

Dédicaces

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut . . . Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance. . . Aussi, c'est tout simplement que je dédie ce projet de fin d'études...

A Dieu le tout-puissant, le Clément, le glorieux, le juste et le gracieux qui a éclairé ma voie par le savoir, et qui m'a armé par la foi et la patience.

A mes chers parents: autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes soient-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance.

Vous avez su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Vos conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Votre patience sans fin, votre compréhension et votre encouragement sont pour moi le soutien indispensable que vous avez toujours su m'apporter. Je vous dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester votre fierté et ne jamais vous décevoir. Que Dieu, le tout-puissant, vous préserve, vous accorde santé, bonheur, et vous protège de tout mal.

A mes frères mes grands-parents, mes tantes, mes oncles et à toute ma famille, je vous remercie pour vos encouragements, soutiens et bienveillances, je vous dédie ce modeste travail preuve de mon estime et ma reconnaissance.

A tous mes enseignants tout au long de mes études : Permettez-moi de vous témoigner tout le respect que vous méritez ainsi que ma profonde affection.

A mes très chers amis : pour tous les moments magnifiques et inoubliables que j'ai passés avec vous. Pour tout l'amour, le soutien que vous m'avez offert, je vous remercie très fort et je ne vous oublierai jamais. Que Dieu le tout-puissant vous préserve tous et vous procure sagesse et bonheur.

Et c'est pour la postérité que je livre ce modeste travail quand je ne serais plus là, pour ceux qui m'ont tenu la main et ceux qui l'ont lâchée, pour ceux qui firent ma joie et ceux qui l'ont gâché.

NOURA BERTAL

Remerciement

Loin d'être une tradition d'adresser des remerciements dans tout projet de fin d'études, aux personnes ayant contribué à sa réalisation, il s'agit pour nous, d'un devoir spontané de reconnaissance et de gratitude envers toutes les personnes qui, à leurs manières et à des degrés différents nous ont fourni une assistance technique, une confiance en soi.

Nous remercions en premier lieu, ALLAH le tout-puissant, de nous avoir donné la foi, le courage et la confiance en nous-mêmes pour pouvoir mener à terme ce présent travail.

Nous témoignons notre profond respect à **Mr. BENCHEIKH** Rachid, Professeur encadrant à la FST FES, pour ses directives précieuses et ses conseils pertinents.

J'ai le plaisir de remercier mon encadrant externe le directeur technique de la société Nouveaux Moulins BAB GUISSA **Mr. BOUAYAD Mohamed Karim**, qui m'a donné l'opportunité d'effectuer ce stage et qui m'a encadré avec patience. Je tiens à remercier également **Mme Sanae MANSOURINE** cadre du laboratoire pour sa disponibilité et pour ses orientations, ses conseils et ses efforts qu'elle n'a cessé de déployer durant la période de stage. Mes remerciements aussi à **Mlle Fatima Ezzahra** la responsable du laboratoire pour son aide, ses conseils et ses précieuses informations durant mon stage.

Ainsi que l'ensemble du personnel de l'entreprise pour leur accueil sympathique, chaleureux et leur coopération professionnelle, leurs conseils très précieux, pour leurs encouragements ainsi que pour leurs critiques constructives qui m'ont permis d'optimiser mes actions et travaux tout au long de ma période de stage.

J'aimerais également remercier très particulièrement tous les membres du jury, **M^r BENCHEIKH Rachid**, **M^r TAZI Abdelali** et **M^{me} MANNI Laila** pour l'honneur qu'ils nous ont accordé en acceptant de juger mon travail.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'aboutissement de ce modeste travail.

Liste des tableaux

Tableau 1 : fiche signalétique de l'entreprise.....	3
Tableau 2 : types de produits de Ban Guissa.....	11
Tableau 3 : paramètres mesurés par l'alvéographe.....	14
Tableau 4 : quatre questions de base de l'AMDEC.....	22
Tableau 5 : différentes modes de défaillances détectés lors de la réception et nettoyage.....	26
Tableau 6 : classification des arrêts selon leurs durées.....	28
Tableau 7 : différentes modes de défaillance visualisés sur les appareils de mouture.....	30
Tableau 8 : modes de défaillance au niveau de conditionnement de la farine.....	30
Tableau 9 : cotation de l'AMDEC.....	32
Tableau 10 : évaluation de la criticité.....	32
Tableau 11 : matrice de criticité selon la norme NF EN 50126.....	34
Tableau 12 : maintenance des appareils à cylindres.....	39
Tableau 13 : maintenance des sasseurs.....	40
Tableau 14 : maintenance du plansichter.....	41
Tableau 15 : 5S au niveau de poste emballage.....	43

Listes des figures

Figure 1 : organigramme de l'entreprise.....	4
Figure 2 : WILES 55.....	5
Figure 3 : étapes de la réception de blé.....	7
Figure 4 : étapes de nettoyage.....	8
Figure 5 : différentes étapes du diagramme de fabrication des farines à NMBG.....	9
Figure 6 : appareils cylindriques.....	10
Figure 7 : plansichter.....	10
Figure 8 : photo d'un sasseur.....	11
Figure 9 : unité d'emballage.....	11
Figure 10 : la mouture d'essai CHOPIN.....	12
Figure 11 : appareil inframatique.....	12
Figure 12 : la courbe obtenu au cours d'un test de panification	14
Figure 13 : étapes de temps de chute.....	15
Figure 14 : structure des unités industrielles	18
Figure 15 : répartition régional de l'effectif.....	19
Figure 16 : capacité d'écrasement des moulins.....	19
Figure 17: représentation du diagramme d'Ishikawa.....	24
Figure 18 : diagramme d'Ishikawa au niveau de réception et nettoyage.....	26
Figure 20 : répartition des niveaux de criticité des modes de défaillance.....	35
Figure 21 : Agri-TR	37
Figure 22 : Amy-lab.....	37
Figure 23 : Mixolab.....	38
Figure 24 : nettoyeur automatique.....	38
Figure 25 : niveaux de maintenance.....	39

Liste d'abréviation

AFNOR : association française de normalisation

AMDEC : analyse des modes de défaillance, leurs effets et leur criticité

CEN : le comité européen de normalisation

D : détection

FNBT : la farine nationale de blé tendre

g:gonflement

G : gravité

Hf : l'humidité finale

HI : l'humidité initial

L : longueur

ONICL : office national interprofessionnel des céréales et des légumineuses

P:pression

PE : poids d'essai

PS : poids spécifique

QE : la quantité d'eau

W: Work

Tables de matières

Introduction générale.....	1
Chapitre I :.....	2
Présentation de l'organisme d'accueil.....	2
I. Fiche technique de l'entreprise :.....	3
II. Organigramme de l'entreprise :.....	4
1) Processus de fabrication :.....	4
2) Description des étapes de fabrication :.....	5
3) Préparation :.....	5
a. Nettoyage.....	5
b. Mouillage.....	6
c. Mouture.....	6
d. Emballage.....	6
e. Les appareils utilisés.....	10
4) La gamme de produits de la société :.....	11
5) Les analyses technologiques du produit fini au niveau de laboratoire.....	12
a. La mouture d'essai :.....	12
b. Test inframatique.....	12
c. Dosage du taux de cendre.....	13
d. Test de plasticité des farines par Alvéographe :.....	13
e. Le temps de chute :.....	15
f. Test de l'humidité :.....	15
Chapitre II :.....	16
Bibliographie sur la filière céréalière.....	16
I. Les maillons de la chaîne de valeurs des céréales.....	17
II. Importation de blé tendre au Maroc :.....	18
III. La fiche relative à la minoterie industrielle marocaine :.....	18
1) Effectif :.....	18
2) Capacité d'écrasement :.....	19
Chapitre III :.....	20
Implémentation de la démarche AMDEC PROCESSUS au sein de NMBG.....	20
I. AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) :.....	21
1) Définition :.....	21
2) Types d'AMDEC:.....	21
3) Aspects d'AMDEC :.....	21

4) Autres outils complémentaires :	23
a. Diagramme 80/20 (diagramme de Pareto) :	23
b. Diagramme causes-effets ou diagramme d'Ishikawa :	24
II. Méthodologie de travail :	24
1) Objectif de l'étude	24
2) Etape de diagnostic : technique choisie (brainstorming modifié) :	25
3) La démarche AMDEC :	25
a. Constitution de l'équipe de travail.....	25
b. Etude fonctionnelle.....	25
c. Analyse des défaillances (analyse qualitative)	25
d. Etude quantitative.....	31
e. hiérarchisation des résultats.....	34
Chapitre IV :	36
Prise en charge des modes de défaillance.....	36
1) Solutions proposées pour le poste réception et nettoyage	37
a. Contrôle de la qualité :	37
2) Solutions proposées pour les problèmes des arrêts	38
a. Définition de la maintenance selon AFNOR.....	38
b. Définition de la maintenance selon CEN 1995	39
c. Les appareils à cylindres	39
d. Les sasseurs :	40
e. Plansichter	41
3) Solutions proposées pour le poste emballage :	42
a. Blocage des carrousels :	42
b. Gestion de poste emballage.....	42
Conclusion générale	44
Bibliographie	45
Webographie	45
ANNEXES	46

Introduction générale

L'industrie agroalimentaire a pour but la transformation des matières premières en produits alimentaires sains, destinés essentiellement à la consommation humaine, ce qui exige l'assurance de la qualité de ces produits alimentaires en minimisant tout danger capable de les altérer.

Pour cela chaque produit agroalimentaire doit subir les mesures nécessaires, pour assurer sa sécurité et sa salubrité, depuis la matière première jusqu'au produit fini.

La minoterie industrielle est le maillon central de la filière céréalière au Maroc. Elle constitue l'outil de la collecte de la récolte nationale de la transformation de céréales destinées à la consommation humaine.

De part l'importance de blé et ses dérivés dans la consommation culinaire des citoyens marocains, le secteur meunier joue un rôle capital dans la sécurité alimentaire du pays.

La minoterie industrielle Nouveaux Moulins Bab Guissa (NMBG) se trouve au quartier industriel BENSOUA. C'est une société anonyme de type familiale qui a comme objectif principal la satisfaction des exigences des clients en répondant aux normes nationales de nutrition.

La production de la société est exclusivement orientée vers le marché local, l'entreprise est spécialisée dans la production de différents types de farines et ses issues à partir de blé tendre.

Le but principal dans ce projet est de faire une analyse qualitative de NMBG pour arriver à relever les principaux points à l'origine de dysfonctionnement et de perte par la démarche de qualité intitulée : Analyse des Modes de Défaillance, leurs Effets et leurs Criticité (AMDEC).

Ce manuscrit sera composé de 4 chapitres :

I : présentation de l'organisme d'accueil

II : étude bibliographique

III : implémentation de la démarche

IV : discussion des résultats et mise en place des plans d'action

Chapitre I :

Présentation de l'organisme d'accueil

Généralités sur l'entreprise

NMBG est une société anonyme de type familiale, créée par la famille BOUAYAD à Fès à la fin des années cinquante. L'entreprise était un moulin artisanal puis en 1976 elle est devenue une entreprise semi industrielle. En 1984, la société est devenue un moulin industriel avec un capital 15000000 Dhs.

Les activités de broyage sont très importantes dans NMBG. La production de farine se fait à partir de blé tendre national ou importé d'Europe ou des États-Unis. Les activités de l'usine sont estimées à plus de 30 000 quintaux par mois. L'entreprise est dotée d'équipements modernes de broyage qui peuvent mouliner du blé dur ou tendre (moulin mixte).

Le site comprend un bâtiment de cinq étages pour les équipements de production, de produits finis, et un silo pour le stockage du blé. D'autres structures sont également destinées à la gestion de l'entreprise. L'entreprise compte 75 employés, dont 60 ouvriers qualifiés ou non. Le reste est composé de techniciens et de cadres d'entreprise.

