



DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN BIOLOGIE**

**Spécialité: BIOTECHNOLOGIE DES MICROORGANISMES**

THÈME

**Diagnostic et caractéristique physico-  
chimique et microbiologique du couscous  
industriel**

Présenté par

*M<sup>lle</sup>. LOUAFI Samra & M<sup>lle</sup>. KHEDIM Houriya.*

Soutenu publiquement le : 30/06/2016

DEVANT LE JURY :

Président BENBOUZIANE. B

Meb. C. U. Mostaganem

Encadreur CHERIGUENE. A

Prof. U. Mostaganem

Examineur AIT SAADA. D

M. C. B. U. Mostaganem

# Remerciements

Avant toute chose, nous remercions " الله " qui ma donné la  
Patience, le courage et la volonté pour réaliser ce mémoire  
Pais et salut sur notre premier éducateur ( محمد صلى الله عليه وسلم ) le prophète pour ce qu'il a  
donné à l'humanité.

Nous tiennes aussi à présenter nos sincères remerciements à notre encadreur  
**Dr. CHERIGUENE Abd Errahim** pour sa disponibilité tout au long de l'élaboration  
de ce mémoire, pour ses encouragements, ses conseils, pour son aide, ses critiques et ses  
suggestions, et surtout pour sa patience dans la correction de ce travail.

Nous remercions **Dr. BENBOUZIAN. A** d'avoir accepté d'honorer par sa présence, la  
présidence du jury de soutenance.

Nous remercions également **Dr. AIT SAADA. D** qui a bien voulu accepter d'examiner  
ce modeste travail, nous l'a remercié très vivement.

Nous voudrions remercier aussi les techniciens du laboratoire de microbiologie  
**Mohammad, Djillali, Radouen, Nadia** et particulièrement **Hafida** pour sa  
patience, son aide précieuse et ses valeureux conseils.

Et sans oubliés nous remercions également les responsables de l'entreprise Groupe de  
METIDJI Dahra pour vous acceptation de notre stage, **Mme OIKIRI F** et **Mme BEN**  
**ANTAR auicha** responsable des labos physico-chimique et de microbiologie  
« céréale »

Finalement, nous remercions tous ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à  
l'accomplissement de ce mémoire.

A vous tous, un grand *Merci*

## *Dédicaces*

*Je dédie cette mémoire :*

*A ma très chère mère :*

*Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour toi, reçoit ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime.*

*Quisse le puissant te donner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour. A mon très chère mes sœurs Ikram et Ritadj, ma grande mère Fatima, Toute ma famille, et Tous mes amis et spécialement fatma et samra pour leurs encouragements durant toutes les phases de mes études. Dieu leurs garde et leurs montre le droit chemin.*

*H. Khedim*

# Dédicace

*Je dédie ce travail en premier lieu à mes parents « papa & maman » qui me sont très chers en témoignage à leur soutien pendant toute ma vie car aucun mot ne pourra exprimer ma haute gratitude et profonde affection.*

*A mes frères « Djamel – Abd Elkarim et Habibo». A mes sœurs « Fatima et Sarra » et à toute la famille LOUAFI.*

*A tous mes amis surtout Souad, Fatima, et toutes les amis.*

*Et aussi sans oublier ma promotion de Biotechnologies des Micro-organismes*

*Et à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail.*

S. LOUAFI

## Résumé

L'objectif de cette étude est un procédé industriel possédant les étapes de pré cuisson de la semoule a été appliqué pour la fabrication de couscous à base de blé dur et les processus de fabrication industrielle du couscous « Safina » Mostaganem.

Pour réaliser ce travail, nous avons effectué des tests physiques (granulométrie, humidité, indice de gonflement, activité de l'eau et indice de couleur), des tests biochimiques (taux de cendres, matière grasse et protéines) et des tests microbiologiques (levures et moisissures, des Coliformes totaux, Flore aérobie mésophile totale et *Clostridium* sulfite réducteurs). Sur le couscous, les résultats obtenus ont montré que:

- \_ Le couscous  $CM_{AF}$  est plus intéressant ( $A_w=0,563$ ) du point de vue commercial que celui le  $CM_{FA}$  ( $A_w=0,618$ ).
- \_ L'indice de couleur a montré une coloration jaune plus prononcée pour le couscous « Safina AFRAM», ce qui attire le consommateur.
- \_ La qualité culinaire du  $CM_{AF}$  ( $IG=3,14$ ) est plus considérable que celle du  $CM_{FA}$  ( $IG=2.94$ ).
- \_ La qualité nutritionnelle du couscous  $CM_{AF}$  (taux de cendres=0.88% et protéines=14.78%) est plus appréciable que celle du couscous  $CM_{FA}$  (taux de cendres=0,81% et protéines=14.58%). Par contre, le  $CM_{AF}$  plus riche en protéines (14,78%MS) que celui  $CM_{FA}$  (14.58% MS).
- \_ Sur le plan microbiologique, les deux types de couscous sont conformes aux normes. Les dénombrements des levures et moisissures, des Coliformes totaux, Flore aérobie mésophile totale et des *Clostridium* sulfite réducteurs ont montré des valeurs largement inférieures aux seuils déterminés par la réglementation.

**Mots clés:** *Couscous ; Semoule ; analyses physico-chimiques ; analyses microbiologiques ; HACCP.*

## Les des tableaux :

N°	Titre	Page
<b>01</b>	Composition biochimique du germe de blé (en g pour 100 g de matière digestible).	<b>04</b>
<b>02</b>	Les événements marquants dans l'historique du système HACCP.	<b>17</b>
<b>03</b>	Expression des résultats du dénombrement des germes recherchés pour les deux types de couscous.	<b>57</b>
<b>04</b>	Les caractéristiques microbiologiques du couscous en fonction des normes internationales	<b>57</b>
<b>05</b>	Résume les analyses physiques du blé dur.	<b>57</b>
<b>06</b>	Caractéristiques physicochimiques de la semoule supérieure du complexe <b>GRANDS MOULINS DU DAHRA</b>	<b>58</b>
<b>07</b>	Expression des résultats de la granulométrie pour le CM <sub>AF</sub> et le CM <sub>FA</sub>	<b>59</b>
<b>08</b>	Expression des résultats l'Indice de gonflement pour le CM <sub>FA</sub> et le CM <sub>AF</sub>	<b>59</b>
<b>09</b>	Expression des résultats de l'Indice de couleur pour le CM <sub>FA</sub> et le CM <sub>AF</sub> .	<b>62</b>
<b>10</b>	Expression des résultats de l'Humidité pour le CM <sub>FA</sub> et le CM <sub>AF</sub>	<b>64</b>

## Liste des abréviations

<b>Abréviation</b>	<b>Explication</b>
3SE	semoule super sassé extra
AW	activité de l'eau
BD	blé dur
BPF	Bonne pratique de fabrication
BPH	Bonne pratique d'hygiène
CODEX	Commission du codex alimentarius faisant partie de la FAO/OMS
CCP	Critical control
CM <sub>AF</sub>	Couscous moyen AFRAM
CM <sub>FA</sub>	Couscous moyen FAFA.
CSR	<i>Clostridium</i> sulfite réducteurs
H%	Teneur en eau (humidité)
GMD	GRANDS MOULINS DU DAHRA
HACCP	Hazard Analysis Critical Point
IG	Indice de gonflement
ISO	international standards organisation
MP	Matière Première
MG	Teneur en matière grasse
N.A.C.M.C.F	National Advisory committee For Microbiological Criteriafr Foods
OGA	gélose à la base l'oxytetracycline
SE	appelée aussi semoule extra
SGM	semoule grosse moyenne
SG	semoule grosse
TC	Taux de cendres
tr	tour
TSE	trypton sel eau
VF	viande foie
VRBL	gélose du cristal violette ou rouge neutre biliée et lactosée

## Liste des figures.

N°	Titre	Page
<b>01</b>	Histologie du grain de blé (Surget et Barron, 2005).	<b>02</b>
<b>02</b>	Diagramme industriel simplifié de fabrication de semoules de blé dur selon (Azudin, 1988).	<b>05</b>
<b>03</b>	schéma de la fabrication industrielle du couscous (FEILLET P, 2000).	<b>13</b>
<b>04</b>	Composition de la qualité d'un produit alimentaire selon la règle des « 4S ». (Neyers, 1995).	<b>16</b>
<b>05</b>	le diagramme Cause/Effet (Chauvel, 1994).	<b>18</b>
<b>06</b>	La logique fondamentale du HACCP (Jouve, 1996).	<b>23</b>
<b>07</b>	Structure des micro-colonies.	<b>35</b>
<b>08</b>	Etapes de la formation des biofilms (Vaughan, 2009).	<b>35</b>
<b>09</b>	Prélèvements des échantillons de la produit fini CM <sub>FA</sub> et CM <sub>AF</sub> .	<b>45</b>
<b>10</b>	Technique de dilution décimale	<b>46</b>
<b>11</b>	Les dilutions mères du couscous et les dilutions décimales.	<b>46</b>
<b>12</b>	Technique de dénombrement des clonée bactérien	<b>47</b>
<b>13</b>	Recherche des CSR à 46°C sur milieu VF	<b>48</b>
<b>14</b>	Un appareil de l'infratec	<b>49</b>
<b>15</b>	Les échantillons de la semoule 3SE et du CM <sub>FA</sub> CM <sub>AF</sub>	<b>50</b>
<b>16</b>	Un appareil du tamiseur	<b>50</b>
<b>17</b>	Un appareil de chromamètre	<b>52</b>
<b>18</b>	Un appareil Etuve multicellulaires.	<b>53</b>
<b>19</b>	Une dessicateure.	<b>53</b>
<b>20</b>	Un appariel four à moufle électrique.	<b>54</b>
<b>21</b>	Un dessicateur.	<b>56</b>
<b>22</b>	Un appareil de distillateur Unité KJELDAHL	<b>56</b>
<b>23</b>	Granulométrie de la semoule 3SE de blé dur (GRANDS MOULINS DU DAHRA).	<b>59</b>
<b>24</b>	Indice de gonflement des deux types de couscous	<b>61</b>
<b>25</b>	Indice de couleur des deux types de couscous	<b>62</b>
<b>26</b>	Taux de cendres des deux types de couscous.	<b>63</b>
<b>27</b>	Humidité des deux types de couscous.	<b>64</b>
<b>28</b>	Représente Aw de deux types de couscous.	<b>65</b>
<b>29</b>	Teneur en protéines des deux types de couscous.	<b>66</b>
<b>30</b>	Teneur en matière grasse des deux types de couscous.	<b>67</b>



## *Sommaire*

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Résumé

Abstract

### *Partie 01 : Etude bibliographique*

Introduction

### *Chapitre I : Généralité sur le couscous*

1. Le blé	01
1.1. Introduction	01
1.2. Grain de blé	01
1.3. Définition	01
1.4. Le germe de blé	01
1.5. Structure et composition du grain de blé	02
1.6. Composition biochimique de grain de blé	02
1.6.1. Les éléments principaux	03
1.6.1.1. Les glucides	03
1.6.1.2. Les protéines	03
1.6.1.3. Les lipides	03
1.6.2. Les éléments secondaires	03
1.6.2.1. Les pigments et les vitamines	03
1.6.2.2. Les enzymes	04
1.6.2.3. Les minéraux	04
1.6.2.3.1. L'eau	04

<b>1.2. Transformation du blé dur en semoule</b>	<b>05</b>
<b>1.2.1. Semoule</b>	<b>06</b>
<b>2. Pâtes alimentaires</b>	<b>06</b>
<b>2.1. Définition</b>	<b>06</b>
<b>2.2. Qualité de la semoule destinée à la fabrication du couscous</b>	<b>07</b>
<b>3. Le couscous</b>	<b>07</b>
<b>3.1. Historique</b>	<b>07</b>
<b>3.2. Définition de couscous</b>	<b>08</b>
<b>3.3. Technologie du couscous</b>	<b>08</b>
<b>3.4. La fabrication artisanale</b>	<b>09</b>
<b>3.4.1. Préparation des semoules</b>	<b>10</b>
<b>3.4.2. Précuisson de la semoule</b>	<b>10</b>
<b>3.4.3. Roulage</b>	<b>10</b>
<b>3.4.3.1. Première étape</b>	<b>10</b>
<b>3.4.3.2. Deuxième étape</b>	<b>11</b>
<b>3.4.3.3. Troisième étape</b>	<b>11</b>
<b>3.4.3.4. Précuissons du couscous</b>	<b>11</b>
<b>3.4.3.5. Séchage</b>	<b>12</b>
<b>3.4.4. La fabrication industrielle</b>	<b>12</b>
<b>3.4.5. Le conditionnement et le stockage</b>	<b>13</b>
<b><i>Chapitre II : Système de management de la qualité</i></b>	
<b>1. Concept de la qualité</b>	<b>14</b>
<b>1.1. Définition de la qualité</b>	<b>14</b>
<b>1.2. Types de la qualité alimentaire</b>	<b>14</b>
<b>1.2.1. Qualité nutritionnelle</b>	<b>15</b>
<b>1.2.2. Qualité hygiénique</b>	<b>15</b>

<b>1.2.3. Qualité organoleptique</b>	<b>15</b>
<b>2. HACCP (Hasard Analysis Critical Control Points)</b>	<b>16</b>
<b>2.1. Historique</b>	<b>16</b>
<b>2.2. Définition</b>	<b>18</b>
<b>2.3. Logique fondamentale de système HACCP</b>	<b>21</b>
<b>2.4. Les principes du système HACCP</b>	<b>24</b>
<b>2.4.1. Principe 1 : procéder à une analyse des dangers</b>	<b>24</b>
<b>2.4.2. Principe 2 : déterminé les points critiques pour la maîtrise</b>	<b>24</b>
<b>2.4.3. Principe 3 : établir des limites critiques</b>	<b>24</b>
<b>2.4.4. Principe 4 : établir un système de surveillance des CCP</b>	<b>24</b>
<b>2.4.5. Principe 5 : établir les actions correctives</b>	<b>25</b>
<b>2.4.6. Principe 6 : établir des procédures de vérification</b>	<b>25</b>
<b>2.4.7. Principe 7 : établir un système documentaire</b>	<b>25</b>
<b>2.5. Les douze étapes du système HACCP</b>	<b>25</b>
<b>2.5.1. Etape 1 : constituer l'équipe HACCP</b>	<b>25</b>
<b>2.5.2. Etapes 2 : définir le champ de l'étude</b>	<b>26</b>
<b>2.5.3. Etape 3 : Décrire le produit et identifier l'usage attendu</b>	<b>27</b>
<b>2.5.4. Etape 4 : Etablir un diagramme des opérations du procès</b>	<b>27</b>
<b>2.5.5. Etape 5 : Vérifier sur place le digramme de fabrication</b>	<b>27</b>
<b>2.5.6. Étape 6: analyse des dangers (voire principe 1)</b>	<b>28</b>
<b>2.5.7. Étape 7: détermination des points critiques (CCP's) (voire principe 2)</b>	<b>28</b>
<b>2.5.8. Étape 8: Fixation des limites critiques (voir principe 3)</b>	<b>28</b>
<b>2.5.9. Étape 9: mise en place d'un système de surveillance des CCPs (voir principe 4)</b>	<b>28</b>
<b>2.5.10. Étape 10: Déterminations des mesures correctives (voir principe 5)</b>	<b>28</b>
<b>2.5.11. Étape 11: Mise en place des procédures de vérification du système du HACCP (voir principe 6)</b>	<b>28</b>
<b>2.5.12. Étape 12: Mise en place d'un système de documentation et d'enregistrement (voir principe 7)</b>	<b>28</b>

<b>3. Avantage du système HACCP</b>	<b>28</b>
<b>4. Inconvénients du système HACCP</b>	<b>29</b>
<b>5. Systèmes ISO</b>	<b>30</b>
<b>5.1. Généralité</b>	<b>30</b>
<b>5.2. Normes ISO relatives au management et à la sécurité alimentaire et environnementale</b>	<b>31</b>
<b>5.3. Relation entre HACCP et ISO 22000</b>	<b>33</b>
<b><i>Chapitre III : Biofilm et hygiène en agro-alimentaire</i></b>	
<b>1. Les biofilms</b>	<b>34</b>
<b>1.1. Définition</b>	<b>34</b>
<b>1.2. Structure et composition du biofilm</b>	<b>34</b>
<b>1.3. Formation de biofilm</b>	<b>35</b>
<b>2. Conditionnement de surface</b>	<b>35</b>
<b>3. Transport et déplacement</b>	<b>36</b>
<b>4. Adhésion réversible et irréversible</b>	<b>36</b>
<b>4.1. Maturation</b>	<b>36</b>
<b>4.2. Migration</b>	<b>37</b>
<b>5. Rôle des EPS dans la consolidation du biofilms bactérien</b>	<b>37</b>
<b>6. Moyens de lutte contre la résistance de B. cereus dans les industries agro-alimentaires</b>	<b>37</b>
<b>7. Techniques non thermique</b>	<b>38</b>
<b>7.1. Détergents et désinfectants</b>	<b>38</b>
<b>7.2. Hautes Pressions Hydrostatiques (HPH)</b>	<b>39</b>
<b>7.3. UV continus</b>	<b>39</b>
<b>7.4. Le traitement thermique</b>	<b>39</b>
<b>8. Conditions préalables de la mise en place</b>	<b>40</b>
<b>8.1. Hygiène des locaux</b>	<b>40</b>
<b>8.1.1. Locaux</b>	<b>40</b>

<b>8.1.2. Conception et construction</b>	<b>40</b>
<b>8.1.3. Installations sanitaires</b>	<b>41</b>
<b>8.1.4. Circulation et contamination croisée</b>	<b>41</b>
<b>8.2. Hygiène relative au transport et stockage</b>	<b>42</b>
<b>8.3. Hygiène des équipements</b>	<b>42</b>
<b>8.4. Hygiène du personnel et formation</b>	<b>42</b>
<b>8.5. Nettoyage, désinfection et lutte contre les nuisibles</b>	<b>43</b>
<b><i>Partie 02 : Etude expérimentales</i></b>	
<b><i>Matériel et Méthodes</i></b>	
<b>1. Objectifs de l'étude</b>	<b>44</b>
<b>2. Lieu et période du travail</b>	<b>44</b>
<b>3. Historique de l'entreprise</b>	<b>44</b>
<b>4. Présentation de l'entreprise</b>	<b>44</b>
<b>5. Matière première</b>	<b>45</b>
<b>6. L'eau de fabrication</b>	<b>45</b>
<b>7. Paramètres microbiologiques</b>	<b>45</b>
<b>7.1. Prélèvement des échantillons</b>	<b>45</b>
<b>7.2. Conservation et acheminement</b>	<b>46</b>
<b>7.3. Recherche des levures et moisissures</b>	<b>47</b>
<b>7.4. Recherche des Clostridium Sulfitoréducteurs</b>	<b>47</b>
<b>7.5. Recherche des germes totaux</b>	<b>48</b>
<b>7.6. Recherche des coliformes</b>	<b>48</b>
<b>7.7. Lecture des résultats</b>	<b>48</b>
<b>7.8. Dénombrement des différents microorganismes</b>	<b>48</b>
<b>8. Paramètres physiques sur blé dur</b>	<b>49</b>
<b>8.1. Analyse rapide sur le blé dur</b>	<b>49</b>

<b>9. Paramètre physico-chimique de 3SE, CM<sub>AF</sub> et CM<sub>FA</sub></b>	<b>49</b>
<b>9.1. Prélèvements des échantillons</b>	<b>49</b>
<b>9.2. Granulométrie (ISO 15793)</b>	<b>50</b>
<b>9.2.1. Principe</b>	<b>50</b>
<b>9.2.2. Mode d'opérateur</b>	<b>50</b>
<b>9.3. Indice de gonflement</b>	<b>51</b>
<b>9.3.1. Principe</b>	<b>51</b>
<b>9.3.2. Mode d'opérateur</b>	<b>51</b>
<b>9.4. Indice de couleur</b>	<b>51</b>
<b>9.4.1. Principe</b>	<b>51</b>
<b>9.4.2. Mode d'opérateur</b>	<b>52</b>
<b>9.5. Humidité</b>	<b>52</b>
<b>9.5. Taux de cendres (ISO 2171)</b>	<b>53</b>
<b>9.5.1. Mode d'opérateur</b>	<b>53</b>
<b>9.6. Activité de l'eau L'Aw</b>	<b>54</b>
<b>9.6.1. principe</b>	<b>54</b>
<b>9.6.2. Mode d'opérateur</b>	<b>54</b>
<b>9.7. Matière grasse</b>	<b>55</b>
<b>9.7.1. Mode d'opérateur</b>	<b>55</b>
<b>9.8. Dosage des protéines</b>	<b>55</b>
<b>9.8.1. Mode d'opérateur</b>	<b>55</b>
<b><i>Résultat et discussion</i></b>	
<b>1. Paramètres microbiologiques</b>	<b>57</b>
<b>2. Paramètres physiques</b>	<b>57</b>
<b>2.1 Analyse rapide sur le blé dur</b>	<b>57</b>
<b>3. Caractérisation physico-chimique de la MP</b>	<b>58</b>

<b>3.1. Composition biochimique</b>	<b>58</b>
<b>3.2. Granulométrie de la MP</b>	<b>59</b>
<b>4. Analyse technologie de produit fini CM</b>	<b>60</b>
<b>4.1. Granulométrie de CM</b>	<b>60</b>
<b>4.2. Indice de gonflement IG</b>	<b>60</b>
<b>4.3. Indice de couleur IC</b>	<b>62</b>
<b>5. Analyse physico-chimique de CM</b>	<b>63</b>
<b>5.1. Taux de cendres</b>	<b>63</b>
<b>5.2. Teneur en eau (Humidité)</b>	<b>64</b>
<b>5.3 Activité de l'eau</b>	<b>65</b>
<b>5.4. Dosage des protéines</b>	<b>66</b>
<b>5.5. Dosage de la matière grasse</b>	<b>67</b>
<b>conclusion</b>	
<b>Référence bibliographique</b>	
<b>Annexe</b>	

## Introduction

En tant que source énergétique et protéique, les aliments à base de blé demeurent la principale nourriture des humains. La fabrication de produits issus de blé et spécialement le blé dur tels que les semoules, pâtes alimentaires, couscous industriel...etc. est répandue dans l'industrie agroalimentaire.

