFP
Unité finale de pliage 72
URA
Unité de Raccordement Automatique 82
UV
Ultra Violet 38

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

Dans l'industrie agroalimentaire, et plus particulièrement au sein de la ligne de production et conditionnement, la maîtrise des risques professionnels constitue un enjeu majeur. Les opérateurs interviennent quotidiennement sur des machines à haute cadence, manipulent des produits thermiques et chimiques, et évoluent dans un environnement contraint sur les plans hygiénique et sécuritaire. Or, la complexité de ces procédés associant chaleur, pression, produits caustiques et équipements automatisés expose les personnels à divers dangers : brûlures, chimico-dépendances, troubles musculo-squelettiques, contraintes ergonomiques…etc. Sans une évaluation rigoureuse et structurée des risques, la probabilité d'incidents ou d'accidents graves demeure élevée, avec des conséquences sur la santé des collaborateurs, la continuité de la production et la réputation de l'entreprise.

1. Problématique

Suite à l'accident qui s'est produit le 28/09/2024 à 12h10 sur la TBA ligne F, lors de l'intervention du chef de ligne avec l'équipe technique, une bouteille d'eau déminéralisée, coupée en deux et contenant de la soude caustique est tombée directement sur les yeux du chef de ligne. Cet accident lui a couté l'œil gauche et un arrêt de travail de plus de 20 jours. A noter que la bouteille contenait de la soude dans le but de remplir manuellement le réservoir de l'unité de nettoyage en place NEP, suite à l'arrêt de la pompe de remplissage automatique depuis plusieurs semaines.

Cette accident a mené à une réévaluation de manière fiable des risques professionnels auxquels sont confrontés les travailleurs de la zone de conditionnement, afin de proposer des mesures de prévention adaptées et d'améliorer durablement la sécurité et la performance de cet atelier.

Pour y répondre, cette étude est menée en s'appuyant sur une méthodologie d'analyse systématique des risques professionnelle (APR), combinant recueil de données terrain, cotation gravité-probabilité-fréquence ; avec une analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) de la remplisseuse Tetra Pak A3/Speed (sujet de l'accident) qui est située dans la zone de conditionnement Carton.

2. Objectifs de l'étude

L'analyse des risques professionnels (APR) dans la zone de conditionnement de la NCA Rouiba, s'inscrit dans une démarche de prévention active, renforcée par cette accident, pour :

- Identifier les dangers réels auxquels sont exposés les travailleurs dans cette zone, en lien direct avec les opérations de conditionnement, de manutention et de maintenance.
- Comprendre les causes profondes de l'accident évoqué et les relier à d'éventuelles lacunes organisationnelles ou techniques.
- Évaluer le niveau de risque pour chaque poste de travail dans la zone concernée, à l'aide d'une méthode structurée.
- Proposer des mesures correctives et préventives afin de réduire significativement la probabilité de survenue d'accidents similaires à l'avenir.

Et

L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) vise à:

- Identifier de manière proactive les défaillances potentielles des composants et sous-ensembles de la Tetra Pak A3/Speed.
- Évaluer les causes et les effets de chaque défaillance sur le bon fonctionnement de la machine, la qualité du produit conditionné et la sécurité du personnel.
- Classer les défaillances par ordre de criticité, selon leur gravité, leur fréquence de survenue et la capacité de détection actuelle.
- Proposer des actions correctives ou préventives pour réduire les risques associés aux modes de défaillance critiques.

3. Structure du travail de recherche

Dans le but d'atteindre ces objectifs susmentionnés, notre démarche s'est axée sur la recherche documentaire et l'étude de cas pratique (de la machine Tetra Pak A3/Speed située dans l'atelier Carton A suite à l'accident de travail détaillé ultérieurement), qui nous ont permis de structurer et de restituer les résultats auxquels nous avons aboutis dans ce travail de recherche en deux (2) parties :

Une partie théorique composée du premier chapitre présentant les fondamentaux de la santé et sécurité au travail, ainsi que la culture de prévention, les systèmes de management SM-SST, et les principales méthodes d'analyse des risques (APR et AMDEC) avec les bases de la maintenance industrielle. Le deuxième chapitre présente théoriquement l'entreprise NCA Rouiba et son processus de fabrication, ainsi que sa démarche QHSE et sa gestion des incidents. Cependant, la partie pratique comporte le troisième chapitre qui détaille l'analyse des risques professionnels dans l'atelier Carton A, incluant la description du site étudié et la

mise en œuvre de la méthode APR. Enfin, le quatrième chapitre qui se consacre à l'application pratique de l'AMDEC sur la machine Tetra Pak A3/Speed, présente l'équipement, les mesures de sécurité, l'analyse des résultats et la formulation d'un plan d'actions correctives.

CHAPITRE I

Généralités sur la Santé et Sécurité au Travail (SST)

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA SANTE ET LA SECURITE AU TRAVAIL

I.1. Concepts de base de la Santé et Sécurité au Travail (SST)

I.1.1. Culture SST et rôle des acteurs

La culture SST désigne l'ensemble des valeurs, attitudes et comportements partagés au sein d'une organisation, qui placent la sécurité et la santé des travailleurs au cœur des priorités. Elle se manifeste par :

- **L'engagement visible de la direction** : soutien public aux politiques SST, allocation des ressources nécessaires, participation aux revues de direction.
- **La participation active des salariés** : remontée d'informations, implication dans l'identification des dangers, contribution aux groupes de travail SST.
- **La communication transparente** : diffusion régulière des retours d'incidents, des indicateurs de performance et des bonnes pratiques.
- **L'apprentissage continu** : formation, sensibilisation et retour d'expérience formalisé après chaque incident ou quasi-incident.

Parmi les **acteurs clés** de cette culture sont cités dans le Tableau I-1:

Tableau I-1 : Rôles des acteurs clés dans la culture SST

Acteur	Rôle principal en SST
Direction générale	Définir la politique SST, allouer les moyens et s'assurer de l'intégration de la SST dans la stratégie.
Responsable HSE / QHSE	Piloter le SM-SST, coordonner les actions, animer les formations et veiller à la conformité réglementaire.
Encadrants / Chefs d'équipe	Mettre en œuvre les procédures au quotidien, motiver et contrôler l'application des consignes SST.
Opérateurs / Salariés	Appliquer les consignes, signaler les dangers, participer aux analyses de risque et aux audits internes.
Comité SST	Associer les représentants du personnel à la définition et au suivi des actions SST, garantir la concertation.

I.1.2. Principes de prévention

Dans le cadre de la Santé et Sécurité au Travail, la prévention s'appuie sur une hiérarchie des contrôles visant à traiter les dangers à leur source, avant d'en atténuer les

conséquences. Les principes directeurs de cette démarche, tels que préconisés par l'INRS[1] sont représentés sur la Figure I-1:



Figure I-1 : Les 9 Principes de prévention

- **Éviter les risques :** Supprimer le danger ou l'exposition au danger.
- **Évaluer les risques qui ne peuvent pas être évités :** Apprécier l'exposition au danger et l'importance du risque afin de prioriser les actions de prévention à mener.
- **Combattre les risques à la source :** Intégrer la prévention le plus en amont possible, notamment dès la conception des lieux de travail, des équipements ou des modes opératoires.
- **Adapter le travail à l'homme :** Tenir compte des différences individuelles, notamment en ce qui concerne la conception des postes de travail, le choix des équipements et les méthodes de travail, en vue de réduire les effets sur la santé.
- **Tenir compte de l'état d'évolution de la technique :** Actualiser les mesures de prévention en fonction des évolutions technologiques.
- **Remplacer ce qui est dangereux par ce qui ne l'est pas ou ce qui l'est moins** : Utiliser des substances, procédés ou équipements moins dangereux.
- **Planifier la prévention :** Intégrer la prévention dans un ensemble cohérent, en tenant compte de la technique, de l'organisation du travail, des conditions de travail et des relations sociales.

[1] INRS : est l'institut nationale de recherche et de sécurité pour la prévention des risques

- **Prendre des mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les mesures de protection individuelle :** Mettre en place des dispositifs de protection collective avant de recourir aux équipements de protection individuelle.
- **Donner les instructions appropriées aux travailleurs :** Informer et former les salariés sur les risques et les mesures de prévention [1].

I.1.3. Cadre réglementaire et normatif (SST)

Le cadre réglementaire et normatif de la Santé et Sécurité au Travail (SST) en Algérie s'appuie essentiellement sur un corpus législatif national (loi n° 88-07, lois connexes et décrets exécutifs), complété par les normes internationales (ISO 45001: 2018 et amendements), les conventions de l'Organisation Internationale du Travail (OIT) ratifiées par l'Algérie, ainsi que par des normes algériennes spécifiques (« NA ») qui traduisent en pratique les prescriptions supranationales. Ce dispositif garantit à la fois la conformité légale des employeurs algériens et l'alignement avec les meilleures pratiques mondiales en matière de santé et sécurité au travail.

I.1.3.1. Législation nationale

La Loi n° 88-07 du 26 janvier 1988 : La loi n° 88-07 du 26 janvier 1988 « relative à l'hygiène, à la sécurité et à la médecine du travail » définit les voies et moyens visant à assurer aux travailleurs les meilleures conditions d'hygiène et de sécurité au travail, elle impose notamment à l'employeur l'obligation de prévenir les risques professionnels et de mettre en place un suivi médical adapté.

Plusieurs autres lois viennent compléter ce dispositif :

- **Loi n° 83-13 du 2 juillet 1983** : relative aux accidents du travail et maladies professionnelles [2].
- **Loi n° 90-03 du 6 février 1990** : relative à l'inspection du travail
- **Loi n° 90-11 du 21 avril 1990** : relative aux relations de travail

Les normes algériennes (NA), généralement inspirées des normes européennes (EN) et ISO, fixent les critères techniques de mise en œuvre : par exemple, les spécifications relatives aux Équipements de Protection Individuelle (EPI).

Ces normes sont publiées par l'Institut Algérien de Normalisation (IANOR) et couvrent les prescriptions de conception, de fabrication et de vérification périodique des dispositifs SST.

I.1.3.2. Normes internationales

L'ISO 45001:2018 : La norme ISO 45001:2018 spécifie les exigences d'un système de management de la santé et sécurité au travail, fondé sur une approche par les risques et une

implication forte de la direction [2]. Elle remplace l'OHSAS 18001 et introduit notamment l'analyse du contexte de l'organisation et le pilotage par des indicateurs de performance SST.

I.2. Systèmes de management SST (SM-SST)

Le Système de Management de la Santé et Sécurité au Travail (SM-SST**)** est une approche structurée visant à intégrer la SST dans l'ensemble des activités de l'entreprise, selon le cycle PDCA (Plan–Do–Check–Act). Il permet de passer d'une gestion réactive des accidents à une gestion proactive des risques.

Approche PDCA

Cette approche est basée sur les étapes suivantes et qui sont illustrées dans la Figure I-2 :

Etape 1 : Plan (Planifier) qui vise à :

- Définir la politique SST et les objectifs associés.
- Identifier les risques et opportunités SST (via APR, AMDEC, etc.).
- Établir le Document Unique et les plans d'action.

Etape 2 : Do (Déployer), elle vise à :

- Mettre en œuvre les mesures de maîtrise (techniques, organisationnelles, EPI).
- Assurer la formation et la communication auprès du personnel.
- Appliquer les procédures et instructions de travail.

Etape 3 : Check (Vérifier). Vise à :

- Surveiller et mesurer la performance SST (indicateurs, audits internes, retours d'incidents).
- Réaliser des revues de direction pour évaluer l'efficacité du SM-SST.

Etape 4 : Act (Agir), qui vise à :

- Prendre des actions correctives et préventives en fonction des écarts constatés.
- Actualiser les procédures, le Document Unique et les plans d'action.

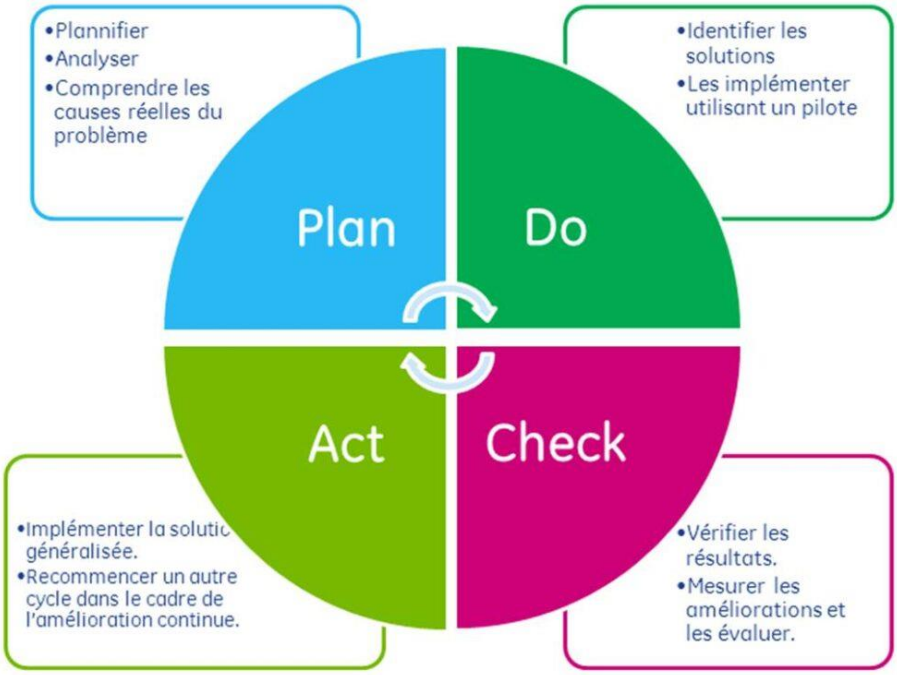


Figure I-2 : Les étapes de l'approche PDCA

I.3. Méthodes d'analyse des risques

I.3.1. Généralité sur les méthodes d'analyse des risques

Les méthodes d'analyse des risques offrent un cadre structuré pour identifier, évaluer et hiérarchiser les situations dangereuses dans un système ou un procédé. On distingue classiquement trois grandes familles :

Méthodes qualitatives : (What If, HAZOP, checklist...etc), reposant sur des approches descriptives et heuristiques pour repérer les dangers sans recourir à des calculs numériques.

Méthodes semi-quantitatives : (APR, AMDEC,...etc), qui utilisent des échelles de cotation de la gravité, de la fréquence/occurrence et de la détectabilité pour prioriser les risques de façon standardisée.

Méthodes quantitatives : (ADD, ADE,...etc), fondées sur des modèles mathématiques et des probabilités pour estimer précisément les fréquences d'occurrence et les niveaux de gravité des scénarios accidentels.

Le choix d'une approche dépend de la complexité du processus, de la disponibilité des données et de l'objectif de l'étude, qu'il s'agisse d'une cartographie rapide des dangers ou d'un diagnostic approfondi des défaillances.

Lors de cette étude, nous nous intéresseront aux deux méthodes APR et AMDEC.

I.3.2. Présentation de l'Analyse Préliminaire des Risques (APR)

I.3.2.1. Historique de l'APR

L'Analyse Préliminaire des Risques (APR) est une méthode systématique d'identification et d'évaluation des dangers, développée au début des années 1960 dans les secteurs aéronautique et militaire, où la maîtrise des risques était vitale. Fortement liée à l'essor des technologies complexes et à la nécessité de prévenir des défaillances graves, l'APR a progressivement été adoptée dans d'autres domaines industriels. Dès le début des années 1980, son utilisation a été largement promue en France, notamment par l'Union des Industries Chimiques (UIC), afin de renforcer la prévention des accidents majeurs dans l'industrie chimique. Aujourd'hui, l'APR est reconnue comme un outil fondamental de management des risques dans de nombreux secteurs, en particulier dans les industries à haut niveau d'exigence en matière de sécurité.

I.3.2.2. Objectifs et finalités de l'APR

- Identifier de façon précoce les dangers et les risques associés aux activités et équipements.
- Faciliter la hiérarchisation des priorités de prévention avant toute mise en service ou modification.
- Servir de base au Document Unique et alimenter la démarche de management SST (ISO 45001).

I.3.2.3. Avantages de la méthode APR

Cette méthode est très avantageuse car elle permet la :

- **Rapidité d'analyse** : utile pour études préliminaires ou pour le Document Unique.
- **Coût modéré** : ne nécessite pas d'outils sophistiqués.
- **Transversalité** : applicable à tout type d'industrie et de processus.

I.3.2.4. Étapes clés de la méthode APR

Les étapes illustrées sur la Figure I-3 sont les suivants :

- **Préparation** : délimitation du périmètre et constitution de l'équipe.
- **Identification des dangers** : repérer tous les éléments (machines, tâches, produits, gestes).
- **Description des scénarios de risques** : associer à chaque danger un événement redouté et une conséquence.
- **Cotations** : attribuer une gravité et une fréquence (et éventuellement une probabilité) pour estimer la criticité.
- **Hiérarchisation** : classement des priorités de traitement selon la criticité.
- **Propositions de mesures** : définir des actions correctives ou préventives.
- **Suivi** : mise à jour régulière, réévaluation après application des mesures.



Figure I-3 : Les Étapes de la méthode APR

I.3.2.5. Intégration de l'APR dans le SM-SST

- Pour intégrer l'APR dans notre système étudié, il faut :
- Positionner l'APR comme première étape du cycle PDCA (Planifier) : identification initiale des risques.
- Alimenter les chapitres d'évaluation des risques du manuel SST et justifier les choix de priorisation.
- Servir de référence pour la mise en place d'audits internes et d'indicateurs de suivi.

I.3.3. Présentation de l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC)

I.3.3.1. Historique

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) est issue d'une méthode d'analyse des problèmes potentiels, utilisée initialement pour anticiper ce qui pourrait mal se passer dans un système [2]. Cette logique a été structurée aux États-Unis dans les années 1950, sous l'appellation FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), puis FMECA lorsqu'on y a intégré la notion de criticité. Elle fut d'abord appliquée dans les secteurs militaires et aérospatiaux.

Son utilisation s'est ensuite généralisée dans l'industrie, notamment chez les constructeurs automobiles, qui ont rédigé leurs propres manuels d'application et exigé son usage par leurs fournisseurs. Par exemple, Ford l'a intégrée à son référentiel Q101 dès 1986, avec le temps, cette logique d'analyse des défaillances s'est adaptée à différents domaines : agroalimentaire (HACCP), industrie chimique (HAZOP), ou encore des formes simplifiées comme l'AMDE. Aujourd'hui, le terme AMDEC est largement utilisé comme équivalent de ADE ou ADD (FMEA ou FMECA en anglais).

Enfin, avec l'évolution des normes qualité (ISO 9000 version 2000 notamment), l'AMDEC est reconnue comme un outil essentiel dans la gestion préventive et l'amélioration continue au sein des systèmes de management de la qualité dans le monde.

I.3.3.2. Définitions

L'AMDEC « analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité » est une méthode systématique d'analyse de la fiabilité d'un système ou d'un processus. Elle

consiste à identifier et évaluer, de manière structurée, les modes de défaillance potentiels, leurs causes et leurs conséquences, afin de hiérarchiser les risques et de définir des actions correctives ou préventives. Cette approche, définie notamment par la norme NF X 60-510, vise à optimiser la sécurité, la qualité et la disponibilité des équipements en anticipant les défaillances avant leur survenue.

I.3.3.3. Types d'AMDEC

AMDEC procédé : analyse les risques dans un processus de fabrication pour identifier et évaluer les défaillances pour améliorer la qualité de fabrication du produit.

AMDEC produit : évalue les risques potentiels d'un produit, en identifiant les défaillances possibles, afin de prévenir les problèmes lors de la conception.

AMDEC moyen de production : analyse les risques liés aux équipements de production, en identifiant les défaillances possibles, leurs impacts sur le processus de fabrication, pour assurer une production fiable et conforme.

AMDEC service : consiste à analyser les risques potentiels liés aux prestations de service, en identifiant les défaillances possibles pour améliorer la qualité et la fiabilité du service proposé.

I.3.3.4. Objectif de l'AMDEC

L'objectif principal de l'AMDEC est d'anticiper et de gérer les risques au sein de l'entreprise [1]. Cette méthode vise à identifier de manière systématique les modes de défaillance potentiels d'un produit, d'un procédé ou d'un processus, à évaluer leurs effets et leur criticité, et à mettre en place des actions préventives ou correctives pour améliorer la qualité et la fiabilité des systèmes concernés, réduire le nombre des défaillances, prévenir les pannes, améliorer la maintenance préventive, réduire le temps d'indisponibilité après défaillance, aider au diagnostic, améliorer la maintenance corrective et la sécurité .

I.3.3.5. La grille G.F.D : Gravité, Occurrence, Détection dans l' AMDEC

Pour chaque mode de défaillance identifié, trois indices sont attribués selon une échelle définie :

G – Gravité (G) : Niveau d'impact de la défaillance sur la sécurité, la production ou l'environnement.

F – Fréquence (F) : Fréquence ou probabilité d'apparition de la défaillance.

D – Détection (D) : Capacité à détecter la défaillance avant qu'elle n'ait un effet.

C – Criticité (C) est ensuite calculée par la formule : $C=G\times F\times D$.

I.3.4. Intégration des méthodes d'analyses des risques APR et AMDEC dans le SM-SST

En intégrant différentes méthodes d'analyses des risques dans le système de management de sécurité et santé du travail, ce dernier est renforcé, ce qui nous a poussé à proposer ces deux méthodes car :

- L'APR fournit une première cartographie des dangers (voir Chapitre II)
- L'AMDEC approfondit l'étude des défaillances critiques (voir Chapitre III).

Ces deux analyses alimentent la planification (Plan) et la vérification (Check) du SM-SST, assurant la traçabilité et la mise à jour continue de ce système.

I.4. Généralité sur la maintenance

Il faut clarifier la relation maintenance – sécurité afin de renforcer le système SM-SST. La maintenance joue un rôle essentiel dans la préservation des conditions de sécurité des installations industrielles. Une défaillance technique ou un mauvais réglage peuvent directement entraîner un accident, d'où l'importance de l'intégrer pleinement dans la stratégie SST.

La sécurité intrinsèque repose sur la conception même des équipements : choix de composants sûrs, protections intégrées, systèmes de verrouillage.

La maintenance a pour mission de maintenir ce niveau de sécurité d'origine, en respectant les spécifications constructeur (graissage, jeux mécaniques, isolations électriques, etc.).

Il faut mentionner aussi que les mesures correctives proposées par la méthode AMDEC constituent les actions de la maintenance, d'où la nécessité d'expliquer cette dernière.

I.4.1. Définitions

Selon la norme AFNOR NF X60-010 par exemple, la maintenance est définie comme suit : « *La maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise* » [3].

La maintenance est associée à ces trois concepts :

Fiabilité : selon la NF X 06–501 : la fiabilité est la caractéristique d'un dispositif exprimée par la probabilité que ce dispositif accomplisse une fonction requise dans des conditions d'utilisation données et pour une période de temps déterminée.

Maintenabilité : est « *l'aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir sa fonction requise lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions avec des procédures et des moyens prester* » [3].

Disponibilité : est l'aptitude d'un bien, sous les aspects combinés de sa fiabilité, maintenabilité et de l'organisation de la maintenance, à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions de temps déterminées [5].