I. Fiche technique de l'entreprise :

Les relations hiérarchiques entre les différents départements de la société sont représentées par l'organigramme dans le tableau suivant:

Tableau 1: Fiche signalétique de l'entreprise

Raison sociale	SA
Capital Social	15 000 000 Dirhams
Date de création	1984
Directeur Général	M. BOUAYAD Khalid
Effectif	15 cadres et techniciens et 60 ouvriers
Activité	Exploitant de Moulin : Minoterie & Semoulerie
Adresse	Quartier Industriel-Bensouda, 30000 Fès, Maroc
TEL	05-35-65-51-66 , 05-35-65-53-91
E-mail	n.m.babguissa@menara.ma
Surface occupée	40 000 m ²
Capacité de production	144T/J de blé tendre
Capacité Stockage	12500T Matière Première 340T Produit Fini en silo 500T Produit Fini emballé
Dirigeant(s)	Directeur commercial : Mr. Khalid BOUAYAD
	Directeur technique : Mr. Med Karim BOUAYAD
Administration	Président : Mr Mohamed BOUAYAD

II. Organigramme de l'entreprise :

La société NMBG se caractérise par une organisation interne bien spécifique comme le montre l'organigramme de la figure suivante :

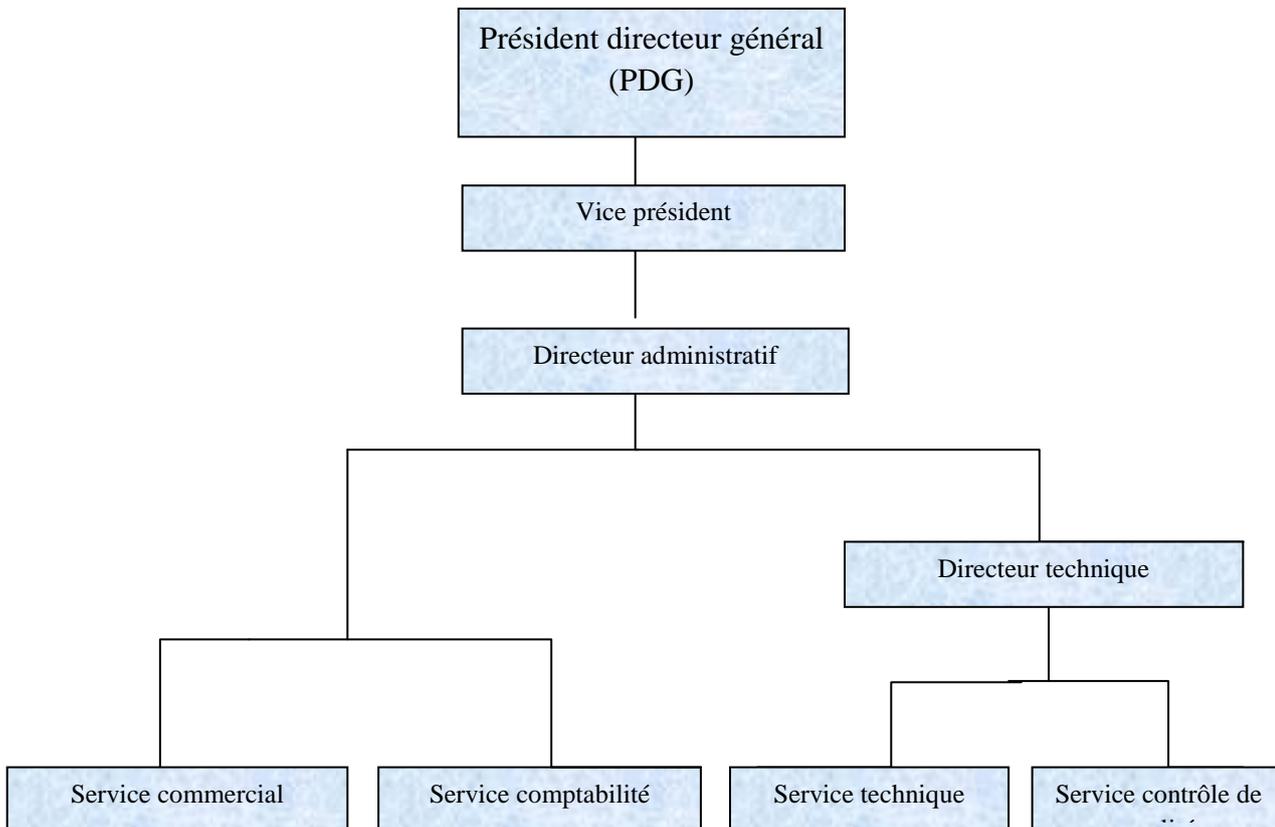


Figure 1: organigramme de l'entreprise

1) Processus de fabrication :

La fabrication des farines et semoules se fait à travers plusieurs étapes successives et répétitives. Ceci est facilité par la structuration de la minoterie. Chaque étage est divisé en trois parties: nettoyage, mouture et produit fini. Comme les farines constituent des produits de base dans la boulangerie, elles demandent donc un suivi et un contrôle des différents paramètres qui permettent l'obtention d'un produit fini sain et salubre.

La transformation du blé se constitue de plusieurs phases dont 4 phases principales :

- La réception, pré nettoyage et stockage
- Nettoyage et préparation
- Mouture
- emballage

2) Description des étapes de fabrication :

Après l'arrivée des camions chargés du blé en vrac, ils passent directement sur un pont bascule qui permet de peser la quantité à l'entrée. Dans cette étape, un échantillon du blé est pris pour faire les analyses au laboratoire. Ces analyses permettent de donner une idée globale sur la qualité du blé à la réception et donc l'accepter ou le refuser selon les critères exigés. Les analyses effectuées à la réception sont :

***Observation préliminaire** : Observations préliminaires (odeurs préjudiciable, couleur, aspect, insectes, autres facteurs inhabituels). Ensuite, il faut l'étaler sur une surface plane et lisse de faible épaisseur (2 à 3 cm). On relèvera couleur et éventuellement la présence d'éléments inhabituels. Ces derniers doivent être enlevés de l'échantillon.

***Poids spécifique(PS) des grains**: est mesuré en kg/hl. Il reflète la densité de grains. C'est un indicateur du taux d'extraction de la farine. On l'appelle aussi masse à l'hectolitre. C'est la masse volumique apparente des grains mesurés. La mesure est faite à l'aide d'un Nilema litre (Le résultat est exprimé en Kg/hectolitre).

***Humidité** : Paramètre essentiel qui est vérifié à chaque arrivée du blé, pour s'assurer que l'humidité du blé réceptionné ne dépasse pas la norme. Il est déterminé par WILES 55.



Figure 2: WILES 55

***L'agréage** : il permet de donner une idée sur le rendement de la matière première par le calcul des pourcentages des grains échaudés, des grains cassés et du déchet. Cela se fait à l'aide des tamis superposés à ouvertures de mailles différentes.

3) Préparation :

a. Nettoyage

Dans cette étape le blé est débarrassé de ses impuretés puis stocké dans les silos de réception jusqu'à son utilisation.

Le chef meunier assemble minutieusement les blés en fonction de la farine souhaitée et selon la qualité de chaque variété du blé. Le mélange choisi passe par une balance qui est réglée pour peser 4 tonnes de blé, puis il est débarrassé de toutes ses impuretés qui peuvent être source de contamination.

Le coupage du blé (mélange) peut être effectué soit au début soit après le 1^{er} repos.

Différentes machines interviennent lors du nettoyage ; le séparateur élimine les gros déchets, l'épierreur porte bien son nom, le trieur cylindrique élimine les grains cassés et colorés, la brosse à blé (appelée époinçuse pour le blé dur) décolle la balle du grain et les poussières et le tarare aspire ce qui est plus léger que le blé et le trieur optique qui consiste à séparer les grains en fonction de la couleur, donc éliminer tout ce qui n'est pas blé.

b. Mouillage

Le blé est ensuite mouillé par un mouilleur automatique (mouilleur intensif) avant de le reposer au moins 24 heures dans les silos de repos pour le blé tendre. Ce procédé permettra une meilleure séparation entre l'amande et l'enveloppe du grain de blé. Après la fin du 1^{er} repos un contrôle de l'humidité est effectué pour vérifier que sa valeur a passé de 12% à 14,5%, ensuite, le blé mouillé et reposé passe encore une fois dans une poinçuse puis dans un mouilleur intensif pour le deuxième repos de 2 heures dans les silos.

c. Mouture

La mouture consiste en plusieurs passages successifs du blé dans un appareil à cylindres suivi d'un tamisage : ces successions d'étapes sont répétées plusieurs fois.

A chaque étape, après le tamisage, une partie de la farine est extraite et les autres produits sont orientés vers un nouvel appareil à cylindres.

Le blé passe plusieurs fois dans des appareils à cylindres en aciers qui séparent l'amande du blé de ses enveloppes. Cette première étape s'appelle le broyage.

La semoule est ensuite broyée par un cylindre lisse. Ce sont l'opération de claquage, puis de convertissage, qui diminuent encore la taille des particules et continuent la séparation de l'amande farineuse et des particules d'enveloppe.

Parallèlement au travail des cylindres, les plansichters permettent de tamiser les produits obtenus après chaque passage entre les cylindres. En fonction de leur taille, certains de ces produits sont orientés vers d'autres appareils à cylindres à travers des sasseurs, et une partie de la farine est extraite.

d. Emballage

La farine obtenue après la mouture est envoyée dans une chambre en attendant d'être attirée en sacs.

Pour la mise en sacs, le poids de la farine conditionnée est contrôlé très précisément par une balance réglée selon le produit fini désiré.

Des renseignements obligatoires figurent sur les sacs : nom et adresse du meunier, dénomination de vente, type de farine, date limite d'utilisation optimale (trois mois en général), le numéro de lot et le poids net.

La figure suivante montre les étapes de réception de blé au sein de NMBG: [1]

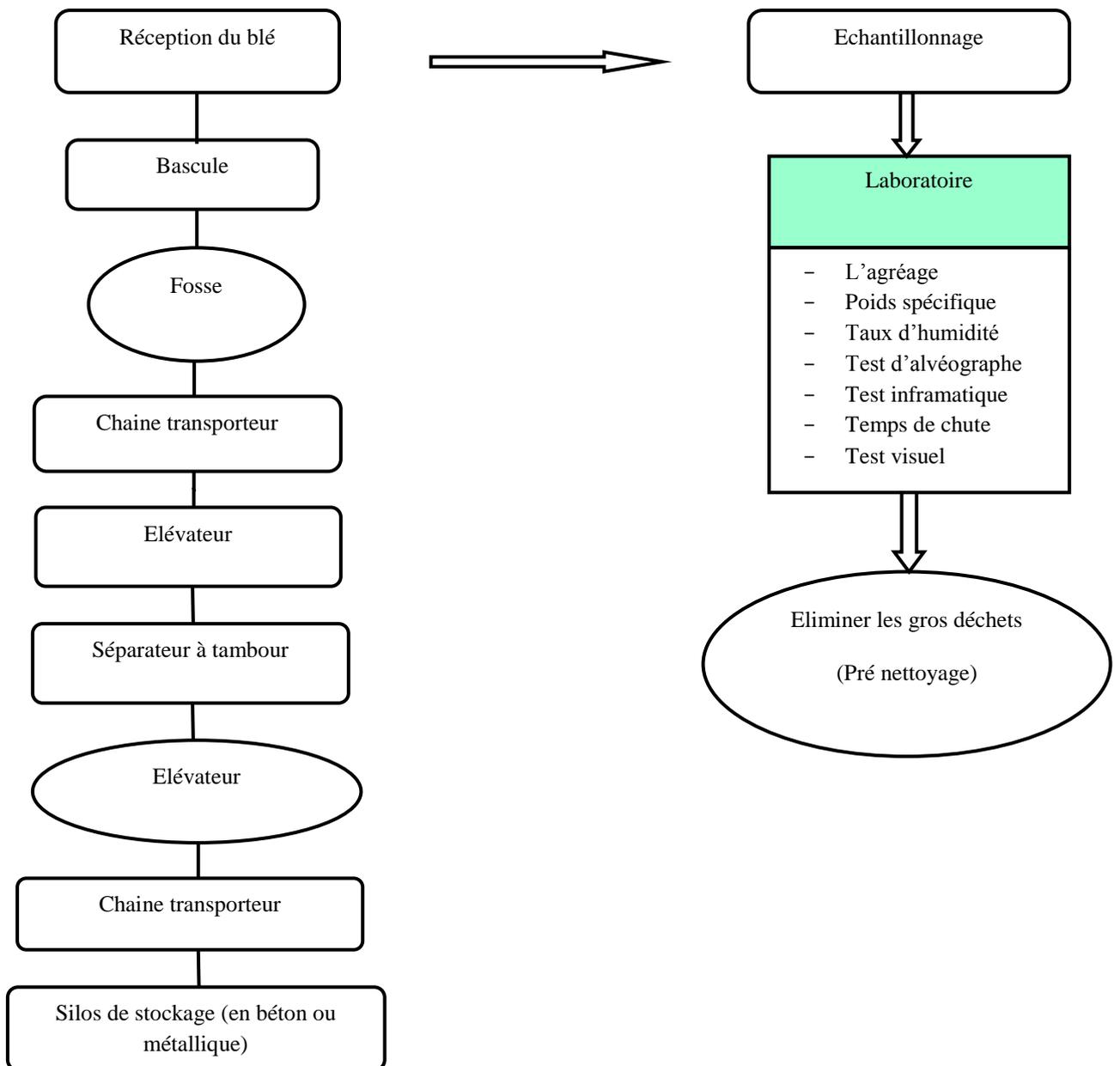


Figure 3: étapes de la réception de blé

Le Schéma suivant montre les étapes de nettoyage de blé : [1]