Parmi les pâtes traditionnelles, le couscous vient en tête des pâtes consommées par la famille algérienne.

Le couscous n'est pas seulement le "plat national" mais il fait partie de la vie quotidienne de la famille algérienne ; il faut signaler aussi la richesse de cet aliment en amidon ce qui augmente son apport énergétique (354 Kcal/100g), et la présence de certaines protéines nécessaires pour l'organisme.

La possibilité d'obtenir un couscous à partir d'autres produits tels que la semoule de Sig reste une alternative intéressante dans le but de changer et diversifier la qualité et la variation de prix de ce produit du couscous obtenu.

La majorité des individus préfèrent consommer le couscous bon qualité et de raisonnable et plausible prix. Du point de vue économique, le facteur influe automatiquement sur la santé et le prix du produit, le couscous industriel « Safina »- Mostaganem coûte 100 DA pour le sachet de 1Kg.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail qui a pour but d'étudier la possibilité d'étudier le couscous industriels de « Safina » -Mostaganem- en effectuant des analyses physico-chimique et microbiologie et comparer entre deux méthodes de fabrication  $CM_{AF}$  et  $CM_{FA}$ .

## **1. Le blé :**

### **2.1. Introduction :**

Le blé est à l'origine même de l'agriculture. Il reste, après des millénaires, la première plante cultivée au monde. Les surfaces cultivées à travers les continents se mesurent en millions d'hectares et les récoltes se chiffrent en millions de tonnes. Il est loin au premier rang dans les échanges agroalimentaires internationaux.

Dans cette production et ces transactions, la France tient un rôle important. Elle est le premier producteur de blé européen et elle exporte 50% de sa récolte dans près d'une centaine de pays. Les rendements atteignent des chiffres record, plus de 90 quintaux à l'hectare en Beauce pour les bons millésimes. Toutes céréales confondues, la moisson dépasse 60 millions de tonnes de grains dont plus de 33 millions pour le blé. La meunerie française est la première à l'exportation. On cite les qualités nutritives incomparables de cette plante, rappelons que les dérivés céréaliers entrent aussi dans la composition de nombreux produits non alimentaires : médicaments, papiers, textiles, colles, lessives, peintures, plastiques, biocarburants (les "carburants verts"). Dans l'hexagone, l'ensemble représente 30 milliards d'euros de chiffre d'affaires et 150 000 emplois.

### **1.2. Grain de blé :**

### **1.3. Définition :**

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre de *Triticum* de la famille des *Gramineae*. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscent, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments (ŠRAMKOVA *et al*, 2009). On distingue deux espèces de blé : le blé tendre et le blé dur. Ils se différencient par la friabilité de l'amande, qui est plus importante pour le blé tendre et permet sa transformation en farine, alors que pour le blé dur la transformation se fait en semoules. Le blé tendre (*Triticuma estivum*) est utilisé pour la panification, la pâtisserie, la biscuiterie car il est panifiable. Le blé dur (*Triticum durum*) est utilisé pour le roulage de couscous, la fabrication de galette, de certains pains traditionnels et des pâtes alimentaires. Il est satisfiable et panifiable (CALVEL, 1984).

### **1.4. Le germe de blé :**

Le germe de blé est situé à la base du grain, du côté opposé à la brosse. Il est formé de deux parties : l'embryon ou plantule qui donnera naissance à une nouvelle plante et scutellum, sorte de coquille elliptique qui entoure la plantule et qui la sépare de l'amande farineuse (FATMA *et al.*, 2010). Il représente environ 2-3 % du poids du grain de blé, éliminé dans les farines courantes par les

S.LOUAFI et H.KHDIM (2016). Diagnostique et caractéristique physico-chimique et biologique de couscous industriel. techniques actuelles de mouture sur cylindre et se trouvant dans les issues de meunerie sous forme de sons et remoulages (DUNFORD, 2005).

Le germe de blé se présente sous forme de plaquettes écrasées minces de teinte jaune vif légère à reflet verdâtre, de 3 à 6 mm de dimension, de forme irrégulière et légèrement allongée. Sa saveur est sucrée et grasse, rappelant la noix fraîche incomplètement mûre (KIGER et KIGER, 1967).

### 1.3. Structure et composition du grain de blé :

Le grain de blé est constitué de 3 grandes parties : le germe, l'albumen et les enveloppes. (Figure 2). Il est constitué majoritairement d'amidon qui représente environ 70% de la matière sèche du grain et qui est situé dans l'albumen. Les protéines représentent entre 10 et 15% de la matière sèche et se retrouvent dans tous les tissus du grain de blé avec une concentration plus importante dans le germe et la couche à aleurone (Pomeranz, 1988). Les pentosanes (polysaccharides non amylicés) représentent quant à eux entre 2 et 3% de la matière sèche et sont les principaux constituants des parois cellulaires de l'albumen (70 à 80%).

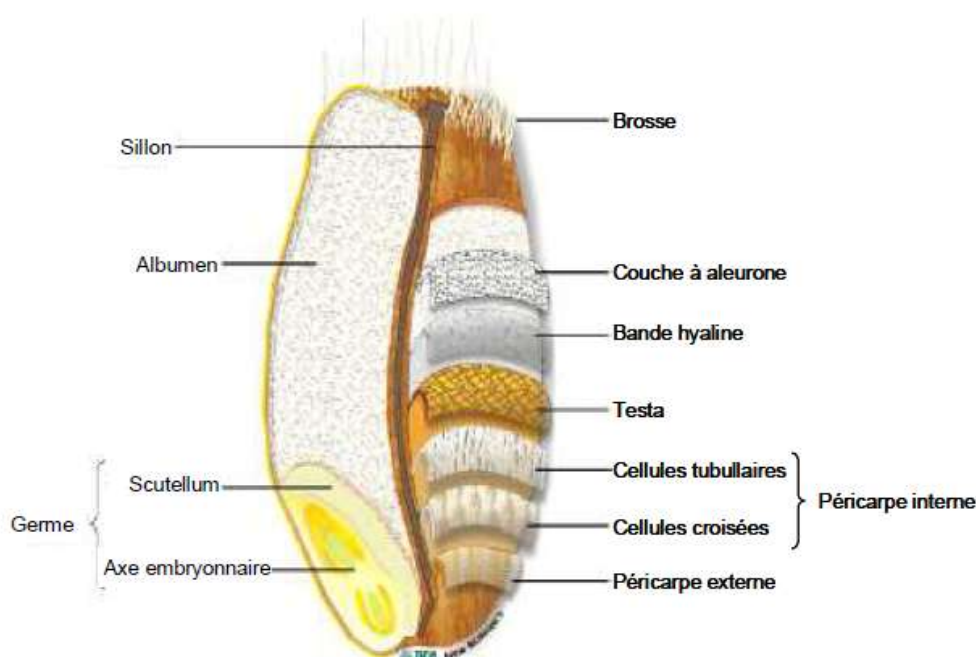


Figure 1. Histologie du grain de blé (Surget et Barron, 2005).

### 3. 1. Composition biochimique de grain de blé :

Les grains de céréales sont des organes végétaux particulièrement déshydraté, leur teneur en eau est aux environs de 14%. Les constituants des grains sont:

### **3. 1. 1. Les éléments principaux :**

#### **3. 1. 1. 1. Les glucides :**

Les glucides sont présents sous la forme de sucre simple, mais surtout composé de l'amidon et substance énergétique par excellence facilement digestible, c'est le constituant majeur des céréales 60 à 65% du poids du blé.

#### **3. 1. 1. 2. Les protéines :**

Ce sont des composés d'azote que l'on rencontre sous forme simple (acide amine) et sous forme plus complexe (protéine), on peut les classer d'après leur propriété de solubilité en:

1. Albumen soluble dans l'eau.
2. Globuline soluble dans les solutions saline diluée.
3. Prolamine soluble dans les solutions alcoolique.
4. Glutamine soluble dans les solutions diluées d'acides ou d'alcalis.

Ainsi, la teneur en protéine des céréales varie suivant les espèces, elle est en moyenne de 12% pour le blé (**Niquet & Classeran, 1989**). Par ailleurs, le blé contient un ensemble particulier des composés solubles dans l'alcool (gliadine) et soluble dans l'eau (glutamine) appelé gluten dont les propriétés sont de lever par fermentation (**Cruz et al, 1988**).

#### **3. 1. 1. 3. Les lipides :**

Les lipides sont des biomolécules pratiquement insolubles dans l'eau, solubles dans les solvants apolaires tels que chloroforme, le benzène ou l'éther (**Kessous, 1993**), ils sont localisés surtout dans le germe et les enveloppes, la matière grasse qu'ils renferment est de 12,5% dans le germe, 5,6% dans les enveloppes, et 0,8 à 1% dans l'albumen. Les lipides sont des constituants mineurs du blé, ils représentent de 2 à 3% du grain sec (**Adrian, 1987**). C'est pour cela que le germe est éliminé de la farine pour éviter le vieillissement qui sera accéléré à cause de l'évolution des lipides (**Grandvoinet & Prati, 1994**), les lipides des céréales sont riches en acides gras insaturés.

### **3. 1. 2. Les éléments secondaires :**

#### **3. 1. 2. 1. Les pigments et les vitamines :**

Ce sont des composés chimiques très complexes, concentrés surtout dans le péricarpe et le germe à des teneurs très faibles. Ils sont parfois associés à des vitamines (pigment caroténoïde) (**Niquet & Lasseran, 1989**). Ainsi, les grains de blé contiennent principalement trois vitamines, la vitamine B1, B2 et PP, les autres vitamines sont aussi présentes mais avec une faible teneur (**Godon & Lasseran, 1989**).

### **3. 1. 2. 2. Les enzymes:**

Ils sont présents en faible quantité dans le grain, les plus importants sont:

1- Les protéases trouvées en quantité relativement faible, dont l'une d'elles coupe les chaînes polypeptidiques en leur milieu avec une production de molécules de masses encore élevée. L'autre agit pré de l'extrémité de chaînes et libéré les acides aminés libres et les peptides.

2- Les amylases sont des hydrolases capables de dégrader spécifiquement les liaisons glucosidiques de l'amidon (amylase et amylopectine) et de ses produits de dégradation (malt, dextrine) jusqu'au stade oligosaccharide qui vont être utilisées par les levures durant le processus de la fermentation panair (Adrian & Pouffait, 1996).

3- La lipase qui est une enzyme lipolytique trouve son activité concentre dans la couche à aleurone et augmente au cours de la germination. Dans la farine elle croît avec le taux d'extraction puisqu'elle augmente la production d'acides gras insaturés lors de la mouture et la conservation (Potus & al, 1994).

### **3. 1. 2. 3. Les minéraux :**

Ils sont présents dans le grain en faible quantité à raison de 2 à 3% de la matière fraîche du grain. Les principaux minéraux sont le potassium, le magnésium, le cuivre souvent associe à des sels (phosphate, chlorure ou sulfate).

### **3. 2. L'eau :**

L'eau dans le blé représente 8 à 9 % avec une valeur moyenne de 14% (Godon, 1991).

Cette caractéristique de siccité des blés permet de faciliter les opérations de transport, de conservation et la possibilité de traitement par voie sèche. Du point de vue physique et chimique son action de solvant favorise les réactions enzymatiques et les attaques microbienne lorsque sa teneur dans le gain dépasse un certain seuil (Niquet & Lasseran, 1989).

L'eau est présente dans le grain sous des formes différentes (Cruz *et ai*, 1989) :

1. L'eau de dissolution dans les vacuoles des cellules ; c'est une eau que l'on qualifie «libre ».
2. L'eau d'inhibition associe aux colloïdes.
3. L'eau de constitution très fortement fixée à la molécule.

**Tableau 1.** Composition biochimique du germe de blé (en g pour 100 g de matière digestible) (SRIVASTAVA *et al.*, 2007; KUMAR *et al.*, 2011).

Paramètres	Humidité (%)	Protéine Totaux (%)	Lipides totaux (%)	Cendre (%)	Fibres (%)		Vitamine E mg /100g	Carbo-Hydrate (%)
					Soluble	Insoluble		
Germe de blé	11.4± 0.2	25.11-31.4±0.5	7.3-9±0.2	4.2±0.2	2.8±0.1	15.6± 0.2	15.80-22.0	51.99±1.0

#### 4. Transformation du blé dur en semoule :

La semoule correspond à des morceaux de grain qui sont plus ou moins vêtus d'enveloppes (**Doumandji et al., 2003**). La semoule de blé dur (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) est fréquemment consommée notamment dans les pays du pourtour méditerranéen.

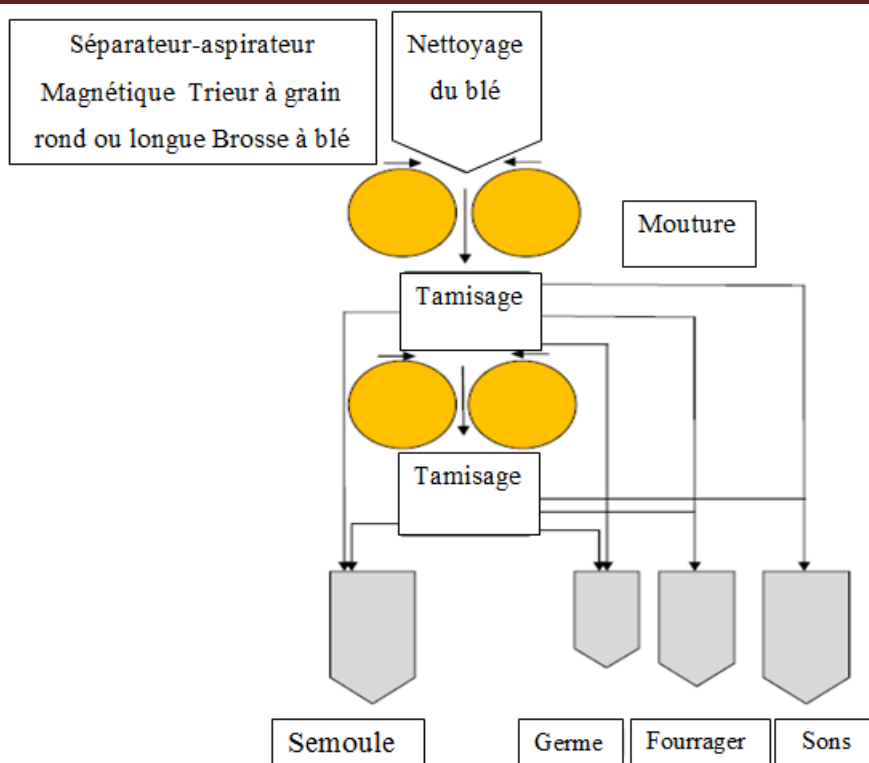
En France, 65% de semoule de blé dur produite (519 041 tonnes/ année) est destiné à la fabrication de pâtes alimentaires sèches et de couscous (Lelamer et Rousselin, 2011). 25% de production de blé dur sert à la fabrication de couscous dont 26% sont exportées (SIFPAF, 2012).

Le process de transformation du blé en semoule consiste à débarrasser d'abord le blé dur de ses impuretés avant de le stocker. Un deuxième nettoyage est recommandé pour éliminer les impuretés fines, puis les grains sont séparés selon leur taille, leur forme et leur poids.

Les grains de blé dur triés sont ensuite conditionnés en les humidifiant (Mouillage) afin d'éviter de briser le son durant la mouture. Au départ, le grain de blé dur possède une teneur en eau égale à 11 ou 12% puis le grain est humidifié jusqu'à 16 ou 17%. Les grains de blé sont mélangés en fonction de la qualité de semoule désirée. Après la mouture du mélange, la semoule est récupérée puis conditionnée.

Plusieurs sous-produits sont générés à savoir les "finots" (semoules très fines), les "gruaux" (gros grains) et les "issues" comme le son et les pailles.

En outre, le son, les germes et les fourragers sont aussi repartis dans des silos afin de les stocker. La figure N° 2 schématise le diagramme de mouture du blé dur comme était expliqué précédemment



**Figure 2 :** Diagramme industriel simplifié de fabrication de semoules de blé dur modifié selon (Azudin, 1988).

#### 4.1. Semoule :

La semoule de blé dur est considérée comme le témoin auxquels sont comparées les autres matières premières. Elle est reconnue comme substrat principal pour la fabrication des pâtes alimentaires en raison de sa teneur en gluten qui confère aux pâtes (couscous, pâtes alimentaires, ...) des propriétés technologiques et rhéologiques spécifiques, de sa dureté, sa couleur unique, sa flaveur et sa qualité de cuisson (GODON *et al*, 1991 ; FEILLET *et al*, 1996 ; PETITOT, 2009). Après conversion en pâte, elle donne des produits avec des bonnes qualités culinaires et une stabilité à la cuisson (SISSONS, 2008). L'Amidon (74 – 76 %) et les protéines (12 – 15 %) sont des constituants majeurs de la semoule de blé dur (TURNBULL, 2001 ; DURANTI, 2006). La qualité technologique d'une semoule pour la fabrication des pâtes alimentaires est définie par son aptitude à donner des produits finis dont l'aspect et la qualité culinaire répondent aux désirs des consommateurs. Ces deux caractéristiques sont influencées par la composition biochimique et l'état physique (granulométrie) des semoules, eux même liés à l'origine histologique des produits (ABECASSIS, 1991).

- **La semoule SE :** appelée aussi **semoule extra**, ses particules sont fines, elle présente une granulométrie dont le refus au tamis 120 et de 90%. Cette semoule est orientée vers la fabrication des pâtes alimentaires industrielles ;

- **La semoule SGM** : appelée **semoule moyenne**, elle présente un refus au tamis 100 de 90%. Cette semoule est généralement en l'état pour l'utilisation ménagère (couscous ; galette ; ect.) et pour la fabrication du couscous industriel de type moyen ;
- **La semoule SG** : la **semoule grosse** doit avoir un refus de 50% au tamis 30 et 40. Cette semoule est destinée essentiellement à la fabrication du couscous de type gros.

## 5. Pâtes alimentaires :

### 5.1. Définition :

Selon une définition généralement admise, les pâtes alimentaires peuvent être décrites comme des produits prêts à l'emploi culinaire, préparés par pétrissage sans fermentation de semoule de blé dur additionnée d'eau potable et éventuellement d'œufs (140 à 350 g d'œufs frais par kg de semoule), et soumis à des traitements physiques appropriés tels que le tréfilage, le laminage et le séchage, ce qui leurs donnent l'aspect souhaité par les usagers. L'ajout de gluten, des légumes et des aromates est également autorisé (**FEILLET, 2000**).