I.4.2. Les types de maintenance

La maintenance industrielle englobe plusieurs approches visant à assurer le bon fonctionnement des équipements et à prévenir les défaillances. Voici les principaux types de maintenance (Figure I-4) :

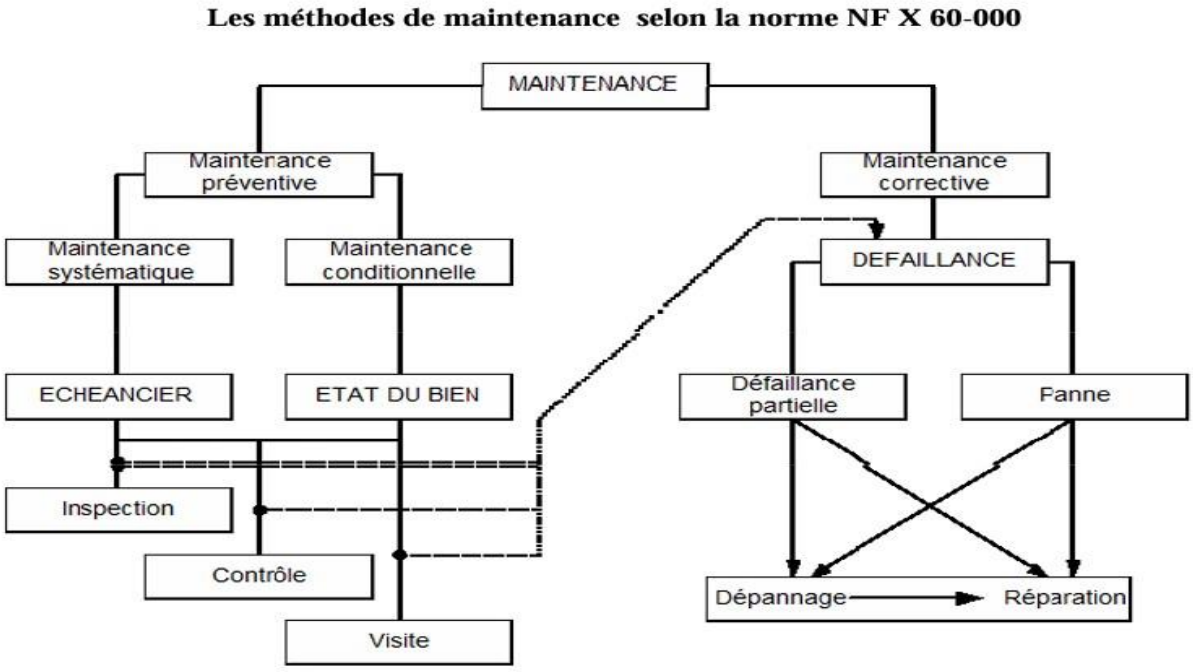


Figure I-4 : Les types de maintenance

I.4.2.1. La maintenance corrective

La maintenance corrective appelée parfois curative (terme non normalisé) a pour objet de redonner au matériel des qualités perdues nécessaires à son utilisation. Les défauts, pannes ou avaries diverses exigeant une maintenance corrective entraînent une indisponibilité immédiate ou à très brève échéance des matériels affectés et/ou une dépréciation en quantité et/ou qualité des services rendus.

I.4.2.2. La maintenance préventive

Maintenance effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu. Elle doit permettre

d'éviter les défaillances des matériels en cours d'utilisation. L'analyse des coûts doit mettre en évidence un gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter.

- **La maintenance préventive systématique** : est une maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage [3]. Même si le temps est l'unité la plus répandue, d'autres unités peuvent être retenues telles que : la quantité de produits fabriqués, la longueur de produits fabriqués, la distance parcourue, la masse de produits fabriqués, le nombre de cycles effectués, etc. Cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision complète ou partielle [2].

  Cette méthode nécessite de connaître :

• Le comportement du matériel

• Les modes de dégradation

• Le temps moyen de bon fonctionnement entre 2 avaries

- **La maintenance préventive conditionnelle** : est une maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.).

Remarque : la maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendante de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel. On l'appelle aussi maintenance prédictive (terme non normalisé) [9].

La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles. Suivant le cas, il est souhaitable de les mettre sous surveillance et, à partir de là, de décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint. Mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non destructifs [2].

I.4.3. Niveaux de maintenance

Il existe cinq (05) niveaux de maintenance résumés dans le Tableau I-2 :

Tableau I-2 : Les niveaux de maintenance industrielle.

Niveau	Nature de l'intervention	Acteur	Outils & Documentation	Pièces & Stock
1er	Réglages simples et échanges d'éléments consommables (voyants, fusibles…) sans démontage ni ouverture.	Exploitant	Aucun outillage spécial ; manuel d'usage	Stock minimal de consommables
2er	Dépannage par échange standard, opérations mineures de maintenance préventive (graissage, vérification de bon fonctionnement).	Technicien habilité	Outillage portable défini par les instructions de maintenance	Pièces de rechange transportables disponibles à proximité
3er	Diagnostic détaillé, échange	Technicien	Outillage de	Stock

	de composants, réparations mécaniques mineures, opérations courantes de maintenance préventive (réglages généraux, réalignements).	spécialisé	maintenance, appareils de mesure, bancs d'essais, documentation complète	approvisionné par le magasin
4ee	Travaux importants de maintenance corrective ou préventive (hors rénovation/reconstruction), réglage et vérification d'appareils, étalonnage par organismes spécialisés.	Équipe technique très spécialisée	Atelier spécialisé, outillage lourd, accès aux étalons	Pièces et moyens définis par la cellule maintenance
5ee	Rénovation, reconstruction ou réparations majeures confiées à l'atelier central ou à un constructeur/reconstructeur externe.	Constructeur / atelier central	Moyens et outillage constructeur (quasi-fabrication)	Stock important et spécifique constructeur

Chaque panne, incident ou quasi-accident observé pendant la maintenance fournit un retour d'expérience précieux.

L'enregistrement et l'analyse de ces situations permet :

- D'adapter les procédures préventives,
- De corriger des défauts récurrents,
- Et de prévenir des événements plus graves.

Un système REX bien structuré (fiches d'incident, analyse des causes, diffusion) renforce durablement la maîtrise des risques.

CHAPITRE II

Présentation de la NCA Rouiba et description du processus de fabrication

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA NCA ROUIBA ET DESCRIPTION DU PROCESSUS DE FABRICATION

II.1. Présentation de l'entreprise NCA Rouiba

II.1.1. Historique

Fondée en 1966, la NCA Rouïba démarre son activité en se spécialisant dans la production de conserves alimentaires (tomates, harissa). Elle élargit son portefeuille en 1984 avec le lancement de boissons à base de fruits (jus, nectars), devenant rapidement un leader national avec 42% des parts de marché dans ce segment (rapport NCA, 2007).

- **Internationalisation** : Distribués en Algérie, ses produits s'exportent vers 11 pays (Afrique, Europe, Amérique du Nord). Pour renforcer sa présence à l'étranger, la marque « Rouïba » est déposée en Tunisie (2001), au Maroc (2005), puis en Europe et Libye (2007).
- **Excellence Qualité** : Première entreprise algérienne certifiée ISO 9001 (2000), suivie des certifications ISO 14001 (management environnemental) et ISO 22000 (sécurité alimentaire, 2013). Lauréate du Prix National de l'Environnement (2008).
- **Engagement Sociétal** : la NCA Rouïba s'inscrit dans une démarche responsable en participant au programme RSMENA (ISO 26000), piloté par l'IANOR, visant à intégrer le développement durable dans ses pratiques.
- **Stratégie de Croissance** : Pour financer ses ambitions (innovation produit, responsabilité environnementale), l'entreprise entre en Bourse en 2013 (SGBV), consolidant ainsi son statut d'entreprise citoyenne et pionnière.

II.1.2. Localisation géographique de la NCA Rouïba

L'entreprise NCA-Rouïba a un bon emplacement stratégique, car il est situé à l'entrée de la zone industrielle de la ville de Rouiba-ALGER. Il est limité par l'autoroute Est-Ouest et le centre-ville Rouïba, ce qui facilite son accès (voir Figure II-1).



Figure II-1 : Position géographique de la NCA Rouïba

La société est implantée sur une surface de 26000 m², cette surface est répartie entre les ateliers selon la plateforme logistique. Les ateliers sont quatre pour le conditionnement, deux pour l'emballage de carton aseptique (A et B) (Zone étudiée sur la Figure II-2) et deux pour l'emballage plastique (PET).

L'implantation de la société dans la zone industrielle de Rouïba lui permet de s'alimenter en eau à partir de la nappe de la Mitidja qui s'étend de « OUED REGHAIA » à « AL AFROUNE » et est alimenté d'une part par « L'ATLAS BLIDEEN » et d'autre part de son impluvium.

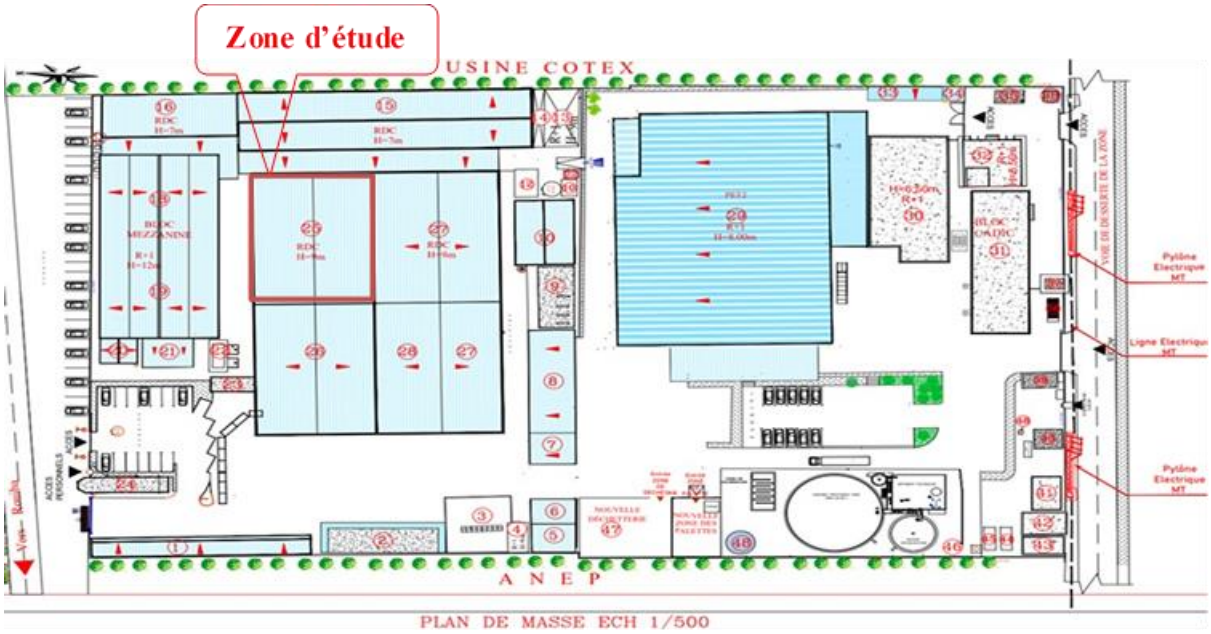


Figure II-2 : Plan de masse de l'usine NCA Rouiba identifiant la zone étudiée

Pour ses besoins logistiques, la société loue six (06) sites externes, sous forme de dépôts et chambres froides, exploités pour le stockage des matières premières, des produits finis et en dépotage de conteneurs.

II.1.3. Organigramme de l'entreprise

La Figure II-3 représente l'organigramme administratif de la NCA Rouiba.

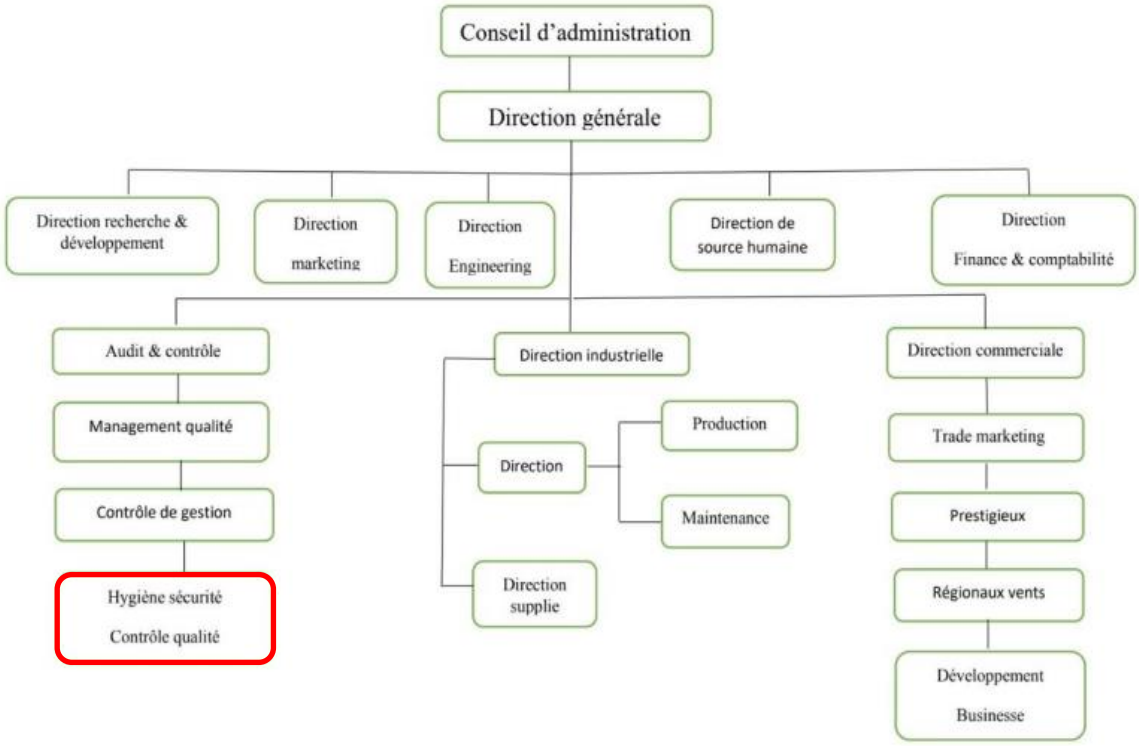


Figure II-3 : Organigramme de l'entreprise

II.1.4. Produit fabriqué

La NCA Rouiba produit différents produits à savoir :

- Jus Pur : Jus Pur (100 % Jus) Contient uniquement du jus de fruit extrait directement, sans sucre ajouté, sans colorants ni conservateurs comme la marque : **Excellence**.
- Nectar : Contient entre 25 % et 50 % de purée ou de jus de fruit, complété par de l'eau et du sucre. Il est plus épais qu'un jus pur, comme la marque : **Original**
- Boisson : Contient une faible proportion de jus de fruit (généralement moins de 25 %), mélangé avec de l'eau, du sucre et parfois des arômes comme la marque : **Notre énergie et Citronnade**.
- Light : Version allégée en sucre ou sans sucre ajouté, souvent édulcorée pour réduire l'apport calorique, comme la marque **Light**.

Les formats d'emballage

Voici les formats d'emballage des produits de la NCA Rouiba regroupés dans le Tableau II-1 :

Tableau II-1 : Les formats d'emballage à l'usine NCA Rouiba

PET	2L	1L	75CL	33CL	25CL
TETRA PAK (CARTON)	1L	20CL	10CL		

II.1.5. Certification ISO

La NCA Rouiba a obtenu plusieurs certifications ISO pour renforcer son engagement envers la qualité, la sécurité alimentaire, l'environnement et la responsabilité sociétale. Voici les principales certifications obtenues par l'entreprise :

- **ISO 9001** : Cette norme concerne le système de management de la qualité, garantissant que la NCA Rouiba fournit des produits et services conformes aux exigences légales et réglementaires, tout en visant l'amélioration continue de la satisfaction client.
- **ISO 22000** : Obtenue en janvier 2013, cette certification concerne le système de management de la sécurité des denrées alimentaires [12]. Elle assure que la NCA Rouiba maîtrise les risques liés à la sécurité alimentaire, garantissant des produits sains pour les consommateurs.
- **ISO 26000** : Bien que non certifiable, cette norme fournit des lignes directrices en matière de responsabilité sociétale. La NCA Rouiba a intégré les principes de l'ISO 26000, démontrant son engagement envers le développement durable et la responsabilité sociétale.
- **ISO 45000** : est une norme internationale pour la santé et la sécurité au travail. La NCA Rouiba adhère à cette norme pour assurer un environnement de travail sûr et sain, protégeant ainsi ses employés contre les accidents et les maladies professionnelles.
- **ISO 14001** : Cette norme porte sur le système de management environnemental, attestant que l'entreprise met en œuvre des pratiques visant à minimiser son impact environnemental à travers une gestion efficace des ressources et des déchets.

Ces certifications reflètent l'engagement de la NCA Rouiba à maintenir des standards élevés en matière de qualité, de sécurité, d'environnement et de responsabilité sociétale, assurant ainsi la confiance de ses clients et partenaires.

II.2. processus de fabrication

II.2.1. La réception des matières premières

II.2.1.1. Pour la siroperie

- **L'eau** : La NCA Rouïba puise son eau à partir de deux forages. Cette eau est ensuite soumise à un traitement physico-chimique pour être utilisée en production ou en nettoyage des machines (NEP) comme le démontre la Figure II-4.

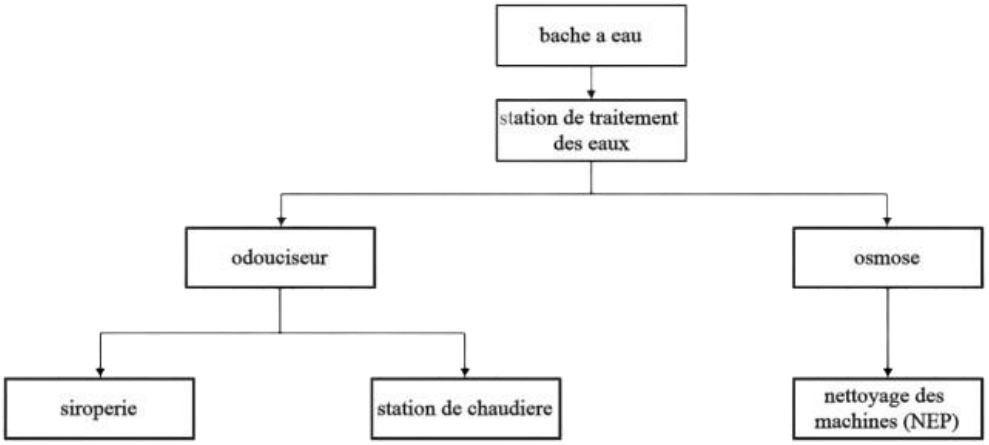


Figure II-4 : Types de traitement d'eau

Traitement de l'eau pour la production : cette eau traitée selon les étapes illustrées par la Figure II-5, est envoyée à la siroperie pour la production de jus et est soumise à une filtration, un adoucissement, un dégazage, une mitigation, une chloration puis une déchloration à la fin.



Figure II-5 : Etapes de traitement de l'eau pour la production

Traitement de l'eau pour le nettoyage (NEP) : cette eau conduit au nettoyage complet de l'installation de l'unité selon les illustrées sur la Figure II-6 :



Figure II-6 : Etapes du traitement de l'eau pour le nettoyage

- **Concentré et ingrédient** : Les matières premières utilisées, telles que les concentrés et purées de fruits, la pectine, le sirop liquide, les arômes, le complexe multivitaminé ainsi que l'acide citrique, proviennent principalement de pays comme le Brésil, l'Allemagne, l'Inde et la Turquie. À leur arrivée, elles sont stockées dans des chambres froides situées à proximité du port de Béjaïa. Ces installations comprennent deux types de frigo-stocks : les frigos positifs, maintenus entre 4°C et 6°C, et les frigos négatifs, conservés à une température de -18°C.
- **Sucre liquide** : Le sucre liquide, également utilisé comme matière première, est fourni par le groupe Cevital, un producteur local.

II.2.1.2. Pour le conditionnement

- L'emballage : les bobines Tetrapack, la colle, les pailles, les bouchons, les étiquettes, les préformes pour les bouteilles PET, les cartons et les films pour suremballage sont importés.

II.2.2. Zone Tampon



Figure II-7 : La zone tampon du site NCA Rouiba

La zone tampon présente dans la Figure II-7 constitue un espace de stockage intermédiaire où sont entreposées les matières premières nécessaires aux 48 heures de production à venir. Elle fait le lien entre la phase de réception des matières premières et leur utilisation en production.

II.2.3. Dépotage



Figure II-8 : Salle de dépotage de la matière première

Les matières premières nécessaires sont prélevées depuis la zone tampon puis acheminées vers la salle de dépotage, où elles sont transférées directement dans des cuves spécifiques à chaque ingrédient, Cette opération marque le début de leur intégration dans le processus de fabrication.

II.2.4. Siroperie

II.2.4.1. Préparation

Les ingrédients sont acheminés vers les cuves de préparation par un système mix-proof, équipé d'électrovannes permettant le transfert simultané et sécurisé depuis les cuves de

dépotage. Ce système est entièrement automatisé : un automate pilote l'ouverture et la fermeture des électrovannes en fonction des débits massiques requis par la recette sélectionnée comme illustré sur Figure II-9.



Figure II-9 : Système mix-proof pour la préparation de la recette

La préparation est ensuite agitée pendant 15 à 20 minutes, puis soumise à un contrôle qualité avant son transfert vers l'étape suivante du processus.

II.2.4.2. 1ère Pasteurisation (Traitement thermique) :

La NCA Rouïba utilise la flash pasteurisation comme méthode de traitement thermique. Ce procédé consiste à chauffer la préparation à une température de 95 à 97 °C pendant 15 secondes, permettant ainsi de détruire les micro-organismes tout en préservant les qualités organoleptiques des fruits ainsi que leur teneur en vitamine C.

II.2.4.3. Dégazage :

Le jus préchauffé est introduit dans un vase d'expansion, où une pompe à vide abaisse la pression, réduisant ainsi le point d'ébullition d'environ 3°C par rapport à la température d'entrée (généralement entre 60 et 65°C). Le jus est ensuite pulvérisé à travers des buses de distribution dans une chambre à vide, formant un film mince sur les parois, cette vaporisation provoque une dilatation rapide du jus, accélérant son écoulement le long de la paroi, bien que la vitesse diminue à l'approche de l'orifice de sortie.

II.2.4.4. Préchauffage :

Le préchauffage à une température de 55 C° à 65 °C , est effectué pour préparer le produit aux différentes opération la désaération et préparer le produit à l'étape de stérilisation.

II.2.4.5. 2ème Pasteurisation :

Le produit passe par des échangeurs de chaleur tubulaires (voir Figure II-10), où un transfert thermique par conduction avec de l'eau chaude qui circule en deux circuit fermés inversés pour assurer la pasteurisation en haut débit et garantir la stérilité du stérilisateur et est effectué. à 95C° ± 3 pendant 15 sec.



Figure II-10 : Pasteurisateur

II.2.4.6. Refroidissement :

Après la pasteurisation, le produit subit un pré-refroidissement par échange thermique avec la préparation entrante, ce qui permet de récupérer jusqu'à 70 % de la chaleur. Le refroidissement final est ensuite assuré par un circuit fermé d'eau glacée (mélange eau-glycol), ramenant la température du produit à environ 20 °C ce choc thermique joue un rôle crucial en éliminant les micro-organismes thermorésistants, garantissant ainsi la qualité microbiologique du produit.

II.2.4.7. Stockage dans le tank stérile (Tetra Alsafe LA, HA, SV) :

Il s'agit d'un tank conçu pour le stockage intermédiaire de liquides alimentaires hautement acides (pH inférieur à 4,5) et faiblement visqueux dans des conditions aseptiques (voir Figure II-11). Le tank est stérilisé à la vapeur, puis refroidi à l'eau. Pendant son utilisation, l'espace au-dessus du produit est rempli d'air stérile sous pression contrôlée pour maintenir les conditions aseptiques.