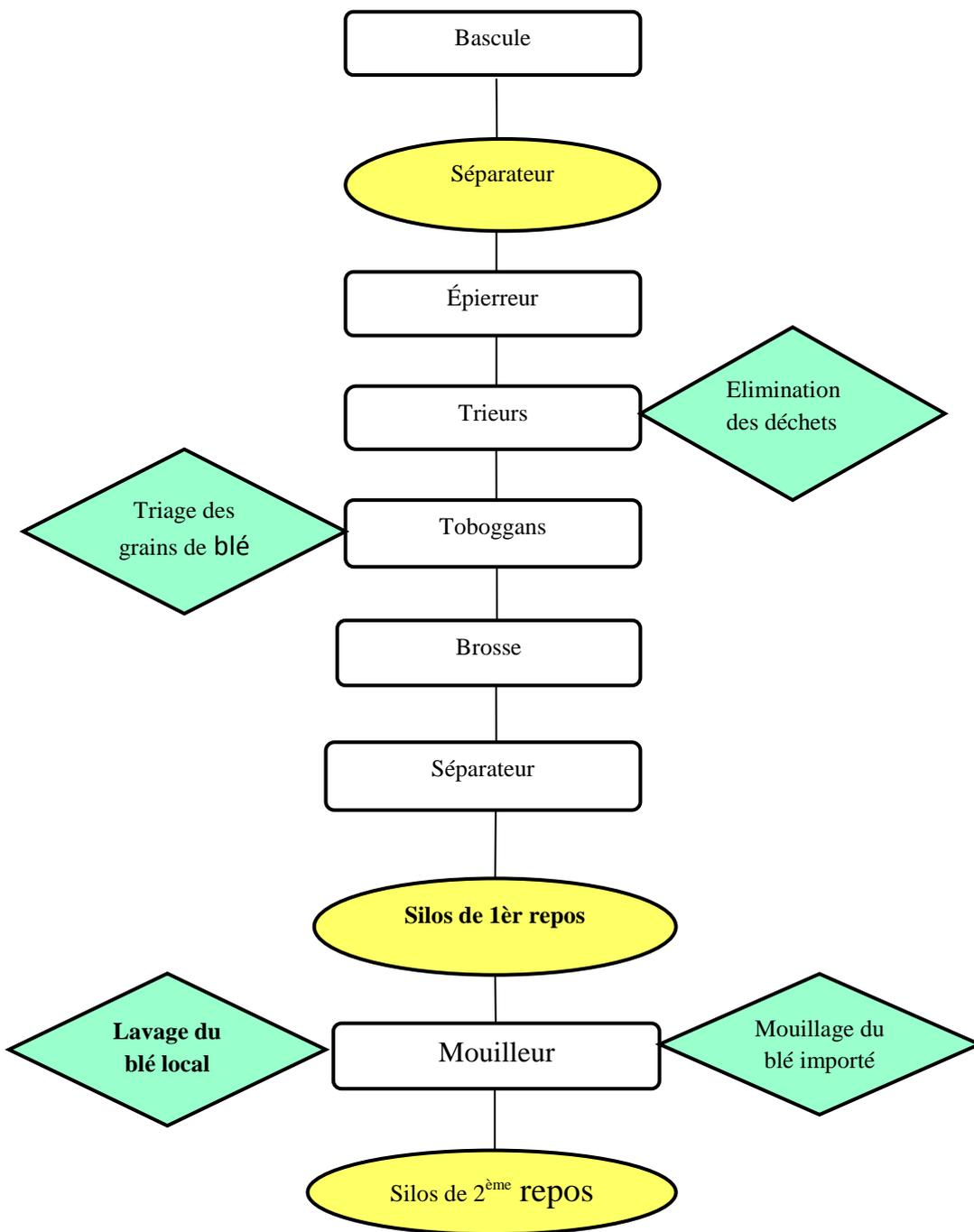


Figure 4: étapes de nettoyage de blé

La figure suivante montre les différentes étapes de fabrication des farines à NMBG: [1]

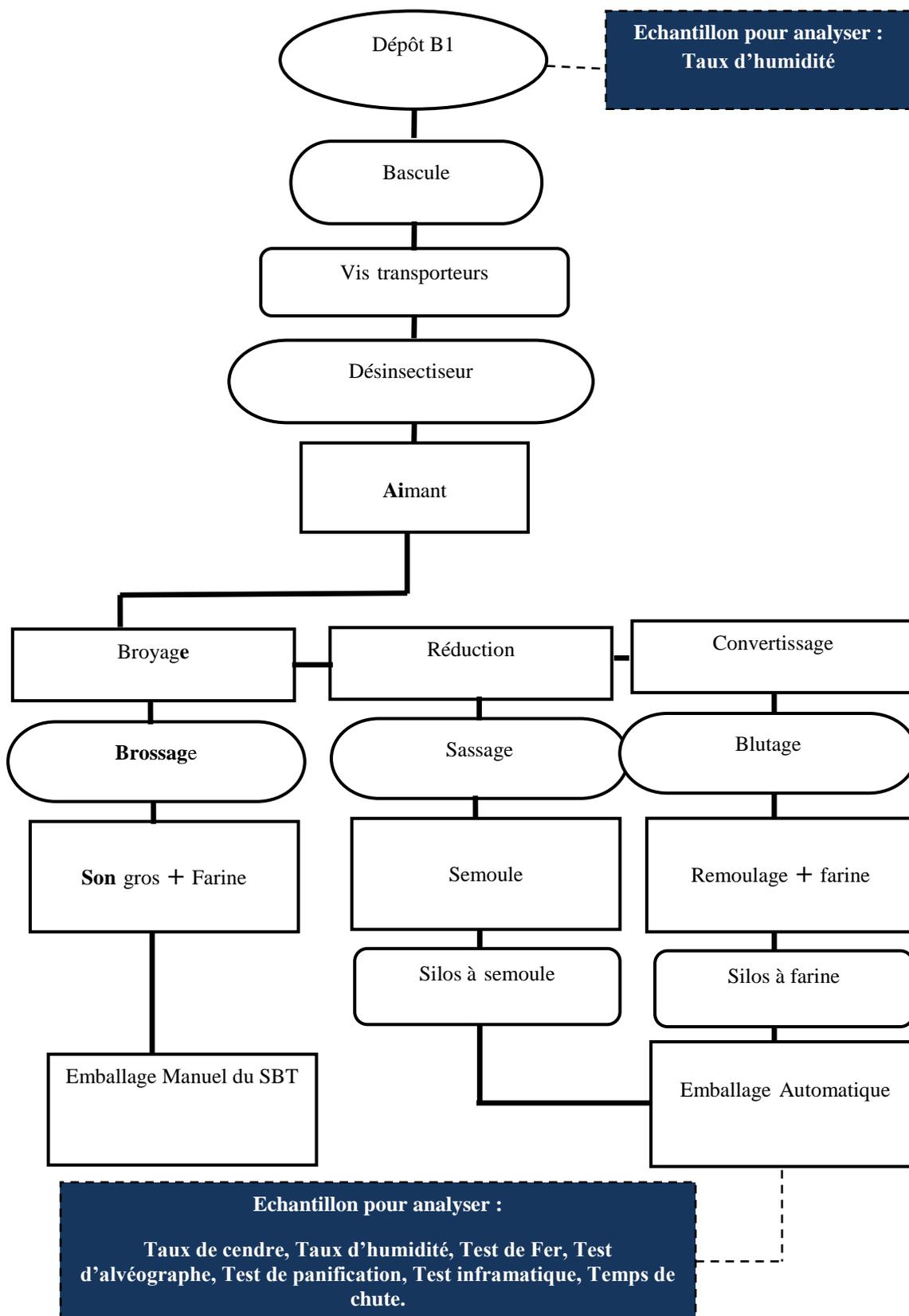


Figure 5: Différentes étapes du diagramme de fabrication des farines à NMBG

e. Les appareils utilisés

Les appareils cylindriques sont des appareils qui contiennent deux cylindres qui tournent en sens inverse pour écraser le produit d'entrée. Il y a deux types des cylindres **cannelés** pour le broyage, et **lisses** pour la réduction et le convertissage. La sortie de chaque appareil à cylindre est liée à un plansichter au moyen d'un tuyau pneumatique (figure 6).



Figure 6: Appareils cylindriques

Le plansichter est un appareil de tamisage, constitué d'une succession de tamis de tailles différentes (25 tamis), pour extraire la farine, la semoule et le son.



Figure 7: Plansichter

Le sasseur est aussi un appareil de tamisage, il est constitué de trois tables, chaque table est composée de quatre tamis de mailles différentes. Chaque sasseur a une seule entrée et six sorties : trois sorties pour les extractions des tamis et trois pour leurs refus. Ces sorties vont alimenter soit les appareils à cylindres, soit les vis à farine. (Figure 8).



Figure 8: Photo d'un sasseur

Une fois les produits moulus et tamisés, les grains de blé sont transformés en différents produits finis. Ces produits passent par des vis puis ils sont pesés par des balances avant d'être stockés dans des silos en béton de capacité de 340 tonnes. Le produit passe par deux vis et un tuyau pneumatique pour atteindre deux dépôts en dessous desquels se trouve trois carrousels d'emballage (figure 9).



Figure 9: unité emballage

4) La gamme de produits de la société :

Le tableau suivant montre les principaux produits fabriqués par la société NMBG

Tableau 2: les types de produits de Bab Guissa

Produits de blé tendre	
Farine de luxe 1 (AZZAHRA)	Farine Ronde Spéciale Moyenne
Farine de luxe 2 (ALYASMIN)	Farine Ronde Spéciale Grosse
Farine Fleur	Luxe Gruaux (ANNAJMA)
Farine Nationale de Blé Tendre	Son de blé tendre
Farine Ronde Courante	

5) Les analyses technologiques du produit fini au niveau de laboratoire

a. La mouture d'essai :

La mouture d'essai consiste à un convertissage de blé pour faire le test inframatique, alvéographe et calculer l'indice de chute en utilisant le moulin de laboratoire CD1.