Les pâtes alimentaires sont universellement consommées et appréciées : la simplicité de leur fabrication, leur facilité de transport, leur excellente aptitude à la conservation et au stockage, leur bonne qualité nutritionnelle et hygiénique, la diversité des modes de préparations sont autant d'atouts qui favorisent leur utilisation et leur consommation (**PETITOT et al., 2009 a**).

### 5. Qualité de la semoule destinée à la fabrication du couscous :

La qualité des semoules utilisées n'est guère différente de celle requise pour fabriquer des pâtes alimentaires, si ce n'est une granulométrie souvent plus élevée (**ABECASSIS, 1991 ; FEILLET, 2000**). Le couscous industriel est préparé à partir d'un mélange d'un tiers de grosse semoule (630 à 800 micromètres) et deux tiers de fines semoule (250 à 630 micromètre) (**BOUDREUA et al., 1992**). Dans les recommandations du Codex Alimentarius (**FAO, 1996**), la semoule utilisée pour la fabrication du couscous doit être soit un mélange de 20 à 30% de semoule fine (130 à 183 micromètres) et 70 à 80% de semoule grosse (475 à 700 micromètres) ou une semoule dite « grosse moyenne » dont le grain a un diamètre compris entre 183 et 700 micromètres.

Une enquête de (**DEROUICHE, 2003**) montre que les ménagères algériennes choisissent leur semoule selon trois critères principalement : la couleur, la granulométrie et la pureté. La plupart des ménagères préfèrent l'utilisation d'un mélange de semoule moyenne et farine de blé dur pour la préparation du couscous avec un rapport supérieur ou égale à 1 (**YOUSFI, 2002**).

Selon **BOUDREAU *et al.* (1992)**, la valeur couscoussière d'une semoule se caractérise par une teneur élevée en protéines (13.5% sur base humide). Ce qui est exprimé peut-être chez les ménagères par la couleur jaune et la pureté de la semoule (**YOUSFI, 2002 ; DEROUCHE, 2003**), sachant que plus un blé ou une semoule, contient de protéines, plus la quantité de pigments jaunes est élevée (**TRENTESAUX, 1993**).

## **2. Le couscous :**

### **2.3 Historique :**

Le couscous est un plat d'Afrique du Nord, d'origine berbère, populaire dans de nombreux pays. L'origine du mot couscous est moins sûre. Il vient de l'arabe classique KOUSKOUS et du berbère K'SEKSU, qui désigne à la fois la semoule de blé dur et le plat populaire dont elle est l'ingrédient de base.

La France l'a découvert sous Charles X à l'époque de la conquête de l'Algérie.

L'épeautre est l'ancêtre du blé, celui que consommaient les Gaulois. On en retrouve des traces jusqu'à 9000 ans avant JC. La présence de l'épeautre en Europe date de la fin de l'âge de pierre.

Au 20<sup>ème</sup> siècle, avec la modernisation de l'agriculture, l'épeautre est laissé de côté au profit de céréales plus rentables et est menacé de disparition à la fin du siècle. Heureusement, quelques paysans continuèrent à le cultiver. Ils ont réussi à mettre en avant les grandes qualités nutritives de l'épeautre et de plus en plus de consommateurs soucieux de leur alimentation y ont adhéré.

### **2.3 Définition de couscous :**

Le couscous, originaire de l'Afrique du nord, est un aliment dont la consommation a largement franchi le continent africain. Le plus courant est le couscous de blé dur à petit grain, mais les maghrébins, connaissent d'autres variantes comme le couscous à gros grains (*âïcheou mhamssa*), le couscous à base d'orge (*meghlouhtou boumeghlouth*), et le couscous fermenté (*machroubou m'zeyet*).

En Afrique de l'Ouest, le couscous est fabriqué à partir de sorgho, de maïs, de mil ou de fonio (**GALIBA *et al.*, 1987 ; N'DIR et GNING, 1989**). **BOUDREAU *et al.* (1992)** décrivent le couscous comme une semoule de blé dur étuvée et agglomérée en granules de 1 à 2 millimètres de diamètre. Le couscous est quelque chose de mystérieux par suite de la variété de ses préparations et de ses présentations (**MOREAU et ARDRY, 1942**). Du simple couscous au petit lait jusqu'au couscous royal, servi avec côtes de bœuf, les algériens ont recensé, une cinquantaine de façons d'apprêter le couscous, dont une dizaine sans sauce et une autre sans viande (**OULEBSIR, 2005**).

La fabrication traditionnelle du couscous exigeait l'emploi d'une main d'œuvre importante. Dans les traditions, c'est un groupe de femmes qui se rassemblaient et fabriquaient pendant plusieurs jours les quantités nécessaires à leur besoin annuel.

Dans l'industrie, le couscous est fabriqué avec des machines pour être vendu en grandes quantités dans les supermarchés comme toutes les autres pâtes alimentaires. La préparation industrielle du couscous est la transposition sur une vaste échelle des méthodes artisanales.

### **2. 3. Technologie du couscous :**

L'Algérie est leader en matière de production du couscous (environ 1 million de tonnes/an) y compris le couscous industriel et artisanal avec une consommation de 50kg par capita/an (**Degidro et Pagani, 2010**).

Selon (**Derouiche 2003**), la consommation de couscous atteint 9.21 kg par an et par habitant à l'Est d'Algérie. De plus, le couscous est mangé au moins une fois par semaine à Constantine (Est d'Algérie) par plus de 50 % de la population (**Benlacheheb, 2008**). Par ailleurs, selon une enquête réalisée en France, le couscous constitue le troisième plat préféré des français. En effet, la France a une moyenne de consommation de 1.4kg par habitant et par an (**SIFPAF, 2012**).

Le couscous ou K'sksou est un plat traditionnel populaire en Afrique du Nord et en Europe du Sud. Il est connu sous plusieurs noms : en Turquie : Kuskus, au Maroc : Maftol, au Liban : Moghrabieh, en Berbère: Seksu, en Libye : Kusksi, chez les Tuareg : Keskesu ; en Grèce : Kouskousaki (**Coskun, 2013**). Cependant dans certains pays d'Afrique, on appelle *attiéké* un couscous à base de manioc (**Coulin et al., 2006**).

Le couscous est riche en glucides (70%) mais pauvre en protéines (13%) et en lipides (2%). Il présente aussi un large éventail de minéraux (Mg, P, K, Ca, Mn, Fer, Cu, Zn) et de vitamines (B1, B2, B3, B5, B6 et B9).

### **2.4- La fabrication artisanale :**

Le principe de la fabrication traditionnelle du couscous est presque le même dans toutes les régions de l'Algérie. Cependant quelques différences, sont notées et constatées au niveau des étapes des diagrammes de fabrications décrits dans les différents travaux de **BAHCHACHI (2002)**, La principale ressemblance constatée entre les différents diagrammes est le classement de la semoule en deux produits de granulométrie différente : une semoule fine appelée traditionnellement "*dkak*" et une semoule plus grosse qui est la "*fetla*". Les autres points communs sont essentiellement la précuisson à la vapeur du couscous fabriqué et le séchage de ce dernier à l'air libre.

Les différences concernent notamment les tamis utilisés (soit la nomination, soit les ouvertures de maille), l'ordre chronologique des étapes surtout les points d'addition de l'eau et de la semoule fine. A notre avis ces différences sont non seulement dues à la diversité du savoir-faire de chaque ménagère mais aussi à des défaillances dans la description du protocole de fabrication.

Les tamis utilisés dans la fabrication du couscous ne sont pas des tamis normalisés mais des grilles en fibres métalliques d'ouvertures de mailles différentes. Un tamis de la même nomination peut correspondre à des ouvertures de mailles différentes. On peut trouver donc chez la même ménagère par exemple : *sekkatmehloul* (c'est-à-dire d'ouverture de maille large) et *Sekkatmakfoul* (d'ouverture de maille plus serrée).

En effet, les filles qui s'initient à la technique de fabrication du couscous dès leur jeune âge apprendront aussi à connaître les différents tamis et de choisir l'ouverture de maille qui convient pour chaque étape de fabrication.

Sur le marché de Constantine nous avons trouvé les tamis suivant :

- *Siyarezzraâ*: d'ouverture de maille allant de 2860 $\mu$ m jusqu'à 3300  $\mu$ m ;
- *Sekkat* : d'ouverture de maille de 1600 $\mu$ m à 2500 $\mu$ m ;
- *Mâaoudi*: d'ouverture de maille de 1130 $\mu$ m à 1400 $\mu$ m ;
- *Reffad*: d'ouverture de maille de 1000 $\mu$ m à 1100 $\mu$ m ; **YOUSFI (2002), DEROUCHE (2003), BENATALLAH et al. (2006)** comme le montre
- *Dekkak*: d'ouverture de maille de 500 $\mu$ m à 580 $\mu$ m.

Pour les étapes de fabrication, nous nous attacherons à décrire en priorité les points communs de ces diagrammes et nous essaierons d'indiquer également leurs principales différences.

#### **4-1-1- Préparation des semoules :**

C'est une opération de classement et de purification. La semoule est passée au tamis qui sépare la semoule fine. La grosse semoule s'accumule au fond du tamis tandis que les éléments les plus légers se regroupent à la surface et au centre, et forment "*l'oeil*" qui est enlevé à la main (**GOBERT, 1940**).

Le tamis utilisé pour cette opération est le tamis *dekkak*. C'est le tamis qui a l'ouverture de maille la plus fine dans la gamme des tamis utilisée pour la fabrication traditionnelle du couscous (**DEROUICHE, 2003 ; BAHCHACHI, 2002 ; BENATALLAH et al. 2006**). Au sud le tamis utilisé est appelé *azel* (**ANGAR et BELHOUCHE, 2002**).

Malheureusement, la plupart des travaux ne mentionnent pas l'ouverture de maille des différents tamis utilisés. Dans le cas du tamis *dekkak* les ouvertures de mailles les plus citées sont autour de 500 $\mu$ m (**DEROUICHE, 2003 ; BENATALLAH et al., 2006**).

#### **4-1-2 Précuisson de la semoule :**

C'est un prétraitement à la vapeur d'eau de la grosse semoule pendant quelque minutes (9 min environ) (BENATALLAH *et al.*, 2006). Cette étape est connue dans certaines régions de l'Algérie ; elle est réalisée dans le but d'éviter la formation des grosses boulettes pendant le roulage qui sont considérées comme des pertes ; donc, augmenter le rendement en couscous.

#### **4-1-3 Roulage :**

L'analyse des données bibliographiques ainsi que les termes utilisés par les ménagères pour désigner les différentes opérations de roulage (*tayyab el-fetla ou tsakkat, thouz ou tahssar, tamhass ou tebram*), nous a permis de dire que la formation du grain de couscous passe par trois étapes indépendantes.

##### **4-1-3-1 Première étape :**

La grosse semoule est mise dans un grand plat en bois, la *guessâa*. Cette semoule est arrosée d'eau et remuée des doigts à demi fléchis, des deux mains, formant râteau pour répartir également l'humidité dans la masse. Une désagrégation des grumeaux ayant pris naissance au cours de l'hydratation-malaxage de la semoule, à l'aide d'un tamis, est indispensable (MOREAU et ARDRY, 1942 ; BAHCHACHI, 2002 ; BENATALLAH *et al.*, 2006).

Cette étape est négligée dans plusieurs travaux où on passe directement au mélange des trois ingrédients : grosse semoule, fine semoule et l'eau. Elle est très importante, à notre avis, car c'est à ce niveau que le noyau du grain de couscous est formé et la qualité couscoussière de la semoule est jugée donc c'est une étape de « grenaison ».

Le tamis le plus cité pour cette opération est le *sekkat* mais d'autres tamis peuvent être utilisés (*mâaoudi, reffad...*) ; en effet, pour chaque ménagère il s'agit de suivre les traces de sa famille.

Le tamis *sekkatest* celui qui possède la maille la plus large dans la gamme des tamis utilisée dans la fabrication traditionnelle du couscous.

##### **4-1-3-2 Deuxième étape :**

Cette étape est caractérisée par l'addition tantôt de l'eau, tantôt de la semoule fine. C'est un grossissement des grains formés pendant la première étape. L'eau est pour humidifier les grains et faciliter l'adhésion de la semoule fine. A ce stade la rouleuse utilise le plat des mains et avec un mouvement répété d'essuie glace, applique une certaine force sur les particules qu'elle roule pour avoir des gains compacts et de forme bien ronde.

Les grains de couscous ainsi formés sont séparés par le tamis *mâaoudi*(refus) et mise à part pour éviter qu'ils prennent des tailles excessives. Le passant de ce dernier subit les mêmes opérations (addition de

S.LOUAFI et H.KHDIM (2016). Diagnostique et caractéristique physico-chimique et biologique de couscous industriel. l'eau, de la semoule fine, roulage et tamisage) jusqu'à la transformation presque totale du produit de la première étape en couscous (GOBERT, 1940 ; BAHCHACHI, 2002 ; YOUSFI, 2002 ; DEROUICHE, 2003). Donc c'est une étape de « mise en forme ».

#### **4-1-3-3 Troisième étape :**

Les grains obtenus (le couscous) sont passés au *sekkat* puis au *mâaoudi* pour calibrer les grains, briser ceux qui sont trop grands ou qui se sont agglutinés. Pour réduire les grumeaux qui peuvent se former au fond du tamis, on y jette un peu de semoule fine et l'on roule sous la paume de la main. Pendant cette étape seule la semoule fine est ajoutée.

Enfin le couscous est passé au tamis *reffad* pour éliminer la semoule restée libre ou les grains trop fins qui sont roulés à nouveau dans la *guesâa* et nourris des dernières traces de semoule fine. C'est une « finition » des grains de couscous formés. Cette étape constitue le point le plus commun entre les différents travaux, elle est citée et décrite presque de la même façon. (GOBERT, 1940 ; MOREAU et ARDRY, 1942 ; BAHCHACHI, 2002 ; YOUSFI, 2002 ; DEROUICHE, 2003 ; BENATALLAH *et al.*, 2006).

#### **4-1-4 Précuisons du couscous :**

Un traitement, avant séchage de produit, à la vapeur pendant environ 10min dans un couscoussier semble utile pour permettre le maintien de la forme du couscous roulé. Le gâteau de couscous formé à la fin de cuisson est émotté et tamisé à l'aide du *sekkat* (GOBERT, 1940 ; MOREAU et ARDRY, 1942 ; BAHCHACHI, 2002 ; YOUSFI, 2002 ; DEROUICHE, 2003 ; BENATALLAH *et al.*, 2006;).

#### **4-1-5 Séchage :**

En vue d'assurer sa conservation, le séchage constitue la dernière opération de la fabrication du couscous. Il consiste à un séchage en couche mince à l'air libre soit directement au soleil soit à l'ombre. Selon l'enquête de YOUSFI (2002) et de DEROUICHE (2003) la majorité des ménagères préfèrent le séchage à l'ombre pour obtenir un produit propre et plus clair.

A la fin du séchage le couscous est repris au tamis *dekkak* pour être nettoyé de semoule, poussière (DEROUICHE, 2003).

### **4-2 La fabrication industrielle :**

Les procédés industriels les plus connus de fabrication du couscous sont: BRAIBANTI, BASSANO et BUHLER. Les étapes de fabrication sont semblables mais la technologie de leurs modules et les conditions opérationnelles sont différentes (YOUSFI, 2002).

La fabrication industrielle du couscous met en œuvre les six étapes suivantes :

- mélange de semoule de blé dur (100 kg), d'eau (30 l) et parfois de sel (0.3-0.5 kg). Cette opération dure environ 15 à 25 min (**FEILLET, 2000**). Au niveau du complexe « LATRACHE YOUSEF » d'El-harrouch cette opération est réalisée dans une presse comportant : un agitateur doseur semoule, une centrifugeuse horizontale, une mélangeuse double et une centrifugeuse verticale.

La presse permet le brassage du mélange semoule/eau grâce à une turbine à palettes ayant une grande vitesse (250 tr/min dans la centrifugeuse horizontale et 750 tr/min dans la centrifugeuse verticale). Elle assure l'homogénéité de l'humidification et l'agglomération en petites boulettes (**BAKECHE, 1994**) ;

- **roulage** des particules de semoule pour les agglomérer en grains de dimension variable, habituellement comprise entre 500 et 800 $\mu$ m, parfois plus. Cette opération est réalisée dans des cylindres alvéolés rotatifs (rouleurs) ou de simples plansichters. (**FEILLET, 2000**).

Les cylindres alvéolés sont des tambours rotatifs dans lesquels la semoule est roulée par frottement des palettes sur une toile en sens inverse du tambour. Le module a pour fonction de rouler et de tamiser en même temps le produit (**YOUSFI, 2002**). Alors que, le plansichter est composé de deux tamis munis d'un mouvement circulaire. Il assure le roulage et le calibrage simultané du produit (**BAKECHE, 1994**).

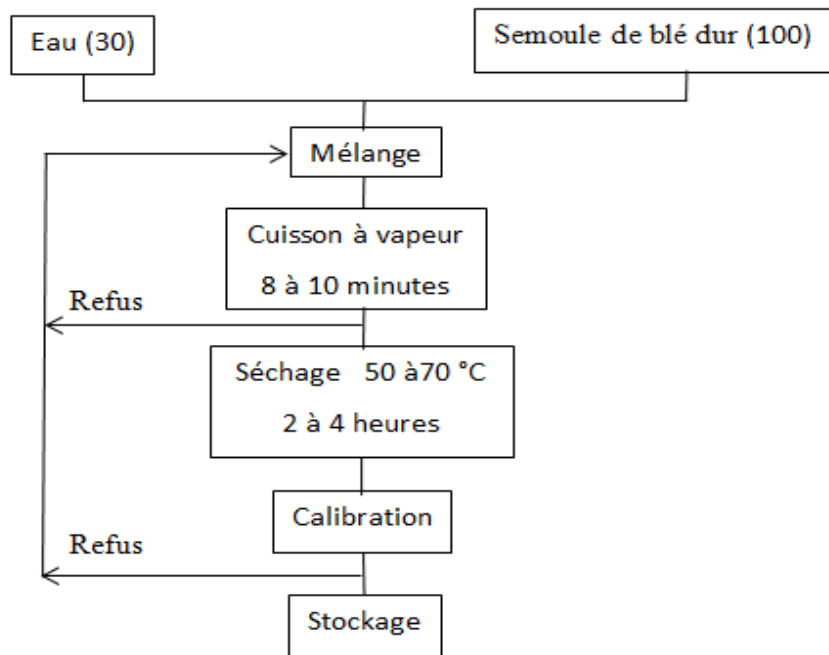
- **cuisson** à la vapeur pendant une dizaine de minutes ;

- **séchage** à 50-70°C pendant quelques heures pour atteindre une humidité finale de 12-14 % ms, suivi d'un refroidissement (**FEILLET, 2000**) ;

- **calibrage** sur des tamis ; au niveau du complexe « LATRACHE YOUSEF » d'El-harrouch on obtient deux catégories de couscous, gros dont la grosseur est comprise entre 1.25 mm et 2.24 mm et moyen dont la grosseur est comprise entre 0.65 mm et 1.25 mm (**BAKECHE, 1994**).

- **recyclage** des grains trop fins ou trop gros.

Le débit horaire des installations se situe autour de 500 kg/h (**FEILLET, 2000**).



**Figur 03:** schéma de la fabrication industrielle du couscous (FEILLET, 2000).

## 5. Le conditionnement et le stockage :

En Algérie, le couscous industriel est généralement emballé dans des paquets en plastique. Suite aux amplitudes thermiques durant le stockage. Ce type d'emballage présente l'inconvénient de concentrer par condensation l'humidité sur les parois des sachets en plastique. Ces points de forte humidité peuvent permettre une croissance des micro-organismes présents. Il est recommandé de stocker le couscous dans des endroits secs à la température ambiante.

## 1. Concept de la qualité :

La qualité, moteur de la compétitivité moderne est devenue, pour les entreprises, l'enjeu stratégique majeur des années 90 (Leteurtrois, 1992). Pour que la notion de la qualité ne soit pas mal comprise et pour qu'il n'y ait pas de confusion entre ses différentes composantes ainsi qu'entre les notions relatives à cette qualité, nous proposons une série de définitions qui éclaircissent le sujet.