Figure II-11 : Le tank stérile (Tetra Alsafe LA, HA,SV)

II.2.5. Conditionnement

Une fois l'étape de siroperie terminée, nous avons un jus complet. Il ne reste plus qu'à le conditionner, où nous trouvons deux types de conditionnement :

- PET 1 et 2 : 2 ateliers de conditionnement (PET 1 et PET 2).
- Carton A et B : 2 ateliers de conditionnement carton (Carton A et Carton B).

II.2.5.1. PET

Le conditionnement PET se déroule en 6 étapes :

- **Soufflage** : Cette étape transforme les préformes PET en bouteilles. Chauffées à environ 170 °C, les préformes sont placées dans un moule puis gonflées par de l'air comprimé (40 bars) pour prendre la forme finale.
- **Désinfection des bouteilles (APA)** : Les bouteilles sont remplies d'APA à 1900 PPM, 65 °C, 15 bars pendant 8 sec pour désinfection. Elles sont ensuite vidées, puis rincées à l'eau stérile. L'eau est stérilisée par échangeur à plaques. Les bouchons sont aussi désinfectés dans un bac d'APA.
- **Préazotage** : Les bouteilles sont séchées et purgées à l'azote pour éliminer l'eau et chasser l'oxygène, réduisant ainsi l'oxydation et améliorant la stabilité du produit.
- **Remplissage (SERAC)** : Cette étape implique le remplissage des bouteilles avec la boisson fruitée provenant du tank stérile. Le remplissage des bouteilles est effectué par un système de remplissage à gravité par la remplisseuse SERAC (voir Figure II-12).
- **L'azotage** : Une fois les bouteilles remplis de produit une deuxième injection d'azote est réalisée pour éliminer l'air au-dessus du produit.
- **Bouchonnage** : Les bouchons sont désinfectés, rincés et séchés, puis vissés automatiquement sur les bouteilles à l'aide de pinces précises pour un scellage optimal.



Figure II-12 : La Remplisseuse (SERAC)

II.2.5.2. Carton (PAK)

Le conditionnement PET se déroule en 5 étapes (Tetra Pak a3/speed) :

- **Désinfection de papier** : Le papier est stérilisé par un bain de peroxyde d'hydrogène avant remplissage, assurant une hygiène parfaite du conditionnement.
- **Élimination du peroxyde** : Le papier est pressé par des rouleaux puis séché à l'air chaud et irradié aux UV pour éliminer tout résidu de peroxyde, garantissant un emballage sûr et stérile.
- **Remplissage (Chambre aseptique)** : Dans une chambre stérile à 180 °C, le carton désinfecté est rempli avec un dosage précis sans contact avec des microorganismes, garantissant une asepsie totale du produit.
- **Bouchonnage** : Après le remplissage les bouchons sont automatiquement posés par la bouchonneuse qui visse les bouchons de manière précise. (Pour les briques de 1L)

- **Pailleuse** : Après la sortie des briques de jus de la Tetra Pak A3/Speed, les emballages passent par une pailleuse qui applique automatiquement les pailles. (Pour les briques de 25cl).

Il faut signaler que c'est la zone d'intérêt dans cette étude.

II.2.6. Suremballage et stockage de produit fini

Une fois le produit est mis dans l'emballage approprié (Carton ou PET), le jus ainsi obtenu passe au suremballage (voir Figure II-13) qui consiste à :

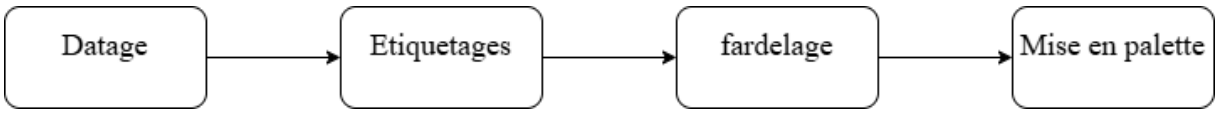


Figure II-13 : Etapes du suremballage dans l'atelier Carton A

Le stockage se fait dans des magasins spéciaux à l'usine (voir Figure II-14) ou dans des dépôts externes à une température ambiante, des plateformes mobiles sont utilisées pour faciliter le triage et le chargement dans les camions.



Figure II-14 : Stockage du produit fini

II.2.7. STEP (Station d'Épuration des Eaux Usées)

La Station d'Épuration des Eaux Usées (STEP) de la NCA Rouiba est un système conçu pour traiter les eaux industrielles issues du processus de production (voir Figure II-15). Elle permet de réduire la pollution en éliminant les contaminants avant leur rejet dans l'environnement, conformément aux normes réglementaires. L'épuration repose sur plusieurs étapes, incluant la séparation des matières solides, le traitement biologique et la filtration.



Figure II-15 : STEP (Station d'Épuration des Eaux Usées)

Après traitement des eaux usées de la station d'épuration de la NCA Rouiba sont généralement rejetées dans le réseau d'assainissement public. Dans la région de Rouiba, ce réseau est connecté à oued Réghaïa. Cette installation joue un rôle essentiel dans la préservation des ressources en eau et la conformité environnementale de l'usine.

II.3. Gestion de sécurité dans la NCA Rouiba et démarche QHSE

II.3.1. Politique QHSE

La politique QHSE de la NCA Rouïba s'articule autour d'une démarche intégrée visant à garantir la qualité des produits, la sécurité des employés et la protection de l'environnement [4]. Fondée sur les normes internationales ISO 9001 (Qualité), ISO 14001 (Environnement), ISO 22000 (Sécurité alimentaire) et ISO 45001 (Santé et sécurité), elle repose sur trois piliers : prévention des risques, amélioration continue et responsabilité collective.

Le service QHSE s'engage à réduire les accidents de travail (avec un objectif de réduire le taux de fréquence et le taux de gravité), optimiser ses consommations énergétiques (pour l'électricité, pour l'eau) et recycler le maximum de ses déchets. Des formations régulières, simulations d'urgence et des audits mensuels renforcent la culture sécurité.

II.3.2. Organigramme de département QHSE

La Figure II-16 représente l'organigramme du département QHSE de la NCA Rouiba.

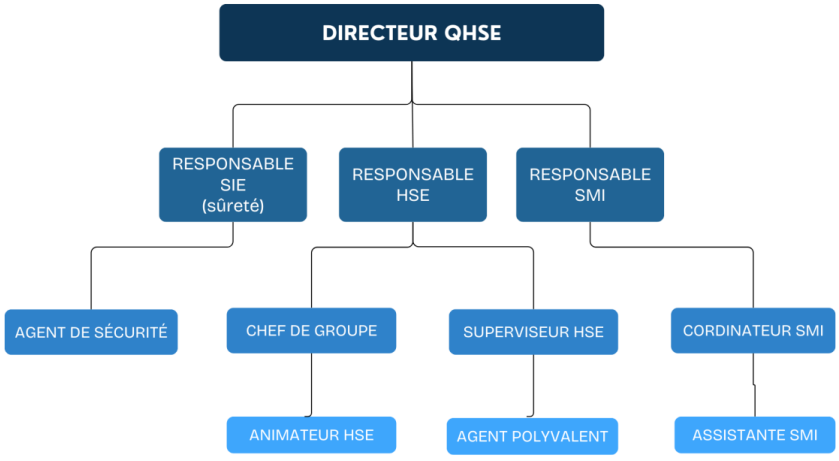


Figure II-16 : Organigramme du département QHSE

II.3.3. Mesures de protection et prévention

Dans la NCA Rouiba, les mesures de protection et de prévention sont au cœur de la gestion des risques. Alors que les mesures de protection visent à limiter les conséquences des incidents, les mesures de prévention cherchent à en réduire la probabilité d'occurrence.

Ensemble, elles forment un système intégré pour garantir un environnement de travail sûr et durable.

II.3.3.1. Equipements de protection individuelle

Les EPI (Équipements de Protection Individuelle) figurants sur la Figure II-17 sont adaptées aux risques spécifiques de chaque poste (ex. : gants anti chaleur pour les conducteurs de machines).



Figure II-17 : Equipements de protection individuels (EPI)

II.3.3.2. Equipements de protection collective

Les EPC (Équipements de Protection Collective) de la Figure II-18 couvrent des mesures techniques et organisationnelles pour sécuriser les zones de travail (ex. : douchette de sécurité en cas de contact avec des produits chimiques).



Figure II-18 : Equipements de protection collective

II.3.3.3. Extincteurs

Dans l'usine, 166 extincteurs sont répartis, et qui sont adaptés aux différents types de feux (classe A, B, C) (voir Figure II-19).



Figure II-19 : Les types d'extincteurs présents dans le site

II.3.3.4. Centrales d'incendie

Trois (03) centrales d'incendie Systèmes centralisés pour la détection et l'alerte en cas de départ de feu (voir Figure II-20).



Figure II-20 : Composantes d'une centrale anti-incendie présente dans la NCA Rouiba

II.3.3.5. RIA



Figure II-21 : Robinets d'incendie armé disponible à la NCA Rouiba

La NCA Rouiba est équipée de 32 RIA (Robinet d'Incendie Armé) comme démontré sur la Figure II-21 et qui sont des points d'eau stratégiques pour l'intervention des équipes internes ou des pompiers.

II.3.3.6. Système d'extinction automatique

Ce système est installé dans les zones critiques (ex. : salles électriques, stockage de produits inflammables).

II.3.3.7. Caméras Télésurveillance

Il existe des caméras de surveillance pour détecter les risques en temps réel. Monitoring 24h/24 des zones sensibles.

II.3.3.8. Signalisation

Les différents types de signalisation présents sur la Figure II-22 sont obligatoirement présents sur le site.



Figure II-22 : Types de Signalisation

Ils sont résumés dans le Tableau II-2.

Tableau II-2 : Type de signalisation présent sur le site NCA Rouiba

La signalisation	Le type approprié
Signalisation de Danger	- Panneaux d'avertissement : Risques électriques, chimiques, mécaniques. - Marquage au sol : Zones interdites ou à accès restreint.
Signalisation d'Évacuation	- Plan d'évacuation : affiché dans toute l'usine. - Flèches directionnelles : Guidage vers les points de rassemblement.
Signalisation Obligatoire	- Port des EPI : Panneaux rappelant l'obligation de porter casques, gants, lunettes, etc. - Interdictions : Interdiction de fumer, d'utiliser un téléphone portable, etc.
Signalisation de Secours	- Localisation des extincteurs et des RIA (Robinet d'Incendie Armé). - Points de premiers secours : Emplacement des trousses de secours et des défibrillateurs.
Balisage des Zones à Risque	- Zones de production : Marquage des zones de circulation et des zones interdites. - Zones de stockage : Identification des produits inflammables ou dangereux. - Zones de maintenance : Balisage temporaire lors des interventions techniques.

II.3.3.9. Simulation

La NCA Rouiba organise des simulations mensuelles et deux exercices annuels en collaboration avec la Protection Civile pour préparer ses équipes aux situations d'urgence. Ces simulations couvrent des scénarios variés, tels que des incendies, des déversements de produits chimiques, des accidents du travail et des intrusions, permettant de tester l'efficacité des procédures et des équipements de sécurité [4].

Chaque exercice est planifié avec une fiche de préparation, exécuté en conditions réelles, et suivi d'un rapport détaillé identifiant les lacunes et proposant des plans d'action correctifs. Les résultats sont communiqués aux managers et affichés dans les ateliers pour sensibiliser les employés.

II.3.4. Gestion des accidents et incidents

La gestion des accidents et incidents chez la NCA Rouiba repose sur une procédure rigoureuse visant à maîtriser et corriger les événements indésirables liés à la sécurité et à la santé au travail (SST). Cette démarche s'inscrit dans le cadre des normes ISO 45001, ainsi que des réglementations locales (lois 88-07 et 83-13). Elle permet de prévenir les récidives et d'améliorer en continu les conditions de travail et le processus de gestion est le suivant :

II.3.4.1. Signalement et Intervention Immédiate :

- Tout témoin d'un accident ou incident doit sécuriser la zone, secourir la victime si nécessaire, et alerter immédiatement le chef de groupe HSE et l'infirmier.
- Les employés victimes d'un accident doivent informer leur supérieur dans un délai de 24 heures maximum.

II.3.4.2. Enquête et Analyse :

- Le chef de groupe HSE intervient sur les lieux pour recueillir des informations (photos, témoignages) et établir un rapport préliminaire.
- Une enquête approfondie est lancée si nécessaire, impliquant une équipe multidisciplinaire et un représentant du Comité de Prévention, d'Hygiène et de Sécurité (CPHS).

II.3.4.3. Actions Correctives et Préventives :

- Sur la base des rapports d'accident/incident, des actions correctives sont proposées et validées par le Directeur QHSE.
- Les leçons apprises sont affichées sur les lieux de l'accident et partagées avec l'ensemble des responsables.

II.3.4.4. Suivi et Reporting :

- Les indicateurs SST (taux de gravité TG, taux de fréquence TF) sont calculés mensuellement.
- Un bilan trimestriel et annuel est présenté au CPHS pour analyse et proposition d'améliorations.

Cette procédure s'aligne avec les objectifs de prévention de la NCA Rouiba, renforçant la culture de sécurité et la conformité aux normes internationales. Elle contribue à la réduction des risques et à l'amélioration continue des processus de production.

CHAPITRE III

Analyse des risques professionnels dans l'atelier Carton A de la NCA Rouiba

CHAPITRE III : ANALYSE DES RISQUES PROFESSIONNELS DANS L'ATELIER CARTON A DE LA NCA ROUIBA

III.1. Description de la zone de conditionnement (carton)

La zone de conditionnement carton de l'unité de production de la NCA Rouiba est une zone à environnement contrôlé, spécifiquement conçue pour assurer un conditionnement aseptique des jus de fruits dans des emballages en carton. Elle représente un maillon stratégique de la chaîne de production, garantissant la stérilité, la traçabilité et la qualité des produits finis avant leur expédition.

Cette zone est divisée en deux ateliers distincts, à savoir :

- Atelier Carton A
- Atelier Carton B

Les deux ateliers sont identiques en termes d'organisation, de structure et d'équipements. Chacun d'eux comprend un ensemble cohérent de machines et d'opérations permettant un conditionnement en continu, dans le respect des normes d'hygiène, de sécurité et de qualité imposées par le système QHSE en vigueur.

Notre étude portera sur l'atelier Carton A, mais il en va de même pour le deuxième atelier en raison de leur similitude.

III.1.1. Présentation de l'atelier Carton A

L'atelier illustré dans la Figure III-1, est équipé de deux machines de remplissage Tetra Pak A3/Speed, chacune étant dédiée à un format spécifique, après le remplissage les produits passent successivement par plusieurs machines automatisées, formant une ligne continue de conditionnement :

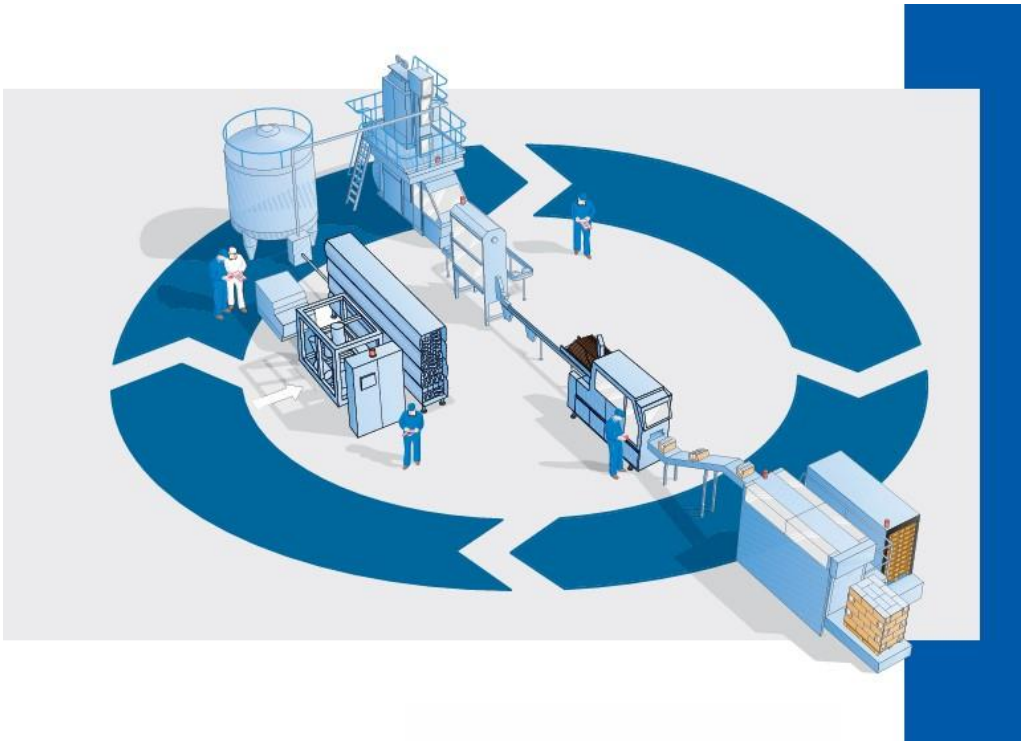


Figure III-1 : Illustration de l'atelier Carton A

Bouchonneuse : Visse automatiquement les bouchons sur les briques (principalement pour les formats 1L).

Pailleuse : Applique les pailles sur les emballages de 20 cl à l'aide d'un système de collage rapide et précis.

Étiqueteuse : Pose les étiquettes selon les informations de traçabilité, la réglementation en vigueur et le type de produit.

Fardeleuse : Regroupe les unités en lots (packs) et les emballe avec un film plastique thermo-rétractable, facilitant ainsi le transport et le stockage.

À la fin de la ligne de conditionnement, les fardeaux (packs de produits finis) sont regroupés et placés sur des palettes. Ces palettes restent temporairement dans l'atelier, en attente d'évacuation par un chariot élévateur conduit par un cariste formé, entre ensuite dans l'atelier pour transporter les palettes vers la zone de stockage des produits finis.

III.1.2. Fiche technique type pour l'atelier (Carton A)

Voila la fiche technique type de l'atelier Carton A (voir Tableau III-1)

Tableau III-1 : Fiche technique type pour l'atelier (Carton A)

Critère	Valeur indicative
Surface de l'atelier	800 m²
Hauteur sous plafond	6,5 m
Nombre de machines de remplissage (tertra pak)	2 (1 pour 1 L, 1 pour 20 cl)
Capacité de production	9000 packs/heure (format 1 L) / 24000 packs/heure (format 20 cl)
Ligne de conditionnement	Bouchonneuse, Pailleuse, Étiqueteuse, Fardeleuse
Capacité de palettisation	50 palettes/heure
Effectif par équipe	7 (Responsable Production - Chef de ligne - Conducteur machine – Manutentionnaire - Conducteur Robot - Coordinateur maintenance - Technicien maintenance
Nombre d'équipes	3 (06 h–14 h & 14 h–22 h & 22 h–06 h)
Température ambiante contrôlée	18–22 °C
Humidité relative	50–60 %
niveau d'éclairement	40-50 Lux
niveau sonore	30dB-95dB

III.2. Mesures de sécurité :

Douche de sécurité : installée à moins de 10 m de la remplisseuse tetra pak a3/speed à cause de de manipulation chimique (peroxyde, soude...etc) pour permettre un rinçage corporel immédiat en cas de projection de produit corrosif. il fournit aussi un jet continu et contrôlé pour rincer les yeux contaminés.

Trousse de premiers secours : Contenu standard : pansements stériles, compresses, bandes, désinfectant, neutralisant chimique (granulés de bicarbonate) et couverture de survie. Placée dans un meuble ouvert, près de la sortie de l'atelier et signalé par un pictogramme.

Extincteurs et couvertures anti-feu : Extincteurs CO_2 (2 kg) adaptés aux feux électriques des armoires de commande et automates / Extincteurs poudre ABC (6 kg) : pour feux de classe A (solides), B (liquides) et C (gaz) / Couvertures anti-feu pour étouffer rapidement un petit début d'incendie sur plan de travail ou bac de produit chimique.

Plans d'évacuation : affichés à chaque point d'entrée de l'atelier, avec parcours balisés au sol par peinture photoluminescente.

Téléphone d'urgence : fixe ou portable, avec numéros préenregistrés (responsable QHSE, pompiers).

Inter verrouillages électriques : des dispositifs de sécurité présents dans l'atelier, Leur rôle est de prévenir tout accès aux parties dangereuses de la machine pendant son fonctionnement (une porte, un capot, ou un protecteur est ouvert).

Marquages au sol :

Tableau III-2 : Marquages au sol

Type de marquage	Couleur	Signification
Voies de circulation piétonnes	Blanc ou Jaune continu	Séparation des chemins réservés aux piétons
Voies de chariots / engins de levage	Jaune ou Orange	Circulation des chariots élévateurs et transpalettes
Zones dangereuses	Rayures Jaune/Noir	Proximité de machines en mouvement ou zones de risques divers
Accès aux équipements de secours	Rouge/Blanc	Indication des accès aux extincteurs, douches de sécurité
Sorties de secours	Vert (flèches au sol)	Chemins d'évacuation en cas d'urgence

Ventilation et extraction : 4 bouches d'extraction locales pour évacuer vapeurs et poussières.

Sirène sonore : dispositif d'alerte installé dans l'atelier pour prévenir rapidement tout le personnel en cas de situation d'urgence.

Porte anti-panique (Sortie de secours) : prévues pour permettre l'évacuation rapide et sécurisée du personnel en cas d'urgence.

Signalisation visuelle :

Tableau III-3 : Signalisation visuelle

Type de signalisation	Pictogramme / Marquage	Couleur(s)	Signification	Emplacement recommandé
Sortie de secours	E001 (flèche + homme qui fuit)	Vert sur blanc	Indique l'issue d'évacuation	En haut des portes de secours et le long des chemins
Extincteur	F001 (bouteille extincteur)	Rouge sur blanc	Localisation des extincteurs	À côté de chaque extincteur
Arrêt d'urgence	Bouton poussoir	Rouge	Interruption d'urgence des machines	Sur chaque machine et à la console de supervision
Risque de chute d'objet	W022 (objet tombant)	Jaune triangle noir	Risque de chute de charges	À l'entrée de l'atelier
Port obligatoire d'EPI	(casque, gants, lunettes)	Bleu sur blanc	Obligation de porter les EPI	Aux accès de la zone et postes de chimie
Zone dangereuse	Rayures sol (hachures)	Jaune / noir	Zones à risques (machines, obstacles)	Contour des machines et bords de plateformes
Avertissement – machine en marche	P021 (triangle engrenage)	Jaune / noir	Danger mécanique (pièces en mouvement)	Sur chaque carter mécanique et porte d'accès maintenance
Danger chimique	Pictogramme C (flamme barrée)	Rouge / blanc	Présence de produits corrosifs ou	Sur tous les réservoirs et bacs chimiques

			inflammables	
Lave-yeux et douche	Panneau de signalisation "DOUCHE DE SÉCURITÉ"	Vert sur blanc	Indique la localisation des postes de rinçage	Proche de la ligne de remplissage et zone chimique
Trousse de premiers secours	Marque (+)Trousse de secours	Vert sur blanc	Localisation de la trousse de secours	À l'entrée de l'atelier et à proximité des postes clés
Interphone / alerte	Icône téléphone / haut-parleur	Bleu / blanc	Point d'appel d'urgence interne	À chaque poste de supervision et accès principal
Plan d'évacuation	Plan schématique + flèches	Noir sur vert	Itinéraire d'évacuation	Affiché sur chaque mur proche des accès et des postes
Risque électrique	W012 (éclair)	Jaune triangle noir	Danger électrique	Armoires électriques, coffrets de puissance
Risque de surface chaude	W017 (main + chaleur)	Jaune triangle noir	Risque de brûlures (pièces chaudes)	Près des surface chaude
Danger de glissade	W011 (personne qui tombe)	Jaune triangle noir	Risque de glissade	Près des sols mouillés

III.3. Méthodologie d'analyse des risques APR

III.3.1. Constitution de l'équipe

- M SAYAD Khaled (Responsable HSE)
- M. LAIDOUDI Rayane (Etudiant de l'Université Yahia Farès de Médéa)
- M. BENREBAI Abdasslem (Etudiant de l'Université Yahia Farès de Médéa)
- Tout l'équipe de l'atelier (Carton A)

III.3.2. Collecte et revue documentaire

- Document d'Évaluation des Risques : examen des risques déjà recensés.
- Historique incidents/accidents : analyse des fiches d'accident, rapports d'incident et arrêts de production.