Après le nettoyage manuel de blé on détermine l'humidité initiale «Hi», la quantité d'eau ajoutée pour le conditionnement est calculé par la formule suivante :

$$Q_e = [(H_f - H_i) / 100 - H_f] * P.E$$

PE : le poids d'essai PE=650g

L'échantillon est ensuite placé dans un flacon à fermeture hermétique après on laisse le flacon reposer 20 à 24h à une température qui ne dépasse pas 15 à 17 °C, Après le repos, le blé est ensuite prêt à la mouture. [1]



Figure 10 : la mouture d'essai CHOPIN

b. Test inframatique

Ce test est réalisé par un appareil (Perten instruments, figure 11) et a pour but de mesurer par infrarouge les paramètres suivants:

- **Pour le blé:** ce test permet de mesurer le taux des protéines, l'humidité, l'indice de sédimentation Zeleny et la dureté
- **Pour la farine :** En plus de l'humidité, le taux de protéines, l'indice de sédimentation, ce test permet aussi de mesurer la pureté et l'absorption de l'eau.[2]



Figure 11: Appareil inframatique

Méthode: on introduit une quantité de blé (100g) dans un moulin de laboratoire (ML 3100) pour être broyée, ensuite la farine broyée obtenue est homogénéisée par une spatule, puis une portion d'échantillon est déposée dans l'appareil infrarouge et on lance l'analyse, les résultats apparaissent à l'écran et sont imprimés.

c. Dosage du taux de cendre

Le principe de la détermination étant l'incinération d'une prise d'essai (2 à 5 grammes de farine) dans un four chauffé à une température de $900\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 25$ (figure 15), jusqu'à ce que la farine ait subi une combustion complète.

d. Test de plasticité des farines par Alvéographe :

Il est primordial, tant pour les organismes stockeurs que pour les utilisateurs qui sont les meuniers d'estimer la valeur boulangère des lots de blé récoltés. Les premiers recherchent par un classement judicieux à commercialiser dans les meilleures conditions des blés dont ils assurent le stockage ; les seconds cherchent par un approvisionnement méthodique à s'assurer les qualités nécessaires à leurs fabrications.

Cet essai technologique forme un ensemble, et si le moulin de laboratoire joue un rôle essentiel dans celui-ci, il ne peut être question de juger de ses performances et de ses résultats sans préciser les conditions de préparation des blés à la mouture et les conditions de mélange des farines produites. Le moulin d'essai doit obligatoirement remplir certaines conditions :

- Obtention d'une farine dont les caractéristiques plastiques mesurées à l'alvéographe correspondent à celles obtenues, à partir d'un même blé ou d'un même mélange de blés, en mouture industrielle. Atteindre cet objectif exige à la fois le travail des semoules sur cylindres lisses et un contrôle très sur, compte-tenu de l'importance de l'endommagement des grains d'amidon au convertissage et des pressions exercées entre cylindres.
- Facilité, simplicité et rapidité d'emploi.
- Ces conditions sont réunies dans le moulin laboratoire CHOPIN-DUBOIS.

Principe: Consiste à déterminer 5 paramètres principaux (P, L, P/L, G, W, I) décrits dans le tableau 3, en passant par 4 étapes:

- Pétrissage d'un mélange de farine et d'eau salée
- Préparation de cinq pâtons calibrés
- Repos des pâtons
- Gonflement des pâtons

La figure suivante représente la courbe obtenue au cours d'un test de plasticité qui montre la variation de la ténacité en fonction du gonflement de la pâte.

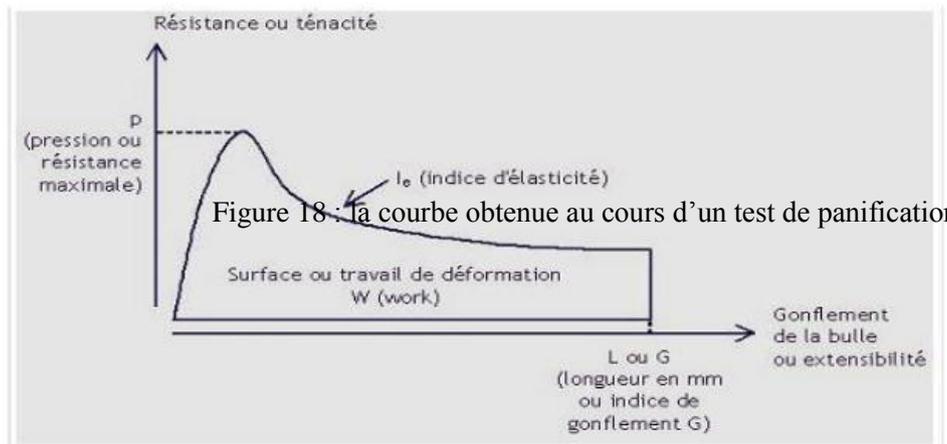


Figure 12 : la courbe obtenue au cours d'un test de panification

Le tableau suivant définit les paramètres mesurés par l'alvéographe :

Tableau 3: les paramètres mesurés par l'alvéographe

symbole	définition
w	Il vient du mot anglais « Work », mesure le travail nécessaire pour déformer le pâton jusqu'à son éclatement, on utilise également le terme « force boulangère » de la farine. Ce paramètre est calculé automatiquement par le diagramme alvéolaire et exprimé en Joules.
p	Appelé pression, il mesure la ténacité, la fermeté de la pâte et sa résistance à la déformation sous la pression de l'air insufflé. il est exprimé en mm H2O
l	La longueur ou allongement correspond à l'extensibilité de la pâte, depuis le début de gonflement jusqu'à éclatement de la bulle. il est exprimé en mm, avec la valeur L on peut calculer l'indice de gonflement.
g	Gonflement : quantité d'air insufflé à la pâte jusqu'à son éclatement. il évolue en fonction de l'extensibilité de la pression gazeuse.
P / L	C'est le rapport qui traduit l'équilibre ou le déséquilibre entre la ténacité et l'extensibilité de la pâte (rapport de configuration).

On peut classer la farine en 3 catégories selon la fermeté de la pâte :

- 100-150 : farine biscuitier
- 150-220 : farine boulangère artisanale
- 220-280 : farine boulangère industrielle

e. Le temps de chute :

C'est l'indice qui permet d'évaluer l'activité enzymatique d'un échantillon. Les enzymes traités sont les amylases qui hydrolysent l'amidon en glucose. Ils ont été trouvés dans le lot au début du processus de germination.

Principe :

L'amidon, composant majoritaire de la farine, est un sucre complexe. Pour le dégrader, il faut des enzymes appelées amylases (α -et β -amylases). Cette technique repose sur l'état de viscosité de la farine qui doit être sous forme d'un gel, obtenu généralement à partir d'environ 7 grammes de farine avec de 25 ml d'eau distillée. En effet, il faut savoir qu'à une température d'environ 70°C, le mélange d'eau et de la farine devient un gel (empois d'amidon). Si l'amidon est dégradé par les enzymes, on obtient un fluide. Par contre si le gel reste visqueux, l'action enzymatique est moindre.[2]

Après mélange d'eau et de farine dans un tube, on agite manuellement une vingtaine de fois afin d'obtenir une suspension homogène. Puis on plonge le tube dans le bain-marie de l'appareil FALLING Number. Le matériel pour mesure l'indice de chute est représenté dans la figure suivante :



Figure 13: étapes de temps de chute

f. Test de l'humidité :

La détermination de la teneur en eau est effectuée selon la norme NF V 03-707. Environ 5g de farines est pesée dans des coupelles en aluminium puis placée à l'étuve réglée entre 130 et 133 °C pendant 90min . Après ce temps, les coupelles contenant les échantillons secs sont placées pendant 15min dans un dessiccateur, puis pesées à nouveau. La différence de poids observée représente le taux d'humidité.

Chapitre II :

Bibliographie sur la filière céréalière

La filière céréalière au Maroc

I. Les maillons de la chaîne de valeurs des céréales

La chaîne de valeur des céréales intègre une série d'activités interdépendantes de la production à la consommation, et se compose généralement de trois maillons :

- **En amont de la filière** : activités de production céréalière agrégées (plantation des cultures, entretien, récolte et stockage local) ;
- **Midstream** : Rassemble toutes les activités de distribution et de logistique liées à l'industrie, notamment :
 - la distribution de semences, d'engrais, de produits phytosanitaires et matériels agricoles ;
 - la gestion du produit d'assurance et de financement ;
 - l'organisation logistique de collecte des récoltes ;
 - la commercialisation des récoltes ;
 - les activités liées à l'importation des céréales.
- **L'aval céréalier**: regroupant les activités liées à la transformation des céréales et à la consommation. Ce maillon regroupe :
 - les minoteries industrielles : Les activités des moulins à farine sont régies par l'article 14 de la loi n°12-94, qui définit ces unités comme des appareils de mouture qui moule le grain pour vendre des produits;
 - les minoteries artisanales : il s'agit de petites unités de transformation des céréales fournissant des prestations de services à leurs clients composés généralement de producteurs et de consommateurs achetant les céréales sur les souks et les halles aux grains. Ces minoteries artisanales, qui sont estimées à 10.000 unités, représentent 35% des écrasements nationaux (ONICL);
 - Les grossistes en farine : ce sont des commerçants locaux qui vendent de la farine, de la semoule et divers aliments courants aux détaillants et aux consommateurs ;
 - La production céréalière nationale passe par deux cycles différents : Canaux directs par lesquels les producteurs apportent leur récolte sur le marché local et les vendent directement aux consommateurs ; Les producteurs amènent leurs céréales au marché, puis les vendent à des intermédiaires (grossistes ou collecteurs), puis les revendent aux minoteries industrielles. Il est à noter qu'en raison de la faible qualité et de la forte hétérogénéité du blé local, une grande partie de la production nationale est utilisée pour la transformation traditionnelle, alors que seulement 20 à 30 % sont transformés par les minoteries industrielles.[5]

II. Importation de blé tendre au Maroc :

Au Maroc, les importations de blé proviennent principalement de France et de Russie. Bien que le premier pays soit un fournisseur historique, la Russie a réussi à prendre pied sur ce marché ces derniers trimestres. Mais la domination du duo pourrait être remise en cause en 2020/2021.

Selon les dernières données du Département de l'agriculture des États-Unis (USDA), l'Ukraine pourrait devenir le plus grand fournisseur de blé du Maroc en 2020/2021. Selon l'organisation, en raison de la faiblesse de l'offre intérieure au Maroc et de la moindre concurrence sur le marché international, le pays bénéficiera d'une demande d'importation dynamique. En fait, avec une récolte tombant à 2,5 millions de tonnes, soit la moitié du niveau sur cinq ans, le royaume devrait importer un record de 6,5 millions de tonnes de blé. En revanche, par rapport à l'Ukraine, la compétitivité des fournisseurs traditionnels que sont la Russie et la France sera plus faible.

Bien que la récente taxe à l'exportation imposée sur le blé ait augmenté le prix des produits russes, la faible récolte en France et le mauvais rapport qualité/prix réduiront ses expéditions vers le Maroc.[5]

III. La fiche relative à la minoterie industrielle marocaine :

1) Effectif :

- Le nombre des moulins en activité a atteint, fin 2020, 158 unités dont 130 à blé tendre, 17 semouleries (blé dur) et 11 orgeries (orge).[6]

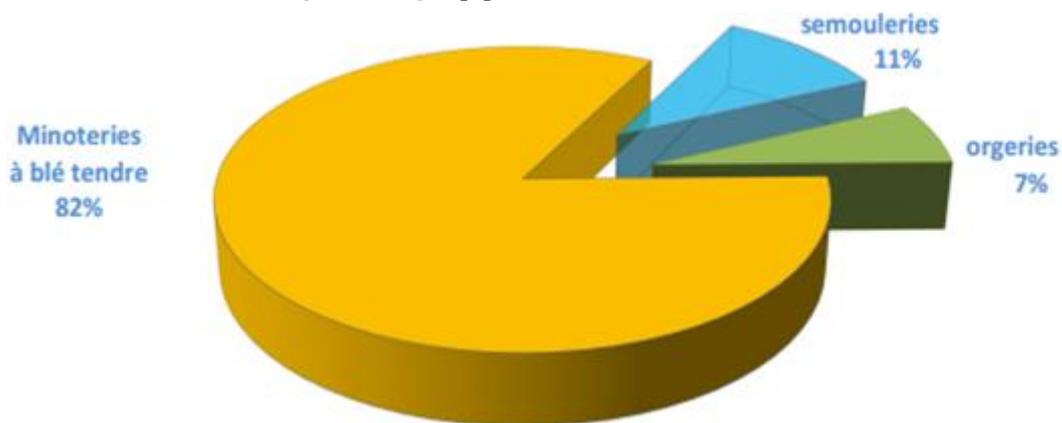


Figure 14: structure des unités industrielles (référence: ONICL)

- Large couverture du territoire pour les moulins à blé tendre (9 régions) et concentration des moulins à blé dur et orge dans deux régions (Casablanca-Settat et Marrakech-Safi).