### 1.1. Définition de la qualité

Au sens de la norme ISO 8402 : « la qualité est l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un service ou d'un produit qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés (organoleptiques) ou implicites (par exemple la sécurité) » (Flaconnet *Et Al*, 1994). Pour un produit alimentaire, elle peut se décrire par la règle des 4 S (Satisfaction, Sécurité, Service, Santé).

*Satisfaction* : le produit alimentaire doit satisfaire le consommateur au niveau des sens : aspect, goût, odeur ... ; du prix, etc.

*Service* : dans ce critère, on pense à la praticité d'utilisation du produit, à son type de conditionnement et à son mode de distribution, etc.

*Santé* : ce critère se traduit par le besoin d'une nourriture plus nature et apparemment plus saine : - Produits biologiques, sans conservateur, sans pesticide ;

- Produits plus riches : produits diététiques, produits enrichis en vitamines et en minéraux, etc.

*Sécurité* : la sécurité alimentaire se définit comme étant la maîtrise de la santé et de la sécurité du consommateur par :

- l'absence des contaminants naturels ou exogènes ;
- l'absence de pathogènes ;
- l'absence d'additifs à risque toxique (Bariller, 1997).

### 1.2. Types de la qualité alimentaire :

La qualité de tous produits destinés à l'homme, est l'aptitude à satisfaire ses besoins. Ces dernières varient et sont issues de différentes considérations (goût, santé, service, etc.) et donc la qualité ne peut pas être prise comme une seule unité, elle peut contenir différentes composantes

chacune répondant à une certaine exigence du consommateur. Les quatre composantes essentielles sont : (Vierling, 1998)

La qualité sensorielle ou organoleptique et psychosensorielle ;

La qualité nutritionnelle ;

La qualité hygiénique ;

### **1.2.1. Qualité nutritionnelle**

La qualité nutritionnelle d'un aliment dépend de ses caractéristiques propres, c'est-à-dire de sa composition mais également des conditions dans lesquelles il est préparé et consommé (Derouiche, 2003). Par ailleurs, le couscous fournit une part importante de l'apport énergétique de la ration (350 kcal / 100g de ms) vue sa richesse en glucides (75g/100g) (Dagher, 1991).

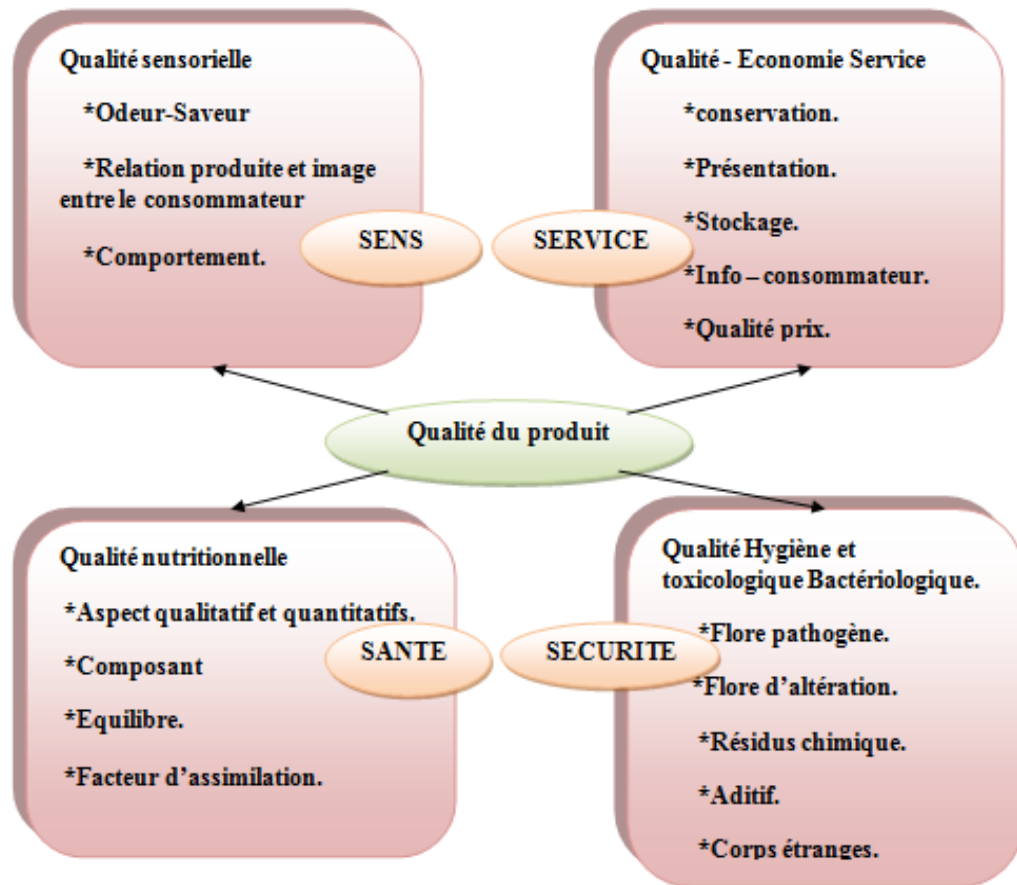
### **1.2.2. Qualité hygiénique**

Selon le *codex alimentaires* (norme de *codex* 202-1995), le couscous doit être exempt de microorganismes susceptibles de se développer dans le produit dans des conditions normales d'entreposage et ne doit contenir aucune substance provenant de micro-organismes en quantités pouvant présenter un risque pour la santé.

### **1.2.3. Qualité organoleptique**

Selon Guezlane (1993), le couscous de "bonne qualité" est un produit jaune ambré, d'une capacité d'absorption d'eau élevée, ses grains restent individualisés et fermes une fois hydratés.

La qualité organoleptique du couscous regroupe la qualité commerciale qui concerne l'aspect du couscous (couleur, granulométrie, forme des particules, etc.) et la qualité culinaire qui représente le comportement des grains du couscous au cours de la cuisson (gonflement, prise en masse, délitescence, fermeté, etc.).



**Figure 04.** Composition de la qualité d'un produit alimentaire selon la règle des « 4S » (Neyers, 1995).

## 2. HACCP (Hasard Analysis Critical Control Points):

### 2.1. Historique:

Le système HACCP est un système logique et scientifique qui peut contrôler des problèmes de sécurité dans la production alimentaire. HACCP est maintenant adopté dans le monde entier. Il fonctionne avec n'importe quel type de système de production alimentaire et avec n'importe quel aliment par le contrôle des risques qui affectent la sécurité alimentaire tout au long du processus de fabrication. Les risques peuvent être biologiques, chimiques, ou physiques (USDA, 1997).

Le système HACCP n'est pas nouveau. Il a été développé par Pillsbury Company pour la NASA pour s'assurer que la nourriture servie aux astronautes était absolument sûre (ACE, 2009).

Depuis sa création, le système HACCP s'est étendue par tout le monde, son historique est dans le tableau 02.

**Tableau 02.** Les événements marquants dans l'historique du système HACCP adapté de Corlett (1998), Griffith (2006), Lipton (2005) et Arvanitoyannis (2009).

<b>Date</b>	<b>Événement marquants.</b>
<b>1959</b>	Pillsbury Company développe le concept pour la NASA.
<b>1971</b>	Conférence nationale sur la protection des aliments aux Etats Unies (1 <sup>er</sup> mention de HACCP).
<b>1972</b>	Pillsbury Company aux Etats-Unis a commencé l'application de son concept de HACCP à la fabrication de ses alimentaires.
<b>1973</b>	Pillsbury Company ont édité le premier texte de HACCP dans son texte de 'Food Safety Through the Hasard Analysis and Critical Contrôle Point Système'.
<b>1980</b>	Rapport de WHO/ICMSF sur HACCP.
<b>1983</b>	OMS Europe recommande HACCP.
<b>1985</b>	Le rapport du National Academy of Sciences sur HACCP.
<b>1988</b>	Formation du Comité Consultatif National sur des Critères Microbiologiques pour les Nourritures (NACMCF).
<b>1989</b>	Comité Consultatif National sur des Critères Microbiologiques pour les Nourritures (NACMCF) documente l'approbation pour l'approche HACCP.
<b>1990</b>	Le rapport de Richmond préconise l'utilisation de HACCP.
<b>1991</b>	HACCP adoptée par le Codex.
<b>1992</b>	Le système de NACMCF ont défini HACCP comme ' une approche systématique à employer dans la production alimentaire en tant que moyen d'assurance de la sureté alimentaire'.
<b>1993</b>	La commission de l'EU 93/43/ECC à recommandé l'utilisation de 5 directives principales de HACCP du Codex'93.
<b>1995</b>	5 principes de HACCP obligatoires en EU.
<b>1997</b>	Document de codes sur des principes et l'application de HACCP.
<b>1998</b>	FAO/OMS fournissent des conseils pour l'évaluation de normalisation de HACCP.
<b>2003</b>	FAO/OMS développent des directives de HACCP.
<b>2004</b>	Condition de la EC 852/2004 pour toutes les entreprises agroalimentaires d'adopter des principes de HACCP en EU.
<b>2006</b>	Conditions légales d'appliquer HACCP dans des entreprises agroalimentaires (autre que la production primaire) à travers l'EU.
<b>2006</b>	L'utilisation mondiale de HACCP a augmenté dans la législation de sureté de nourriture.
+	

## 2.2. Définition:

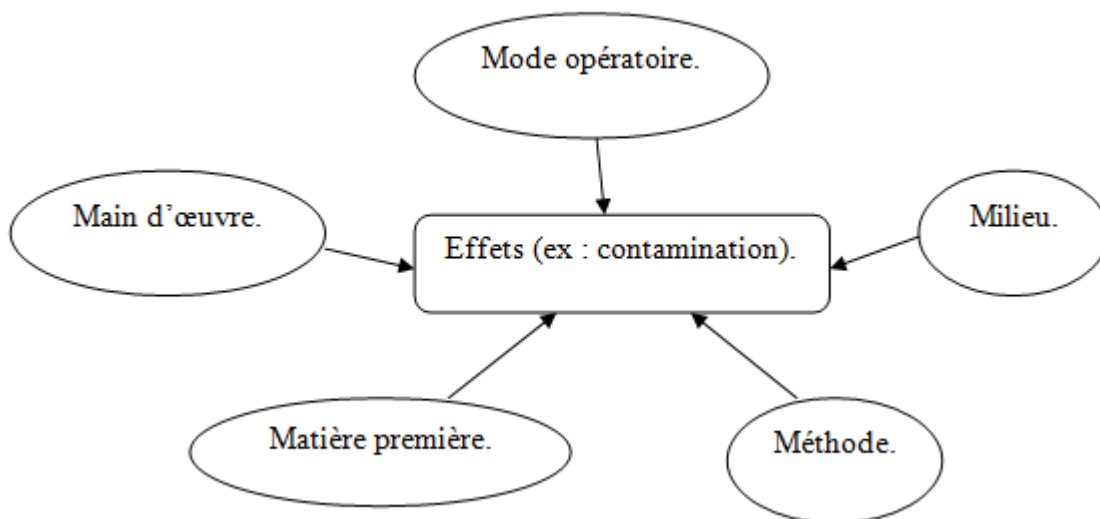
Le système HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point "*Analyse des dangers – points critiques pour leur maîtrise*") est un outil de l'Assurance Qualité applicable à tous les dangers (biologiques, microbiologiques, chimiques ou physiques) associés aux denrées alimentaires et de façon plus générale à tout risque de déviation par rapport à un objectif déterminé.

Cette méthode permet d'identifier et d'évaluer les dangers en matière d'hygiène à tous les stades de la fabrication d'un produit alimentaire et de définir les moyens nécessaires à leur maîtrise.

### ✚ Les dangers (physique, produit chimique, microbiologique) :

Le système de HACCP adresse et contrôle tous les dangers significatifs liés à un produit particulier (Goodrich et al., 2005).

Il y a trois catégories des dangers qui sont considérés dans un plan de HACCP. Ce sont danger physique, chimique et biologique. Tous les types de dangers peuvent entrer dans un produit alimentaire à n'importe quelle étape pendant sa transformation (Harris, 1999).



**Figure 05.** Le diagramme Cause/Effet (Chauvel, 1994).

Ce diagramme est une visualisation graphique simple. Elle identifie en terme pratique le problème, c'est-à-dire l'effet ou le défaut constaté, et l'ensemble des causes potentielles détectées (Chauvel, 1994).

## **Dangers physiques :**

Les dangers physiques en générale sont les corps étrangers (Buzby, 2002). Ils incluent le verre, le métal, les pierres, les bois, le plastique, le caoutchouc ou les parasites (des parasites en générale plus grands). Le sable peut également être un matériel étranger indésirable dans une salade préparée mais il n'est pas susceptible de causer la maladie humaine (Harris, 1999). Cependant, les objets étrangers qui ne peuvent pas ou ne causent pas la maladie, ou les dommages qui ne présente pas de danger ne sont pas pris en compte, quoiqu'ils puissent esthétiquement ne pas satisfaire aux consommateurs (USDA, 1997). Les dangers physiques résultent généralement de la contamination accidentelle et des mauvaises pratiques de manipulation et de fabrication qui peuvent se produire à de divers points dans la chaîne alimentaire (McSwane et al., 2000).

Pour prévenir les dangers physiques, les employés en contact avec la nourriture être formés pour manipuler les aliments en toute sécurité pour empêcher la contamination par les objets étrangers son désirés. En conclusion, les employés en contact avec les aliments ne devraient pas porter des bijoux une fois impliqués dans la production alimentaire (McSwane et al., 2000). De nos jours, il y a diverses méthodes pour la détection des matériaux étrangers tels que les détecteurs de métaux, les rayons X à énergie réduite etc. qui sont employés dans l'industrie alimentaire (Arvanitoyannis, 2009).

## **Dangers chimiques :**

Les dangers chimiques sont soit des polluants ou des résidus (Buzby, 2002). Ils incluent des produits chimiques de nettoyage, des pesticides (y compris ceux non appliqués dans ou autour des établissements de transformation des produits alimentaires), des allergènes, les métaux toxiques, des nitrites (une fois ajoutés au produit), des plastifiants et migration d'emballage, des résidus de traitement vétérinaires d'antibiotiques (quand les animaux ont été traité par antibiotiques contre certaines maladies, par exemple pour la mastite chez les vaches) et les additifs chimiques (une fois ajoutés au produit ; Harris, 1999).

Entre 5 et 8% d'enfants et 1-2% d'adultes sont allergiques à certain produits chimiques ou ingrédients présents dans les aliments. Ces produits chimiques désigné généralement sous le nom des allergènes alimentaires (McSwane et al., 2000).

Puisqu'il est impossible de fournir une liste complète de contaminants, il serait mieux de se concentrer sur la pureté de l'eau, des matières premières fournis, de l'hygiène des ouvriers et des mauvaises pratiques de fabrication afin de réduire la probabilité de l'occurrence des risques chimiques (Arvanitoyannis, 2009).

## Dangers biologiques :

Les dangers biologiques incluent des bactéries d'intoxication alimentaire telles que les salmonelles, E. coli et Bacillus cereus, qui sont dangereuses parce qu'elles peuvent survivre à une mauvaise cuisson, croître à des niveaux nocifs dans les denrées stockées et être transférées des aliments crus vers les aliments prêts à la consommation (contamination croisée).

Les germes pathogènes peuvent avoir plusieurs origines telles que :

- Mauvaise qualité des matières premières.
- Mauvaise hygiène du personnel.
- Environnement (l'air, l'eau et l'équipement).
- Cuisson insatisfaisante.
- Absence de la maîtrise du couplet température/ temps.
- Absence de la séparation entre les zones propres et les zones souillées (Risque élevé de contamination croisées) (Forsythe et Hayes, 1998).

Des substances toxiques peuvent également être produites par la croissance des bactéries et des moisissures dans les aliments (Rooney et Wall, 2003).

Pendant la production, le conditionnement, le transport, la préparation, le stockage n'importe quel aliment peut être exposé à la contamination bactérienne.

Six conditions sont exigées pour la croissance bactérienne. Elles ont besoin d'un aliment (par exemple viande, volaille, fruits de mer, produits laitiers, riz cuit, haricots, pomme de terre), d'un environnement modérément acide ( $\text{pH} = 4.6 - 7.0$ ), d'une température entre 5 et 60°C, temps (environ 4 heures pour atteindre un nombre pouvant causer la maladie), différentes concentrations d'oxygène (aérobie, anaérobie et facultatif), et assez d'humidité (activité de l'eau  $> 0.85$  pour les bactéries pathogènes ; Marriott, 1997 ; Mc Swane et al., 2000).

Les exemples des risques biologiques sont les bactéries pathogènes, les virus, les parasites, les moisissures, les levures et les toxines naturelles (Buzby, 2002 ; Arvantoyannis, 2009).

### **2.3. Logique fondamentale de système HACCP :**

De nos jours le système HACCP permet de gérer la sécurité et la qualité de toutes les denrées alimentaires.

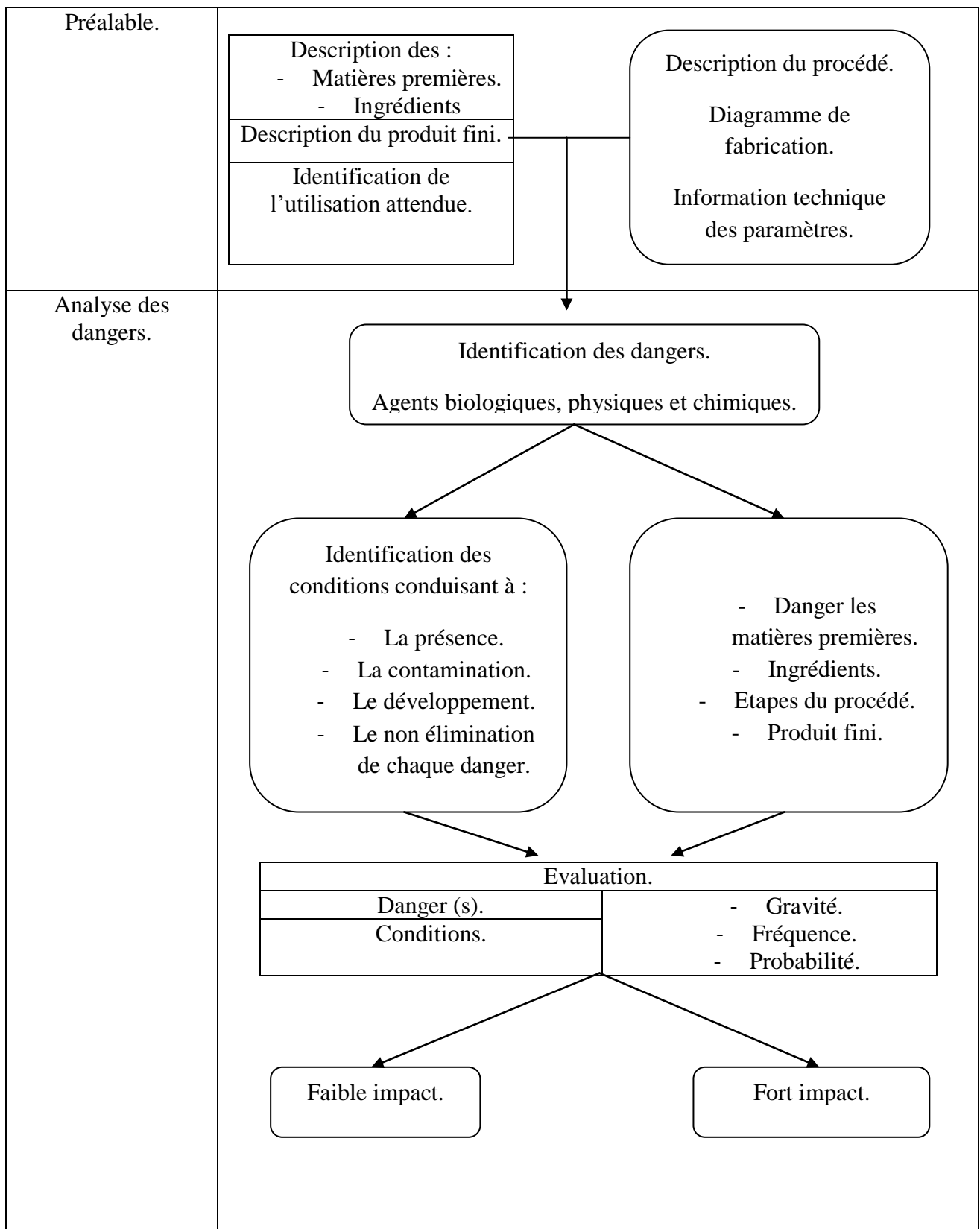
L'utilisation du système HACCP permet de prémunir contre les problèmes d'hygiène et de sécurité et d'éviter leur récurrence.