III.3.3. Tableau général APR

Le Tableau III-4 est le tableau général APR que nous utiliserons dans notre étude :

Zone de travail : toujours l'atelier Carton A.

Équipements impliqués : identifie tous les équipements existants dans l'atelier, en contact avec les travailleurs.

Matières manipulées : identifie tous les Matières existants dans l'atelier, en contact avec les travailleurs.

Événement redouté : Accident, incident ou situation dangereuse que l'on souhaite éviter.

Origine : Origine probable ou situation dangereuse qui pourrait déclencher l'événement redouté.

Effets : Effet ou impact sur la santé, la sécurité ou l'environnement si l'événement redouté se produit.

Moyens de maîtrise existants : Dispositifs, mesures ou procédures déjà en place pour réduire le risque.

Moyens de maîtrise à mettre en œuvre : Propositions de nouvelles mesures de prévention ou d'amélioration pour réduire ou éliminer le risque.

Tableau III-4 : Le tableau général d'APR de l'atelier étudié

<table>
<tr><td rowspan="2">Date d'analyse</td><td colspan="6">APR de l'atelier – Analyse préliminaire des risques dans l'atelier</td><td colspan="4" rowspan="2">Nom: Rayane LAIDOUDI Abdasslem BENREBAI</td><td rowspan="2">NCA ROUIBA</td></tr>
<tr><td colspan="6">Zone de travail : Atelier Carton A</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Équipements impliqués</td><td rowspan="2">Matières manipulées</td><td rowspan="2">Événement redouté</td><td rowspan="2">Origine</td><td rowspan="2">Effets</td><td rowspan="2">Moyens de maîtrise existants</td><td colspan="4">Criticité</td><td rowspan="2">Moyens de maîtrise à mettre en œuvre</td></tr>
<tr><td>G</td><td>F</td><td>P</td><td>C</td></tr>
</table>

III.3.4. Evaluation de la criticité

La criticité est la combinaison des trois critères la gravité (G), la fréquence (F) et la probabilité (P). La détermination de ceux-ci se base sur des barèmes de cotation prédéterminés.

$C = P \times F \times G$

- C= Criticité
- P= Probabilité (Probabilité de survenance)
- F= Fréquence (Fréquence d'exposition au danger)
- G= Gravité (Gravité des conséquence)

III.3.4.1. Indice de Probabilité (P)

La Probabilité (P) représente la chance que l'événement redouté survienne, compte tenu des protections déjà en place. Elle intègre à la fois la fiabilité technique des mesures et la rigueur des procédures existantes (voir Tableau III-5).

Tableau III-5 : Indice de Probabilité (P)

Valeur de Probabilité		Probabilité de survenance
1	Très peu probable	Jamais survenu
2	Peu probable	Survenu 1 fois avant 12 mois
3	Probable	Survenu 1 fois durant les 12 derniers mois
4	Très probable	Survenu plusieurs fois durant les 12 derniers mois

III.3.4.2. Indice de Fréquence d'exposition (F)

La Fréquence d'exposition (F) mesure à quelle fréquence l'opérateur est exposé au danger au cours de ses cycles de travail (voir Tableau III-6). Plus l'exposition est répétée, plus F est élevée.

Tableau III-6 : Indice de fréquence d'exposition (F)

Valeur de Fréquence		Fréquence d'exposition			
		Jour	Semaine	Mois	Année
1	Occasionnelle	< 30 minutes	< 2 heures	< 1 jour	< 15 jours
2	Intermittente	30 à 120 minutes	2 à 8 heures	1 à 6 jours	15 jours à 2 mois
3	Fréquente	2 à 6 heures	1 à 3 jours	6 à 15 jours	2 à 5 mois
4	Permanente	> 6 heures	> 3 jours	> 15 jours	> 5 mois

III.3.4.3. Indice de Gravité (G)

La Gravité (G) reflète l'importance des conséquences si le scénario de risque se réalise sur la santé et sécurité des personnes (voir Tableau III-7).

Tableau III-7 : Indice de gravité (G)

Valeur de Gravité		Gravité des conséquence
1	Sans gravité	AT ou MP sans arrêt de travail (déclaré à la sécurité sociale).
2	Sérieux/significative	AT ou MP avec arrêt de travail, effets réversibles après soins (guérison)
3	Grave/important	AT ou MP engendrant une d'incapacité partielle permanente IPP, effets irréversibles
4	Très grave/très important	décès, incapacité permanente totale

III.3.4.4. L'indice de criticité (C)

Tableau III-8 : L'indice de criticité (C)

C < 6	Risque acceptable (Situation satisfaisante)
6 < C < 18	Risque important (Situation à traiter)
C > 18	Risque inacceptable (Situation critique)

III.3.5. Synthèse et plan d'actions

À l'issue de l'analyse des risques de l'atelier « Carton A », nous dressons un bilan global des scénarios identifiés, de leur criticité et des mesures désormais planifiées. Cette synthèse permet de visualiser rapidement les priorités, de suivre l'avancement des actions.

III.3.6. Grilles APR

Tableau III-9 : Application de la méthode APR dans l'atelier Carton A

Date d'analyse	APR de l'atelier – Analyse préliminaire des risques dans l'atelier étudié Zone de travail : Atelier Carton A					Nom: Rayane LAIDOUDI Abdasslem BENREBAI				NCA ROUIBA
Équipements impliqués	Matières manipulées	Événement redouté	Origine	Effets	Moyens de maîtrise existants	Criticité				Moyens de maîtrise à mettre en œuvre
						G	F	P	C	
- Remplisseuse - bouchonneuse - pailleuse - étiqueteuse - fardeleuse - chariot élévateur - Transpalettes manuels - transpalette électrique - pc imprimante - écran de supervision - convoyeurs automatiques - Transpalettes	- Produit finit - acide - soude - peroxyde - solvant - encre - Désinfectants - Colle - Emballage - carton - paille - lubrifiant - palette vide - graisse alimentaire - bobine de film	chute de plain-pied	Sol glissant Sol inégal	Blessure corporelle / Arrêt de travail	Nettoyage régulier / Chaussure de sécurité (EPI)	2	4	2	16	inspection des lieux de travail / Instruction gestes et postures /Sensibilisation /Signalisation /Nettoyage immédiat des déversements
		Chute de hauteur	Travaux en hauteur Escaliers non sécurisé	Traumatisme sévère (fracture, lésion) / Incapacité temporaire ou permanente	Sensibilisation HSE / Chaussure de sécurité (EPI) / Inspection des lieux de travail	3	3	1	9	garde-corps d'escaliers / Formation renforcée

Porte Bobines - climatiseurs - robot - terminal de scan - pompe de graissage	- bouchons - Film étirable - déchets - rebus de machine - air comprimé	Trébuchement	Objets mal rangés / Câbles au sol / Zone encombrée	Chute avec blessure légère à modérée / Contusion, entorse / arrêt de travail léger	Signalisation au sol / Nettoyage régulier / (EPI)	2	3	1	6	Sensibilisation à la propreté des zones de travail / Rangement systématique des équipements
		Fatigue visuelle liée à l'écran	Travail prolongé sur écran / Mauvais éclairage	Irritations oculaires / Céphalées, erreurs de supervision	Sensibilisation	1	3	1	3	Mesure de l'éclairage / Ergonomie du poste de travail/ Filtres d'écran adaptés
		Surdité	Exposition prolongée à des niveaux sonores élevés / Absence de (EPI) protection auditive	Perte auditive progressive (surdité professionnelle) / Isolement / Baisse de vigilance	Bouchons stop bruit /	3	2	2	12	Signalisation des lieux de travail dépassant les seuils règlementaires "85 DB" / Sensibilisation (EPI)

- Remplisseuse - bouchonneuse - pailleuse - étiqueteuse - fardeleuse - chariot élévateur - Transpalettes manuels - transpalette électrique - pc imprimante - écran de supervision - convoyeurs automatiques - Transpal-ettes Porte Bobines - climatiseurs - robot - terminal de scan - pompe de graissage	- Produit finit - acide - soude - peroxyde - solvant - encre - Désinfectants - Colle - Emballage - carton - paille - lubrifiant - palette vide - graisse alimentaire - bobine de film - bouchons - Film étirable - déchets - rebus de machine - air comprimé	Écrasement / Heurt (chariots élévateurs)	Circulation des chariots élévateurs / Non-respect du balisage / Présence de piétons sur les trajets	Traumatisme grave / Fractures / Décès dans les cas extrêmes	Formation des caristes / contrôle règlementaire / limitation de vitesse	4	3	2	24	Etablir les consignes ou instruction chariot élévateur / Signalisation / Klaxon, gyrophares sur les chariots / Séparation stricte des voies piétons, chariots
		Écrasement / Heurt (Transpalette manuel / électrique)	Manque d'attention de l'opérateur / Circulation dans des zones partagées avec les piétons	Blessures aux pieds ou jambes / Fractures / Incapacité temporaire ou permanente	Formation des caristes / contrôle règlementaire / chaussures de sécurité (EPI) / Voies piétons marquées au sol	3	2	2	12	Signalisation renforcée / Sensibilisation continue / Interdiction de stationnement sauvage dans les allées
		Écrasement par chute d'objet	Mauvais empilage / Instabilité des charges / Erreur de manipulation	Blessures, Contusions, fractures / Risque d'invalidité ou décès (cas extrêmes)	Casquette anti heurte (EPI) / Sensibilisation	4	2	1	8	Étiquetage clair des charges instables / Surveillance par le chef d'équipe

		Écrasement par chute de bobine	Déplacement accidentel / Manutention incorrecte	Fractures, blessures / Écrasement de membres	Sensibilisation	2	3	3	18	Utilisation de cales stabilisatrices / Formation à la manutention
		Écrasement par chute de fût de rebut	Mauvaise manutention / Déplacement brusque / Inadéquation du support	Contusions / fractures	Sensibilisation	3	4	1	12	Signalisation / Utiliser des dispositifs de calage / Etablir les consignes de manipulation
		TMS (position assise prolongée)	Absence de pauses / Siège non ergonomique	Lombalgies / Baisse de concentration	Sensibilisation	1	4	2	8	Formation à la posture correcte / Pause informelle
		TMS (Position debout prolongée)	Sol dur / Travail statique prolongé	Douleurs aux jambes / Fatigue musculaire / Lombalgies	Aucun	1	4	2	8	Sensibilisation / Tapis antifatigue / Des chaises pour repos
- Remplisseuse - bouchonneuse - pailleuse - étiqueteuse - fardeleuse - chariot élévateur - Transpalettes	- Produit finit - acide - soude - peroxyde - solvant - encre - Désinfectants	TMS (manutention manuelle)	Postures inadaptées / Absence d'aides à la manutention / Efforts excessifs	Douleurs musculaires / Lésions chroniques / Incapacité temporaire ou prolongée	Consignes de sécurité pour la manutention / Sensibilisation	2	4	3	24	Ceinture sécurité lombaire / Réduction des charges manuelles à la source.

manuels - transpalette électrique - pc imprimante - écran de supervision - convoyeurs automatiques - Transpal-ettes Porte Bobines - climatiseurs - robot - terminal de scan - pompe de graissage	- Colle - Emballage - carton - paille - lubrifiant - palette vide - graisse alimentaire - bobine de film - bouchons - Film étirable - déchets - rebus de machine - air comprimé	Blessure due à la manipulation d'outils à main	absence d'EPI / Inattention / Outil inadapté ou mal entretenu	Coupures / Hémorragies	Gants de travail (EPI)	3	2	1	6	Rangement des outils hors d'usage / Vérification régulière de l'état des outils
		Blessure par heurtement de la tête	Zone encombrée / Absence de Casquette anti heurt (EPI)/ Accès mal sécurisé	Contusion / Traumatisme crânien / Arrêt temporaire	Casquette anti heurt /	2	3	2	12	Signalisation renforcée / Sensibilisation
		Brûlure par contact avec des produits chimiques ou une surface chaude	Manipulation sans EPI / Fuite ou éclaboussure / Contact accidentel avec une surface mal identifiée	Rougeurs, cloques / Douleurs vives / Arrêt de travail	Identification des parties chaudes / Tenue de travail / Sensibilisation	2	4	4	32	Formation sur les produits chimiques / Signalisation adéquate de toutes les surfaces chaudes
		Brûlure par projection de vapeur chaude	Fuite de vapeur sous pression / Ouverture inappropriée d'un système / Défaut d'étanchéité	Brûlures au visage ou aux mains / Choc thermique / Panique	Tenue de travail	3	3	1	9	Sensibilisation / Signalisation / Contrôle périodique des installations

		Atteinte oculaire (projection de produit chimique ou matière liquide/vapeur chaude)	Absence de lunettes de protection (EPI) / Mauvaise manipulation / Pression excessive ou fuite	Irritation sévère / Brûlure oculaire / Perte partielle de vision	identification des parties chaudes / lunettes de protection (EPI) / Fontaines oculaires	3	4	3	36	Formation ciblée sur les risques chimiques / Signalisation adéquate de toutes les surfaces chaudes et les produit chimique / Sensibilisation / Inspection
- Remplisseuse - Bouchonneuse - Pailleuse - étiqueteuse - fardeleuse - chariot élévateur - Transpalettes manuels - transpalette électrique - pc imprimante - écran de supervision - convoyeurs automatiques - Transpal-ettes Porte Bobines - climatiseurs - robot - terminal de scan	- Produit finit - acide - soude - peroxyde - solvant - encre - Désinfectants - Colle - Emballage - carton - paille - lubrifiant - palette vide - graisse alimentaire - bobine de film - bouchons - Film étirable - déchets - rebus de	Atteinte oculaire (projection d'eau sous pression)	Défaut de buse / Absence de lunettes	Irritation oculaire / Risque de lésion légère	Lunette de protection (EPI)	3	2	1	6	Vérification quotidienne des buses / Inspection
		Atteinte oculaire (éclatement de flexibles)	Vieillissement du flexible / Défaut de pression / Fixation incorrecte	Lésion oculaire sévère / Choc ou traumatisme	Lunette de protection (EPI) / Inspection des installations	3	2	1	6	Renouvellement périodique des flexibles / Maintenance préventive systématique / sensibilisation
		Atteinte cutanée (présence et manipulation de produits chimiques)	Absence de EPI / Remplissage manuel dans la machine	Irritation / Brûlures légères à modérées / Réactions allergiques	Formation sur la manipulation des produits chimiques / Gants de travail (EPI) / Douche de sécurité	2	4	2	16	Sensibilisation / Inspection / Limiter les quantités nécessaires pour le besoin quotidien

- pompe de graissage	machine - air comprimé	Intoxication (présence et manipulation de produits chimiques)	Mauvaise ventilation / Manipulation prolongée en espace confiné	Irritations respiratoires / Toux / Allergies / Risque d'asthme professionnel	Aération naturelle / Masques parfois utilisés en cas de nettoyage intensif	3	4	1	12	Port obligatoire de masques FFP2 lors des manipulations / Mise en place de ventilation mécanique / Inspection
		Entraînement /Coincement/ Sectionnement (Équipements en mouvement)	Absence ou contournement des dispositifs de sécurité, proximité excessive	Blessures graves (membres écrasés, sectionnés), arrêt de travail	(Carters, barrières physiques, arrêts d'urgence) EPC / consignes de sécurité	4	2	1	8	Formation ciblée / vérification périodique des sécurités intégrées / affichage clair
		Entraînement /Coincement/ Sectionnement – (Démarrage intempestif du convoyeur)	Défaut de verrouillage / détection non fiables	Coincement / écrasement / blessures graves	Système de détection de mouvement	4	3	1	12	Affichage des consignes / Signalisation adéquate /Inspection et contrôle périodiques du bon fonctionnement des (EPC)

- Remplisseuse - bouchonneuse - pailleuse - étiqueteuse - fardeleuse - chariot élévateur - Transpalettes manuels - transpalette électrique - pc imprimante - écran de supervision - convoyeurs automatiques - Transpal-ettes Porte Bobines - climatiseurs - robot - terminal de scan - pompe de graissage	- Produit finit - acide - soude - peroxyde - solvant - encre - Désinfectants - Colle - Emballage - carton - paille - lubrifiant - palette vide - graisse alimentaire - bobine de film - bouchons - Film étirable - déchets - rebus de machine - air comprimé	Électrocution (électricité)	Câblage défectueux / / humidité excessive / mauvaise isolation	Choc électrique / brûlure / arrêt cardiaque / décès	Isolation / TBTS / Protection par disjoncteurs différentiels	4	3	2	24	Contrôle et vérification périodique des installations électriques et mises à la terre / Sensibilisation/ Signalisation
		Stress, fatigue (charge de travail)	Cadences élevées / travail répétitif / effectif insuffisant	erreurs humaines / baisse de performance/ accidents / TMS	Aucun	1	4	1	4	pauses réglementaires/ suivi médical périodique
		Incendie (manipulation de produits inflammables et comburants)	Fuite ou déversement de produit inflammable / étincelle électrique / chaleur excessive	Brûlures graves / intoxication par fumées / dommages matériels	Extincteurs / RIA / Sensibilisation/ Inspection	4	4	1	16	Etablissement et affichage consignes générales de sécurité / Signalisation d'interdiction de fumer et du risque incendie
		Salissure (contact avec des objets sales et poussiéreux)	nettoyage non régulier, contact répété avec des surfaces sales	Inconfort / risque de contamination croisée / altération de l'hygiène du poste de travail	Tenue de travail / Douches	1	3	1	3	Inspection et suivi

		Incendie, brûlure, asphyxie – Chambre aseptique (remplisseuse)	Surchauffe / fuite ou concentration excessive de vapeur, peroxyde / défaut d'entretien / mauvais réglage de température	Brûlures graves / risque d'asphyxie / déclenchement d'incendie / évacuation du personnel	Ventilation / capteurs de température et de pression / entretien préventif / procédure d'arrêt d'urgence / EPI adaptés	4	3	2	24	formation spécifique du personnel / vérification régulière des dispositifs de sécurité / surveillance

III.3.7. Synthèse des résultats APR

III.3.7.1. Synthèse des risques critiques :

À partir de la grille APR finalisée pour l'atelier Carton A, voici les scénarios présentant les différents criticité (C), classés du faible au plus élevé (Tableau III-10) :

Tableau III-10 : Classification des évènement redoutés selon leur criticités

C < 9	Trébuchement Fatigue visuelle liée à l'écran Écrasement par chute d'objet TMS (position assise prolongée) TMS (Position debout prolongée) Blessure due à la manipulation d'outils à main Brûlure par projection de vapeur chaude Atteinte oculaire (projection d'eau sous pression) Atteinte oculaire (éclatement de flexibles) Entraînement /Coincement/ Sectionnement (Équipements en mouvement) Stress, fatigue (charge de travail) Salissure (contact avec des objets sales et poussiéreux)
9 < C < 18	Chute de plain-pied Chute de hauteur Surdité Écrasement / Heurt (Transpalette manuel / électrique) Écrasement par chute de bobine Écrasement par chute de fût de rebut Blessure par heurtement de la tête Atteinte cutanée (présence et manipulation de produits chimiques) Intoxication (présence et manipulation de produits chimiques) Entraînement /Coincement/ Sectionnement – (Démarrage intempestif du convoyeur) Incendie (manipulation de produits inflammables et comburants)
C > 18	Écrasement / Heurtement (chariots élévateurs) TMS (manutention manuelle) Brûlure par contact avec des produits chimiques ou une surface chaude Atteinte oculaire (projection de produit chimique ou matière liquide/vapeur chaude) Électrocution (électricité) Incendie, brûlure, asphyxie – Chambre aseptique (remplisseuse)

Cette Analyse Préliminaire des Risques, appliquée à l'atelier Carton A de la NCA Rouiba, a permis de :

- Cartographier l'ensemble des dangers et des situations à risque (mécaniques, thermiques, chimiques, ergonomiques, psychologiques).
- Quantifier la criticité de chaque scénario via l'indice C = F × G × P, offrant une clé de hiérarchisation objective (comme illustré sur la Figure III-2).

- Proposer un plan d'actions pragmatique et structuré, assignant responsabilités et délais clairs.
- Les coefficients F, G et P peuvent évoluer : il est donc essentiel de réévaluer régulièrement ces paramètres, notamment après la mise en place des mesures correctives.

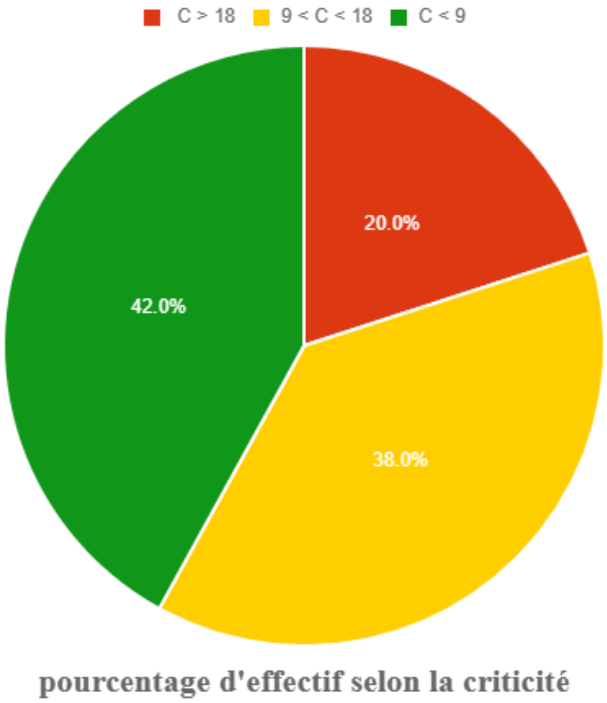


Figure III-2 : Pourcentage d'effectif selon la criticité (APR)

L'étude APR révèle que 20% des risques sont inacceptables, nécessitant une priorisation.

Les Causes les Plus Fréquentes : Les causes récurrentes, sont classées en trois catégories (Humaine, Organisationnelle, Technique) selon le Tableau III-11:

Tableau III-11 : Les causes les plus fréquentes des risques

Cause	Catégorie	Exemples concrets	Risques associés
Absence d'EPI (24%)	Humaine	Absence de lunette de protection	Atteinte oculaire (C=36)
Manque de maintenance (20%)	Organisationnelle	Fuites ou concentration excessive de peroxyde sur la chambre aseptique	Incendies, brulures de chambre aseptiques (C=24)
Erreurs humaines (38%)	Humaine	Absence d'aide à la manutention	TMS (manutention manuel) (C=24)
Conception non ergonomique (31%)	Technique	Sol glissant ou inégal	Chute de plain-pied (C=16)

- **L'absence d'EPI** est impliquée dans **33% des risques critiques**.