- Les unités implantées à Laayoune sont spécialisées dans la production du maïs et d'orge.[6]

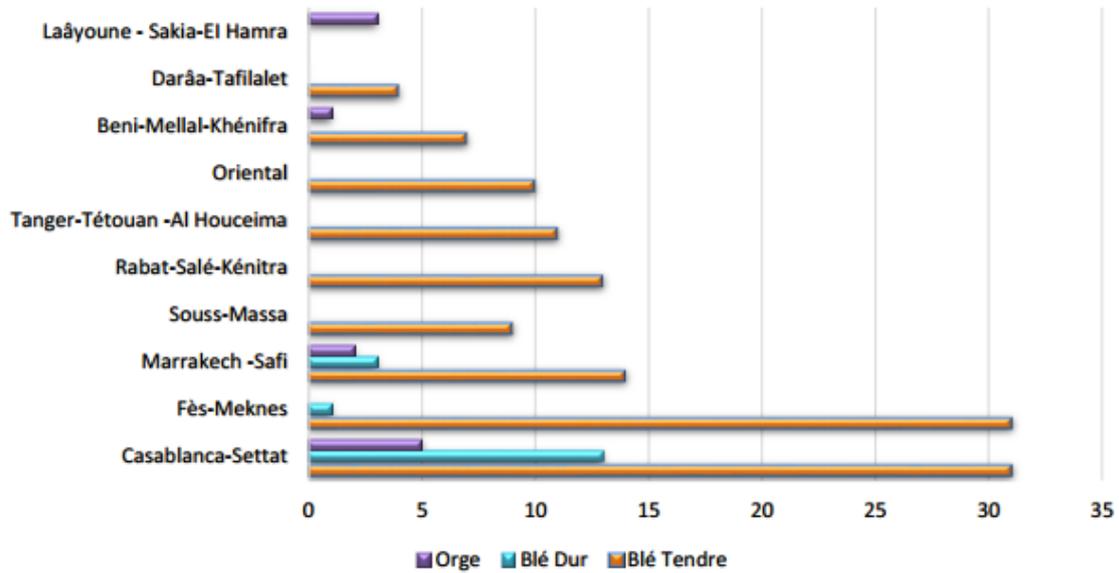


Figure 15: Répartition régionale de l'effectif (ONICL)

2) Capacité d'écrasement :

La figure suivante montre la capacité d'écrasement des moulins :

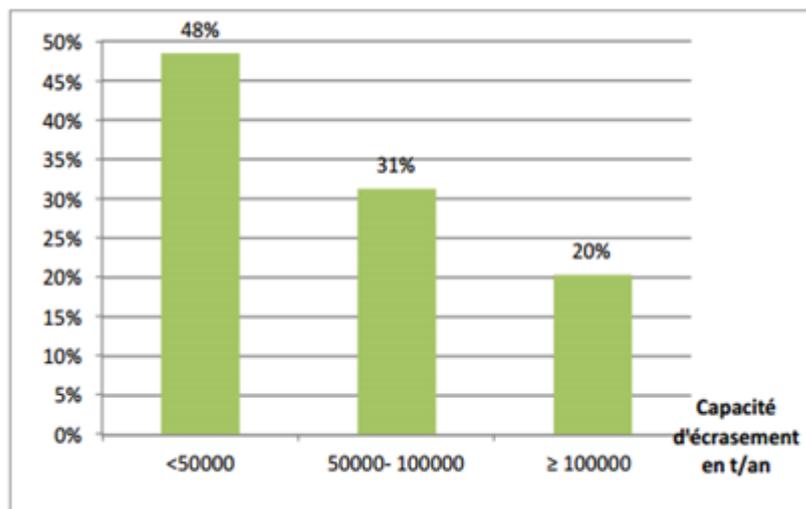


Figure 16: capacité d'écrasement des moulins

-20 % des moulins à blé tendre ont une capacité d'écrasement annuelle supérieure à 100 milles tonnes.[6]

Chapitre III :

*Implémentation de la
démarche AMD'EC
PROCESSUS au sein de
NMBG*

I. AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) :

1) Définition :

Dans les années 1950, les Américains ont développé le concept AMDEC dans leurs industries aérospatiale et militaire pour maîtriser la sécurité de leurs équipements, au nom de l'analyse des modes de défaillance, leurs effets et leurs criticités (AMDEC).

L'AMDEC est un outil méthodologique qui assure l'analyse des modes de défaillance en évaluant leurs effets ainsi que leur criticité comme l'indique son nom. Cet outil vise l'étude et l'analyse de tous les effets inattendus ou mal gérés dans le fonctionnement d'un produit, d'un processus de production ou de moyens de production, afin de garantir la sûreté de leur fonctionnement (sécurité, fiabilité, maintenabilité et disponibilité).

En d'autres termes, cette approche consiste à vérifier méthodiquement le système pour les défaillances potentielles, leurs causes et leur impact sur la fonctionnalité globale.

Après avoir priorisé les défaillances potentielles, sur la base d'une estimation de leur gravité, des actions préventives et/ou correctives sont initiées et suivies.[3]

2) Types d'AMDEC:

Parmi les types d'AMDEC les plus utilisés on peut citer:

- AMDEC procédé.
- AMDEC produit.
- AMDEC sécurité.
- AMDEC moyen ou machines.
- AMDEC organisation.
- AMDEC service

3) Aspects d'AMDEC :

Ce processus d'analyse peut fournir deux aspects d'analyse en même temps :

Analyse qualitative : en identifiant les défaillances potentielles et en déterminant leurs causes et conséquences.

Une analyse quantitative : en mesurant les défaillances par la détermination de la gravité, la fréquence et la détectabilité qui les classent par ordre décroissant.

La démarche AMDEC suit les principales étapes suivantes :

Etape 1 : Initialisation de l'étude

Cette étape consiste à :

- Constituer un groupe de travail pluridisciplinaire ;
- Fixer les buts et les objectifs à atteindre ;
- Définir la phase de fonctionnement étudiée ;

Etape 2 : Diagramme de Fabrication

Cette étape consiste à vérifier toutes les étapes d'élaboration du produit sur la ligne de fabrication par l'équipe AMDEC pendant les heures de fonctionnement pour affirmer que ce qui se réalise sur le site.

Etape 3 : Analyse des défaillances

L'analyse des défaillances débute tout d'abord par l'identification des défaillances potentielles, ensuite par l'identification des effets potentiels de ces défaillances (situation dangereuse, événement dangereux et dommages) ainsi que les causes possibles responsables de leur apparition.

Cette étape est fondée sur les quatre questions de base de l'AMDEC :

Tableau 4: les quatre questions de base de l'AMDEC

Mode de défaillance potentielle	Effets possibles	Cause possible	Plan de surveillance
Qu'est ce qui pourrait aller mal ?	Quels pourraient être les effets ?	Quels pourraient être les causes ?	Comment faire pour voir ça ?

• **Mode de défaillance** : C'est la façon dont le système ne peut plus remplir sa fonction. Il existe trois modes de défaillance généraux : perte de fonction, fonctionnement intempestif, et dégradation du fonctionnement.

• **Cause** : l'événement ou la chose qui a causé le mode de défaillance.

• **Effet** : Il s'agit d'une conséquence liée au mode de défaillance.

Etape 4 : Evaluation de la criticité

La criticité de défaillance ou encore appelée l'indice de priorité de risque IPR est évaluée à partir du trio mode- cause- effets de la défaillance potentielle.

On définit l'indice de criticité ou l'indice de priorité de risque « IPR » qui représente :

$$IPR = G \times F \times D$$

•**F** : fréquence d'apparition de la défaillance, c'est la probabilité de défaillances, c'est une estimation de la période pour laquelle la défaillance peut se produire.

•**G** : gravité perçue du produit fini, c'est l'importance de la conséquence que génère l'apparition de la défaillance, cette gravité est liée aux effets induits par le mode de défaillance.

•**D** : niveau de détection de la défaillance.

Etape 5 : Hiérarchisation

Vue la grande variété des défaillances potentielles pouvant survenir tout au long du cycle de vie du produit, une hiérarchisation de ces défaillances est indispensable dans le processus AMDEC. Elle permet de classer les modes de défaillance selon leur criticité ce qui permet de décider les actions prioritaires à envisager.

Ce classement permet de moduler la priorité des actions préventives variant en fonction de la catégorie. Selon les scores obtenus, le niveau de risque de la défaillance est défini sur une échelle de criticité, « Critique », « Majeur » ou « Mineur ».

Etape 6 : Prise en charge des défaillances

« Actions correctives et préventives » Dès que les modes de défaillance critiques sont mis en évidence, les actions préventives ou correctives sont proposées pour permettre une diminution du taux de criticité de la défaillance.

•**Actions correctives** : c'est la mise en place de plans dont le but est de corriger tous les effets détectés et de les neutraliser.

•**Actions préventives** : c'est la mise en place des actions pour éviter l'apparition de ces effets à nouveau après les différentes corrections mises en place.

4) Autres outils complémentaires :

a. Diagramme 80/20 (diagramme de Pareto) :

Créé par l'économiste Vilfredo Pareto, et rendu populaire par Juran dans le domaine de la qualité. Le diagramme de Pareto se présente sous forme de graphe en bandes simples, il se base sur la loi du 80/20, c'est-à-dire, 20% des causes permettent d'expliquer 80% du problème. Le diagramme de Pareto permet de collecter toutes les causes possibles d'un seul défaut ou anomalie détectée, puis de les classer par ordre décroissant selon l'impact de leurs effets, ce qui permet de sélectionner les causes les plus importantes et donc établir des priorités d'action.

b. Diagramme causes-effets ou diagramme d'Ishikawa :

Le diagramme causes – effets est communément appelé diagramme d'Ishikawa ou diagramme en arrêtes de poissons ou encore les 5M. Cette technique fut développée en 1962 par l'ingénieur japonais Kaoru Ishikawa.

Elle permet d'identifier les causes potentielles d'un problème en se posant continuellement la question « pourquoi ? ». Les données obtenues sont ensuite regroupées de façon structurée sous forme d'un arbre les classant en cinq catégories distinctes : main-d'œuvre, matériel, milieu, matière et méthode.

L'utilisation du diagramme d'Ishikawa présente les avantages suivants: Il permet de classer les causes liées aux problèmes posés. Il permet de faire participer chaque membre de l'équipe à l'analyse et éviter le problème d'oubli des causes lors d'un travail en groupe.