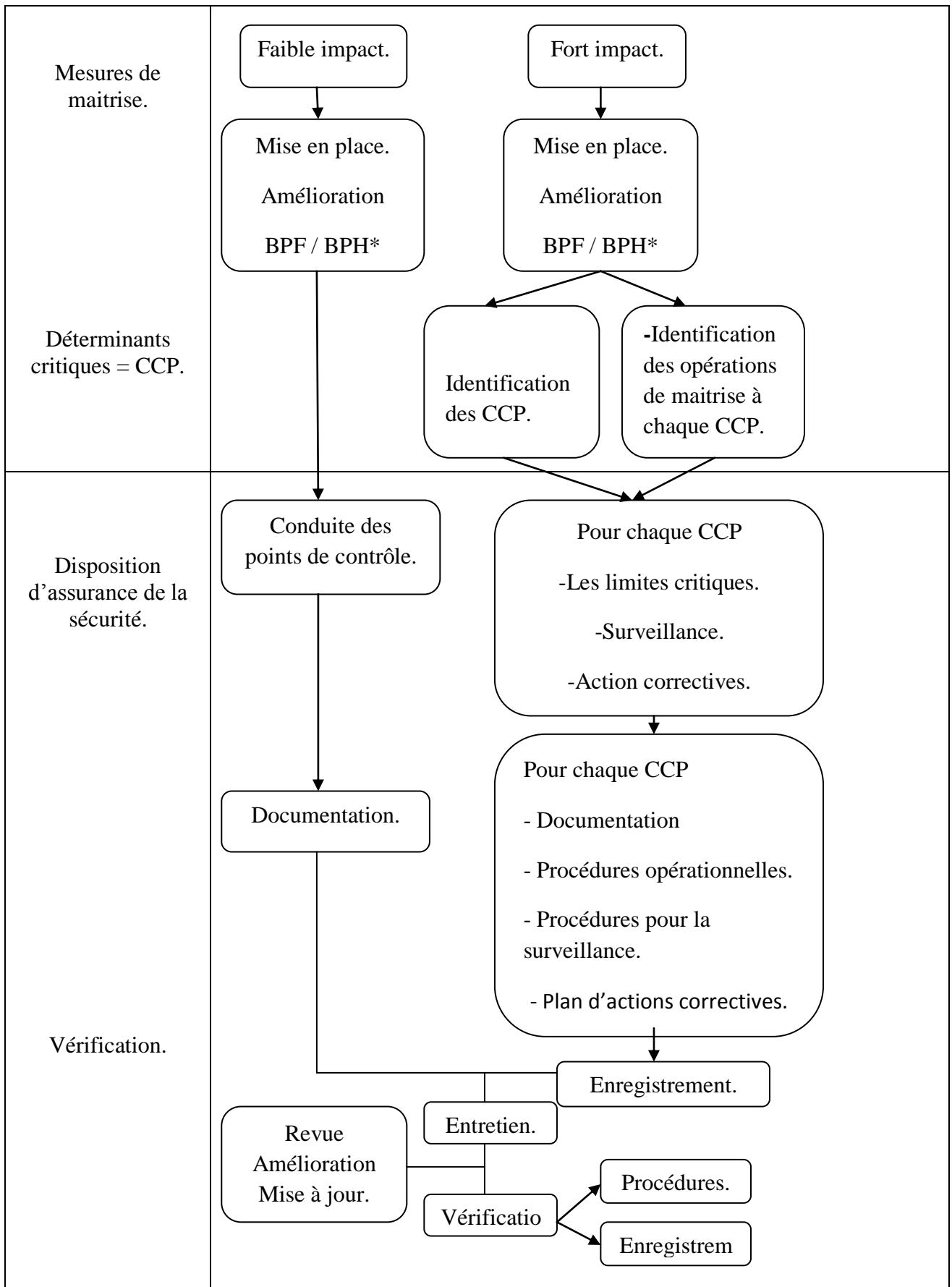
Le HACCP permet de donner confiance : c'est un moyen de preuve pour répondre aux attentes des clients et favoriser le dialogue entre partenaires d'une même filière (RIGE *et al.*, 2004).

La méthode HACCP permet aussi d'établir de nouvelles relations entre entreprise et pouvoirs publics (Chiardia-Bousquet, 1994).

Le système HACCP vise à contrôler la fabrication du produit depuis l'achat des matières premières jusqu'à la consommation du produit. Le procédé de fabrication peut mettre en jeu jusqu'à 80 étapes différentes et il est impossible de les contrôler toutes. Il s'agit donc de localiser les étapes les plus dangereuses potentiellement pour pouvoir ensuite les maîtriser (Bonnefoy *Et Al.*, 2002).

L'HACCP est un système préventif qui vise à garantir la sécurité des aliments, c'est une approche documentée et vérifiable pour l'identification des points critiques et pour la mise en œuvre d'un système de surveillance (Quittet *Et Al.*, 1999).





**Figure 06.** La logique fondamentale du HACCP (Jouve, 1996).

## **2.4. Les principes du système HACCP**

Les textes fondamentaux relatifs à l'hygiène des denrées alimentaires, notamment l'HACCP, ont été adoptés par la Commission du *Codex Alimentarius* en 1997 et 1999. Les lignes directrices relatives à la mise en place de l'HACCP ont été révisées en 2003 (CAC, 2003). Le système HACCP peut être appliqué de la production primaire jusqu'à la consommation et consiste à suivre sept principes:

### **2.4.1. Principe 1 : procéder à une analyse des dangers**

Trois actions essentielles sont à mener dans ce premier principe :

- identifier tous les dangers associés à toutes les étapes de la production : de la matière première au produit fini ;
- évaluer la probabilité d'apparition de ces dangers ;
- identifier les mesures préventives nécessaires à leur maîtrise.

### **2.4.2. Principe 2 : déterminer les points critiques pour la maîtrise**

Des dangers

- Un point critique ou CCP (Critical Control Point) est un stade auquel ;
- Une surveillance peut être exercée et est essentielle pour prévenir ou éliminer ;
- Un danger menaçant la sécurité de l'aliment ou le ramener à un niveau acceptable.

### **2.4.3. Principe 3 : établir des limites critiques**

Les limites critiques séparent l'acceptable de l'inacceptable. Le respect de ces limites atteste de la maîtrise effective des CCP.

### **2.4.4. Principe 4 : établir un système de surveillance des CCP**

Ce système de surveillance doit s'assurer de la maîtrise effective des CCP. Il s'agit de surveiller par des séries programmées d'observations ou de mesures de paramètres (autocontrôles) que les limites ne sont pas dépassées. Ces autocontrôles doivent être définis et mis en place et leurs conditions de réalisation doivent être déterminées et documentées.

### **2.4.5. Principe 5 : établir les actions correctives**

Il s'agit de déterminer les mesures à prendre lorsque les résultats de la surveillance exercée au niveau des CCP indiquent une perte de maîtrise (devenir des produits, actions à mener immédiatement sur le procédé défaillant).

### **2.4.6. Principe 6 : établir des procédures de vérification**

Il s'agit de tests complémentaires destinés à confirmer que le système HACCP fonctionne efficacement. Ceci revient à s'assurer que tous les points critiques pour la maîtrise sont bien identifiés et bien surveillés.

### **2.4.7. Principe 7 : établir un système documentaire**

Le système documentaire est constitué par l'ensemble des procédures et enregistrements appropriés couvrant l'application des six premiers principes. (Mezroua L. 2011).

Le HACCP incorporera des documents tels que :

- Le plan HACCP.
- Analyse des dangers.
- Déterminations des CCPs.
- Feuilles de surveillance des CCPs.
- Actions correctives.
- Procès-verbal de réunion de l'équipe HACCP (Slatter, 2003 ; Arvanitoyannis, 2009).

#### **Important :**

Ces sept principes du système HACCP sont invariables. Cependant la manière de les appliquer est variable en fonction de la tailles, de niveau de développement et des particularités de l'entreprise.

(MMDS, 2009).

## **2.5. Les douze étapes du système HACCP :**

### **2.5.1. Etape 1 : constituer l'équipe HACCP :**

Constituer un groupe de personnes (de 2 à 8 personnes) motivées des compétences pluridisciplinaires à savoir : le responsable avec pouvoir de décision, laboratoire, achats...etc.) (Arvanitoyannis, 2009 ; MMDS, 2009).

L'équipe HACCP doit être formée. La formation est souvent fournie par des personnes qui ne sont pas des spécialistes de HACCP (Mortimore, 2001). L'équipe de HACCP est interdisciplinaire, et doit fournir à la production l'expérience qui est nécessaire pour le développement du plan HACCP (Untermann, 1999). Les responsabilités de l'équipe de HACCP sont :

- Organisation et documentation de l'étude HACCP.
- La révision des déviations des limites critiques.
- Evaluation interne des plans HACCP.
- Communication, instruction et formation des employés.
- Compréhension des étapes du processus que l'équipe surveillera (Arvanitoyannis, 2009).

### **2.5.2. Etapes 2 : définir le champ de l'étude :**

La deuxième étape est de décrire complètement chaque produit alimentaire que l'usine fait. Ceci peut inclure une courte description de la façon dont le processus se produit et/ou le(s) produit(s) est produits / préparé. Ceci aidera à identifier les risques qui peuvent exister dans les ingrédients ou dans les matériaux d'emballage (USDA, 1997 ; Arvanitoyannis et Hadjicostas, 2001 ; Arvanitoyannis, 2009).

Pour décrire un produit, il faut poser les questions suivantes sur le produit :

Nom commun ?

Comment peut-il être utilisé ?

Le type de paquet

La durée de conservation ?

Où sera-t-il vendu ?

Par exemple, sera-t-elle vendue à la vente en gros, au détail ou aux établissements ?

Instructions d'étiquetage

Comment produit(s) est-il distribué ?

Qui est le consommateur et comment le produit sera employé par le consommateur (USDA, 1997 ; USDA, 1999).

### **2.5.3. Etape 3 : Décrire le produit et identifier l'usage attendu :**

L'équipe HACCP doit regrouper toutes les informations qui permettront de caractériser les matières premières, les ingrédients, le produit en cours de fabrication et le produit fini (pour le produit fini, il est recommandé de déterminer la composition chimique, la préparation et les traitements subis, les caractéristiques physico-chimiques et les conditions de stockage et de conservation) (MMDS, 2009).

### **2.5.4. Etape 4 : Etablir un diagramme des opérations du procès :**

L'équipe HACCP doit ensuite établir le diagramme des opérations. Ce diagramme comprendra toutes opérationnelles pour un produit donné. Il est possible d'utiliser le même diagramme des opérations pour plusieurs produits lorsque les étapes de transformation de ces produits sont similaires (MMDS, 2009). Le diagramme ne doit pas être compliqué ni difficile à comprendre. Il peut également inclure les étapes qui se produisent avant ou après que l'aliment aura subi des transformations (USDA, 1997 ; Arvanitoyannis et Hadjicostas, 2001). En appliquant le système HACCP à une opération donnée, il faudra tenir compte des étapes qui la précèdent et qui lui font suite (FAO / WHO, 2001 ; MMDS, 2009 ; Arvanitoyannis, 2009).

### **2.5.5. Etape 5 : Vérifier sur place le diagramme de fabrication :**

Il convient de s'employer à comparer en permanence le déroulement des opérations de transformation au diagramme des opérations et, le cas échéant, modifier ce dernier. La confirmation du diagramme des opérations doit être effectuée par une ou des personnes possédant une connaissance suffisante du déroulement des opérations de transformation (MMDS, 2009).

Il est important de vérifier que l'organigramme est précis en le vérifiant physiquement contre des activités et qu'il inclut les incidents exceptionnels tels que les pannes, la reprise et le nettoyage. L'équipe devrait également vérifier que l'organigramme est correct pour n'importe quel modèle de produit (Slatter, 2003 ; Arvanitoyannis, 2009). L'évaluation sur place impliquera normalement une première réunion du personnel concerné pour expliquer la nature et l'ampleur de la revue et pour encourager la coopération pendant l'évaluation. A ce stade, n'importe quelle documentation additionnelle exigée pour une revue sur place pourrait également être demandée et examinée (Motarjemi, 2000 ; Arvanitoyannis, 2009).

Après que ces cinq tâches préliminaires aient été accomplies, les sept principes de HACCP sont appliqués (Corlett, 1998).

**2.5.6. Étape 6: analyse des dangers (voire principe 1).**

**2.5.7. Étape 7: détermination des points critiques (CCP's) (voire principe 2).**

**2.5.8. Étape 8: Fixation des limites critiques (voir principe 3).**

**2.5.9. Étape 9:** mise en place d'un système de surveillance des CCPs (voir principe 4).

**2.5.10. Étape 10: Déterminations des mesures correctives (voir principe 5).**

**2.4.11. Étape 11: Mise en place des procédures de vérification du système du HACCP (voir principe 6).**

**2.5.12. Étape 12: Mise en place d'un système de documentation et d'enregistrement (voir principe 7).**

### **3. Avantage du système HACCP:**

Ce système induit une réflexion globale sur le procédé de production et les éventuelles contaminations. En effet, implémenter les principes HACCP conduit à identifier, évaluer et contrôler systématiquement tous les dangers susceptibles d'être présents dans un produit depuis sa fabrication jusqu'à sa consommation (Commeau, 2012).

Dans ce qui suit, une liste de certains avantages du système HACCP:

#### **Confiance**

Cette confiance permet à des directeurs de défier la légitimité des demandes des officiers d'application, externes et d'autres.

#### **Coûts réduits**

Ils admettent également qu'il y a des résultats inattendus qui économisent l'argent de compagnie. Les secteurs identifiés incluent la perte réduite, la meilleure utilisation de la main d'œuvre et moins de documentation une fois que l'objectif réalisé.

#### **Objectif**

La gestion par exception, en se concentrant sur ce qui est important, permet à de petites compagnies de maximiser les avantages de leurs efforts.

### **Construction de l'équipe**

C'est une partie explicite du système HACCP indépendamment de la taille de la compagnie. Cette approche, d'utiliser entièrement les ressources humaine à travers la compagnie pour développer des solutions par des équipes, peut offrir un guide puissant dans d'autres domaines.

### **Développement d'organisation**

L'accomplissement réussi d'un système HACCP rend nécessaire des changements dans des approches traditionnelles à employer les qualifications et la connaissance de la main d'œuvre, dans les équipes de gestion pour résoudre des problèmes, et de développer une culture qui est concentrée sur la sécurité plutôt que purement sur le rendement et les coûts. L'organisation qui apprend à changer pour s'adapter au système HACCP peut employer la connaissance et les techniques développées pour contrôler le changement d'autres secteurs.

### **Protection légale**

Il est reconnu que les industriels qui applique le système HACCP, ont l'outil de gestion le plus efficace pour la sécurité alimentaire.

### **Occasions marchandes :**

HACCP est un avantage clair à ces compagnies cherchant à augmenter leurs marchés. Il est devenu également un préalable à l'exportation même en bas volume (Taylor, 2000 ; Herath et Henson, 2010).

## **4. Inconvénients du système HACCP :**

Le paradoxe entre l'augmentation des maladies portées par les aliments et l'implantation du système de HACCP provient d'un malentendu de ce qu'est HACCP, son rôle dans la santé publique et de ce qui être réalisé par son application. Le système de HACCP intrinsèquement ne rend pas le produit sûr, mais c'est son application correcte qui peut faire une différence. Le système HACCP ne devrait pas être un outil pour des politiciens pour gagner la confiance des consommateurs ( Motarjemi ans K" aferstein, 1999). Comme n'importe quel autre système, HACCP a quelques points vulnérables (Arvanitoyannis ans Traikou, 2005). Une liste de certains des problèmes les plus commis signale en passant en revue le plan HACCP (Arvanitoyannis, 2009).

### **Changement :**

Il faut convaincre le propriétaire/ directeur que HACCP est efficace ou pratique dans le contexte de leur entreprises.

### **Expertise :**

Elle est douteuse si n'importe quelle compagnie peut mettre en application HACCP sans formation spécifique. On exige davantage d'aide de spécialiste qui considérera le développement, l'exécution et la gestion du système dans les contraintes de la petite entreprise. Considérant que la compétence dans la méthodologie de HACCP peut être efficacement gagnée par la formation ceci doit être complété avec la connaissance appropriée de la microbiologie alimentaire et de la biochimie.

### **Temps et argent :**

La petite entreprise typique peut être décrite comme étant occupée quotidiennement, sans personnel indiqué, donc il lui est difficile de s'impliquer dans la planification à long terme des activités non essentielle c -à-d. Ceux qui ne sont pas en relation avec la production. De ce fait, l'attribution du temps suffisant de pour HACCP devient un facteur de contrainte important.

### **Documentations :**

Une des critiques faites par de petites entreprises essayant d'actionner le système HACCP est sa condition pour la documentation. Le message qui doit être vendu à de petites compagnies est que le HACCP :

A pour objectifs d'assurer la sécurité alimentaire avec le contrôle minimum nécessaire.

Cibler le contrôle à nombre réduit de points.

Garder les enregistrements nécessaires (Taylor, 2001;Heath et Henson, 2010).

## **5. Systèmes ISO:**

### **5.1. Généralité :**

L'ISO (Organisation Internationale de Normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nation aux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des normes internationales est

en générale confiée aux comités technique de l'ISO. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux (ISO 22000: 2005a).

## **5.2. Normes ISO relatives au management et à la sécurité alimentaire et environnementale :**

### **ISO 22000**

La genèse de l'ISO 22000 qui représente un référentiel standard ayant une portée internationale était sous l'initiative du Danemark, qui a déposé en 2000 via l'association danoise de normalisation sa proposition de norme internationale au comité technique de l'ISO. En 2001, le comité technique de l'ISO accepte la proposition, et constitue un groupe de travail animé par les danois. Les travaux ont duré 3 ans en collaboration avec les 45 pays les plus influents dans le commerce international des produits alimentaires. C'est ainsi que naquit la première version de la norme ISO 22000 publiée pour la première fois en octobre 2005.

La norme ISO 22000 est un référentiel qui spécifie les exigences d'un système management de sécurité des aliments SMSA d'un organisme qui voudrait prouver à son environnement extérieur ; qu'il est apte à:

- Maitriser tout danger menaçant la sécurité sanitaire de ses produits ;
- Assurer qu'à tout moment la consommation des produits de l'organisme n'a aucune répercussion sur la santé du consommateur ;
- S'adapter aux nouveautés scientifiques et réglementaires via la mise en place et la tenue d'une démarche d'amélioration continue.

Les 3 fondements de base de la norme ISO 22000: programme préalable, HACCP, traçabilité.

### **ISO 9001 :**

La norme ISO 9001 fait partie de la série des normes ISO 9000, relatives aux systèmes de gestion de la qualité. Elle définit des exigences concernant l'organisation d'un système de gestion de la qualité (ODE, 2009).

La première publication de normes ISO (l'organisation internationale de normalisation), date de 1987. Elles avaient pour but de faciliter les relations contractuelles entre le client et le fournisseur par l'élaboration d'un référentiel international.

En 1994, les normes de la famille ISO 9000, « normes pour management de la qualité et l'assurance de la qualité », se déclinaient de la façon suivante (Mathieu, 1996 ; Ispa, 2004) :

- La norme ISO 9000 est présentée comme la carte routière de la famille ISO 9000. Elle comprenait, entre autre, les lignes directrices pour la sélection et l'utilisation des normes, pour l'application des normes ISO 9001, 9002 et 9003 constituant les trois référentiels pour la certification.
- La norme ISO 9001 correspond aux entreprises dotées d'un système d'assurance qualité couvrant les activités allant de la conception au service après vente. En tant que liste d'exigences, elle sert de base à la certification de conformité de l'organisme. La version en vigueur de l'ISO 9001 est la version datée de 2008 (11/2008). Les exigences y sont relatives à quatre grands domaines :

**Responsabilité de la direction :** exigences d'actes de la part de la direction en tant que premier acteur et permanent de la démarche.

**Système qualité :** exigences administratives permettant la sauvegarde des acquis. Exigence de prise en compte de la notion de système.