- **Le manque de maintenance** est impliqué dans **33% des risques critiques**.
- **Les erreurs humaines** sont impliquées dans **66% des risques critiques**.
- **Les conceptions non ergonomiques** sont impliquées dans **16% des risques critiques.**

Suite à ces résultats de criticités importants nous proposons les mesures correctives suivants :

III.3.7.2. Les mesures correctives les plus importantes

Formation du personnel : La formation constitue la pierre angulaire de toutes nos actions correctives. En sensibilisant systématiquement les opérateurs aux bonnes pratiques (manutention sécurisée, consignation électrique, interventions en chambre aseptique, gestes d'urgence), nous renforçons leur vigilance et leur capacité à détecter et réagir aux situations dangereuses. Des sessions pratiques régulières assurent la pérennité des compétences et favorisent l'appropriation des consignes SST.

Inspection et vérification régulière : Les inspections périodiques des installations et équipements (convoyeurs, armoires électriques, dispositifs de sécurité) permettent de détecter précocement les dysfonctionnements (usure des câbles, défaillance des capteurs, dégradation des barrières) avant qu'ils ne génèrent des incidents. Un calendrier de vérifications, réalisé par le service maintenance et validé par la cellule HSE, garantit la conformité continue et alimente le plan de maintenance préventive.

Signalisation et affichage des consignes générales de sécurité : Un balisage clair et une signalisation adaptée (pictogrammes, marquages au sol, panneaux d'avertissement) rappellent en permanence les comportements à adopter et les zones à risques. L'affichage des procédures d'urgence, des schémas de circulation et des consignes spécifiques (port des EPI, consignation) à des points stratégiques de l'atelier renforce la mémorisation et facilite l'auto-contrôle des opérateurs.

Séparation des flux et barrières physiques : La mise en place de couloirs dédiés et de barrières automatiques ou fixes garantit une séparation stricte entre les zones piétonnes et les engins (chariots élévateurs, transpalettes). Cette mesure réduit drastiquement le risque de collision et d'écrasement en limitant les croisements imprévus. Les barrières, équipées de capteurs de présence, interrompent automatiquement le fonctionnement des machines lorsqu'un piéton s'en approche, assurant une protection.

Équipements de protection individuelle (EPI) et aides mécaniques : La distribution systématique d'EPI adaptés (gants anti-coupure, casques, protections auditives, lunettes) protège les travailleurs contre les risques identifiés. Parallèlement, le recours à des aides

mécaniques (transpalettes motorisés, gerbeurs, tapis antifatigue) allège les efforts physiques et diminue les TMS. L'efficacité de ces dispositifs repose sur leur disponibilité, leur adaptation au poste et une maintenance rigoureuse.

Planification et gouvernance SST : L'attribution claire des responsabilités (responsable HSE, maintenance, management) et l'établissement d'un calendrier précis des actions (inspections, formations, audits) assurent un suivi rigoureux. Les revues trimestrielles, soutenues par des indicateurs de performance (taux de réalisation des actions, nombre d'incidents), permettent d'évaluer l'efficacité du plan correctif et d'ajuster le dispositif en continu.

III.4. Conclusion

Ce chapitre a permis de mener une Analyse Préliminaire des Risques exhaustive au sein de l'atelier Carton A, en identifiant et en caractérisant plus d'une dizaine de scénarios critiques (écrasements, incendies, TMS, asphyxie, électrocution, etc.). Grâce à la cotation rigoureuse des indices de Fréquence (F), de Gravité (G) et de Probabilité (P), nous avons pu hiérarchiser les risques via l'indice $C = F \times G \times P$ et cibler les scénarios nécessitant une intervention immédiate ($C > 18$).

Cette démarche, intégrée au cycle PDCA du système de management SST de la NCA Rouiba, constitue une base solide pour la prévention des accidents et l'amélioration continue de la santé et sécurité au travail. Le prochain chapitre s'appuiera sur ces résultats pour détailler les méthodes d'analyse approfondie (AMDEC) appliquées à la machine Tetra Pak A3/Speed.

CHAPITRE IV

Application de la méthode AMDEC à la machine Tetra Pak A3/Speed

CHAPITRE IV : APPLICATION DE LA METHODE AMDEC A LA MACHINE TETRA PAK A3/SPEED

Ce chapitre est une suite logique et nécessaire dans notre étude qui a révélé, suite à l'analyse APR de l'atelier Carton A, que la machine TETRA PAK A3/SPEED est la source principale du risque dans cet atelier. Nous proposons, donc l'analyse de ce risque par la méthode AMDEC après présentation de cette machine.

IV.1. Présentation de la machine :

La machine Tetra Pak A3/Speed illustrée sur la Figure IV-1 est une ligne de conditionnement haute performance conçue pour l'emballage aseptique des liquides alimentaires le plus élevé du secteur, tout en maintenant un coût d'exploitation minimal et une sécurité alimentaire optimale grâce à un processus aseptique unique.



Figure IV-1 : Tetra PAK A3/speed

Son rendement élevé repose sur un système de mâchoires à chaîne permettant une formation continue des emballages, sans pièces connectées.

IV.1.1. Plaque signalétique de la machine

Tableau IV-1 : Plaque signalétique de la tetra pak A3/speed

Fabricant	Tetra Pak Packaging Solutions.
Modèle de la machine	Tetra Pak A3/Speed 648576-0400
Type d'emballage	Tetra Brik Aseptique
Numéro de série	TP-A3S-2025-001
Année de fabrication	2016
Pays de fabrication	Suède (Sweden)
Certifications	CE, ISO 9001, ISO 22000

IV.1.2. Fiche technique de la machine

Tableau IV-2 : Fiche technique de la tetra pak A3/speed

Désignation	**Caractéristiques**
Nom de la machine	Tetra Pak A3/Speed 0400
Application	Conditionnement aseptique de liquides alimentaires
Cadence de production	9 000 emballages/heure (1L) 24 000 emballages/heure (25cl)
Tension / Fréquence	400/230V ±10% / 50-60 Hz ±2%
Consommation électrique	36 - 51 kW
Air comprimé	6 bar 835 à 2020 Nl/min
Eau froide	3-4.5 bar / 15 à 24 l/min
Hydrogène Peroxyde (H2O2)	35% - 3 à 5 l/h
Vapeur	Min 2 bar >130°C 2,4 kg/h (production) 7 kg/h (ICU cycle)
Température produit	10 - 30°C
pH produit	2,5 - 8
Dimensions (L x l x H)	100 x 2870 mm

IV.1.3. Unités fonctionnelle de la machine

IV.1.3.1. Unité de Raccordement Automatique (URA)

Pour fabriquer les emballages remplis, la remplisseuse doit être alimentée en matériau d'emballage. Deux (02) bobines de matériau d'emballage sont chargées dans L'Unité de Raccordement Automatique (URA) qui est un système innovant optimisant l'alimentation en matériau d'emballage des machines de remplissage Tetra Pak A3/Speed en assurant une continuité de production grâce à un processus automatisé.

Conçue pour détecter la fin imminente d'une bobine, l'URA active un changement automatique à la deuxième bobine sans interruption, évitant les arrêts de production tout en

appliquant un film de polyéthylène sur les joints de raccordement. Ce film assure une étanchéité optimale et préserve l'intégrité aseptique, essentielle pour les produits sensibles, en formant une barrière stérile.

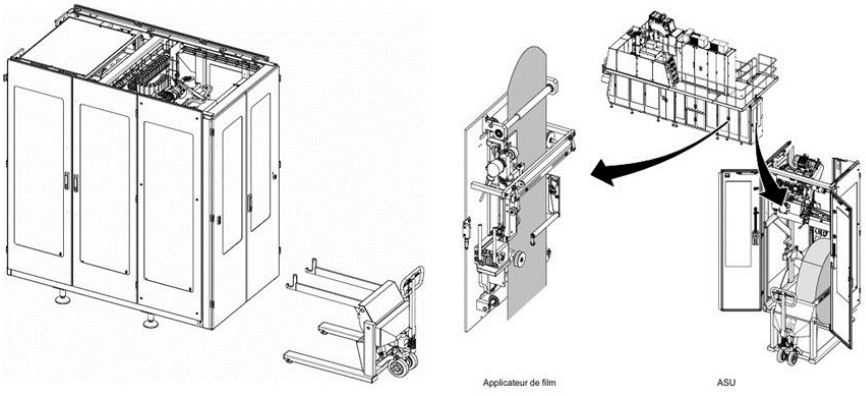


Figure IV-2 : Unité de Raccordement Automatique (URA)

IV.1.3.2. Unité supérieure (stérilisation)

Le matériau d'emballage, après avoir traversé une ouverture dans la plateforme de remplissage, est guidé autour d'un rouleau d'envoi avant d'entrer dans la chambre de stérilisation, appelée maison Peroxyde. À cet emplacement, le matériau est immergé dans un bain de peroxyde d'hydrogène dilué, chauffé à une température contrôlée grâce à des éléments chauffants électriques installés sur les parois externes du réservoir. Cette immersion permet une stérilisation efficace du matériau, en éliminant les micro-organismes susceptibles de compromettre la sécurité du produit.

À la sortie du bain, le matériau passe entre une paire de rouleaux presseurs recouverts de caoutchouc. Cette opération mécanique assure l'élimination de l'excès de peroxyde d'hydrogène présent en surface (voir Figure IV-3).

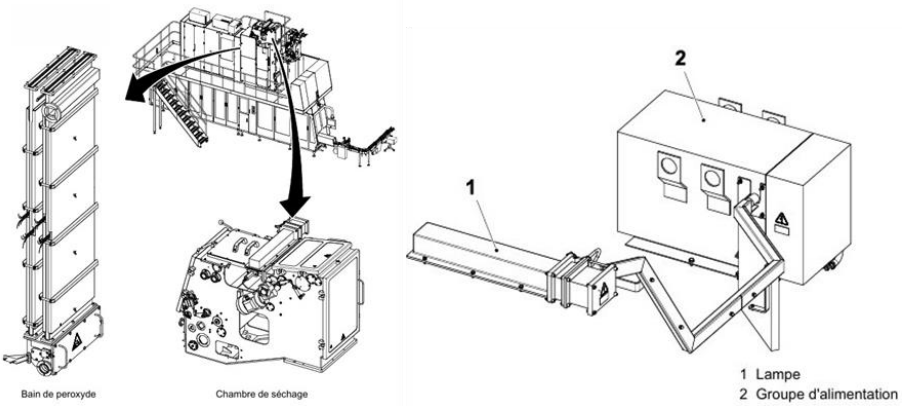


Figure IV-3 : Unité supérieure de stérilisation

Ensuite, le matériau pénètre dans une chambre de séchage, où il est soumis à un flux d'air chaud et filtré diffusé verticalement via un système de lames d'air équipées d'un boîtier rétroviseur. Ce dispositif garantit le séchage complet du matériau, en éliminant les éventuels résidus de peroxyde restants.

Enfin, pour parfaire le processus de stérilisation, le matériau est exposé à un traitement ultraviolet (UV). Cette dernière étape permet de neutraliser toute contamination microbienne résiduelle et d'empêcher la prolifération bactérienne avant l'entrée dans la zone de remplissage aseptique.

IV.1.3.3. Chambre aseptique (remplissage)

La chambre aseptique est conçue pour assurer le conditionnement aseptique des produits liquides dans des emballages préformés à partir d'un matériau multicouche. Le processus débute dans la section de déformation de la membrane, où le matériau d'emballage, initialement en bande plate, est progressivement façonné en un tube par une série de couronnes de déformation positionnées à intervalles réguliers le long du carrousel aseptique. Ces couronnes sont équipées de rouleaux qui appliquent une pression contrôlée afin de courber le matériau sans endommager ses propriétés structurelles (voir Figure IV-4).

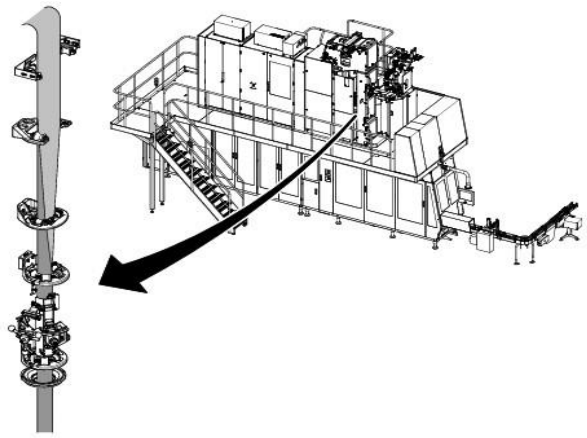


Figure IV-4 : Chambre aseptique de remplissage

Lorsque le matériau adopte une configuration tubulaire quasi complète, les bords recouverts de polyéthylène sont soumis à une phase de chauffage contrôlé. Cette opération permet d'activer la fusion du polyéthylène, facilitant ainsi la soudure longitudinale par compression sur l'autre bord du matériau, créant un tube entièrement fermé et stérile. Ce tube, une fois formé, passe sous le tube de remplissage, conçu pour délivrer le produit liquide de manière aseptique.

Le tube de remplissage introduit le produit dans le tube d'emballage avec une régulation précise, assurant un volume constant de liquide pour garantir la conformité de

chaque unité d'emballage. Une légère dépression peut être appliquée dans le tube de remplissage afin de stabiliser le flux et maintenir le niveau de remplissage requis. Une fois le tube rempli, il passe dans le système de mâchoires, qui réalise la soudure transversale et la découpe du tube, formant ainsi des unités d'emballage individuelles, prêtes à être façonnées en leur forme finale.

IV.1.3.4. Système mâchoires

Après le processus de remplissage, le tube de matériau d'emballage est guidé vers le système de mâchoires, qui constitue un élément clé du module de conditionnement. Ces mâchoires assurent non seulement la soudure transversale, mais également la découpe précise du tube pour former les emballages individuels. Le bon fonctionnement de ce système est essentiel, car il synchronise le mouvement des autres composants mécaniques liés au processus de scellage et de façonnage (voir la Figure IV-5).

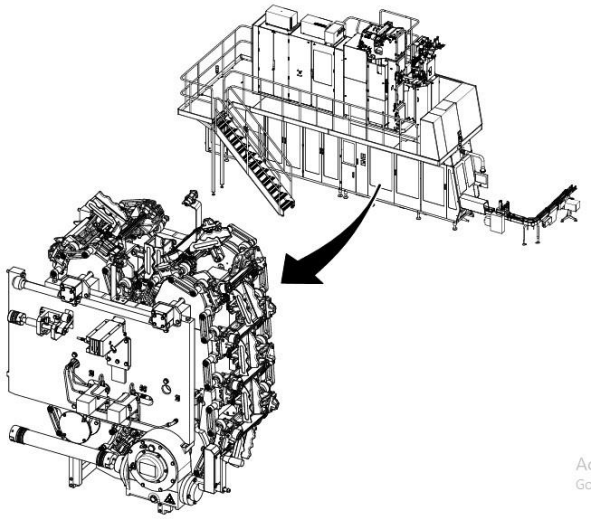


Figure IV-5 : Système mâchoires de remplissage

La découpe du matériau d'emballage s'effectue à des emplacements strictement définis, correspondant à la jonction entre la fin du graphisme imprimé d'un emballage et le début de celui du suivant. Pour garantir cette précision, l'unité de remplissage est équipée d'un système de détection sophistiqué, permettant d'identifier avec exactitude la position longitudinale du tube d'emballage. Selon la configuration de la machine, cette détection peut être assurée soit par une paire de cellules photoélectriques, capables de lire un code à barres imprimé sur le matériau d'emballage, soit par un lecteur magnétique.

IV.1.3.5. Unité finale de pliage (UFP)

Le dernier composant de la remplisseuse est l'unité finale de pliage, qui assure la mise en forme définitive de l'emballage après son découpage individuel. Une fois séparé du tube de matériau d'emballage par le système de mâchoires, l'emballage glisse le long d'un toboggan

de transfert, puis est acheminé par un convoyeur court jusqu'à l'unité de pliage finale. Dans cette section, l'emballage est soumis à un processus de pressage mécanique permettant de lui conférer sa forme finale.

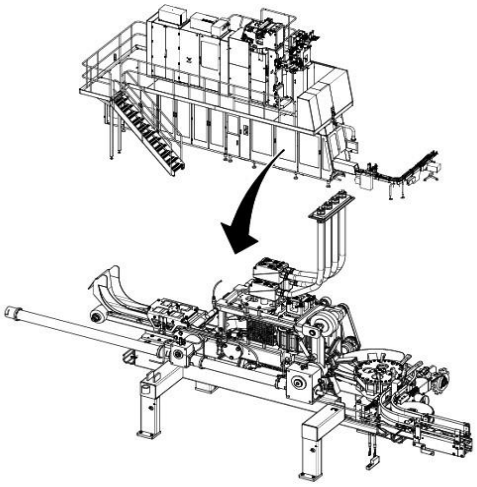


Figure IV-6 : Unité finale de pliage (UFP)

Au cours de son passage dans l'unité de pliage, des volets de pliage appliquent une pression contrôlée le long des lignes de pliage prédéfinies sur le matériau d'emballage, assurant ainsi une formation précise de la structure de l'emballage. Simultanément, des barres de pliage rabattent les coins (ou cornes) de l'emballage, qui sont ensuite exposés à un flux d'air chaud projeté sur des zones spécifiques. Cet air, à haute température, provoque la fusion de la couche extérieure de polyéthylène du matériau d'emballage, permettant ainsi aux coins d'être pressés et soudés de manière hermétique sur le fond et les côtés de l'emballage.

Une fois ces opérations achevées, l'emballage, désormais totalement formé et scellé, est transféré sur un convoyeur de sortie, quittant l'unité de pliage et la remplisseuse pour être dirigé vers les étapes suivantes du processus de production.

IV.1.4. NEP (nettoyage en place)

Le Nettoyage en Place (NEP), ou Cleaning In Place (CIP) en anglais désigne un système de nettoyage intégré à l'installation. Ce système automatisée permet de nettoyer efficacement les surfaces internes de l'équipement sans nécessiter de démontage, garantissant ainsi une production continue et conforme aux normes sanitaires, le système, en grande partie automatisé, exécute une série de programmes comprenant des produits de nettoyage, de désinfection et de rinçage en fin de cycle [9] comme illustré sur la Figure IV-7.

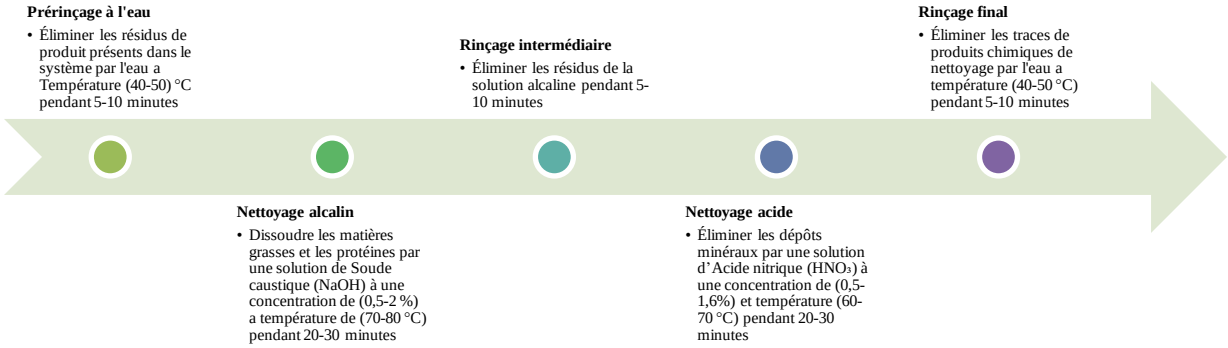


Figure IV-7 : Etapes du nettoyage en place

Pour la Tetra Pak A3/Speed, un cycle de NEP est généralement requis toutes les 40 heures de production. Cette fréquence est définie pour garantir une hygiène optimale et éviter toute contamination du produit. Cependant, cette durée peut varier en fonction de température dans le milieu de travail.

IV.1.5. Équipements périphériques

IV.1.5.1. Unité de service :

L'Unité de Service est un composant essentiel des machines de remplissage aseptique Tetra Pak, notamment du modèle A3/Speed. Elle assure la fourniture des utilités techniques nécessaires au bon fonctionnement de la machine. Ces utilités incluent :

Air chaud : Utilisé pour le séchage des emballages après certaines étapes du processus de remplissage.

Eau de refroidissement : Nécessaire pour réguler la température des composants critiques de la machine, garantissant ainsi une performance optimale et une sécurité accrue.

Gestion des flux de nettoyage NEP (Nettoyage En Place) : Selon la configuration de la machine, l'unité de service peut superviser les cycles de nettoyage automatisés, garantissant ainsi l'hygiène et la sécurité alimentaire.

IV.1.5.2. Tableau de commande

Le tableau de commande de la Tetra Pak A3/Speed (voir Figure IV-8) est une interface utilisateur essentielle qui permet aux opérateurs de surveiller et de contrôler les différentes fonctions de la machine de remplissage aseptique. Ce panneau de commande est conçu pour offrir une utilisation intuitive et efficace, garantissant ainsi une production fluide et sécurisée.



Figure IV-8 : Tableau de commande (remplissage)

IV.1.5.3. Réservoir de peroxyde

Le réservoir de peroxyde d'hydrogène constitue un élément essentiel dans le système. Il est spécifiquement conçu pour stocker et assurer l'alimentation continue en peroxyde d'hydrogène, utilisé comme agent stérilisant dans le traitement des matériaux d'emballage. La fonction principale de ce réservoir est de garantir la disponibilité d'une solution de peroxyde d'hydrogène à une concentration adaptée, assurant ainsi une stérilisation efficace et la conformité aux exigences d'hygiène sanitaire des procédés aseptiques. Le réservoir (illustré sur Figure IV-9) intègre également un système de chauffage permettant de maintenir la solution à une température optimale, favorisant l'efficacité du processus de stérilisation.

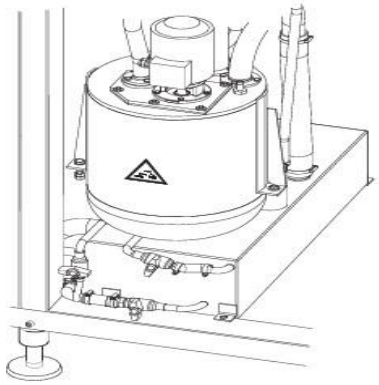


Figure IV-9 : Réservoir de peroxyde

Enfin, il est équipé d'un dispositif de distribution comprenant des pompes et des conduites, qui permettent l'acheminement contrôlé du peroxyde d'hydrogène vers les unités de stérilisation de la machine, le peroxyde d'hydrogène est contenu dans un bidon spécialement conçu, avant que le réservoir de la machine aspire le liquide à l'aide d'un tube d'aspiration intégré.

IV.1.5.4. Conteneurs de produits chimiques (NEP) (cause de l'accident)

Dans les systèmes de Nettoyage en Place (NEP), les produits chimiques tels que les solutions acides alcalines et soude caustique sont stockés dans des réservoirs dédiés (voir Figure IV-10). Le transfert de ces solutions vers le circuit de nettoyage s'effectue par des pompes qui acheminent les produits chimiques à travers des conduites jusqu'aux équipements à nettoyer. Ce processus automatisé permet un nettoyage efficace sans nécessiter de démontage des installations.