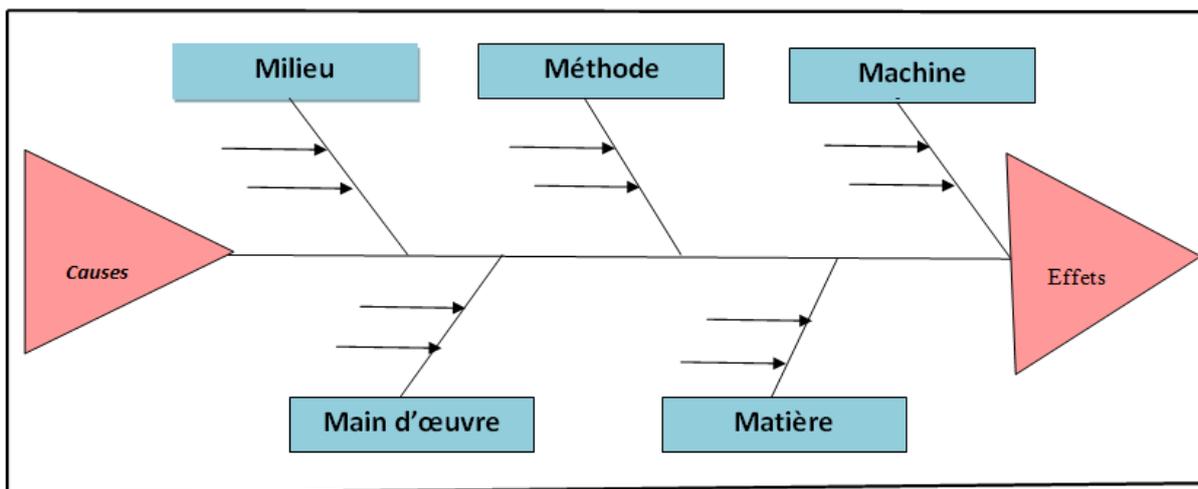


Figure 17: Représentation de diagramme d'ISHIKAWA

II. Méthodologie de travail :

1) Objectif de l'étude

L'objectif principal de notre étude est d'analyser les risques émanant du processus de fabrication de la farine et de son environnement en appliquant la méthode AMDEC couplée à la méthode des 5M (méthode, main d'œuvre, matériel, matière, méthode) Cet outil de gestion nous aidera à :

- Détecter et identifier les défaillances possibles lors de l'élaboration du produit fini;
- Déterminer les causes à l'origine de leur apparition ainsi que les effets engendrés ;
- Evaluer la criticité de ces défaillances pour pouvoir les hiérarchiser;
- Apporter des solutions efficaces correctives ou préventives visant à diminuer leur criticité ;

2) Etape de diagnostic : technique choisie (brainstorming modifié) :

Au cours de notre diagnostic de la chaîne de production de la ligne de production de la farine de luxe, on a choisi la technique de brainstorming afin de faire sortir les différentes causes qui peuvent être à l'origine de non-conformité du produit. Le brainstorming est une méthode qui permet de générer le plus d'idées en un minimum de temps. Il est utilisé pour résoudre des problèmes en recherchant des causes et des solutions possibles.. Il est utilisé pour résoudre un problème en recherchant les causes et les solutions possibles. On a procédé par poser des questions aux différents opérateurs et intervenants dans la chaîne de production de la farine, et on a pu relever les causes qu'on va mettre sous forme du diagramme d'Ishikawa.

3) La démarche AMDEC :

a. Constitution de l'équipe de travail

- Pour la réalisation de cette analyse, l'équipe était constitué de :
- Directeur de production
- Elève ingénieur en industrie agroalimentaire
- Les responsables de laboratoire
- Les responsables de chaque poste du procédé de fabrication

b. Etude fonctionnelle

Etude réalisée en se basant sur les diagrammes de fabrication déjà cités en vérifiant toutes les étapes de la ligne de production.

c. Analyse des défaillances (analyse qualitative)

Lors de cette étape, nous avons procédé à une analyse qualitative des défaillances en commençant tout d'abord par l'identification de toutes les défaillances potentielles puis nous avons déterminé pour chacune d'elles les causes probables ainsi que les conséquences éventuelles.

i. Réception et nettoyage de la matière première

Pour déterminer les différentes modes de défaillance, leurs causes et leurs effets un travail d'équipe est réalisé et chacun a émis ses opinions sur les origines possibles. Ces causes sont ensuite classées en 5M et présentées dans la figure suivante (figure 18):

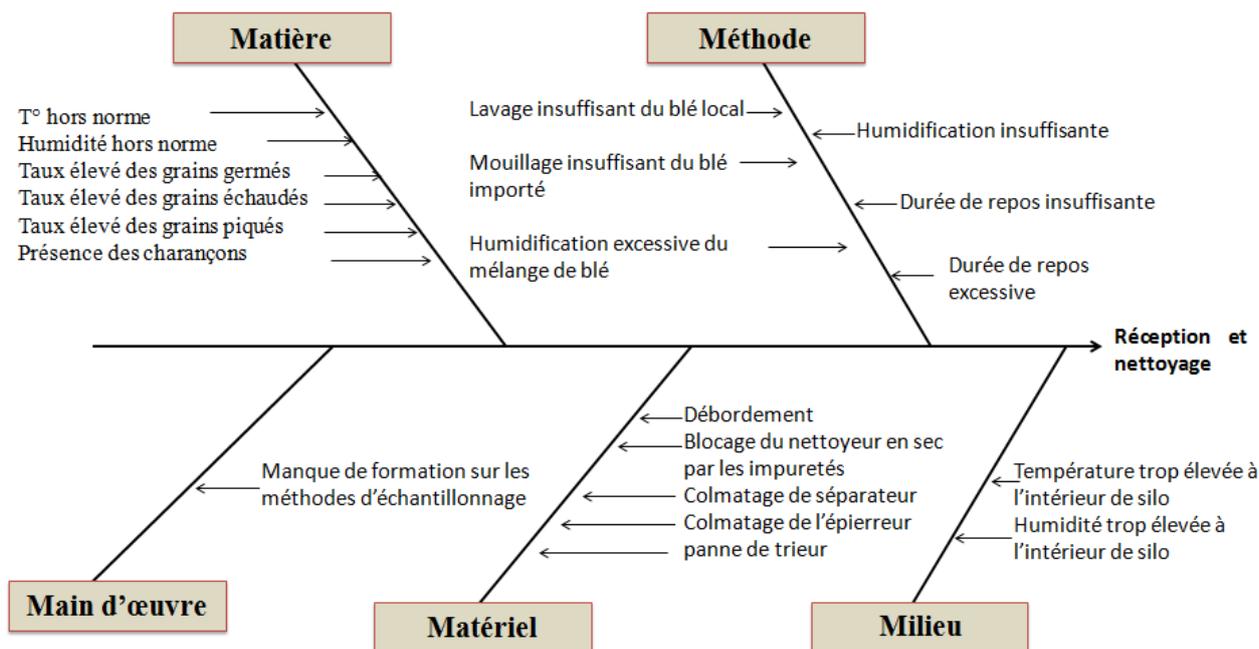


Figure 18: diagramme d'Ishikawa au niveau de nettoyage et réception de la matière première

• **Résultats de l'analyse qualitative :**

Le tableau 5 résume le mode, la cause et l'effet des défaillances relevées lors de la réception et du nettoyage de la matière premières.

Tableau 5: différentes modes de défaillances détectés lors du processus de réception et nettoyage

Mode de défaillance potentiel	la cause de la défaillance	effet de la défaillance
Température hors norme de la matière première	Mauvaise conditions de conservation de la matière première	Détérioration de la qualité de blé
Humidité hors norme de la matière première	Mauvaise traitement de la matière première	Impact sur la qualité de la farine (Humidité élevé)
Taux élevé en grains germés et grains piqués et des mauvaises odeurs	Insectes nuisibles	Impact sur la qualité de la farine (apparition de mauvaises odeurs)
Mouillage insuffisant du blé importé	problème au niveau de débit de l'eau	Perte de rendement (difficulté de séparation de l'amande et enveloppe)

Humidification excessive du mélange de blé	problème de réglage de débit de l'eau	Humidité élevée de la farine
Teneur insuffisante de chlore dans l'eau de nettoyage	Problème de l'opérateur	Blé qui contient encore de saleté
Durée de repos longue	Intervention de l'opérateur	Blé trop sèche (perte de rendement)
Débordement	Blocage au niveau de l'élévateur par une pièce	Arrêt de transfert de blé par l'élévateur
Blocage du nettoyeur à sec par les impuretés	Accumulation de la poussière et les gros déchets au niveau des orifices de nettoyeur	Arrêt de la ligne de production
Colmatage du séparateur	Accumulation des déchets	Arrêt de la ligne de production
Colmatage de l'épierreur	Accumulation des déchets et les petites pierres	Arrêt de la ligne de production
Panne du trieur	Manque de contrôle de maintenance	Arrêt de la ligne de production

ii. La mouture :

Pour arriver à bien analyser quels sont les principaux points de défaillance générés au sein du service de production (moulin) on a fait un suivi pour relever quels sont les principaux problèmes qui impactent la production qui sont résumés dans le tableau 6.

Tableau 6: Classification des arrêts selon leurs durées

machine	pannes	Durée de panne	Date d'intervention	Durée d'intervention
Trieur cylindrique	Panne de l'arbre de la vis coté réducteur	1h	05/04/2021	2h
	<i>Panne de l'arbre creux du réducteur</i>	30min	07/04/2021	1h10min
	<i>Changement roulement pour trieur</i>	15min	07/04/2021	30min
Appareil à cylindres	<i>Arrêt de moteur d'entraînement</i>	15 min	02/05/2021	1h30min
	<i>Libération du cylindre d'alimentation blé</i>	20min	03/05/2021	2h
	<i>Changement des courroies</i>	25min	10/15/2021	30min
	<i>Changement du vérin de la commande d'embrayage</i>	20min	12/05/2021	1h30min
sasseur	Cisaillement des boulons de fixation	20 min	15/05/2021	1h20min
	Changement moteur du sasseur	30min	15/05/2021	1h30min
plansichter	Changement du contacteur de puissance et changement du roulement de moteur	1h	22/05/202	2h15min

D'après les résultats on peut constater que les problèmes liés à la maintenance des appareils cylindriques constituent un problème majeur au niveau du moulin. Nous avons donc décidé de faire un diagramme d'Ishikawa pour visualiser les principales causes à l'origine des problèmes détectés au niveau des appareils cylindriques (Figure 19).

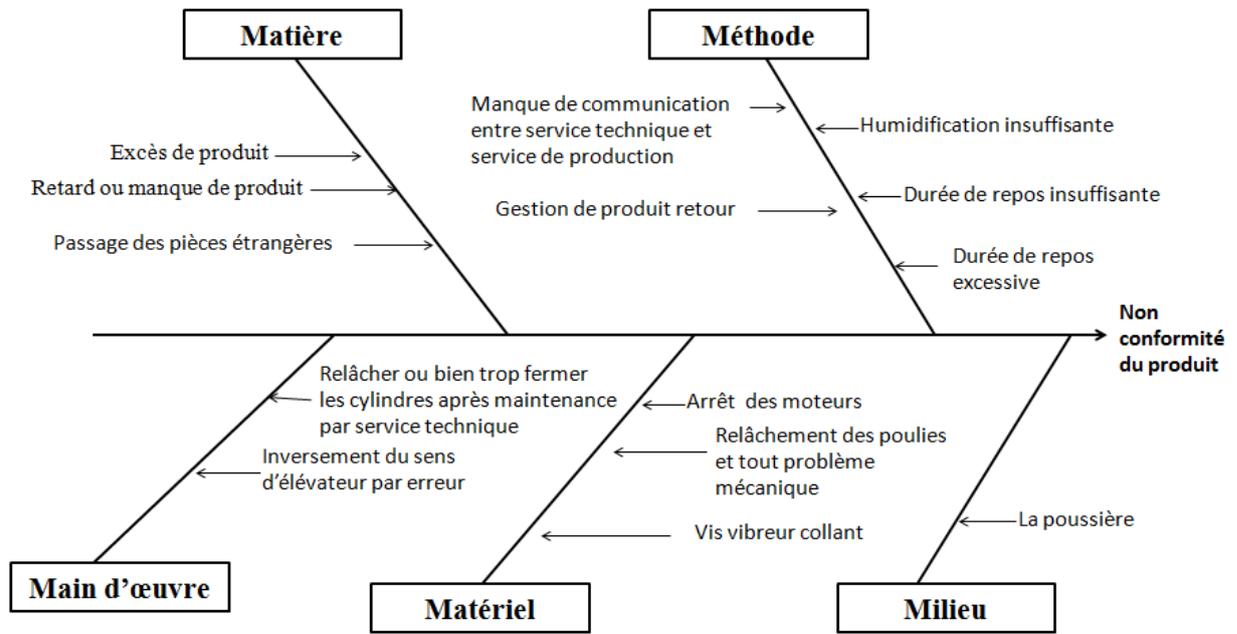


Figure 19: diagramme d'Ishikawa sur les appareils cylindriques

D'après l'analyse de ce diagramme, on constate que les causes racines de l'arrêt se résument en :

- Excès, retard ou manque de produit,
- Passage des pièces étrangères,
- Mauvais comportement des opérateurs,
- Manque de communication entre les services,
- Des problèmes mécaniques.