Processus : exigences relatives à l'identification et à la gestion des processus contribuant à la satisfaction intéressées.

Amélioration continue : exigences de mesure et enregistrement de la performance à tous les niveaux utiles ainsi que d'engagement d'actions de progrès efficaces.

Mettre en œuvre un système de gestion de la qualité selon les exigences des normes ISO 9001-version 2008 consiste à :

- a. Démontrer l'aptitude à fournir à régulièrement un produit conforme aux exigences du client et aux exigences réglementaires applicables.
  - b. Chercher à accroître la satisfaction des clients par l'application efficace du système, et en particulier, mettre en œuvre un processus d'amélioration continue (ODE, 2009).
- ✚ La norme ISO 9003 correspond aux entreprises qui veulent démontrer leurs capacités à détecter toute non-conformité du produit et à maîtriser la qualité pendant les contrôles et essais finaux.
  - ✚ Enfin, la série ISO 9004 est un guide pour la mise en place du système qualité.

### ✚ ISO 14001 :

ISO 14001 qui sont le système de gestion environnemental mondial (Cully, 1998). Cette norme a beaucoup d'éléments en commun avec ISO 9001, elle a ses racines dans BS 7750 (standard de qualité), et on le lie également au règlement d'Eco-Gestion et d'audit (EMER). Une des forces de l'ISO 14001

est que ce n'est pas une norme de rendement. Elle n'indique pas comment les conditions de n'importe quelle section devraient être satisfaites, ni les niveaux des performances environnementales qu'une organisation devrait réaliser (Ritchie and Hayes, 1998).

La norme est devenue nécessaire en raison de l'augmentation significative des maladies provoquées par les aliments infectés dans les pays développés et en voie de développement. En plus des risques sanitaires, les maladies portées par les aliments peuvent provoquer des coûts économiques considérables comprenant le traitement médical, l'absentéisme, les paiements d'assurance et la compensation légale. En conséquence, un certain nombre de pays ont développé des normes nationales pour l'approvisionnement en nourriture sûre (Arvanitoyannis, 2009).

### **5.3. Relation entre HACCP et ISO 22000:**

La conception et l'implantation d'un système de gestion de la sécurité alimentaire d'une entreprise sont influencées en changeant des facteurs, en particulier les dangers relatifs à la sécurité alimentaire, les produits fournis, les processus utilisés et la taille et la structure de l'entreprise. Ces spécifications techniques fournissent des conseils sur l'utilisation de l'ISO 22000, qui est basée sur les principes de HACCP comme décrit par la commission de codex alimentarius et est conçue pour être appliquée ainsi que des normes appropriées éditées par cette organisation (ISO 22000:2005b). ISO 22000 combinera dynamiquement les principes de HACCP et les étapes d'application avec PRPs, en utilisant l'analyse de risque pour déterminer la stratégie à employer pour assurer le contrôle des dangers en combinant le PRPs et le plan HACCP (Arvanitoyannis, 2009).

## 1. Les biofilms :

### 1.1. Définition :

Selon (Costerton, *et al.*, 1987) un biofilm est un consortium fonctionnel de microorganismes attaché à une surface et incorporé dans des substances polymériques extracellulaires (EPS) produites par les microorganismes. La formation du biofilm, comme nous l'avons précédemment évoqué, constitue une étape consécutive à l'adhésion bactérienne.

Depuis l'époque de Louis Pasteur, les microbiologistes ont étudié des cultures pures de microorganismes, le plus souvent en suspension dans des bouillons nutritifs. Aujourd'hui tous s'accordent sur le fait que les bactéries se développent de préférence à la surface de supports et principalement au sein de biofilms. L'épaisseur du biofilm peut varier de quelques micromètres à plusieurs millimètres et contenir 90–97 % d'eau. Dans les biofilms d'espèces mixtes, les cellules bactériennes peuvent être accompagnées par des eucaryotes, une variété de polysaccharides extracellulaires (EPS), d'enzymes et autres protéines, de bactériocines et de faibles solutés de masse, ainsi que des acides nucléiques qui peuvent être présents à la suite de la lyse des cellules (Sutherland, *et al.*, 2004). Des biofilms d'espèces mixtes peuvent être plus stables que des biofilms mono espèces (Mosteller et Bishop, 1993) et cela peut être important dans des situations telles la surface de végétaux que l'on retrouve dans les produits de quatrième gamme, où de nombreuses espèces sont potentiellement présentes.

### 1.2. Structure et composition du biofilm

L'analyse chimique et physique des biofilms bactériens s'effectue depuis les années 1970 et elle a conduit à l'élaboration d'un modèle basique de la structure des biofilms. Dans ce modèle, les bactéries forment des micro-colonies incluses dans une matrice constituée d'une grande quantité d'exopolymères, essentiellement des polysaccharides et des protéines (Hu Jy ; Ng Wj Et Zhang Lh, 2003).

Le biofilm peut être considéré comme un gel à l'intérieur duquel se trouve des micro-organismes. C'est une structure poreuse et très absorbante. Entre les micro-colonies se trouvent des canaux où circule l'eau qui transporte les nutriments pour les cellules et qui véhicule les déchets produits par le biofilm (Figure 07). (Vaughan K, 2009).

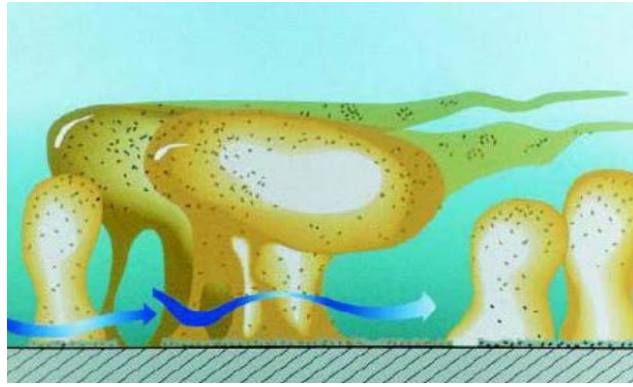


Figure 07. Structure des micro-colonies. (Vaughan, 2009).

### 1.3. Formation de biofilm :

La formation de biofilm comprend différentes étapes et le mécanisme de leur formation a été largement décrit par plusieurs chercheurs dans des études récentes (Verstraeten N, Et Al., 2008 ; Liaqat I ; Saiyed Ia ; Et Nusrat J, 2013). Les différentes études montrent que les biofilms se forment de la même manière quelque soit l'environnement qu'ils colonisent (John Pace L, Et Al., 2006).

La formation du biofilm est composée de cinq étapes qui sont décrites ci-dessous (John Pace L ; Pa Rk Ru Pp E ; Roger G. 2006, Steven L ; Percival T ; Et Walker Paul H, 2000).

(Voir la figure 08):

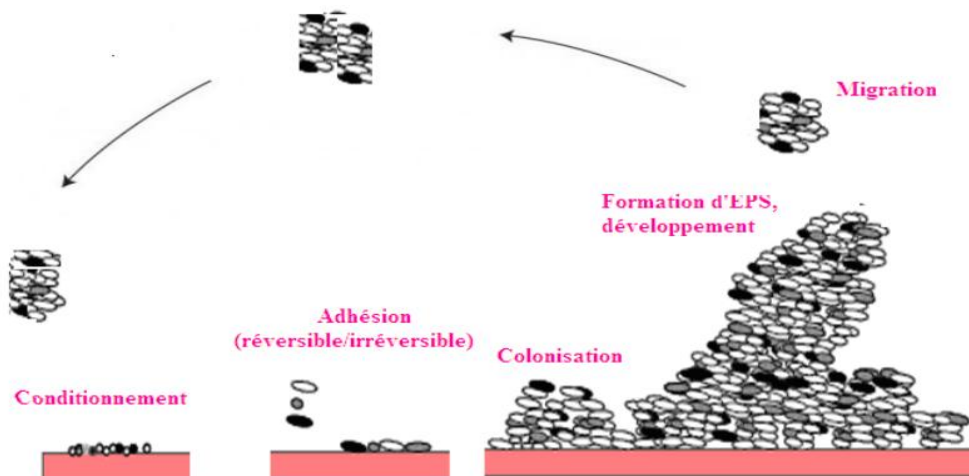


Figure 08. Etapes de la formation des biofilms

## **2. Conditionnement de surface :**

La première étape de la formation d'un biofilm est l'établissement d'un film primaire conditionnant la surface et facilitant l'attachement des bactéries. C'est un phénomène rapide n'excédant pas quelques heures. Durant cette première phase, les molécules organiques et inorganiques présentes dans le milieu se déposent sur la surface. Cette accumulation de molécules définit le film de conditionnement et apporte une plus grande concentration en nutriments sur la surface. L'adsorption de ces molécules joue un rôle important dans l'attachement des bactéries à une surface par l'altération des propriétés physico-chimiques de la surface (énergie libre de surface, hydrophobicité, charges électrostatiques, etc.).

## **3. Transport et déplacement :**

La deuxième étape permettant l'établissement d'un biofilm est le transport, ou le déplacement, des micro-organismes vers une interface. Cette étape dépend fortement de la composition du milieu (viscosité, force ionique....) et des mouvements des bactéries.

## **4. Adhésion réversible et irréversible :**

La troisième étape de la formation d'un biofilm est l'adsorption réversible et non-spécifique des bactéries à une surface. L'attachement primaire à une surface est sous l'influence de nombreux facteurs tels que le pH, l'osmolarité du milieu, la température, ... et fait intervenir principalement des processus physiques de type van der Waals, électrostatique et interactions hydrophobes (Beloin C., Roux A ; Et Ghigo Jm. 2008, Faille C., Jullien C. Et Al., 2002). L'adhésion irréversible, quant à elle, correspond à une fixation active et spécifique des micro-organismes sur une surface.

### **4.1. Maturation :**

Dès que l'attachement au substrat devient irréversible, le biofilm entame des phases de croissance et de maturation. Le biofilm mature est un système biologique dynamique en équilibre entre la production des nouvelles cellules et le détachement. (Liu Y ; Et Zhao Q. 2005).

La maturation du biofilm est divisée en deux phases. La première phase est marquée par des régulations de gènes engendrant un changement marqué de phénotype, la seconde phase de maturation du biofilm est marquée par des synthèses polymériques importants. L'épaisseur maximale du biofilm est alors atteinte durant cette phase de maturation (Clutterbuck Al. Et Al., 2007).

## 4.2. Migration

Lorsque l'épaisseur maximale du biofilm est atteinte, le biofilm subit des phénomènes de migration. Cette libération permet de promouvoir une diversité génétique et de favoriser la colonisation de nouvelles niches écologiques engendrant la formation d'autres biofilms. (Parsek Mr ; Et Greenberg Ep. 2005).

Les bactéries peuvent se détacher du biofilm de façon passive par érosion (détachement continu de cellules individuelles ou de petits agrégats), par relargage (détachement massif et rapide de quantités importantes de bactéries), ou par abrasion (détachement par collision de particules). Mais il existe aussi des processus de détachement actifs dus à des remaniements de l'expression de certains gènes spécifiques. (Morgan R. Et Al., 2006). Les conditions environnementales, notamment la privation en oxygène, jouent un rôle très important dans le déclenchement de la dispersion des biofilms. (Thormann Km. Et Al., 2007).

## 5. Rôle des EPS dans la consolidation du biofilms bactérien :

La matrice d'EPS sert d'abord d'obstacle dans lequel le transport par diffusion l'emporte sur le transport par convection (Sutherland, 2001). Une caractéristique souvent attribuée aux EPS est leur effet protecteur général sur les micro-organismes du biofilm contre les conditions défavorables. Par exemple, il a souvent été observé que les cellules du biofilm peuvent tolérer des concentrations élevées de biocides (Gilbert & Foley, 1996 ; Mah & O'Toole, 2001 ; Simoes & Vieira, 2009 ; Simoes *et al.*, 2005). L'acquisition de cette forte résistance des bactéries contenu dans les biofilms est censé être principalement due aux caractéristiques physiologiques des bactéries dans le biofilm, mais également à la fonction de barrière des EPS (Morton *et al.*, 1998; Simoes *et al.*, 2005). La matrice d'EPS retarde ou empêche les agents antimicrobiens d'atteindre leurs cibles (micro-organismes) dans le biofilm par limitation de la diffusion et/ou interaction chimique avec les protéines extracellulaires et les polysaccharides (Heinzel, 1998; Mah & O'Toole, 2001). En outre, dans la matrice polysaccharidique, les molécules requises pour la communication intercellulaire doivent s'accumuler à des concentrations suffisamment élevées pour être efficace (Pearson. *et al.*, 1999; Sutherland, 2001).

## 6. Moyens de lutte contre la résistance de *B. cereus* dans les industries agro-alimentaires :

Par les dommages qu'ils causent en industrie agro-alimentaire et sur les structures, la sporulation et la formation des biofilms ont un impact économique important. Ces dix dernières années, les

recherches concernant les moyens de lutte contre les biofilms se multiplient. Comprendre le mécanisme de formation des biofilms permet de définir le type de nettoyage à appliquer. Cette compréhension de la formation des dépôts alimentaires et ultérieurement la formation de biofilm est essentielle pour définir comment les éliminer et donc, comment améliorer l'efficacité du processus de nettoyage.

Différentes méthodes de décontamination doivent être utilisées par les industries agroalimentaires pour combattre la résistance des spores et la formation de biofilm par *B. cereus*.

## **7. Techniques non thermique :**

### **7.1. Détergents et désinfectants :**

Le choix du détergent est guidé par la nature des dépôts à éliminer. Le pouvoir saponifiant des détergents alcalins permet d'éliminer les dépôts organiques contenant des lipides, alors que les dépôts minéraux pourront être dissous par des agents acides. Il y a relativement peu d'étude concernant l'action spécifique des détergents sur les biofilms. La majorité des efforts des différents auteurs a porté sur l'action des désinfectants.

Les cellules végétatives sont sensibles à tous les désinfectants autorisés en industrie agroalimentaire, sous réserve de suivre les modalités d'utilisation recommandées. Les procédures de nettoyage à base de soude à chaud peuvent permettre plusieurs réductions décimales du nombre de spores adhérentes aux surfaces. Les désinfectants chlorés contenant au moins 100 à 200 mg/L de chlore actif permettent d'obtenir quatre réductions décimales du nombre de spores. (Afssa. 2009).

L'efficacité du désinfectant sur le décrochement est évidemment liée à sa concentration mais une augmentation n'est pas toujours le gage d'une augmentation de l'efficacité. Mais le problème de l'efficacité d'utilisation de ces produits réside du fait que les biofilms bactériens présentent une résistance accrue aux traitements antimicrobiens par rapport aux cellules individuelles cultivées en suspension. L'explication raisonnable de l'efficacité réduite de ces agents contre les biofilms est la pénétration incomplète dans le biofilm par ces biocides. Une combinaison d'enzymes visant plusieurs composants des EPS présents dans les biofilms, l'addition de tensio-actifs, d'agents dispersants ou chélatants s'avèrent comme autant d'alternatives intéressantes aux désinfectants purement chimiques (Kolari M. 2003).

## **7.2. Hautes Pressions Hydrostatiques (HPH) :**

Le procédé des hautes pressions consiste à soumettre un produit alimentaire liquide ou solide, avec ou sans emballage, à des pressions comprises entre 100 et 800 MPa, à température ambiante ou inférieure à 50°C. La durée de traitement est généralement comprise entre 5 et 30 min (Lerasle M. Et Al., 2012).

Les spores bactériennes sont également plus résistantes que les cellules végétatives. En effet, dans le cas de décontamination de spores bactériennes, certaines souches peuvent résister à des pressions supérieures à 1000 MPa à température ambiante.

Afin d'obtenir une décontamination microbiologique plus élevée, un couplage des hautes pressions avec un traitement thermique permet une meilleure efficacité. (Neetoo H, Pizzalto T, Et Chen Hq. 2009).

## **7.3. UV continu :**

Le traitement UV continu est une méthode athermique, non chimique et considérée comme non ionisante (Keklik Nm, Et Demirci A. 2009). L'émission UV est produite dans une lampe à vapeur de mercure. La lampe se compose d'une enceinte en quartz dans laquelle réside un mélange d'argon et de mercure. Deux types de lampes sont différenciés selon la pression dans l'enceinte.

Les radiations UV ont un mécanisme d'action assez similaire aux irradiations: elles causent des lésions au sein de la molécule d'ADN. Ces lésions bloquent la réplication et la transcription, compromettant les fonctions cellulaires et entraînant la mort de la cellule (Guerrero Ja, Et Barbosa-Canovas Gv. 2004). Dans le cas des spores bactériennes comme c'est le cas chez le groupe *B. cereus*, les radiations UV génèrent principalement des dimères appelés "spore photoproduct" (Setlow P. 2006).

## **7.4. Le traitement thermique :**

Les traitements thermiques, sont des méthodes physiques sûres et bénéficient d'une image nettement plus positive que les traitements faisant intervenir des composés chimiques.

Les techniques de décontamination par traitement thermique sont anciennes et bien maîtrisées. Mais il faut, pour chaque produit, trouver le bon équilibre entre un chauffage en excès (qui réduit les qualités organoleptiques et nutritionnelles et peut produire des composés toxiques et des goûts indésirables) et un chauffage insuffisant (qui ne détruit pas suffisamment les microorganismes). (Daelman J. et al., 2013).

## 8. Conditions préalables de la mise en place:

HACCP est simplement un outil et n'est pas conçu pour être un programme autonome. Pour être efficaces, d'autres outils devraient inclure l'adhérence aux bonnes pratiques de fabrication (BPF), l'utilisation des procédures de nettoyage standards et les programmes d'hygiène du personnel (BPH) (Rushing et Ward, 1999; Arvanitoyannis, 2009). Ceux-ci se nomment des programmes pré requis (PRPs) et sont normalement en place avant que le plan de HACCP soit développé (Slatter, 2003). Ces programmes sont les éléments de base nécessaire à la maîtrise des dangers à toutes les étapes de la fabrication qu'elles aient été ou non retenues comme point sensible par l'analyse des dangers (Les éditions des journaux officiels, 1998).

### 8.1. Hygiène des locaux :

#### 8.1.1. Locaux :

L'emplacement des établissements de production alimentaire devrait être loin de toute contamination (zones polluée, à risque d'inondations, infestée par les ravageurs,...). (Codex Alimentarius, 2003).

Les locaux doivent être bien construits et ne doivent présenter aucun danger biologique, chimique, ou physique pour les aliments. Les locaux doivent être conçu pour offrir les conditions ambiantes voulues, permettre un nettoyage et un entretien satisfaisants, prévenir l'accès des nuisibles et offrir un espace suffisant à l'exécution satisfaisante de toutes les opérations. (MMDS, 2009).

#### 8.1.2. Conception et construction :

Les locaux et postes de travail doivent être conçus de façon à permettre :

- L'application des bonnes pratiques d'hygiène alimentaire et compris la protection contre les contaminations croisée pendant et être les opérations.
- La protection des denrées alimentaires contre les contacts directs avec les consommateurs.
- L'application facile des mesures de nettoyage et de désinfection.
- L'application de la réglementation relative à la sécurité et aux conditions du travail (les éditions des journaux officiels, 1998).
- Pour ce faire, les locaux doivent être construits selon les critères suivants:

- Les matériaux des sols, murs et plafonds doivent être durables, non absorbants, étanches, lisses et facile à nettoyer.
- Les murs doivent être de couleur claire et bien assemblées. Les sols doivent avoir une pente suffisante pour que les liquides puissent s'écouler jusqu'aux regards d'évacuation.
- Les fenêtres extérieures doivent être munies de grillages bien ajustés.
- Les portes doivent avoir une surface claire, lisse, non absorbante et être bien ajustées.
- Les escaliers et ascenseurs donnant directement sur la zone de préparation des aliments doivent être bien entretenus, opérationnelle des activités incompatibles (préparation des aliments/gestion des déchets, manipulation des produits de nettoyage et de désinfection).

(Codex Alimentarius, 2003).

### **8.1.3. Installations sanitaires :**

Un approvisionnement suffisant en eau potable, avec des installations appropriées pour le stockage, la distribution et le contrôle de la température, devrait être disponible chaque fois que nécessaire pour assurer la sécurité et la salubrité des produits alimentaires. (Codex Alimentariu, 2003).