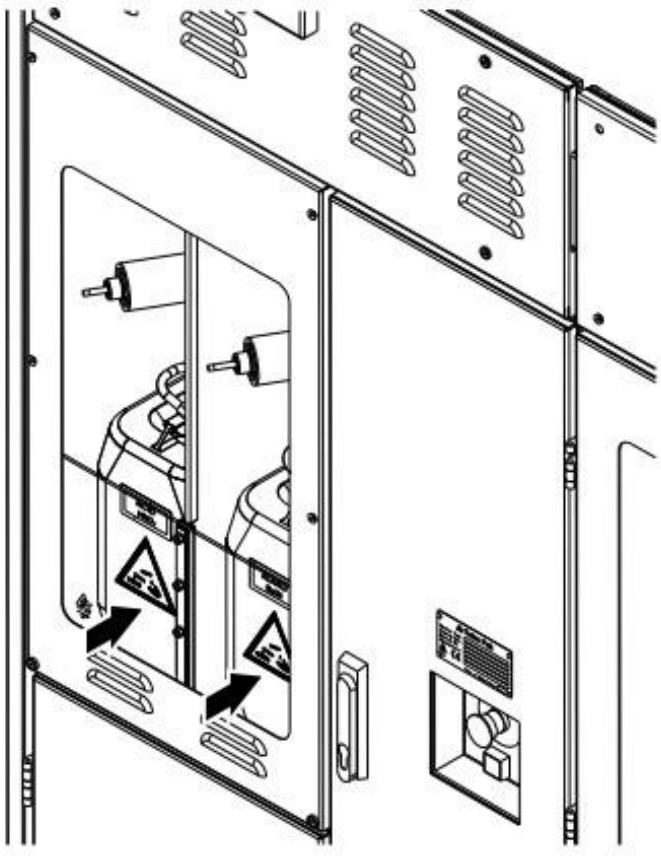


Figure IV-10 : Conteneurs de produits chimiques (NEP)de remplissage

IV.1.6. Forme d'emballage à chaque étape

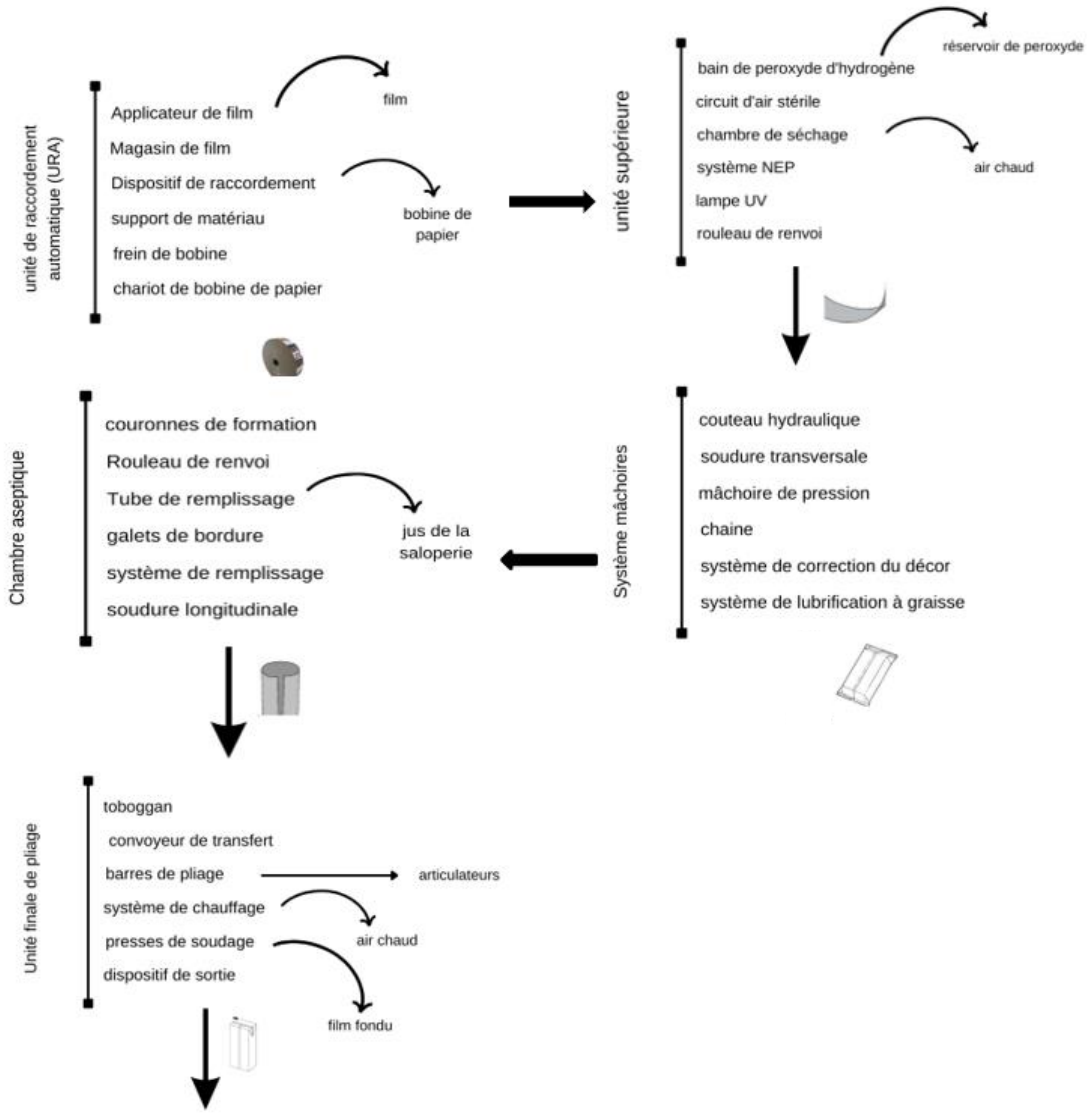


Figure IV-11 : Forme d'emballage à chaque étape

IV.2. Mesures de Sécurité de la Machine Tetra Pak A3/Speed

IV.2.1. Risques potentielle

Tableau IV-3 : Tableau récapitulatif des risques existants dans la machine Tetra Pak A3/Speed

Risque	Description
Contact avec des produits chimiques	Exposition lors du remplissage, de la maintenance ou du nettoyage (peroxyde d'hydrogène, soude caustique, acide nitrique). Projections possibles sur peau/yeux en cas de fuite ou de défaillance des systèmes de confinement .
Risque sonore	Fatigue auditive et dommages à long terme dus au fonctionnement continu des moteurs, réducteurs, convoyeurs et ventilateurs ; exposition aux vibrations et bruits mécaniques élevés .
Risque d'entraînement	Aspiration ou entraînement par éléments mobiles (convoyeurs, rouleaux, toboggan) lors d'interventions sans verrouillage adéquat .
Risque de brûlure	Contact accidentel avec surfaces chaudes (systèmes de chauffage à

	air chaud, lames chauffées, lampes UV) ; lésions cutanées et oculaires possibles .
Risque électrique	Chocs ou électrocutions lors d'interventions sur le tableau de commande, moteurs ou câblages sous haute tension sans déconnexion ni protections adéquates .
Risque mécanique	Coincement, écrasement ou coupure par convoyeurs, rouleaux d'entraînement, mâchoires et dispositifs de pliage à haute vitesse, notamment en maintenance ou réglages .
Risque d'incendie	Déclenchement possible par surchauffe des systèmes de chauffage à air chaud ou fuite de produits oxydants (peroxyde d'hydrogène) et présence de circuits électriques sous tension .
Risque de troubles musculo-squelettiques (TMS)	Gestes répétitifs et manutentions manuelles (chargement de bobines, bidons, cartons) provoquant douleurs, fatigues et lésions au dos, épaules et membres supérieurs .

IV.2.2. Messages de sécurité

Un message de sécurité est toujours accompagné d'un symbole d'alarme de sécurité et d'une mention écrite. Le symbole d'alerte de sécurité sert à avertir de risques potentiels de Blessures corporelles. Afin d'éviter les risques.

Les symboles d'alarme de sécurité et les mentions écrites suivants (voir Figure IV-12) sont utilisés dans ce manuel pour informer l'utilisateur des dangers.

⚠ **DANGER**	La mention Danger indique une situation dangereuse imminente qui, si elle n'est pas évitée, entraîne des blessures graves, voire la mort.
⚠ **AVERTISSEMENT**	La mention Avertissement indique une situation potentiellement dangereuse qui, si elle n'est pas évitée, **peut** entraîner des **blessures graves voire la mort**.
⚠ **ATTENTION**	La mention Attention indique une situation potentiellement dangereuse qui, si elle n'est pas évitée, **pourrait** entraîner des **blessures légères ou modérées**. Elle peut aussi servir d'avertissement contre des pratiques à risque.
ATTENTION	La mention Attention non accompagnée du symbole d'alarme de sécurité indique une situation potentiellement dangereuse qui, si elle n'est pas évitée, **pourrait** entraîner un **endommagement de la machine**.

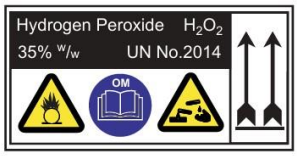
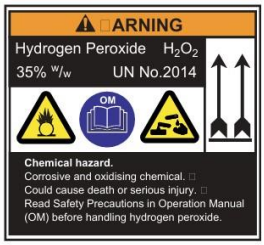
Figure IV-12 : Tableau résumant les messages de sécurité de la machine

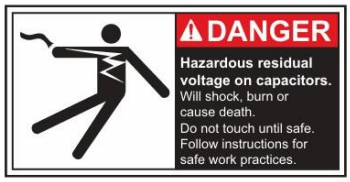
IV.2.3. Panneaux de sécurité

Des panneaux de sécurité sont utilisés pour indiquer les risques relatifs à la sécurité.

Les panneaux de sécurité sont apposés sur la machine. Ce Tableau IV-4 indique tous les panneaux utilisés et les figures indiquent leur emplacement sur cette machine.

Tableau IV-4 : Panneaux de sécurité de la machine et leur emplacements

Symbole ISO Panneau	Emplacement
  **Surface chaude.** Ne pas toucher. Suivre la procédure de verrouillage avant d'entreprendre la maintenance.	- Les couvercles des portes de la chambre aseptique - Fenêtre de chambre de séchage - Séparateur d'eau (chambre de séchage) - Unité de pression - Moteur de régulateur de volume (système mâchoire) - Plaque d'unité d'entraînement - Boîte de vitesse (système mâchoire) - Boîte de vitesse (UFP) - Dispositif de sortie (UFP) - Conduit de nettoyage - Réchauffeur de couteau d'air - Réservoir de dilution - Conduit de produit (jus)
  **Risque de brûlures par produits chimiques.** Porter un équipement de protection individuelle.	- Conduit de peroxyde (bain de peroxyde) - Capot inférieur de bain de peroxyde - Réservoir de peroxyde - Conteneur de l'acide alcalin - Conteneur de la soude caustique - Conduit de nettoyage - Porte d'inspection de solution de nettoyage
  **Produits chimiques dangereux.** Produit chimique corrosif et oxydant. Peut entraîner des blessures graves voire la mort. Lire les Mesures de sécurité du Manuel Opérateur (OM) avant de manipuler du peroxyde d'hydrogène.	- Réservoir de peroxyde
  **Risque de lésions oculaires.** Porter des lunettes de protection.	- Porte de réservoir de peroxyde - Porte d'inspection de solution de nettoyage - Conduit de nettoyage

  **Tension dangereuse.** Provoque un choc, des brûlures, voire la mort. Suivre la procédure de verrouillage avant d'entreprendre la maintenar	- Boîtier de jonction de l'échangeur de chaleur - Groupe d'alimentation de la lampe U.V - Équipements électriques - Unité de chauffage (UFP) - Unité de service - Système d'asservissement (circuit électrique) - Alimentation électrique (CE) - Couvercle de lampe U.V - Couvercle de circuit électrique
  **Tension résiduelle dangereuses sur les condensateurs.** Peut provoquer un choc, des brûlures, voire entraîner la mort. Ne pas toucher avant sécurisation. Suivre les instructions afin de garantir un travail en toute sécurité.	- Groupe d'alimentation de la lampe U.V - Unité de service - Couvercle de lampe U.V - Couvercle de circuit électrique
  **Les pièces mobiles peuvent écraser et couper.** Ne pas faire fonctionner la machine si les protections sont déposées. Suivre la procédure de verrouillage avant d'entreprendre la maintenar	- Dispositif de sortie (UFP) - Dispositif de raccordement (URA) - Magasin de film, partie inférieure - Porte de bobine (URA)
  **Des pièces en mouvement peuvent écraser et couper.** Ne pas faire fonctionner la machine si les protections sont déposées. Suivre la procédure de verrouillage avant d'entreprendre la maintenance	- Support de matérielle (URA) - Système d'avance latéral (URA) - Escalier menant à la partie supérieure
  **Ne pas mettre les mains à l'intérieur.** Les pièces en mouvement peuvent entraîner des blessures Respecter les instructions pour une utilisation sécurisée.	- Convoyeur principale (UFP) - Dispositif de raccordement (URA) - Panneau de couverture (URA) - Porte de bobine (URA)
  **Ne pas entrer à l'intérieur.** Suivre la procédure de verrouillage avant d'entreprendre la maintenance.	- Porte de bobine (URA) - Porte d'applicateur de film (URA) - Porte principale (UFP) - Porte principale (partie supérieure)

IV.2.4. L'arrêt d'urgence

L'arrêt d'urgence est un dispositif de sécurité indispensable qui permet de stopper immédiatement toutes les opérations de la machine en cas d'incident, l'alimentation des moteurs et des systèmes critiques est coupée instantanément, assurant ainsi la protection du personnel et de l'équipement.

Il y a 8 boutons, l'emplacement de chaque bouton d'ARRÊT D'URGENCE est repéré par une flèche sur la Figure IV-13.

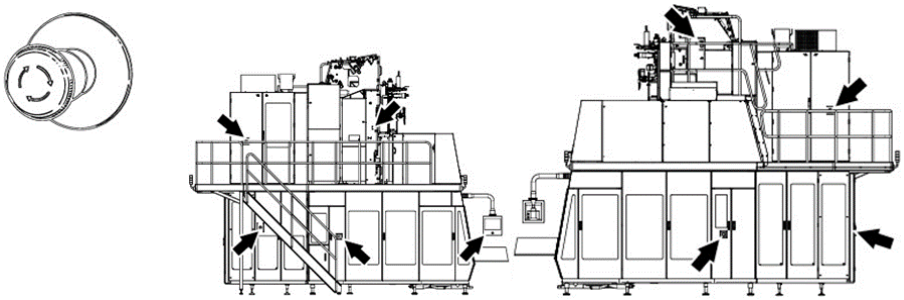


Figure IV-13 : Emplacement de L'arrêt d'urgence

IV.2.5. Dispositifs de verrouillage

Les dispositifs de verrouillage assurent la sécurité en empêchant tout accès non autorisé aux zones sensibles et en bloquant les fonctions critiques de la machine pendant les opérations de maintenance ou en cas d'urgence. Ces systèmes, qu'ils soient mécaniques ou électroniques, garantissent que la machine ne puisse pas être mise en marche tant que les conditions de sécurité ne sont pas remplies, évitant ainsi toute intervention risquée. En verrouillant les panneaux d'accès, les portes et les commandes.

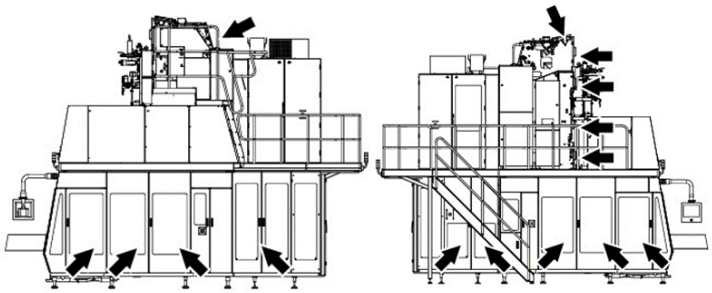


Figure IV-14 : Dispositif de verrouillage

L'emplacement de chaque dispositif de verrouillage est indiqué par une flèche (voir Figure IV-14).

IV.2.6. Colonne de signalisation

Une colonne de signalisation est une colonne de lampes d'avertissement :

• Une lampe rouge (1) indique une condition de danger. Il s'agit d'un état qui requiert une action immédiate.

• Une lampe jaune (2) indique une condition anormale ou une condition critique imminente. Il s'agit d'un état qui requiert une action de l'opérateur.

• Une lampe bleue (3) indique qu'une action de l'opérateur est requise.

• Une lampe verte (4) indique une condition normale.

L'alarme sonore (5) émet un signal d'avertissement chaque fois que la machine est sur le point de démarrer. Le signal d'avertissement dure trois secondes environ avant la mise en marche pour prévenir le personnel (voir Figure IV-15).

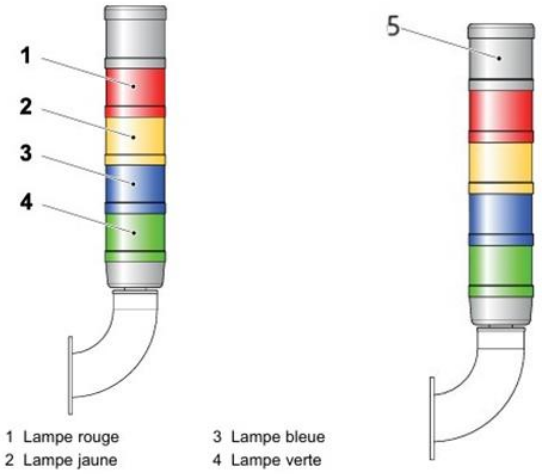


Figure IV-15 : Colonne de signalisation

IV.2.7. Tapis de sécurité

Le tapis de sécurité est un dispositif de sécurité qui désactive le système pneumatique des portes automatique de l'URA et le signal vers le LGV (véhicule à guidage laser) lors qu'il est activé.

Le dispositif de sécurité est activé lorsqu'une pression est appliquée sur la surface du tapis de sécurité, par exemple quand une personne se tient debout dessus.

L'emplacement du tapis de sécurité est indiqué par les flèches figurant sur la Figure IV-16 :

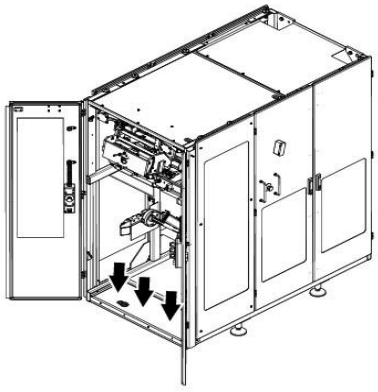


Figure IV-16 : Tapis de sécurité

IV.3. Mise en œuvre de l'AMDEC

IV.3.1. Initialisation

Le projet concerne un équipement déjà en exploitation, et nous allons appliquer l'AMDEC moyen de production et et Sécurité dans la suite de ce travail. Pour réaliser une étude AMDEC, il faut suivre quatre étapes : démarrer l'étude, décomposer fonctionnellement le moyen de production, mener l'analyse AMDEC, et enfin faire la synthèse.

IV.3.2. Objectifs à atteindre

- Réduire le nombre des défaillances.
- Réduire le temps d'indisponibilité
- Améliorer la fiabilité et la performance globale de la machine.
- Améliorer la sécurité du procédé, produit et des personne.

IV.3.3. Constitution du groupe de travail

L'équipe de travail est constituée des membres suivants :

- M. BOUGHRAB Ouamar (direction de maintenance)
- M SAYAD Khaled (Responsable HSE)
- M. LAIDOUDI Rayane (Etudiant de l'Université Yahia Farès de Médéa)
- M. BENREBAI Abdasslem (Etudiant de l'Université Yahia Farès de Médéa)

IV.3.4. Préparation des outils d'analyse AMDEC

Avant de démarrer l'analyse, nous avons constitué l'ensemble des documents requis pour réaliser une étude AMDEC. Ce dossier comprend notamment les grilles d'évaluation et la méthode de cotation de la criticité, ainsi que les tableaux de saisie et les feuilles de synthèse. Ces documents permettent de consigner l'état des connaissances sur les dysfonctionnements potentiels du système à un moment donné [9].

IV.3.5. Tableau général AMDEC

Voici le tableau général AMDEC (Tableau IV-5) que nous utiliserons dans notre étude.

- **Élément** : Indique la composante ou partie du système étudié sur laquelle porte l'analyse.
- **Fonction** : Précise la fonction attendue de l'élément, c'est-à-dire ce qu'il doit accomplir dans le système.
- **Mode de Défaillance** : Décrit la manière dont l'élément ou la fonction peut faillir ou se détériorer.
- **Cause** : Identifie les raisons ou facteurs qui entraînent le mode de défaillance.
- **Effet** : Évalue les conséquences de la défaillance sur le fonctionnement global du système.

- **Détection** : Recense les moyens existants pour identifier la défaillance avant qu'elle n'impacte le système.
- **Évaluation de Criticité** : Mesure la gravité du risque en combinant l'impact de la défaillance, sa fréquence d'occurrence et la capacité de détection.
- **Action à entreprendre** : Propose les mesures correctives ou préventives à mettre en place pour réduire ou éliminer le risque identifié.

Tableau IV-5 : Tableau général AMDEC de la machine Tetra Pak A3/Speed

<table>
<tr><td rowspan="2">Date d'analyse</td><td colspan="5">AMDEC MACHINE – Analyse de défaillance de leurs effets et de leur criticité</td><td colspan="2" rowspan="2">Nom:Rayane LAIDOUDI
Abdasslem BENREBAI</td><td rowspan="2">NCA ROUIBA</td></tr>
<tr><td colspan="3">Système: Tetra Pak® A3/Speed</td><td colspan="2">Sous Ensemble:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Elément</td><td rowspan="2">Fonction</td><td rowspan="2">Modes de défaillance</td><td rowspan="2">Causes</td><td rowspan="2">Effets</td><td rowspan="2">Détection</td><td colspan="4">Criticité</td><td rowspan="2">Actions de prévention</td></tr>
<tr><td>D</td><td>F</td><td>G</td><td>C</td></tr>
</table>

IV.3.6. Evaluation de la criticité

La criticité est la combinaison des trois critères la gravité, la fréquence et la non détection de la défaillance. La détermination de ceux-ci se base sur des barèmes de cotation prédéterminés.

$C = D \times F \times G$

- C= Criticité
- D= Détection (probabilité de non détecter la cause ou la défaillance)
- F= Fréquence (probabilité d'apparition de la défaillance)
- G= Gravité (gravité des effets de la défaillance)

IV.3.6.5. Indice de fréquence ou l'occurrence (F)

L'indice de fréquence (F) quantifie la périodicité d'apparition d'une défaillance, c'est-à-dire combien de fois celle-ci se manifeste (voir Tableau IV-6). Cette donnée est extraite de l'historique des interventions sur l'équipement et est déterminée pour chaque combinaison composant, mode de défaillance et cause.

Tableau IV-6 : Indice de fréquence ou l'occurrence (F)

Valeur de Fréquence		Fréquence d'apparition de la défaillance
1	Fréquence très faible	Défaillance pratiquement inexistante sur des installations similaires, au plus un défaut sur la durée de vie de l'installation.
2	Fréquence faible	Défaillance rarement apparue sur du matériel similaire existant (Une défaillance par an).
3	Fréquence moyenne	Défaillance occasionnellement apparue sur du matériel similaire existant (Une défaillance de (3) à (6) mois).
4	Fréquence forte	Défaillance fréquemment apparue sur un composant connu ou sur du matériel similaire existant (Une défaillance par mois).