• **Résultats de l'analyse qualitative :**

Le tableau 7 résume le mode, la cause et l'effet des défaillances relevées lors de la mouture de la matière première.

Tableau 7 : différentes modes de défaillance visualisés sur les appareils de mouture

<i>Mode de défaillance potentiel</i>	<i>cause de la défaillance</i>	<i>Effet de la défaillance</i>
Problème de la gestion de blé	Manque de communication entre service de production et service technique	Les problèmes de stockage
Problème au niveau du plansichter	Colmatage des tamis Humidification excessive du blé pendant la préparation	Diminution de rendement et arrêt de production
Problème au niveau du détacheur	Relâchement des poulies et problèmes mécaniques	Arrêt de production
Problème au niveau du cylindre B3	Problème de réglage (relâcher ou trop fermer après maintenance)	Arrêt de production
Problème au niveau du cylindre B3A	Problème de réglage et arrêt de moteur	Arrêt de production
Problème au niveau cylindre C3	Problème de réglage et arrêt de moteur	Arrêt de production
Colmatage des tamis	Humidification excessive du blé pendant la préparation	Diminution de rendement et arrêt de production

iii. Gestion d'emballage :

Le tableau suivant contient toutes les causes racines des problèmes existants dans ce poste:

Tableau 8: modes de défaillance au niveau du conditionnement de la farine

Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance
Sacs déchirés	Mal formation du sachet Défaut de fournisseur	Perte de produit ou contamination de produit

nettoyage insuffisant	Manque de formation sur l'hygiène	Contamination de la farine
Poids hors norme des sachets	Vitesse de remplissage des sachets hors norme défaut de la vis doseur	Poids non conforme
Balance utilisé pour la psée est non calibré	Erreur étalonnage Formation insuffisante Poids utilisé pour la calibration non étalonné	Pesée erronée /résultat de pesée douteux
Blocage des carrousels.	Absence de maintenance préventive.	Arrêt de conditionnement
Désordre	manque de motivation de personnel	Perte de temps pour le stockage et l'expédition
Sur stockage	Manque de communication entre les opérateurs Mauvaise gestion de lancement de la commande	Mauvaise gestion de production et stock

d. Etude quantitative

Une fois l'analyse qualitative des défaillances faite, nous devons les évaluer, et ce par l'estimation de leur criticité qui correspond au produit des trois critères suivants : la gravité G, la fréquence F (ou probabilité d'apparition) et la détectabilité D.

$$C = G \times F \times D$$

i. Cotation de l'AMDEC

Le tableau 9 représente la cotation des gravités :

Tableau 9: cotation de l'AMDEC

Cotation	Gravité	Fréquence	Non détectabilité
1	Négligeable Causes passagère	Pratiquement improbable : <1 fois /1 an	A l'œil nu
2	Marginale : Cause intervenant de façon indirecte sur la défaillance	improbable : <1 fois /6 mois	simple ou l'œil de l'expérimenté
3	Grave : Cause intervenant de façon directe sur la défaillance	Rare <1 fois / 3mois	Par un examen détaillé
4	Critique : Le produit est touché de façon directe et presque permanente	Fréquent <1 fois / mois	Par une analyse
5	Catastrophique : Cause principale de la persistance de défaillance	Très fréquent <1 fois / semaine	Indétectable

ii. Résultats d'analyse quantitative :

L'évaluation de la criticité pour les processus de réception et nettoyage, de mouture, d'emballage sont résumés dans le tableau 10.

Tableau 10: évaluation de la criticité

<i>Réception et nettoyage</i>				
Les modes de défaillance	évaluation			Résultats=
	Gravité G*	Fréquence F*	Détection D*	Criticité= G*F*D
Température hors norme de la matière première	1	1	2	2

Humidité hors norme de la matière première	4	4	3	48
Taux élevé en grains germés et grains piqués et des mauvaises odeurs	4	4	2	32
Mouillage insuffisant du blé importé	2	3	1	6
Humidification excessive du mélange de blé	4	4	3	48
Teneur insuffisante de chlore dans l'eau de nettoyage	3	2	4	24
Durée de repos longue	1	2	3	6
Débordement	2	2	2	8
Blocage du nettoyeur à sec par les impuretés	2	5	1	10
Colmatage du séparateur	2	3	2	12
Colmatage de l'épierreur	2	3	2	12
Colmatage du trieur	2	3	2	12
<i>La mouture</i>				
Problème de la gestion de blé	1	1	2	2
Problème au niveau du plansichter	3	4	2	24
Problème au niveau du détacheur	3	4	2	24
Problème au niveau du cylindre B3	4	4	2	32
Problème au niveau du cylindre B3A	4	4	2	32

Problème au niveau cylindre C3	4	4	2	32
Colmatage des tamis	2	2	2	8
<i>Emballage</i>				
Sacs déchirés	3	2	2	12
nettoyage insuffisant	3	4	2	24
Poids hors norme des sachets	3	3	3	27
Balance utilisé pour la pesée est non qualifié	2	2	3	12
Blocage des carrousels.	4	3	2	24
Désordre	4	4	2	32
Sur stockage	2	2	1	4

e. hiérarchisation des résultats

Afin de localiser les différentes zones à risques, le niveau d'occurrence et la gravité doivent être croisés dans la matrice de criticité. La norme NF EN 50126 propose une matrice gravité/fréquence (Tableau 11) :

Tableau 11 : Matrice de criticité selon la norme NF EN 50126

	négligeable	marginale	critique	catastrophique
Pratiquement improbable	négligeable	négligeable	négligeable	négligeable
improbable	négligeable	négligeable	acceptable	acceptable
rare	négligeable	acceptable	indésirable	indésirable
fréquent	acceptable	indésirable	indésirable	inacceptable
probable	indésirable	Indésirable	inacceptable	inacceptable
Très fréquent	indésirable	inacceptable	inacceptable	inacceptable

Sur la base du score critique obtenu, nous définissons une échelle de priorité, qui permet de classer les défauts afin de déterminer les opérations prioritaires (figure 20).

- Le risque est considéré comme « élevé » ou « majeur » dans les circonstances suivantes : $C \geq 40$ (atténuation de risque est obligatoire).
- Le risque est considéré comme « moyen » ou "mineur" si : $20 < C < 40$ (si possible, le risque est réduit).
- Le risque est considéré comme « faible » ou « acceptable » si : $C < 18$.

La figure suivante montre la répartition des risques dans un ordre décroissant :

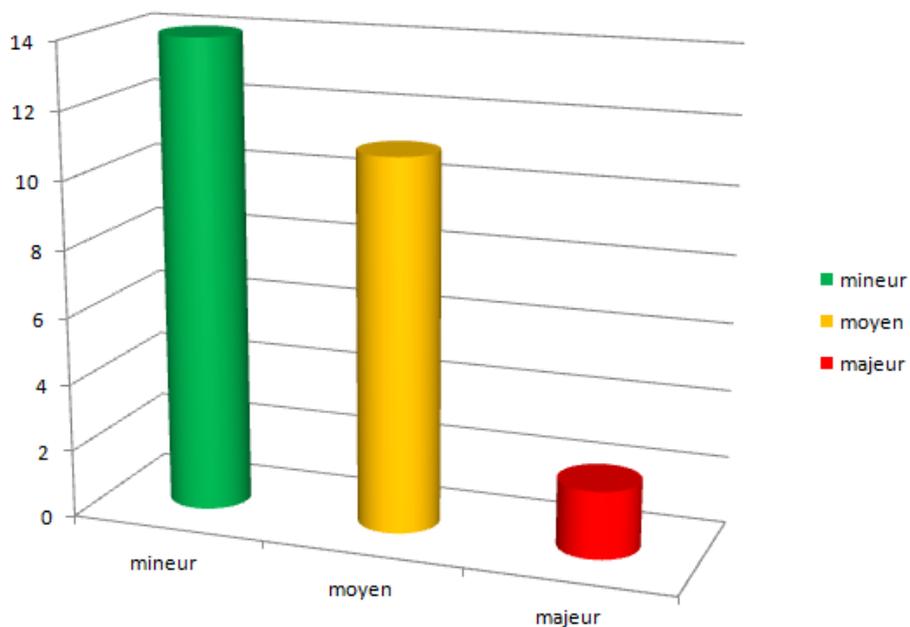


Figure 20: répartition des niveaux de criticité des modes de défaillance

Chapitre IV :

Prise en charge des modes de défaillance

On a pu déterminer dans le chapitre précédent les causes racines des problèmes rencontrés. Alors que dans le présent chapitre on va proposer quelques solutions ainsi que des plans d'actions pour résoudre ces problèmes.

1) Solutions proposées pour le poste réception et nettoyage

D'après l'analyse de criticité déjà établi on a constaté que la réception et le nettoyage de blé constitue une étape critique dans le procédés de production et surtout au niveau du contrôle de la matière première et le mouillage de blé.

a. Contrôle de la qualité :

On a proposé une liste des appareils qui permettent de gagner du temps tout en donnant un résultat fiable et plus précis : [7]

-Agri-TR : Humidimètre automatique ,il mesure humidité, la température et la densité, analyse et affichage des résultats en 35 secondes (vidage compris).



Figure 21: Agri-TR

- Amylab FN : Détecte les lots de grains germés et mesure l'activité amylasique de la farine, la sécurité de l'opérateur (pas de verrerie, pas de bain-marie) et la facilité d'utilisation.



Figure 22: Amylab FN

- Mixolab : Mixolab : Mesurer les caractéristiques de la pâte et la qualité des protéines et de l'amidon pendant le processus de pétrissage.



Figure 23: Mixolab

- Le nettoyeur séparateur automatique pour déterminer le niveau d'impuretés du grain est silencieux, pratique et rapide.



Figure 24 : nettoyeur automatique

2) Solutions proposées pour les problèmes des arrêts

D'après le suivi qu'on a fait sur les principaux appareils utilisés dans la mouture on a constaté que les principaux arrêts sont au niveau des appareils à cylindres, les sasseurs et le plansichter c'est pour cela on a décidé d'implémenter un système de maintenance préventive.

a. Définition de la maintenance selon AFNOR

La maintenance est l'ensemble des activités destinés à maintenir ou à rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sureté de fonctionnement pour accomplir une fonction requise.

b. Définition de la maintenance selon CEN 1995

La maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de gestion durant le cycle de vie d'un bien destinée à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise.