Tous les établissements devraient comporter des installations sanitaires pour garantir un degré approprié d'hygiène corporelle et pour éviter la contamination des aliments. Ces installations devraient comprendre:

- Des dispositifs appropriés pour le lavage et le séchage hygiénique des mains, notamment des lavabos munis de robinets d'eau chaude et d'eau froide (ou à une température convenablement réglée) ;
- Des toilettes conçus conformément aux règles d'hygiène ; et
- Des vestiaires adéquats où le personnel puisse se changer. Ces installations devraient être situées et indiquées de façon appropriée. (codex Alimentarius, 2003).

### **8.1.4. Circulation et contamination croisée :**

La circulation des employés, des équipements, des produits et des aliments doit être de nature à prévenir la contamination croisée des aliments et à respecter la marche en avant. Les établissements doivent assurer la séparation physique et opérationnelle des activités incompatibles (préparation des aliments/ gestion des déchets, manipulation des produits de nettoyage et de désinfection). (Codex Alimentarius, 2003).

## 8.2. Hygiène relative au transport et stockage :

Les établissements doivent s'assurer que les ingrédients, les matières premières, les produits alimentaires emballés et autres produits reçus de l'extérieur sont transportés, manutentionnés et entreposés d'une façon qui permet de prévenir toute contamination chimique, physique ou microbiologique. (MMD, 2009).

## 8.3. Hygiène des équipements :

Le matériel et les conteneurs (autres que les conteneurs et emballages non réutilisables) qui entrent en contact avec le produit alimentaire devraient être conçus et construits de manière à garantir, au besoin, qu'ils peuvent être convenablement nettoyés, désinfectés et entretenus afin d'éviter la contamination du produit alimentaire. Le matériel et les conteneurs devraient être fabriqués dans des matériaux n'ayant aucun effet toxique pour l'usage auquel ils sont destinés. Au besoin, le matériel devrait être durable et amovible ou pouvoir être démonté afin d'en permettre l'entretien, le nettoyage, la désinfection, le contrôle et faciliter la détection éventuelle de ravageurs. (Codex Alimentarius, 2003).

## 8.4. Hygiène du personnel et formation :

Toutes les personnes qui travaillent dans des zones de manutention des aliments doivent veiller à leur hygiène personnelle pendant les heures de travail. Elles font l'objet d'un suivi médical régulier. Les personnes qui manipulent les aliments doivent recevoir une formation continue sur les bonnes pratiques de l'hygiène alimentaire, notamment :

- L'importance du lavage des mains. On y consacrera le temps nécessaire, soit 30 secondes à 1 minute.
- L'hygiène corporelle et vestimentaire.
- Les comportements susceptibles de contaminer les aliments (manger, faire usage de tabac ou de chewing-gum ou de cure-dents, éternué, toussé, cracher dans les zones de manipulation des aliments).
- Le port de la tenue spécifique aux activités, comportant : blouse, pantalon, chaussures/ sabots/ bottes/ et une coiffe enveloppant la chevelure de façon efficace. (Les éditions des journaux officiels, 1998;MMDS, 2009).

La formation est cruciale à n'importe quel système de sécurité alimentaire. La faible formation du personnel dans l'hygiène alimentaire est une vraie menace. N'importe quel membre de personnel sans engagement à la sécurité alimentaire menace le programme entier. Il est important d'identifier que les employés devraient d'abord comprendre ce qu'est HACCP et ensuite apprendre les qualifications nécessaires pour faire leur fonction correctement. Les activités spécifiques de formation devraient inclure des instructions de fonctionnement et les procédures qui décrivent les tâches des employés surveillant chaque CCP. Le personnel devrait avoir les matériaux et l'équipement nécessaires pour accomplir ces tâches. La formation efficace est une chose nécessaire importante à l'exécution réussie d'un plan HACCP. (NACMCF, 1997; Arvanitoyannis, 2009).

### **8.5. Nettoyage, désinfection et lutte contre les nuisibles :**

Les établissements doivent établir des procédures et des programmes de nettoyage et de désinfection de l'équipement, des ustensiles, des sols, des murs, des plafonds, des drains, des appareils d'éclairage et de tout ce qui risque de nuire à la salubrité des aliments. Le nettoyage n'est pas désinfection. (McSwane et al., 2000). La première étape du nettoyage est le pré-lavage, avec l'objectif d'enlever la saleté macroscopique, suivi du lavage alcalin et acide (pour enlever les protéines, les carbohydrates, les lipides et les minéraux, respectivement) (da Cruz et al., 2006). Les désinfections détruisent les germes pathogènes qui peuvent être présentes sur l'équipement et les ustensiles même après le nettoyage. (Arvanitoyannis, 2009).

Il faut nettoyer et désinfecter les équipements, les ustensiles et les plans de travail après chaque utilisation et avant chaque reprise des activités ou changement de produits traités.

Les bâtiments devraient être maintenant en bon état et entretenus de manière à éviter l'accès des ravageurs et à éliminer les sites de reproduction potentiels. Les drains et autres lieux par lesquels les ravageurs sont susceptibles d'avoir accès devraient être scellés hermétiquement. L'installation de grillages sur les fenêtres, portes et bouches d'aération résoudra en partie le problème. Les animaux devraient autant que possible être exclus des établissements de transformation des aliments (MMDS, 2009).

- Abecassis J. (1991). La mouture de blé dur. Biotransformation des produits céréaliers, APRIA/INRA, ed., Tec et Doc Lavoisier, Paris. p221.
- ADRIAN. (1987). la composition du blé in les apports du blé et les aliment céréaliers dant l'équilibre alimentaire. Ed fondatio RONAC. Paris.
- ADRIAN., REBACHE. (1996). Caractéristiques et intér des enzymes. Revue de l'apic, inustries des céréales.
- AFNOR. (1991) Contrôle de la qualité des produits alimentaires : Céréales et produits céréaliers, AFNOR / DGCCR, 3éme ed., Paris, p360.
- Afssa (2009). Avis du 10 avril 2009 de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à la demande d'avis complémentaire concernant les références applicables aux denrées alimentaires en tant que critères indicateurs d'hygiène des procédés.
- Aluka K., Miche J.C, Faure J. (1985). Conditions d'une fabrication mécanique du couscous de maïs en Afrique de l'ouest, IAA. p457-461.
- AOAC (Association of official Analytical Chemists). (1990). Official methods of analysis : Gluten in foods ,15th ed., AOAC International, Goithersburg, MD, Method 991.19, 1990a.
- AOAC (Association of official Analytical Chemists). (1990). Official methods of analysis : Total Dietary fiber in foods , 15th ed., AOAC International , Arlington , VA, Method 985.29, 1990 b.
- Angar O. Belhouchet L. (2002). Granulométrie du couscous : relation avec quelques paramètres de fabrication et la qualité culinaire. Mémoire d'ingénieur. DNATAA. Université de Constantine. p53.
- Arizona Cooperative Extension – Ace- (2009). HACCP- Hzard Analysis Critical control Points. The University of Arizona College of Agriculture and Life Sciences, Tucson, Arizona, USA.
- Arvanitoyannis I.S. (2009). HACCP and ISO 22000 “Application to Foods of Animal Origin”. Wiley-Blackwel, United Kingdom.
- Arvanitoyannis I.S., Hadjicostas E. (2001). Quality Assurance & Safety Guide for the Food and Drinks Industry. Part II Quality Assurance and ISO 9000: 2000 and Part IV Food Safety Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP), Arvanitoyannis, I.S. (ed), Chania: Mediterranean Agronomic Institute, pp. 73-83, 165-177.
- Arvanitoyannis I.S., Traikou A. (2005). A comprehensive review of the implementation of hazard analysis critical control point (HACCP) to the production of flour and flour-based products. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 45: 327- 370.
- Azudin N. (1988).The milling process in Omeranz Y. Wheat Chemistry and Technology. Vol. I and II. AACC, St. Paul, MN, USA.
- Bahchachi N. (2002). Incorporation du gluten de maïs dans la fabrication de deux produits céréaliers traditionnels : trida et couscous.Thèse de Magister. DNATAA. Université de Constantine. p134.

- Bakeche C. (1994). Etude de la chaîne de fabrication du couscous industriel. Rapport de DEUA. INATAA. Université de Constantine. p23.
- Bar C. (2001). Contrôle de la qualité des céréales et des protéagineux. (Guide pratique) , ed., ITFC céréalières de France, Paris, p253.
- Beloin C., Roux A, Ghigo Jm. (2008). “Escherichia coli biofilms”, *Curr Top Microbiol Immunol.* 322: 249- 289.
- Benatallah L., Zidoune M. N., Oulamara H., Agli A. (2006). Formulation et fabrication de couscous à base de riz et de légumes secs pour malades coeliaques. Actes SAR GP3A, Tunis: 160-164.
- Benlacheheb R. (2008). Scores lipidiques de certains plats traditionnels consommés à Constantine. Thèse de Magister. INATAA. Université de Constantine. p175.
- Benezech T. (2002). “Adhesion of Bacillus spores and Escherichia coli cells to inert surfaces: role of surface hydrophobicity”, *Canadian Journal of Microbiology.* p48, 728-738.
- Calvel R., (1984). La boulangerie moderne. *Editions EYROLLES, 10<sup>ème</sup> Édition*, Paris, 460 p.
- Camara S. (1992). Composition chimique des glands de chêne vert crus autoclaves à 80°C et 110°C pendant 1 heure, Thèse d’ingénieur d’état en Agronomie, Université de Mostaganem, p82.
- Cheftel J.C., Cheftel H. (1976). Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments, Tome I, ed., Tech et Doc Lavoisier , Paris. p381.
- Clutterbuck Al., Woods Ej., Knottenbelt D., Clegg Pd., Cochrane Ca., Percival Sl. (2007). “Biofilms and their relevance to veterinary medicine”, *Veterinary Microbiology.* 121: p1-2, 1-17.
- Codex Alimentarius (2003). La Commission Du Codex Alimentarius Et Le Programme Fao/oms Sur Les Normes Alimentaires. Code D’usages International Recommandé – Principes Généraux D’hygiène Alimentaire. CAC/RCP 1- 1969, Rév. 4, Rome (Italie).
- Commeau N. (2012). Modélisation de la contamination par *Listeria monocytogenes* pour l’amélioration de la surveillance dans les industries agro-alimentaires. agroPrisTech, Paris.
- Corlett D.A. (1998). HACCP User’s Manual, Gaithersburg, MD: Aspen Publishers., pp. xiv, 93, 121, 130, 234-242, 252, 368-380.
- Coohill Tp., Sagripanti Jl. (2008). “Overview of the inactivation by 254 nm ultraviolet radiation of bacteria with particular relevance to biodefense”, *Photochemistry and Photobiology.* p84, 1084-1090.
- Coskun F. (2013). Production of couscous using the traditional method in Turkey and couscous in the world. *Afr. J. Agric. Res.* 8 (22), 2609-2615,
- Coulin P., Farah Z., Assanvo J., Spillmann H. And Puhon, Z. (2006). Characterisation of the microflora of attiéke, a fermented cassava product, during traditional smallscale

preparation. *Int. J. Food Microbiol.* 106, 131-136.

Cruz. (1988). conservation des grains en région chaudes. 2eme édition.

Culley W.C. (1998). Environmental and Quality Systems Integration, New York: Lewis Publishers, pp. 105, 107, 145-147, 175.

Da Cruz A.G., Cenci S.A. Et Maia M.C.A. (2006). Quality assurance requirements in produce processing. *Trends in Food Science and Technology*, 17: 406-411.

Daelman J., Sharma A., Vermeulen A., Uyttendaele M., Devlieghere F., Membre Jm. (2013). "Development of a time-to-detect growth for heat-treated *Bacillus cereus* spores", *Int J Food Microbiol.* 165: 231-40.

D'egidio M.G., Pagani M.A. (2010). Pasta and couscous: basic food of Mediterranean tradition. *Technica Motiloria International.* p61, 104-115.

Derouiche M. (2003). Couscous – Enquête de consommation dans l'est algérien, fabrication traditionnelle et qualité. Thèse de Magister. DNATAA. Université de constantine.p125.

Doumandji A., Doumandji-Mitiche B. And Salaheddine D. (2003). Cours de technologie des céréales technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stockage. Office des Publications Universitaires, pp. 1-22.

Dunford N.T., (2005). Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Sixth Edition, Six Volume Set. Edited by Fereidoon Shahidi. Copyright John Wiley & Sons, Inc.

E. Fredot E. (2005). Connaissance des aliments, ed., Lavoisier, Paris, p397.

Faille C., Jullien C., Fontaine F., Bellon M., Fontaine N., Slimianny C., Liu Y., Zhao Q. (2005). "Influence of surface energy of modified surfaces on bacterial adhesion", *Biophysical Chemistry.* p117, 39-45.

FAO. (1996). Codex Alimentarius : Céréales, légumes secs, légumineuses, produits dérivés et protéines végétales, FAO, 2ème ed., Rome, 7 : 164.

Fatma L. A., Amr A.R., Abdel Rahman M. A., (2010). Additional Effect of Defatted Wheat Germ Protein Isolate on Nutritional Value and Functional Properties of Yogurts and Biscuits. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(8): 3139-3147.

Feillet P. (2000). Le grain de blé, composition et utilisation. *Institut national de la recherche agronomique*, INRA, Paris : p308.

Fredot E. (2005). Connaissance des aliments, ed., Lavoisier, Paris, p397.

Gobert E. G. (1940). Usage et rites alimentaires des tunisiens : leur aspect domestique, physiologique et social. *Archive de l'institut Pasteur. Tunis.* T 29, 475-589.

Godon., Lasseran. (1989). Guide Pratique dianalyses dans les industries des céréales, Ed Tac & Doc-Lavoisier , Paris.

Grandvoimnet.P., Pratz. (1994). Les ingrédients des pâtes. In la panification français.Ed : Tec et doc. Lavoisier , Paris.

Guerrero Ja., Barbosa-Canovas Gv. (2004). “Review: advantages and limitations on processing foods by UV light”, Food Science and Technology International. p10, 137-147.

Souad Merzougui ScienceLib Editions Mersenne : Volume 5 , N ° 130915 ISSN 2111-4706

Guezlane L., Abecassis J. (1991). Méthodes d’appréciation de la qualité culinaire du couscous de blé dur, IAA. 11 :966- 971.

Guezlane L. (1993). Mise au point de méthodes de caractérisation et étude de modifications physico-chimiques sur l’effet de traitement hydro thermique en vue d’optimiser la qualité du couscous de blé dur, Thèse de Doctorat d’Etat, INA. El Harrach, Alger. p189.

Griffith C. (2006). HACCP and the management of healthcare associated infection. Are there lessons to be learnt from other industries? International Journal of Health Care Quality Assurance, 19(4): 531-367.

Herath D., Henson S. (2010). Barriers to HACCP Implementation: Evidence From the Food Processing Sector in Ontario, Canada. Agribusiness, Vol. 26 (2): 265-279.

Hu Jy., Fan Y., Lin Yh., Zhang Hb., Ong Sl., Dong N., Xu Jl., Ng Wj., Zhang Lh. (2003). “Microbial diversity and prevalence of virulent pathogens in biofilms developed in a water reclamation system”, Research in Microbiology. 154: 623-629.

ISO 22000 (2005a). International Standard. ISO22000. Food Safety Management Systèmes – Requirements for Any Organization in the Food Chain, 1<sup>st</sup> edn, September 2005.

ISO 22000 (2005b). Technical Specification. ISO/TS 22004. Food Safety Management Systems – Guidance on the Application of ISO 22000:2005, 1<sup>st</sup> edn, November 2005.

Ispa M.L. (2004). La Qualité En Industrie « Application : Travail Sur La Qualité Produit Au Sein D’une Industrie Agro-Alimentaire ». l’université Paul-Sabatier de Toulouse, France.

John Pace L., Pa Rk Ru Pp E., Roger G., (2006). “Biofilms, Infection and Antimicrobial Therapy “, CRC Press Taylor and Francis Group. P205.

Jouve J-L. (1996). La qualité microbiologique des aliments : Maitrise et Crittères. Polytechnica, 2<sup>e</sup> éd., p : 20-60.

Keklik Nm., Demirci A. (2009). “Pulsed UV-light: advantages for food decontamination”, Engineering & Technology for a Sustainable World. p16, 18-19.

Kessous C. (1993). Biochimie structural : protéines, glucides, acide nucléique. Ed : polycopie à l’usage des étudiants du Tc, B , BM, et TCSNINA école vétérinaire. Alger.

Keyser M., Muller Ia., Cilliers Fp., Nel W., Gouws Pa. (2008). “Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice”, Innovative Food Science & Emerging Technologies. 9: p348-354.

Kiger J.L., Kiger J.G, (1967). Techniques modernes de biscuiterie, pâtisserie, boulangerie industrielle et artisanale et les produits de régime. *Edition, DUNO. Paris.* p676.

Kolari M. (2003). “Attachment mechanisms and properties of bacterial biofilms on non-living surfaces”, these doctorat, Electronic publication available at <http://ethesis.helsinki.fi>.

Larpent J.P. (1997). Microbiologie alimentaire, Technique de laboratoire, ed., Lavoisier, Paris. p860-870.

Lelamer O. And Rousselin X. (2011). Marché du blé dur - Monde, Europe, France. Les études de FranceAgriMer, Paris, p44.

Mathieu S., Del Cerro C., Notis M-H. (1996) Gérer et assurer la qualité. AFNOR, 6<sup>e</sup> édition, 703 p.

Lerasle M., Duranton F., Simonin H., Membré J.M, Chéret R., Lamballerie M. De. (2012). «Traitements par hautes pressions hydrostatiques des denrées alimentaires : état del’art », Revue Méd. Vét. p163, 12, 595-614.

Larpent J.P. (1997). Microbiologie alimentaire, Technique de laboratoire, ed., Lavoisier, Paris, p860-870.

Liaqat I., Saiyed Ia., Nusrat J. (2013). “Biofilm formation and sporulation in Bacillus subtilis”, International Journal of Microbiology Research and Reviews. 1: 061-067.

Liu C.Y., Shepherd K.W., Rathjen A.J. (1996). Improvement of *durum* wheat pasta making and bread making qualities, Cereal Chem. 2 : 155 -166.

McSwane D., Rue N., Linton R. (2000). Essential of Food Safety & Sanitation, 2<sup>nd</sup> edn, New Jersey: Prentice- Hall, pp. 7, 34-42, 49-50, 70-71, 190-191, 214-217, 238-240, 289-312, 339-340.

Mezroua L. (2001). Etude de la qualité culinaire de quelques couscous industriels et artisanaux et effet d’adjonction de la matière grasse durant la cuisson. Thèse de Magister en Sciences Alimentaires, option : Technologies Alimentaires, INATAA. Université de Constantine. p117.

Mezroua L. (2011). Etude de la qualité culinaire de quelques couscous industriels et artisanaux et effet d’adjonction de la matière grasse durant la cuisson. Thèse de Magister en Sciences Alimentaires, option : Technologies Alimentaires, INATAA. Université de Constantine, p14 et 117.

Ministère Marocain De La Santé (MMDS) (2009). Manuel D’application Du Système HACCP Aux Etablissements De Restauration Collective. Service de l’hygiène Alimentaire Division de l’Hygiène du Milieu.

MOREAU J., ARDRY R. (1942). Un aliment nord africain : le couscous, composition, fabrication, préparation. Archive de l’institut Pasteur. Tunis. T 31, 302-310.

MORGAN R., KOHN S., HWANG SH., ASSETT DJ., SAUER K. (2006). “a chemotaxis regulator essential for biofilm dispersion in Pseudomonas aeruginosa”, Journal of Bacteriology. 188: p21, 7335-7343.

Mortimore S. (2001). How to make HACCP really work in practice. Food Control, 12: 209-219.