IV.3.6.6. Indice de graviter (G)

L'indice de gravité (G) mesure l'impact d'une défaillance sur la production et la satisfaction du client. Il évalue notamment la qualité du produit, la production perdue, la durée d'intervention ainsi que les coûts directs et indirects générés (voir Tableau IV-18). En pratique, l'effet de la défaillance est souvent exprimé par la durée d'arrêt qu'elle induit.

Tableau IV-7 : Indice de gravité (G)

Valeur de Gravité		Gravité de la défaillance
1	Gravité mineure	Défaillance mineure: aucune dégradation notable du matériel (TI ≤ 10 min).
2	Gravité significative	Défaillance significative nécessitant une remise en état de courte durée (10min < TI ≤ 60 min)
3	Gravité moyen	Défaillance moyen nécessitant une intervention de longue durée (60min < TI ≤ 180 min) / effet sur l'emballage ou la machine
4	Gravité majeur	Défaillance catastrophique très critique nécessitant une grande intervention (TI > 180 min). Ou une accident pouvant provoquer des problèmes de sécurité de (personnes, produit) lors du dysfonctionnement ou lors de l'intervention.

IV.3.6.7. Indice de non détection (D)

L'indice de non détection (D) représente la capacité du système à identifier une défaillance avant qu'elle n'affecte gravement le processus [5]. En d'autres termes, il évalue l'efficacité des dispositifs et méthodes de détection mis en place pour repérer les défaillances.

On se demande alors : « Quelle protection est en place pour détecter la défaillance ? » Pour cela, on surveille divers signaux précurseurs tels que le bruit, les vibrations, l'accélération, un jeu anormal, l'échauffement ou tout autre indice visuel (voir Tableau IV-8).

Tableau IV-8 : Indice de non détection (D)

Valeur de Non détection		Non détection de la défaillance
1	Bonne détection	Les mesures ou dispositions mises en place garantissent une détection complète de la cause ou du mode de défaillance
2	Détection modérée	Il existe un signe avant-coureur, mais il peut ne pas être perçu par l'opérateur. La détection reste exploitable.
3	Faible détection	La cause ou le mode de défaillance sont difficilement détectables, rendant la détection peu fiable.
4	sans détection.	Rien ne permet de détecter la défaillance avant que l'effet ne se produise, il s'agit du cas sans détection.

IV.3.6.8. L'indice de criticité (C)

Tableau IV-9 : L'indice de criticité (C)

C <10	Aucune modification maintenance corrective
10<C <18	acceptable, remise en cause de l'étude et/ ou maintenance préventive systématique et pièce de rechange associé
C>18	Non acceptable, surveillance particulière, maintenance préventive conditionnelle et pièce de rechange associe

IV.3.7. Synthèse et actions

C'est la dernière étape de l'AMDEC, dans laquelle on va distinguer les pannes les plus critiques après avoir fixé un seuil de criticité. Il s'agit des pannes ayant l'indice de criticité supérieur.

IV.3.8. Application de la méthode (AMDEC)

IV.3.8.1. Découpage fonctionnel de la remplisseuse

Nous avons déjà vu que la remplisseuse Tetra pak A3/speed peut être décomposé en cinq groupes fonctionnels comme le montre le schéma suivant de la Figure IV-17 :

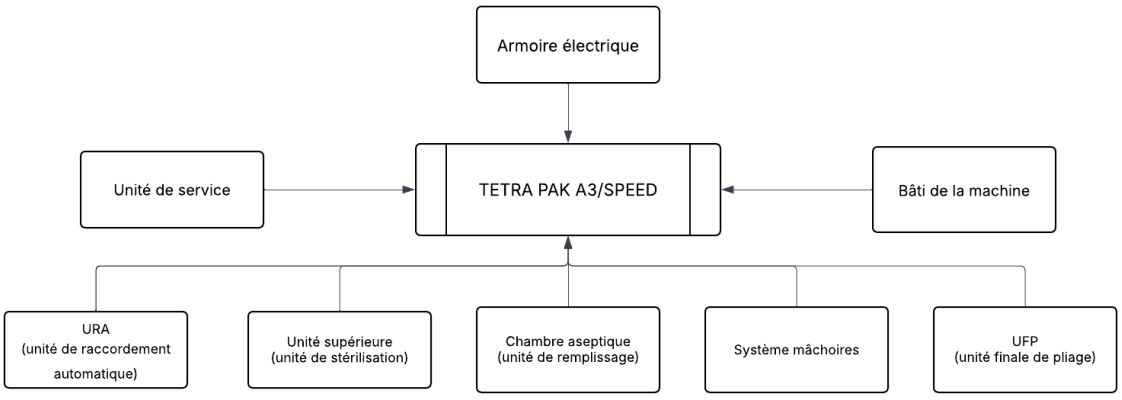


Figure IV-17 : Découpage fonctionnel de la remplisseuse

IV.3.8.2. Grilles AMDEC des sous-ensembles

Tableau IV-10 : Grille AMDEC des sous-ensembles de l'Unité de Raccordement Automatique (URA)

Date d'analyse	AMDEC MACHINE – Analyse de défaillance de leurs effets et de leur criticité					Nom: Rayane LAIDOUDI Abdasslem BENREBAI				NCA ROUIBA
	Système: Tetra Pak® A3/Speed			Sous Ensemble: Unité de Raccordement Automatique						
Elément	Fonction	Modes de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Actions de prévention
						D	F	G	C	
Support de bobine	positionner la bobine de l'emballage	Cassure/ Déformation.	Fatigue/Usure /Vibrations.	Mauvais alignement	Visuel	1	2	1	2	inspections régulières
Couteau	Couper le nouvel emballage	Découpe irrégulière	Usure/ Desserrage.	Arrêt de machine	Alarme	1	1	3	3	Nettoyage (120h) / contrôle régulier.
Rouleaux	Centrer et guider la bande, conduire l'emballage à travers la machine.	Blocage/ Fatigue.	Manque de lubrification/ Duré de vie de la couche de caoutchouc.	Ralenti le cycle	Contrôle	2	1	2	4	Contrôler les joints/ Changer caoutchouc (6 à 10mois).
Moteur	Fournir l'énergie et la puissance de rotation nécessaires	Surchauffe/ Perte de puissance/ panne électrique	Problèmes mécaniques internes / alimentation électrique instable.	Arrêt de machine	Contrôle	2	1	3	6	maintenance préventive
Réducteur	Diminuer la vitesse de rotation de façon synchronisée.	Glissement /Grippage	Manque de lubrification/ Usure.	Perte de synchronisation /Arrêt de machine.	Alarme	2	1	3	6	Contrôles réguliers de vidange/ emplacement d'huile chaque 1000h.
Rouleau de pression	Comprimer le film avec l'emballage	Blocage/ Compression insuffisante.	Roulement défectueux/ Usure de la surface.	Fuite du produit/ contamination/ Arrêt de	Contrôle	2	2	2	6	Contrôler chaque 1000 h

				machine.						
Capteur de niveau	Détecter la fin de bobine	Non détection	Mauvais connexion	Arrêt de raccordement/ Arrêt de machine.	Alarme	2	2	2	6	Contrôler les câbles
Applicateur de film	Appliquer un film spécial sur le bord du matériel d'emballage	Application incomplète	usure de la surface d'application/ réglage incorrect.	contamination du produit/ Arrêt de machine.	Visuel /Contrôle	2	2	3	12	maintenance préventive

Tableau IV-11 : Grille AMDEC des sous-ensembles du Bâti de la machine

Date d'analyse	AMDEC MACHINE – Analyse de défaillance de leurs effets et de leur criticité					Nom: Rayane LAIDOUDI Abdasslem BENREBAI				NCA ROUIBA
	Système: Tetra Pak® A3/Speed			Sous Ensemble: Bati de la machine						
Elément	Fonction	Modes de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Actions de prévention
						D	F	G	C	
Réservoir de peroxyde	Stocker et fournir le peroxyde d'hydrogène	Fuite du réservoir	Corrosion/ mauvais scellement des joints	Risque de brulure/ Risque incendie.	Alarme /Visuel	2	2	4	16	Inspections régulières/ remplacer les joints défectueux.
		Dysfonctionnement de l'appareil de mesure de la concentration	Défaillance électronique/ endommagement	Imprécision des données/Déformation d'emballage Arrêt de machine.	Contrôle	2	3	3	18	vérification périodique
Pompe de peroxyde	Transférer le peroxyde vers le bain	problème de débit/ arrêt complet	Usure des Roulements ,joints /	Arrêt de machine	Alarme	3	2	3	18	contrôle mensuel d'étanchéité/

	de peroxyde		obstruction							contrôle journalière de pression
Lignes de conduite : d'air, peroxyde et l'eau	Canalisation d'air et peroxyde et l'eau	Fuite.	corrosion / Durée de vie	Ralenti le cycle	Contrôle	2	1	2	4	Contrôler les fuites une fois par 1000h
Conteneurs de produits chimiques (soude et acide)	Stocker et fournir les solutions de (NEP)	Fuite	mauvaise manipulation / Corrosion	Risque de brulure, intoxication / Arrêt de (NEP)	Visuel / Contrôle	3	1	4	12	inspections régulières
		Dysfonctionne-ment de Flotteur	Encrassement /Mauvais position.	Non détection de niveau de l'acide et la soude / Arrêt de (NEP)	Alarme	2	2	3	12	Nettoyage pendant 1000h
		Temperature de solution (NaOH) et (HNO_3)> 85 °C	défaut du système de chauffage	Dégradation des équipements/ risques de sécurité	Alarme	2	1	3	6	maintenance préventive/ contrôle et etalonnage

		Concentration de solution (NaOH) et (HNO_3)> 4 %	Erreur de laboratoire de contrôle qualite	Corrosion des joints/ Traces des mineraux / risques de sécurité	Visuel / Contrôle	2	2	3	12	Vérifier l'appareil de mesure de concentration / contrôle et etalonnage
Pompe hydraulique	Aspirer l'huile hydraulique vers le système de mâchoires	problème de débit/ arrêt complet	Usure des Roulements/ obstruction	Arrêt de machine	Alarme	3	1	2	6	contrôle journalière de pression / contrôle la consommation et vibration et la température de l'huile
Pompe de remplissage des produit chimique (NEP)	Transférer les produits chimiques (Acid, soude) vers le circuit NEP	Panne prolongée	Usure des Roulements, Joints/ obstruction	Arrêt de NEP	Alarme	2	2	2	8	Contrôle et vérification régulière

Tableau IV-12 : Grille AMDEC des sous-ensembles de l'unité de service

Date d'analyse	AMDEC MACHINE – Analyse de défaillance de leurs effets et de leur criticité					Nom: Rayane LAIDOUDI Abdasslem BENREBAI			NCA ROUIBA
	Système: Tetra Pak® A3/Speed			Sous Ensemble: unité de service					
Elément	Fonction	Modes de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité			Actions de prévention
						D	F	G	C
Compresseur	Générer et fournir l'air comprimé nécessaire	Production d'air insuffisante/ arrêt complet.	obstruction dans le circuit d'air / des composants défectueux.	séchage insuffisant / résidu de peroxyde	Alarme	2	1	2	4	maintenance préventive / remplacer les composants défectueux.
Pompe d'eau	Fournir l'eau pour Nettoyage et refroidissement	Défaut de débit	Usure de Roulements / Joints défectueux .	surchauffe des composants / Arrêt de machine	Alarme	2	2	2	8	contrôle d'étanchéité / changement des roulements
Filtre	Éliminer les particules solides	Colmatage / rupture .	Accumulation de corps en suspension	Ralenti le cycle	Contrôle	2	1	1	2	Nettoyage chaque 125h

Tableau IV-13 : Grille AMDEC des sous-ensembles unité supérieure de stérilisation

Date d'analyse	AMDEC MACHINE – Analyse de défaillance de leurs effets et de leur criticité					Nom: Rayane LAIDOUDI Abdasslem BENREBAI				NCA ROUIBA
	Système: Tetra Pak® A3/Speed			Sous Ensemble: unité supérieure (stérilisation)						
Elément	Fonction	Modes de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Actions de prévention
						D	F	G	C	
bain de peroxyde	Stérilisation du matériau d'emballage	blocage du rouleau d'entraînement	défaut de lubrification /Usure du rouleaux	Arrêt de machine	Alarme	2	3	3	18	Nettoyage régulières/ remplacer les rouleaux
		Colmatage de Filtre	Accumulation de particules	Ralenti le cycle /contamination du produit	Contrôle	2	2	2	8	Nettoyage chaque 125h

		Température de peroxyde > 85 °C	Défaut de système chauffage	Déformation de matériau d'emballage / risques de sécurité	Alarme	2	2	3	12	Maintenance préventive/ vérification de capteurs/ Porter EPI lors de l'intervention.
		Concentration de peroxyde > 50 %	Erreur de laboratoire de contrôle qualité /default de l'appareil de mesure de la concentration	Action trop agressive sur le matériau d'emballage / corrosion des composants en contact/ risques brulure	Alarme / Visuel	3	2	4	24	Vérifier l'appareil de mesure de concentration / Contrôle visuel d'un échantillon chaque 2h
échangeur de chaleur	échanger la température à d'autres unités	défaillance du transfert thermique	Fuite/ accumulation	Stérilisation inefficace/ dégradation de la qualité du produit	Alarme	2	2	3	12	maintenance préventive/ Nettoyage régulières
Conduit d'air stérile	Transporter l'air stérile	Fuite	corrosion / durée de vie/	Ralenti le cycle / air non stérile	Contrôle	3	1	2	6	Contrôler les fuites une fois par 1000h

Compresseur d'air stérile	Générer et fournir l'air comprimé nécessaire	Faible débit d'air/ arrêt complet	Obstruction dans le circuit d'air / des composants défectueux.	séchage insuffisant / résidu de peroxyde	Alarme	2	1	2	4	maintenance préventive / remplacer les composants défectueux.
Rouleaux Essorant (chambre de séchage)	essore le matériau d'emballage	Pression insuffisante ou élevée Supérieur ou inférieur à 3 bar	Usure du revêtement/ Réglage inadéquat	Essore inefficace/ résidu de peroxyde	Contrôle	3	2	2	12	Vérifier les réglages de pression / Remplacer le revêtement
Couteau d'air	Fournir un flux d'air pour séché l'emballage	flux d'air insuffisant	système d'alimentation en air (vannes, compresseur)/Obstruction	Séchage incomplet	Contrôle	2	1	2	4	maintenance préventive
		Température d'air > 180 °C	Erreur des éléments chauffants du système d'air	Déformation de matériau d'emballage	Alarme	2	2	3	12	maintenance préventive /

Rouleau d'envoi	Guider et transporter le matériau d'emballage	Blocage	Usure / accumulation de résidus	Arrêt de machine.	Alarme	1	2	3	12	inspections et nettoyage régulier
Lampe U.V	Détruire les micro-organismes (bactéries, virus, spores).	Irradiation insuffisante / arrête complet	Encrassement des dispositifs / usure	Stérilisation incomplète / Arrêt de machine.	Alarme	3	2	3	18	maintenance préventive / Nettoyage chaque 1000h
		Interruption de groupe d'alimentation de la lampe UV	composants électroniques / usure des connexions électriques	Arrêt de lampe UV / Arrêt de machine.	Arrêt de machine.	2	1	3	6	maintenance préventive

Tableau IV-14 : Grille AMDEC des sous-ensembles de la chambre aseptique

Date d'analyse	AMDEC MACHINE – Analyse de défaillance de leurs effets et de leur criticité					Nom: Rayane LAIDOUDI Abdasslem BENREBAI				NCA ROUIBA
	Système: Tetra Pak® A3/Speed			Sous Ensemble: Chambre aseptique						
Elément	Fonction	Modes de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Actions de prévention
						D	F	G	C	
Galets de bordure	guider et stabiliser le matériau d'emballage.	Glissement / frottement excessif .	Usure / durée de vie.	Mauvais alignement/ pliage du matériau	Visuel / Contrôle	2	2	3	12	contrôles réguliers / Remplacer les galets
Couronnes de formation	Former le matériau d'emballage en forme de tube.	Décrochage/ désalignement.	Usure des rouleaux formateurs.	Rupture de matériau /Arrêt de machine.	Visuel / Contrôle	2	2	3	12	contrôles réguliers / Remplacer les rouleaux formateurs
Soudure longitudinale	Souder les bords pour former un	soudure incomplète .	Mauvais contact / Température	Emballage défectueux /contamination	Contrôle	2	3	3	18	maintenance préventive

	tube .		insuffisante.	du produit /Arrêt de machine.						
Conduit de produit	Transporter le jus de tank stérile.	Obstruction / fuite.	Accumulation de résidus / Corrosion des joints.	Arrêt de machine / contamination du jus.	Contrôle	3	1	4	12	maintenance préventive / remplacement des joints
Tube de remplissage	injecter le produit dans le tube d'emballage.	Désynchronisation / Fissure	Capteurs de volume défectueux/ contrainte mécanique	Quantité de produit non conforme /Arrêt de machine.	Contrôle / Visuel	1	1	2	2	Vérification régulière des capteurs
Rouleau d'entrainement	Assurer le déplacement du matériau d'emballage.	Blocage.	Roulement défectueux.	Arrêt de machine.	Alarme	1	2	3	6	contrôler les joints par semaine
Rouleaux de cintrage	Assurer le cintrage du matériau d'emballage	Blocage.	Roulement défectueux	Arrêt de machine.	Alarme	1	1	3	3	contrôler les joints par semaine

Moteur	Fournir la puissance nécessaire pour entraîner.	Blocage ou Panne du moteur.	Surchauffe / Défaillance système de commande.	Arrêt de machine.	Alarme	2	2	3	12	maintenance préventive / Contrôle annuel
réchauffeur d'air	Réchauffer l'air.	Température d'air élevée > 180 °C .	défaillance composants de régulation de température.	Température inconfortable dans la chambre aseptique.	Alarme	2	3	2	12	maintenance préventive / entretien réguliers

Tableau IV-15 : Grille AMDEC des sous-ensembles du Système de mâchoires

Date d'analyse	AMDEC MACHINE – Analyse de défaillance de leurs effets et de leur criticité					Nom: Rayane LAIDOUDI Abdasslem BENREBAI				NCA ROUIBA
	Système: Tetra Pak® A3/Speed			Sous Ensemble: Système de mâchoires						
Elément	Fonction	Modes de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Actions de prévention
						D	F	G	C	
Couteau hydraulique	Couper les briques.	Découpe incomplète.	Usure / panne de la	Bourrage / Arrêt de	Alarme /Visuel	2	2	3	12	maintenance préventive /inspection régulière

			pompe hydraulique.	machine.						
Soudure transversale	souder l'emballage transversalement.	Soudure incomplète.	Mauvais alignement des mâchoires de soudage / Température insuffisante.	Fuite du produit contamination du produit / Arrêt de machine.	Alarme	2	2	4	16	Contrôler régulièrement l'alignement des mâchoires
Courroies	Transmettre la puissance.	Rupture.	Tension inappropriée / Duré de vie.	Arrêt de machine.	Contrôle / Visuel	2	2	1	4	Contrôler chaque 2 mois
poulies	Transmettre le couple moteur.	Frottement /Défaillance du guidage.	Cassure /Usure / Durée de vie.	Arrêt de machine.	Contrôle / Visuel	2	2	1	4	Contrôler chaque 2 mois
Servomoteur	Contrôle le mouvement.	Réactivité insuffisante/ arrêt	usure mécanique / surchauffe /	Arrêt de machine.	Alarme	3	2	3	18	maintenance préventive/ remplacer les composants défectueux

		complet.	Problèmes électriques.							
Câbles de connexion	Transporter l'eau, huile hydraulique .	Fuites .	Corrosion / durée de vie.	Ralenti le cycle.	Contrôle	3	2	2	12	Contrôler chaque 1000 h / Changement des connecteurs
Tiges	Transférer le mouvement Cisaillage.	Cassure / Usure.	Durée de vie.	Mauvais guidage / Arrêt de machine.	Visuel	2	1	2	4	Contrôler chaque 1000 h.
Chaîne	Transmettre la force entre les différents éléments d'entrainement.	Usure / Rupture.	Manque de lubrification / vibrations anormales.	Endommagement / Bourrage / Arrêt de machine.	Alarme	2	2	2	8	maintenance préventive / Remplacer les maillons
Cellules photo-électriques	Détecter le remplissage des briques.	Lecture incorrecte / non détection.	Mauvais positionnement / contaminati	Arrêt de machine.	Alarme	3	3	2	18	Contrôler position. Contrôler les câbles / Nettoyage chaque 1000h

			on de la lentille.							
Système de lubrification	Fournir une lubrification nécessaire	Lubrification insuffisante /défaillance du système.	Fuites des conduites / default de la pompe.	Endommagement / Ralenti le cycle.	Contrôle	2	2	3	12	maintenance préventive

Tableau IV-16 : Grille AMDEC des sous-ensembles de l'unité finale de pliage (UFP)

Date d'analyse	AMDEC MACHINE – Analyse de défaillance de leurs effets et de leur criticité					Nom: Rayane LAIDOUDI Abdasslem BENREBAI				NCA ROUIBA
	Système: Tetra Pak® A3/Speed			Sous Ensemble: unité finale de pliage						
Elément	Fonction	Modes de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Actions de prévention
						D	F	G	C	
Convoyeur d'entrée	Transporter les briques de système mâchoire vers UFP	Dysfonctionnement du convoyeur.	Accumulation / usure des composants.	Bourrage / Arrêt de machine.	Visuel	1	3	3	9	Contrôler chaque (1000h)

Chaîne à taquets	assurer l'entrainement	Rupture / déformation des taquets	Usure/ Durée de vie/ Mauvaise lubrification	défauts de pliage / Arrêt de machine	Contrôle	2	2	3	12	Contrôler chaque (1000h) /Nettoyage
Châssis pivotant	Supporter le mouvement de pivotement des mâchoires	Blocage/ grippage .	Usure des axes / Défaut de lubrification	Ralenti le cycle / fermeture incomplète / fuites d'emballage	Contrôle	2	2	4	16	maintenance préventive.
Presseur	Assurer le maintien et la pression adéquate.	Pression insuffisante ou excessive	Usure des composants / panne de servomoteur	déformation d'emballage /Arrêt de machine	Contrôle	1	3	3	9	maintenance préventive
Chambre de chauffage	chauffer l'air assurant une fermeture hermétique.	Température de chauffage insuffisante ou excessive	Défaillance des éléments chauffants	déformation du matériau / altération de la qualité du produit	Visuel	3	2	4	24	maintenance préventive /nettoyer périodiquement
Servomoteur	Contrôle le mouvement.	Réactivité insuffisante/ arrêt complet.	usure mécanique / surchauffe /	Arrêt de machine.	Alarme	2	2	3	18	maintenance préventive/ remplacer les

			Problèmes électriques.							composants défectueux
Capteur de proximité	Synchroniser entre SM et UFP	Non détection	Mauvais connexion / Problèmes électriques	Mauvais Synchronisation / Arrêt de machine.	Alarme	3	3	2	18	Contrôler la position et les câbles/ Nettoyage périodique
Boîte de vitesses	adapter la puissance du moteur aux mécanismes de pliage	Blocage ou fonctionnement irrégulier	Usure des engrenages /Fuites d'huile / fatigue.	Perte de processus / Arrêt de machine.	Contrôle	3	2	3	18	maintenance préventive
Courroies	Transmettre la puissance.	Rupture.	Tension inappropriée / Duré de vie.	Arrêt de machine.	Contrôle / Visuel	2	2	2	8	Contrôler chaque 2 mois
poulies	Transmettre le couple moteur.	Frottement /Défaillance du guidage.	Cassure /Usure / Durée de vie.	Arrêt de machine.	Contrôle / Visuel	2	2	2	8	Contrôler chaque 2 mois
Roues	Fixer les briques pour compresser	Fatigue.	Chocs mécaniques / Usure.	Arrêt de machine	Visuel	2	1	2	4	Contrôler chaque 3 mois

	sur les cônes									
Dispositif de sortie	Transférer les briques pliés et scellés vers les étapes suivants	Blocage.	Usure ou encrassement des composants	Bourrage / Arrêt de machine.	Visuel	1	4	3	12	Contrôler chaque (1000h)