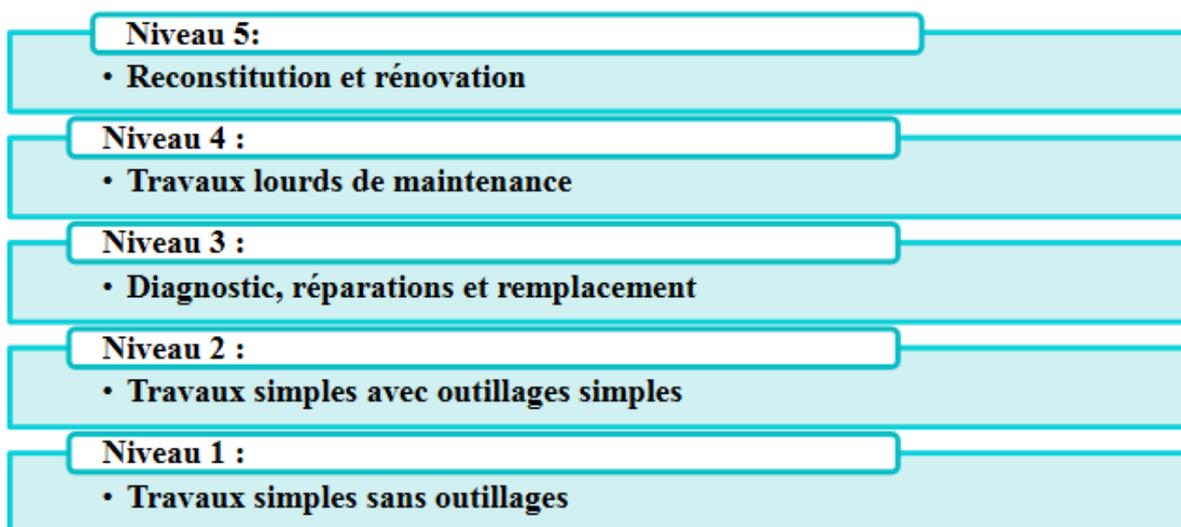


Figure 25: niveaux de maintenance

c. Les appareils à cylindres

La maintenance préventive des appareils cylindriques est résumée dans le tableau :

Tableau 12: maintenance des appareils à cylindres

Élément	Exécuteur	Opération
Courroies	mécanicien	Contrôle de la tension et l'état d'usure
Dispositif de nettoyage	Mécanicien	Effectuer le réglage
Supports	Mécanicien	Contrôles de la température
graisseur	Mécanicien	Contrôle de la quantité d'huile
vis	mécanicien	Contrôle de serrage
Contrôles régulières 2 à 3 fois par semaine		

Remarque :

Il faut contrôler l'état des cylindres avant la mouture et ne pas les laisser par erreur trop fermés ou trop relâché par les opérateurs en gardant toujours la communication avec le service de production avant de démarrer la mouture.

d. Les sasseurs :

Le tableau 13 représente les opérations de maintenance des sasseurs :

Tableau 13: maintenance des sasseurs

Eléments	Exécuteur	opérations
Courroies denté	mécanicien	Contrôler la tension et l'état d'usure
Support	mécanicien	contrôler la température extérieure
roulements	mécanicien	Graissage
Vis	Mécanicien	serrage
Ressorts	Mécanicien	Vérification d'état d'usure
L'installation d'aspiration centralisée	Electricien	Contrôler s'il n y a pas des pertes dans la connexion à l'installation
Remarque : Il faut faire fonctionner l'installation d'aspiration centralisée pour quelques minutes avant le démarrage pour permettre le dépoussiérage à l'intérieur de la machine.		

e. Plansichter

Les différentes actions préventives sont représentées dans le tableau 14 :

Tableau 14 : maintenance du plansichter

Eléments	Exécuteur	Opérations
courroies	mécanicien	Vérification de la tension et l'état d'usure
Tamis	mécanicien	Contrôler le blocage
Roulements	mécanicien	Graissage
Ecrous	Mécanicien	Serrage
Vis	Mécanicien	Contrôler le serrage
Poulies	Mécanicien	Vérifier l'alignement
Garniture tamisante	Mécanicien	Les remplacer si nécessaire
Dispositifs de nettoyage	Mécanicien	Contrôler l'état d'usure
moteur	Mécanicien	Vérifier s'il y a des bruits ou vibrations
Dispositif d'alimentation	Electricien	Vérification
Goulottes de déchargement	mécanicien	Vérifier l'écoulement de produit Vérifier s'il y a des fissurations
<p>Remarque : Ces opérations doivent être effectuées par des opérateurs qualifiés.</p>		

3) Solutions proposées pour le poste emballage :

Dans ce poste on a essayé de remédier au problème de maintenance des carrousels et le problème d'organisation au sein du service.

a. Blocage des carrousels :

Pour diminuer l'effet de ce problème on a proposé de programmer un plan de maintenance préventive mensuel pour les carrousels.

b. Gestion de poste emballage

Pour une meilleure gestion du poste emballage on a fait une formation du personnel sur les 5S.

Objectifs :

La méthode 5S est un outil d'amélioration continue importé du japon permettant d'optimiser l'organisation et l'efficacité d'un poste de travail ou d'un service d'une entreprise.[4]

Cet outil est basé sur la participation du personnel qui prend en charge et organise son espace de travail.

Les principaux objectifs de la méthode 5S sont la suppression de perte de temps, la réduction des risques d'erreurs et d'accidents et l'amélioration des conditions de travail. la méthode 5S contribue au respect de l'environnement et permet la simplification des opérations et l'autonomie.

Le programme de la formation :

Le programme de formation s'est déroulé comme suit :

- ✓ Formation théorique en salle
- ✓ Des jeux collectifs
- ✓ Des cas pratiques de mise en application terrain

Le tableau suivant représente les actions mis en place par le personnel après la formation :

Tableau 15:5S au niveau du poste emballage

Catégorie	Actions correctives
Débarrasser (seiri)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eliminer l'inutile dans le poste et dans son environnement. ▪ Se débarrasser des outils non-conformes de nettoyage.
Ranger (seiton)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Délimiter et repérer chaque objet dans un emplacement bien défini de façon à faciliter le travail. ▪ Identifier chaque zone. ▪ Accrocher des fiches (symboles et images) indiquant le bon emplacement des objets. ▪ Organiser la zone de stockage. ▪ Définir l'emplacement du matériel de nettoyage.
Nettoyer (seiso)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eliminer les déchets et des objets inutiles par l'opérateur à chaque début et fin de travail, pour la netteté du poste. ▪ Mettre en évidence des consignes de nettoyage et rangement.
Standardiser (Seiketsu)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Imprimer sur des étiquettes l'identification du poste et les coller sur le mur ▪ Maintenir le poste de travail en ordre et propre à l'aide des règles de travail. ▪ Pour que ces règles soient respectées, il est préférable de les faire écrire et les visualiser par les opérateurs eux-mêmes.
Pratiquer (Shitsuke)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Réaliser un panneau comportant un plan d'action 5S et les résultats de contrôle de chaque mois. ▪ Impliquer le personnel dans la démarche de progrès.

Conclusion générale

L'amélioration continue est un projet à long terme, elle demande un engagement et une participation effective du personnel de tous les services, dès la réception de la matière première jusqu'au conditionnement du produit fini.

Ce travail nous a donné l'occasion de mettre en application les théories et les méthodes enseignées à la faculté, de s'ouvrir sur le monde professionnel et d'acquérir des nouvelles connaissances scientifiques et techniques. Ainsi, il nous a permis d'assurer la responsabilité d'un travail. En effet, ce présent travail a pour objectif l'application des outils de Lean Manufacturing au sein du NMBG :

Nous avons commencé par un diagnostic et une analyse de l'existant, cette étape était décisive, elle nous a permis d'identifier l'état actuel du processus en analysant les problèmes rencontrés au niveau de la Réception de la matière première, la Mouture, et l'Emballage.

Dans la suite, nous avons classifié les causes racines de défaillances en utilisant les diagrammes d'Ishikawa, puis on a fait une évaluation de la criticité des modes de défaillance relevés.

Pour y remédier nous nous sommes basés sur : l'adoption d'une maintenance préventive des machines dont le rôle est primordial au sein du service de la production, l'implémentation de la méthode des 5S pour une bonne gestion du poste emballage et aussi proposer de nouveaux appareils pour le laboratoire qui sont plus précis et permet de gagner plus de temps.

Au terme de ce travail, il est à noter qu'au niveau personnel, ce stage de fin d'étude était très bénéfique et constructif. en plus les missions qui m'ont été confiées sur le terrain, m'ont permis d'acquérir des outils et des techniques pratiques permettant ainsi le renforcement de mes compétences, et aussi une connaissance approfondie de toutes contraintes liées au domaine de la minoterie .

Bibliographie

- [1] **Cours de formation NMBG**, les caractéristiques boulangères de la farine.
- [2] **Perten Harberg**, « indice de chute-Falling Number application et méthodes » standard international AACC n°56-81.03, ICC n°107/1, ISO n°3093.
- [3] **Gérard Landy**, AMDEC guide pratique, AFNOR 2ème édition ,2007.
- [4] **Christian Hohmann**, « Guide pratique des 5S pour les managers et les encadrants » outil de base de la performance ,2010.

Webographie

- [5] <https://www.agenceecofin.com/cereales/1301-84079-maroc-l-ukraine-pourrait-dominer-les-importations-de-ble-en-2020/2021>
- [6] <https://www.onicl.org.ma/portail/sites/default/files/FichierPage/Fiche%20minoterie-2020.pdf>
- [7] <https://chopin.fr/fr/liste-des-appareils.html>

ANNEXES

Annexe 1

	<p align="center">Fiche de diagnostic de procédé de fabrication de la farine NMBG</p>	<p>Réalisé par : Noura BERTAL Responsable de poste : Mr Ismail Date : 08/04/2021</p>
<p align="center">AMDEC PROCESSUS</p>		
<p align="center"><i>Poste : réception et nettoyage</i></p>		
<p align="center">Mode de défaillance potentielle</p>	<p align="center">Effets possibles</p>	<p align="center">Causes possibles</p>

Annexe 2

	<p align="center">Fiche de diagnostic de procédé de fabrication de la farine NMBG</p>	<p>Réalisé par : Noura BERTAL Responsable de poste : Mr Mohamed Karim BOUAYAD Date : 15/04/2021</p>
<p align="center"><i>Poste : moulin</i></p>		
<p align="center">AMDEC PROCESSUS</p>		
<p align="center">Mode de défaillance potentielle</p>	<p align="center">Effets possibles</p>	<p align="center">Causes possibles</p>

Annexe 3

AMDEC PROCESSUS		
	<p><i>Fiche de diagnostic de procédé de fabrication de la farine NMBG</i></p>	<p>Réalisé par : Noura BERTAL Responsable de poste : Mr Lhabib Date : 22/04/2021</p>
<p><i>Poste : Emballage</i></p>		
AMDEC PROCESSUS		
Mode de défaillance potentielle	Effets possibles	Causes possibles

Annexe 4

Fiche suivie des 5S		
Réalisée par : BERTAL Noura		
Poste : Emballage ; date : 03/04/2021	Oui	Non
Débarrasser	1	1
Les gestes inutiles sont éliminés.		X
Présence des matériels utiles.	X	
Ranger	2	5
Les affiches, les consignes sont bien présentées.		X
Bonne ergonomie du rangement des objets, produits non-conformes et les retours.		X
Bonne visibilité des étiquettes d'identification des lieux de stockage.	X	
Les emplacements de tous les équipements sont tracés.		X
Tous les sacs sont dans des emplacements identifiés.		X
Tous les documents sont dans leurs emplacements.	X	
Les limites maximales des stocks sont définies et respectées.		X
Nettoyer	0	3
Absence totale des déchets sur le poste de travail.		X
Présence et bon état de matériel de nettoyage.		X
Absence de saleté sur le sol.		X
Standardiser	3	2
Le personnel est conscient des consignes		X
La zone est dotée d'un panneau 5S		X
Présence des règles et des consignes de travail	X	
Présence du planning de nettoyage	X	
Présence d'un état de référence affiché.	X	
Pratiquer	0	2
Les écarts des derniers audits sont corrigés.		X
La procédure de travail est respectée.		X
Total	6	13

Filière Ingénieurs IAA

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'Etat

Nom et prénom: Noura BERTAL

Année Universitaire : 2020/2021

Titre: Amélioration continu de la productivité dans la ligne de production par implémentation de la démarche de qualité AMDEC au sein de la société Nouveaux Moulins BAB GUISSA.

Résumé

Ce rapport s'inscrit dans le cadre de la préparation du Diplôme d'Ingénieur d'état en l'industrie agroalimentaire, qui vise à analyser la filière céréalière NMBG en vue de relever les principaux points à l'origine de dysfonctionnement du procédé industriel tout en utilisant la démarche de qualité AMDEC.

Pour accomplir notre travail nous étions amené à :

Comprendre de près le processus de fabrication, de diagnostiquer les postes réception, nettoyage, la mouture et l'emballage et de chercher les causes racines des problèmes rencontrés, puis on a classifié les causes racines générant les problèmes en utilisant les diagrammes d'Ishikawa pour évaluer la criticité.

Pour y remédier nous nous sommes basés sur : implémentation d'un programme de maintenance préventive pour les appareils de mouture ,l'adoption de la démarche 5S, pour une bonne gestion du poste emballage, et la proposition des nouvelles techniques d'analyses au niveau de laboratoire pour plus de fiabilité des résultats des tests effectués sur la matière première et le produit fini .

Mots clés: AMDEC, défaillance, évaluation, criticité, Ishikawa.