Tableau IV-17 : Grilles AMDEC des sous-ensembles (armoire électrique)

Date d'analyse	AMDEC MACHINE – Analyse de défaillance de leurs effets et de leur criticité					Nom: Rayane LAIDOUDI Abdasslem BENREBAI				NCA ROUIBA
	Système: Tetra Pak® A3/Speed			Sous Ensemble: armoire électrique						
Elément	Fonction	Modes de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité				Actions de prévention
						D	F	G	C	
PLC (Automate Programmable)	Contrôler et coordonner l'ensemble des opérations de la machine.	Panne ou dysfonctionnement logiciel/ Matériel.	Bug logiciel / carte électronique défectueuse / Problèmes d'alimentation	Erreurs dans l'exécution des commandes / Arrêt de machine.	Contrôle	3	2	3	18	vérification du logiciel / Surveillance de l'alimentation/ maintenance préventive

E/S « Distribuée	Acquérir et transmettre les signaux d'entrée et de sortie	Perte de communication / lecture erronée des signaux.	Problèmes de câblage / installation incorrecte.	Mauvaise interprétation des données /Arrêt de machine	Visuel / Contrôle	2	2	4	16	tests de communication réguliers.
Système d'Asservissement	assurer précision et synchronisation.	Réponses retardées	Défaillance des capteurs / erreurs de calibrage.	Désynchronisation des processus.	Alarme / Visuel	2	2	4	16	vérifier régulièrement les capteurs
Système de Sécurité (dispositifs d'arrêt, capteurs, etc.)	réagissant aux anomalies ou situations d'urgence.	Non-déclenchement Des dispositifs de sécurité	Défaut d'installation/ usure des composants / problèmes électriques.	Risque d'accident / dommage potentiel à la machine/ Arrêt de machine	Contrôle	2	1	4	8	Former le personnel / Vérifier et tester régulièrement
Alimentation Électrique	Fournir une alimentation stable et sécurisée à l'ensemble de la machine.	Chute de tension / surtension / arrêt complet.	défaut de câblage / défaillance (disjoncteurs, transformateurs).	Risque d'endommagement /Arrêt de machine.	Alarme / Contrôle	2	1	3	6	Maintenance du câblage chaque (1000h)/ Installation d'onduleurs

HMI et PLMS (interface)	Fournir une interface opérateur pour le contrôle.	Affichage erroné / non-réactivité.	Chute de logicielle / problèmes de communication / erreur par l'opérateur	Difficultés d'opération / Ralenti le cycle	Visuel	2	3	3	12	vérifier la connexion réseau / maintenance préventive
Dispositifs de commande et détecteurs	surveiller en continu l'état de processus	Non détection	Capteurs défaillants / défaut de câblage	Risque d'accidents / de qualité altérée / Arrêt de machine.	Alarme	3	2	4	24	Maintenance du câblage chaque (1000h)/ remplacer les capteurs défectueux.
Contrôleur TMCC2	traitement des données des différents sous-systèmes électriques.	Dysfonctionnement du contrôleur / perte de communication	Panne électronique/ problèmes d'interconnexion.	Perte de contrôle global / Arrêt de machine.	Visuel / Contrôle	2	2	4	16	maintenance préventive
Circuit de refroidissement	Refroidir les composants critiques de l'armoire électrique	arrêt du circuit / Baisse de performance	obstructions / composants défectueux	Surchauffe des composants électroniques / Risque d'endommagement	Alarme	2	3	3	18	maintenance préventive / Vérifier régulièrement les canalisations.

IV.4. Synthèse des résultats AMDEC

IV.4.1. Effectif des éléments selon la Criticité

Voilà notre classement des défaillances potentielles de la machine Tetra Pak A3/Speed selon leurs criticités (Tableau IV-18) :

Tableau IV-18 : Effectif des éléments selon la Criticité

éléments	C <10	10<C <18	C≥18	Totale
Effectif	33	26	15	74
Pourcentage (%)	44%	36%	20%	100%

IV.4.2. Résultat :

Priorisation des défaillances : Certains éléments (15) présentent 20% du total des défaillances mais en réalité ils représentent 40% des risques majeurs de la sécurité , de l'arrêt de la machine, de la contamination du produit… comme le réservoir de peroxyde, certains systèmes de chauffage, bain de peroxyde ou les dispositifs de sécurité, ce qui souligne l'importance d'une surveillance particulière et une maintenance préventive conditionnelle (voir Figure IV-18).

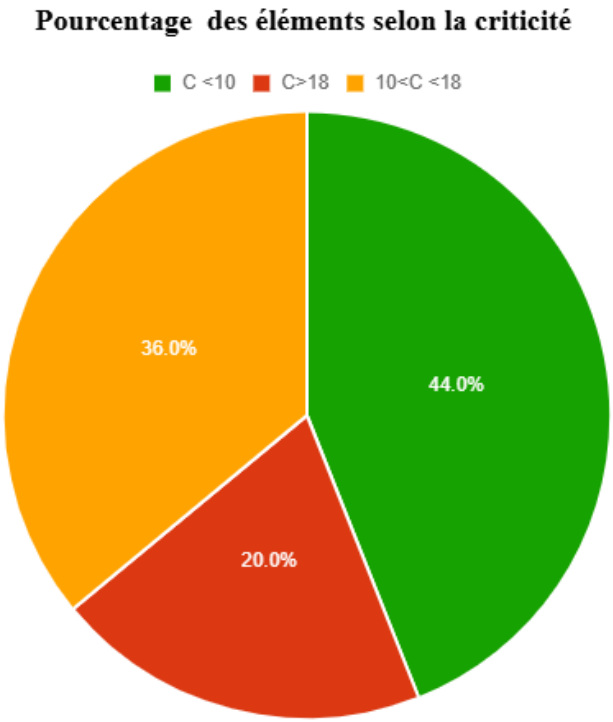


Figure IV-18 : Pourcentage des éléments selon la criticité (AMDEC)

Les défaillances classées comme critiques (C >18), les plus impactantes sont (voir Tableau IV-19) :

Tableau IV-19 : Les défaillances les plus importantes dont la criticité C est supérieur à 18

Élément	Mode de défaillance	Causes	Effets	Criticité (C)
Chambre de chauffage	Température excessive (> 180°C)	Défaillance des éléments chauffants	Déformation du matériau, altération du produit	24
bain de peroxyde	Concentration de peroxyde > 50 %	Erreur de mesure ou contrôle qualité, default de l'appareil	Corrosion des composants, risques de brûlures	24
Dispositifs de commande et détecteurs	Non détection d'anomalies	Capteurs défaillants, câblage défectueux	Risque d'accidents, contamination de produit, Arrêt de machine	24

Causes des défaillances les plus fréquentes : Les défaillances identifiées dans l'étude AMDEC révèlent des causes récurrentes, classées par ordre de fréquence et d'impact (consulter Tableau IV-20) :

Tableau IV-20 : Causes des défaillances récurrentes

Cause	Exemples concrets	Fréquence	Éléments concernés
Usure mécanique	Rouleaux (caoutchouc), couteaux, courroies, chaînes.	35 %	Rouleaux d'envoi, galets de bordure, presseur.
Défaillances électriques	Capteurs défectueux, câblage corrodé, automates (PLC) en panne.	28 %	Capteurs de niveau, système de sécurité, HMI.
Erreurs de maintenance	Lubrification insuffisante, contrôles irréguliers, remplacement tardif des pièces.	20 %	Pompe hydraulique, réducteur, compresseur.
Problèmes chimiques	Fuites de peroxyde, concentration excessive de NaOH/HNO_3, corrosion des joints.	12 %	Réservoir de peroxyde, conteneurs de soude.
Erreurs humaines	Réglages incorrects (ex : pression des rouleaux), mauvaise manipulation des produits.	5 %	Applicateur de film, soudure transversale.

Priorisation de la sécurité du personnel : Certaines défaillances menacent directement les opérateurs et nécessitent une action urgente (voir Tableau IV-21):

Tableau IV-21 : Les défaillances liées à la sécurité du personnel

Élément	Mode de défaillance	Risque immédiat	Cause racine	Action corrective prioritaire

Réservoir de peroxyde	Fuite du réservoir	Brûlures chimiques, incendie.	Corrosion des joints, défaut d'étanchéité.	Inspections hebdomadaires +remplacement des joints.
Conteneurs de soude/acide	Fuite de NaOH/HNO_3	Intoxication, brûlures cutanées.	Mauvaise manipulation, corrosion.	Stockage sécurisé + formation aux EPI.
Lampe UV	Capot ouvert en fonctionnement	Brulure oculaire ou cutané	Inter verrouillage défectueux Mauvaise fermeture Capot mal ajusté	Maintenance régulière des inter verrouillage + Formation du personnel
Système de sécurité	Non-déclenchement des dispositifs	Accidents graves (écrasement, explosion).	Défaut de câblage, usure des composants.	Tests mensuels + redondance des circuits.
Chambre de chauffage	Température > 180 °C	Brûlures, déformation du matériau.	Panne des éléments chauffants.	Capteurs de température redondants.

- **26 % des défaillances à criticité C ≥ 18** ont un **impact direct sur la sécurité**.
- **40 % des arrêts machine** sont liés à des risques sécuritaires évités *in extremis*.

Il existe d'autres défaillances qui n'affectent pas directement la sécurité des personnes, mais qui peuvent affecter celle-ci s'ils rencontrent une erreur humaine lors de la manipulation ou lors de l'intervention. Le meilleur exemple est l'accident que nous avons vu dans la problématique, qui a été causé par une panne de la pompe, mais sans l'intervention erronée et interdite du travailleur, l'accident ne se serait pas produit.

Importance de la maintenance préventive : La fréquence des défaillances est généralement modérée, mais leur impact sur la qualité du produit et la sécurité des opérations peut être sévère. Il apparaît indispensable d'établir des programmes d'entretien rigoureux et des contrôles périodiques afin de réduire les risques et d'optimiser le fonctionnement global de la machine. L'importance de :

- Examens visuels.
- Détection de signes d'usure ou de fatigue.
- Réglages et calibrations.
- Remplacement des pièces usées ou défectueuses.
- Nettoyage régulière.
- Vérifier et de renouveler régulièrement le lubrifiant.
- Renforcement des dispositifs de détection et des systèmes de sécurité.
- Suivi et mise à jour des procédures.

Efficacité des dispositifs de détection : La détection des défaillances joue un rôle clé dans la réduction de la criticité. Dans ce contexte, l'utilisation d'indicateurs visuels, de capteurs et d'alarmes permet d'intervenir rapidement en cas d'anomalie, limitant ainsi les impacts négatifs sur la production.

IV.4.3. Recommandations

IV.4.3.1. Mettre en place un plan de maintenance préventive global :

- Élaborer un calendrier unifié incluant toutes les interventions (lubrification, vérifications visuelles, contrôles d'étanchéité, nettoyage) en fonction des heures de fonctionnement (par exemple : 100 h, 500 h, 1 000 h).
- Prioriser les éléments critiques identifiés, mais veiller à ce que chaque sous-ensemble soit couvert par des tâches périodiques clairement définies.

IV.4.3.2. Surveiller systématiquement les indicateurs clés :

- Enregistrer les arrêts machine (fréquence, durée, cause) pour détecter rapidement les tendances et ajuster les fréquences de maintenance.
- Suivre les alarmes critiques (température, pression, concentration, détection de produit) afin d'agir avant que les défauts ne se généralisent.

IV.4.3.3. Standardiser inspections et nettoyages :

- Définir des procédures uniformes de nettoyage (NEP, filtres, surfaces d'application, chambres UV) et d'inspection (roulements, courroies, capteurs, joints) en spécifiant périodicité et modes de contrôle (visuel, alarme, mesure).
- Utiliser des listes de vérification (checklists) communes à tous les techniciens pour s'assurer que rien n'est oublié lors de chaque intervention.

IV.4.3.4. Former et impliquer l'équipe :

- Organiser des sessions régulières de formation pour les opérateurs et les techniciens sur la reconnaissance des signes d'usure, l'interprétation des alarmes et les procédures d'urgence (arrêts, NEP).
- Déléguer la réalisation des contrôles de premier niveau (usure visuelle, niveau d'huile, état des capteurs) aux opérateurs afin de maximiser la réactivité et le retour d'information sur le terrain.

IV.4.3.5. Gérer un stock minimal de pièces critiques et d'outils :

- Identifier les composants les plus sensibles (roulements, joints, courroies, capteurs, lampes UV, filtres) et maintenir un stock suffisant pour réduire les temps d'arrêt en cas de remplacement.

- Prévoir également les outils de mesure et de nettoyage indispensables (appareil de contrôle de concentration, manomètre, kits de lubrification, matériel de NEP).

IV.4.3.6. Renforcer le suivi documentaire et la traçabilité :

- Enregistrer chaque intervention dans un registre central (date, responsable, description des actions, pièces remplacées, observations) pour constituer un historique fiable ; cela facilite l'analyse des défaillances récurrentes.
- Mettre à jour périodiquement les fiches techniques et les procédures (mode opératoire, sécurité) en intégrant les retours d'expérience issus du suivi AMDEC.

IV.4.3.7. Assurer une gestion proactive des alarmes et des seuils critiques :

- Configurer des seuils d'alerte (température, pression, concentration, vibrations) en se basant sur les valeurs limites identifiées lors de l'AMDEC, et associer chaque alarme à une procédure de réaction claire (arrêt machine, NEP, inspection immédiate).
- Vérifier régulièrement le bon fonctionnement des systèmes d'alarme (audio, visuel) et des capteurs, afin d'éviter les événements non détectés.

IV.4.3.8. Optimiser la coordination entre HSE et maintenance :

- Intégrer les recommandations HSE (port d'EPI lors du nettoyage NEP, gestion des produits chimiques) directement dans le planning de maintenance.
- Veiller à la conformité réglementaire (ISO 45001, ISO 22000) lors de chaque intervention, afin de réduire les risques pour la santé des opérateurs et garantir la qualité du produit

IV.5. Conclusion

L'analyse AMDEC appliquée à la Tetra Pak A3/Speed a permis d'identifier les principaux modes de défaillance et leurs impacts potentiels. Cette étude a mis en évidence l'importance d'une maintenance préventive, d'un bon suivi technique et de la formation du personnel pour garantir la sécurité, la qualité du produit, la fiabilité et la performance continue de la machine.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

L'articulation de l'APR et de l'AMDEC confère à la fonction SST une approche à la fois large et fine, assurant une prévention exhaustive et durable :

L'APR, en phase initiale, a permis de cartographier l'ensemble des dangers de l'atelier (mécaniques, thermiques, chimiques, ergonomiques, organisationnels), ce qui a permis de prioriser globalement les actions de maîtrise.

L'AMDEC a pris le relais sur les équipements critiques (ici la Tetra Pak A3/Speed), en décortiquant chaque mode de défaillance, ses effets et sa criticité.

Ensemble, ces deux méthodes ont garanti une couverture SST complète : l'APR a orienté le plan de la prévention général et l'AMDEC a enrichit ce plan par des mesures ciblées et techniquement optimisées.

En identifiant les modes de défaillance avant leur survenance, l'AMDEC a amélioré la fiabilité de la machine : les interventions préventives sont planifiées sur la base d'un diagnostic précis.

La disponibilité opérationnelle de la Tetra Pak A3/Speed fut accrue grâce à la réduction des arrêts inopinés : chaque composant critique a fait l'objet d'une maintenance proactive, minimisant les temps d'immobilisation.

Enfin, la sécurité des personnes fut renforcée par la suppression ou l'atténuation des défaillances dangereuses (coincement, écrasement, projections, court-circuits) dont découle directement des actions correctives prioritaires définies par la grille G-F-D.

En combinant APR et AMDEC, le SMS-SST de la NCA Rouiba a atteint une synergie optimale : l'APR fixa le cadre global de la prévention et l'AMDEC en assura la profondeur technique, garantissant ainsi à la fois la sécurité des opérateurs et la performance industrielle.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] K. AMARI et O. CHENDER , La médecine du travail : Prise en charge des accidents de travail et maladies professionnelles, Tizi-Ouzou : Université Mouloud Mammeri , Juin 2020.

[2] A. Tadjine, «Évaluation Des Réformes Structurelles Et Sécurité Sociales En Algérie,» *سلوك*, vol. 3, n° %12, pp. 2-19, 2016.

[3] ISO, «système de management de la santé et de la sécurité au travail - exigences et lignes directrices pour leur utilisation,» 2018. [En ligne]. Available: https://www.iso.org/fr/standard/63787.html. [Accès le 2025].

[4] A. TALON, Evaluation des scénarii de dégradation des produits de construction, CLERMONT II: UNIVERSITE BLAISE PASCAL – CLERMONT II, 2006.

[5] B. BELDJILALI, La mise en place du système de management de la santé/sécurité au travail, Tizi-Ouzou: Université Mouloud Mammeri, Juin 2017.

[6] M. TALEB , Surveillance, détection et diagnostic des défaillances dans une cimenterie en utilisant L'analyse fonctionnelle, Skikda: Université du 20 Août 1955 Skikda, Mars 2018.

[7] M.-H. MAZOUNI , Pour une Meilleure Approche du Management des Risques : De la Modélisation Ontologique du Processus Accidentel au Système Interactif d'Aide à la Décision, Lorraine: Ecole doctorale IAEM Lorraine, Novembre 2008.

[8] M. SAAD, Cours Méthodes et organisation de la maintenance, Tiaret: Université Ibn Khaldoun de Tiaret, 2020.

[9] . L. GADA et M. HAMOUCHE, Application de l'analyse AMDEC sur un système de graissage des glissières des machines-outils, Tizi-Ouzou: Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Juin 2023.

[10] B. A. BENAHMED et B. GUIDOUM, Etude quantitative de la maintenance pour une ligne de production, Tiaret: Université Ibn Khaldoun, juin 2023.

[11] D. MEKSEM et S. KHALDI, Rénovation d'un four de frittage sous atmosphère contrôlée, Tizi-Ouzou: Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou, 2023.

[12] ISO, «ISO 22000 Management de la sécurité des denrées alimentaires,» 2018. [En ligne]. Available: https://www.iso.org/fr/iso-22000-food-safety-management.html. [Accès le 2025].

[13] H. BOUSSALEM, Analyse des risques par la méthode AMDEC sur la machine de soudage de tubes Cas de ALFAPIPE Ghardaia, Ouargla : Université Kasdi Merbah Ouargla , Juin 2022.

[14] W. BENTAHAR et Z.-E.-K. Y. HELLA, Evaluation des risques professionnels au sein de l'Unité Pédagogique de Contrôle et Application, Oran: Université Oran 2, Juillet 2021.

[15] . N. BENKEMOUCHE et L. DOUMANDJI , Contribution à l'amélioration des moyens et de l'organisation de la fonction maintenance Application Michelin Algérie, Alger: Ecole Nationale Polytechnique, Septembre 2006.

[16] R. L. MAHMOUDI, Analyse de risque de la station de pompage SP3 par la méthode AMDEC, Biskra: Université de Biskra, Juin 2017.

[17] - Rapport de stage BELKHIRI Hind Loubna , 2021/2022 , Processus de fabrication et contrôle de qualité d'un produit République Algérienne Démocratique et Populaire Alimentaire (jus de fruits).

[18] - Mémoire BENNAMANE Djaffar Incidence , 2018 , des opérations Unitaires sur la qualité d'une Boisson à l'orange type « pulp » produite à la nouvelle conserverie Algérienne.

[19] - INRS. (2015). *Évaluation des risques professionnels : Questions-réponses sur le document unique* (ED 887). Paris : Institut national de recherche et de sécurité.

[20] - AFNOR. (2003). *NF X50-110 : Analyse de risques et maîtrise des risques industriels*. Paris : Association française de normalisation

[21] - *La maîtrise des risques industriels : Évaluation et traitement des risques*. Paris : Éditions Techniques de l'Ingénieure.

[22] - Vicentini, R. (2011). *Les risques professionnels*. Paris : Éditions Eyrolles.

[23] - Garrigou, A., & Daniellou, F. (2005). *La prévention des risques professionnels*. Paris : Éditions La Découverte.

[24] - INRS, *Fiche pratique juridique - Accident du travail*, ED 6492, consulté le 26 avril 2025

[25] - : INRS, *Base de données des maladies professionnelles*, consulté le 26 avril 2025

[26] - Deschamps, F. (2015). *Évaluation des principaux risques professionnels par métier : 105 fiches-guides de référence* (2e éd.). Paris : Éditions Ellipses.

[27] - INRS, *Les fondamentaux de la prévention*, 18/10/2024.

[28] - Union européenne. (2016). *Règlement (UE) 2016/425 relatif aux EPI*. Journal officiel de l'Union européenne, 9 mars 2016.EPC : INRS. (2020). *Protection collective et individuelle – Principes et choix* (ED 686). Paris : Institut National de Recherche et de Sécurité

[29] - INRS. (2020). *Culture de prévention et rôle des acteurs* (Fiche pratique). Institut National de Recherche et de Sécurité.

[30] - Journal officiel n° 6, 26 janvier 1988. Relative à l'hygiène, à la sécurité et à la médecine du travail.

[31] - Journal officiel n° 90-03 du 6 février 1990 relative à l'inspection du travail.

[32] - Journal officiel n° 90-11 du 21 avril 1990 relative aux relations de travail.

[33] - Norme Algérienne NA 38-91 — Équipements de protection individuelle : généralités et exigences.

[34] - Systèmes de management SST (SM-SST) : ISO. (2018). *ISO 45001:2018 – Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use*.

[35] - Institut national de recherche et de sécurité (INRS), 2020. Le système de management de la santé et sécurité au travail : exigences de la norme ISO 45001 ».

[36] - Mémoire de fin d'étude ZOUAD RAHIMA, 2018, Application de la méthode APR dans le domaine analyse des risques liés au stockage aérien des carburants au centre caroubier 169 sur le bacTK17.

[37] - INERIS, *Guide d'analyse préliminaire des risques (APR)*, 2016, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques.

[38] - AFNOR, *NF X50-110 : Analyse de risques*, 2003.

[39] - INRS. (2015). *Évaluation des risques professionnels : Questions-réponses sur le document unique* (ED 887). Paris : Institut National de Recherche et de Sécurité.

[40] - AFNOR. (2003). *NF X60-010 – Management de la maintenance – Terminologie et méthodologie*. Paris : Association Française de Normalisation.

[45] - https://www.tetrapak.com/solutions/integrated-solutions-equipment/filling-machines/tetra-pak-a3speed

[46] - https://www.directindustry.fr/prod/tetra-pak/product-61931-759461.html

[47] - manual maintenance Tetra PAK A3/speed

[48] - manual operationnelle Tetra PAK A3/speed

[49] - AFNOR, (1988) , « La maintenance industrielle », Edition AFNOR, Paris.

[50] - Cours de Maintenance Industrielle Dr GUEMANA Mouloud.

[51] - Gérard Landy, 2011 , *AMDEC : Guide pratique*, Éditions AFNOR.