- Motarjemi Y. (2000). Regulatory assessment of HACCP: A FAO/WHO consultation on the role of government agencies in assessing HACCP. *Food Control*, 11(5): 341-344.
- Motarjemi Y., Kaferstein F. (1999). Food Safety: hazard analysis and critical control point and the increase in foodborne diseases: A paradox. *Food Control*, 10(4-5): 325-333.
- Neetoo H., Pizzalto T., Chen Hq. (2009). "Elimination of Escherichia coli O157:H7 from alfalfa seeds through a combination of high hydrostatic pressure and mild heat", *Applied and Environmental Microbiology*. p75, 1901-1907.
- Nf Iso 7954. (1988). Microbiologie alimentaire, Directives générales pour le dénombrement des levures et des moisissures, Technique par comptage des colonies à 25°C (indice de classement, 08 : p022.
- Nf Iso 4833. (1991). Microbiologie alimentaire, Directives générales pour le dénombrement des micro-organismes, Méthode par comptage des colonies obtenues à 30 °C (indice de classement, 08: p011.
- Nf Iso 11664-4. (2008). Colorimétrie, Partie 4 : Espace chromatique L\*a\*b\*CIE 1976 (indice de classement : T36- 007-4PR).
- NF ISO 712. (2010). Céréales et produits céréaliers, Détermination de la teneur en eau, Méthode de référence.
- NIQUET G., LASSERAN. (1989) : Guide pratique, stockage et conservation des grains à la ferme.
- Observatoire de l'entreprenariat (ODE) (2009). La norme ISO 9001. Portail ODE/Développement Durable.
- PARSEK MR., GREENBERG EP. (2005). "Sociomicrobiology: the connections between quorum sensing and biofilms", *Trends in Microbiology*.13: p1, 27-33.
- PETITOT M. (2009). Pâtes alimentaires enrichies en légumineuse. Structuration des constituants au cours du procédé : impact sur la qualité culinaire et les propriétés nutritionnelles des pâtes. *Thèse de doctorat en sciences agronomiques de Montpellier*. p246.
- Pomeranz, Y. (1988). Chemical composition of kernel structures. *Wheat: chemistry and technology*. Volume I., 97-158.
- POTUS. (1994). les enzymes in la panification françaises Ed : Tec et doc. Lavoisier , Paris.
- Ritchie I., Hayes W. (1998). A Guide to the Implementation of the ISO 14000 Series on Environmental Management, New Jersey: Prentice-Hall, pp. 7, 19, 109.
- Rushing J.E., Ward D.R. (1999). HACCP Principales. Food Safety FSE 99-21, N.C. State University Cooperative. Disponible au [www.ces.ncsu.edu/depts/foodsci/ext/pubs/haccpprinciples.PDF](http://www.ces.ncsu.edu/depts/foodsci/ext/pubs/haccpprinciples.PDF).
- Senator A. (1983). Contribution à l'étude de la valeur couscoussière : comparaison entre deux processus de fabrication , Thèse d'ingénieur , INA. El Harrach. p73.

- Setlow P. (2006). "Spores of *Bacillus subtilis*: their resistance to and killing by radiation, heat and chemicals", *Journal of Applied Microbiology*. p101, 514-525.
- Sifpaf. (2012). La filière semoule, pate et couscous. Comité française de la semoulerie industrielle.
- Slatter J. (2003). Hazard analysis critical control point. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 3023-3028.
- Sperber W.H. (2005). HACCP and transparency. *Food Control*, 16: 505-509.
- Taylor E. (2001). HACCP in small companies: Benefit or burdens? *Food Control*, 12: 217-222.
- SPORMANN AM. (2007). "Control of formation and cellular detachment from *Shewanella oneidensis* MR- 1 biofilms by cyclic- di- GMP", *Journal of Bacteriology*. 188: p7, 2681-2691.
- ŠRAMKOVA Z., GREGOVA E., STURDIK E., (2009). Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. *Acta chimica slovacica*, 2: No.1, 115-138.
- STEVEN L., PERCIVAL T., WALKER PAUL H. (2000). "Microbiological Aspects of Biofilms and Drinking Water", CRC Press Boca Raton London New York Washington. p61.
- Surget, A., Barron, C., (2005). Histologie du grain de blé, *Industrie des céréales*. p4-7,145.
- THORMANN KM., DUTTLER SA., SAVILLE R., HYODO M., SHUKLA S., HAYAKAWA Y., Yesli A. (2001). Etude de l'influence des lipides sur la qualité technologique de quelques variétés de blé algérien , Thèse de Magister, INA. El-Harrach, Alger. p98.
- Trentesaux E. (1995). Evaluation de la qualité du blé dur, in : Franzo N.di , Kaan . F, Nachit.M (Eds), *La qualité du blé dur dans la région méditerranéenne*, Zaragoza: CIHEAM-IAMZ, p53-59.
- Trentesaux E. (1995). Evaluation de la qualité du blé dur. **Fonzo N. di (ed.), Kaan F. (ed.), Nachit M. (Ed.)** *Durum wheat quality in the Mediterranean region = La qualité du blé dur dans la région méditerranéenne* Zaragoza : CIHEAM-IAMZ, p284.
- (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n. 22). Seminar on Durum Wheat Quality in the Mediterranean Region, 17-19 Nov 1993, Zaragoza (Spain) Seminar on durum wheat quality in the mediterranean region. C.I.H.E.A.M./I.C.A.R.D.A./C.I.M.M.Y.T. Zaragoza. p53-59.
- Trentesaux E. (1995). Evaluation de la qualité du blé dur, in : Franzo N.di , Kaan . F, Nachit.M (Eds), *La qualité du blé dur dans la région méditerranéenne*, Zaragoza: CIHEAM-IAMZ. p53 -59.
- United States Department of Agriculture (1997). Guidebook for the Preparation of HACCP Plans. Food Safety and Inspection Service, USA.
- United States Department of Agriculture (1999). Guidebook for the Preparation of HACCP Plans, Washington: USDA.
- Untrmann F. (1999). Food safety management and misinterpretation of HACCP. *Food Control*, 10, 161-167.

- Verstraeten N., Braeken B.K., Debkumari M., Fauvart J., Fransaeer J., Vermant J. (2008). “Living on a surface: swarming and biofilm formation”, Trends in Microbiology. p16, 496–506.
- Vaughan K. (2009). “Slime biofilm”, Alternative health.
- Yesli A. (2001). Etude de l’influence des lipides sur la qualité technologique de quelques variétés de blé algérien, Thèse de Magister, INA. El-Harrach, Alger, p98.
- Yettou N., Guezlane L., Ounane G. (2000). Mise au point d’une méthode instrumentale d’évaluation de la délitescence du couscous de blé dur, Actes du premier symposium international de blé : enjeux et stratégies, Alger 7-9 Février 2000 . OAIC : p271-275.
- Youn S., Sneed J. (2003). Implementation of HACCP and prerequisite programs in school food service. J. Am. Diet Assoc., 103: 55-60.
- Yousfi L. (2002). Influence des conditions de fabrication sur la qualité du couscous industriel et artisanal, Thèse de Magister en Sciences Alimentaires, option : Technologies Alimentaires, INATAA. Université de Constantine, p141.

## **Matériel et Méthodes**

### **1. Objectifs de l'étude :**

Les unités agroalimentaires sont plus que jamais obligées de mettre en place un système de contrôle qualité de leur produits et assurer de ce fait la sécurité du consommateur. C'est dans ce contexte, que notre étude tracera son objectif à savoir :

- ✚ Identifier et analyser physico-chimique et microbiologiques susceptibles d'apparaître à différents stades du process de fabrication du couscous.
- ✚ Assurer une bonne qualité microbiologique, technologique et nutritionnelle de couscous.

### **2. Lieu et période du travail :**

Le présent travail a été réalisé dans les Grands Moulins du Dahra (GMD) du groupe METIDJI - Mostaganem ; route de Salamandre durant la période allant du 04/ 2016 jusqu'à 05 /2016.

Les tests analytiques ont été effectués en 02 laboratoires ; le laboratoire « GMD » pour les analyses physiques et biochimiques.

Les analyses microbiologiques ont été réalisés dans le laboratoire de Microbiologie de la Faculté des Sciences de la Nature et de la vie – Université de Mostaganem.

### **3. Historique de l'entreprise :**

Depuis plusieurs années, le groupe METIDJI, démontre à travers une présence effective dans le négoce et la transformation des céréales. Sa capacité à évaluer dans le marché national en s'inscrivant dans une logique de filière.

Créée en février 2002, a présidé a son inauguration le président de la république ABDALAZIZ BOUTEFLIKA en date du 13 mars 2002. L'entreprise les Grands Moulins du Dahra a été fondée par Monsieur METIDJI HOCINE MANSOUR qui s'est lancé dans les années quatre vingt dix dans le secteur céréalier en Algérie.

### **4. Présentation de l'entreprise :**

Le complexe les Grands Moulins pôles de l'industrie agro-alimentaire céréalière de l'ouest algérien à Mostaganem est doté de deux minoteries, d'une semoulerie, d'une couscoussière de dernière génération, ce complexe industriel emploie actuellement près de 400 personnes dirigées par un staff pluridisciplinaire faisant preuve d'un dynamisme et d'une compétence avérés.

Avec une production variée de différentes catégories de farines, de semoules et de couscous commercialisée sous la marque SAFINA tout en respectant les normes de qualité requises pour cette branche d'activité, les GMD ne cessent d'élargir leur champs d'action en prenant des parts de marché de plus en plus appréciables.

## 5. Matière première :

Après transformation de la matière première le blé dur (*Triticum durum*), on obtient la semoule (3SE) qui sera utilisée pour la préparation de couscous.

## 6. L'eau de fabrication :

L'eau utilisée dans la fabrication des couscous est une eau traitée de  $\text{pH} = 7 \pm 0.3$ .

Après transformation de la matière première, on obtient le produit final suivant :

Le couscous industriel « Safina » issu de la transformation de la semoule extrafine selon des procédés industriels effectués au niveau de la couscousserie du groupe METIDJI.

## 7. Paramètres microbiologiques

### 7.1. Prélèvement des échantillons

Nos échantillons ont été prélevés au niveau de la couscousserie (le couscous moyen qui est le produit fini à partir du silo de stockage avant conditionnement dans des sacs stériles.



**Figure 09.** Prélèvements des échantillons de la produit fini  $\text{CM}_{\text{FA}}$  et  $\text{CM}_{\text{AF}}$ .

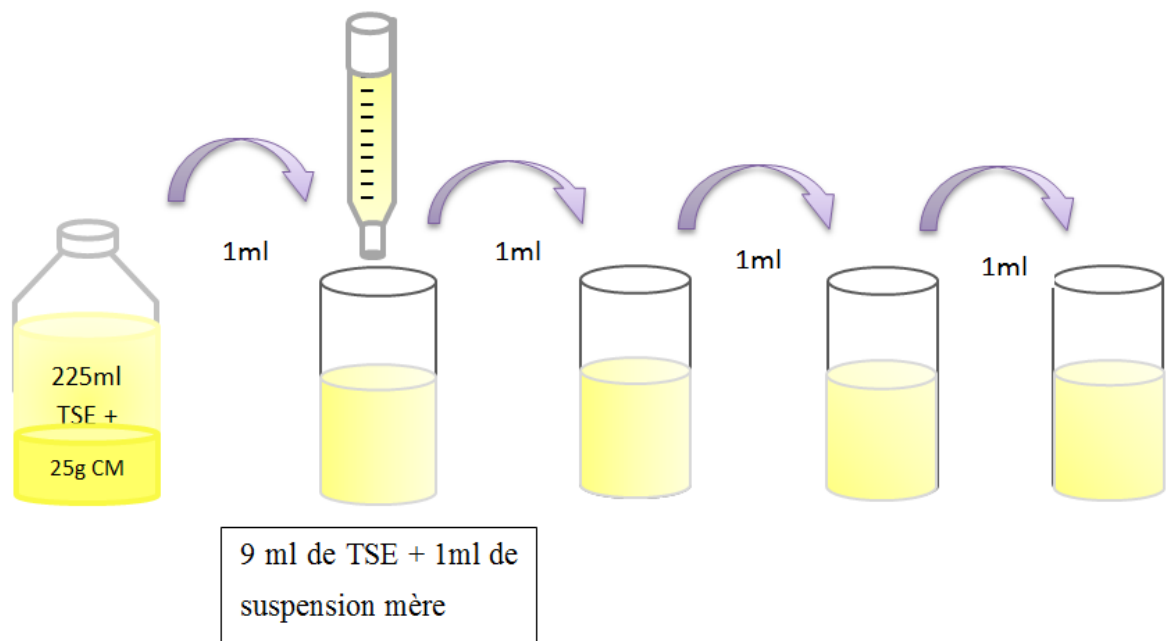
Les échantillons prélevés ont été analysés selon les méthodes décrites par le JORA N°35 du 27 Mai 1998, et qui concernait la recherche des *Clostridium sulfito réducteurs* à 46° C et les moisissures.

## 7.2. Conservation et acheminement

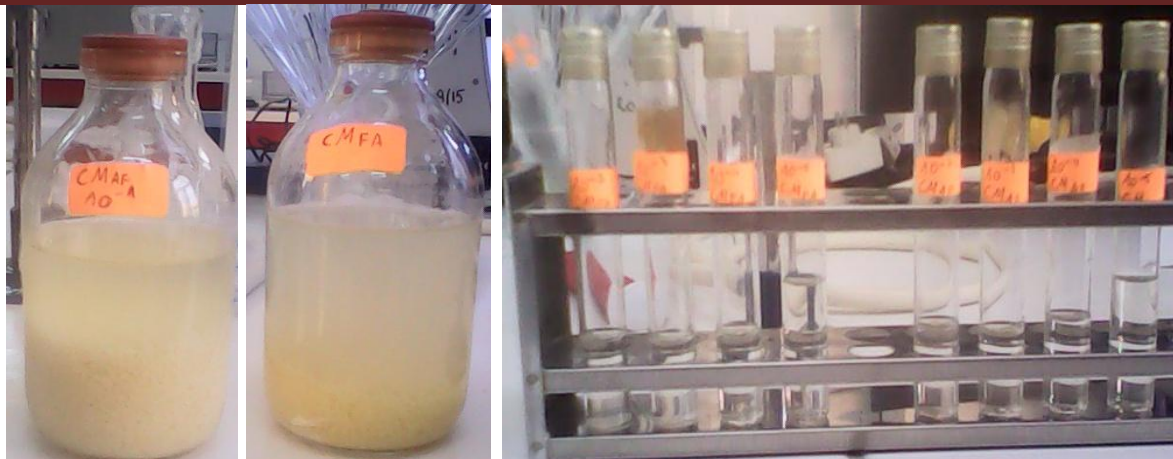
Les échantillons du couscous moyen ont été conservés au réfrigérateur à une température de 4°C et l'abri de la lumière.

✚ **Suspensions mères** : Elles sont préparées en mélangeant 25g de couscous dans 225ml de TSE accompagnées d'agitation.

Dilutions décimales: Préparer trois tubes à essai contenant chacun 9ml de TSE; ensuite, ajouter 1ml de suspension mère dans le premier tube ( $10^{-1}$ ), prélever 1ml de la première dilution et l'ajouter au second tube ( $10^{-2}$ ) et faire de même pour les dilutions qui restent.



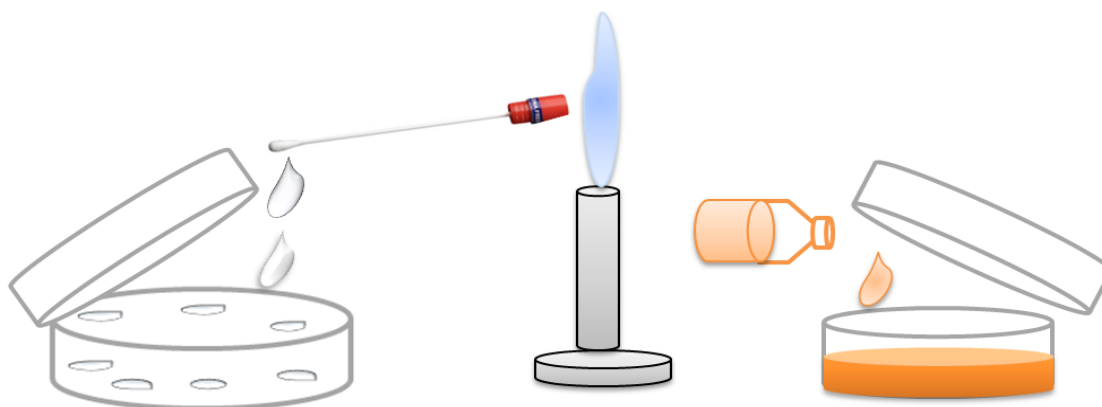
**Figure 10.** Technique de dilution décimale



**Figure 11.** Les dilutions mères du couscous et les dilutions décimales.

### 7.3. Recherche des levures et moisissures

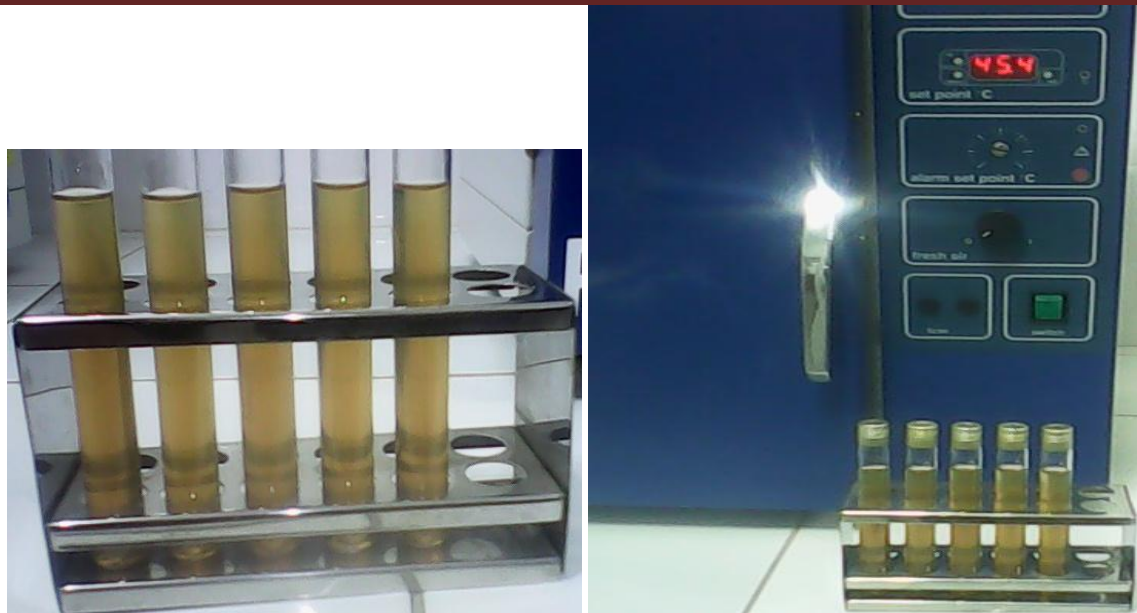
Inoculer les boîtes de Pétri avec 1 ml de différentes dilutions, dans erlenmeyer, mettre 100 ml d'eau distillé stérile ajouter 10 ml de jaunet messine, ajouter 10 ml de solution de jaunet messine dans 100ml de l'OGA, couler l'OGA (15 ml) refroidie à 45°C, mélanger et laisser solidifier, couler une deuxième couche de gélose (4ml) et laisser refroidir. Incuber les boîtes à couvercle en bas à 30°C pendant 3 à 5 jours (NF ISO 7954. 1988).



**Figure 12.** Technique de dénombrement des clones bactérien

### 7.4. Recherche des Clostridium Sulfitoréducteurs :

Le dénombrement des CSR à 46°C a été effectué sur milieu VF l'alun de fer et le sulfite de sodium. Prélever (1ml) de la suspension mère et l'introduire dans un tube à essai, ajouter rapidement (0.5ml) de sulfite de sodium et quelques gouttes d'Allen de fer. Remplir le tube avec de la VF (19ml), mélanger doucement. Les tubes sont chauffés pendant 10 min à 80°C au bain marie, le temps étant mesuré après stabilisation de la température de solution mère à 80°C, les tubes sont ensuite refroidis rapidement sous l'eau du robinet, laisser solidifier. Incuber le tube à 46°C±2°C pendant 24h



**Figure 13.** Recherche des CSR à 46°C sur milieu VF

### 7.5. Recherche des germes totaux

Retirer 1ml de chaque concentration décimale diluée avec de TSE, puis couler 15ml de PCA, mélanger et laisser solidifier ensuite couler une deuxième couche de la même gélose (4ml), faire refroidir le mélange et incuber les boîtes à couvercle en bas (NF ISO 4833. 1991).

### 7.6. Recherche des coliformes :

Par comptage des colonies à 30°, 35° OU 37°C dans les denrées alimentaires

Milieu utilise

VRBL gélose du cristal violette ou rouge neutre biliée et lactosée

Inoculer les boîtes de Pétri avec 1 ml de différentes dilutions, couler le VRBL (15 ml) refroidie à 45°C, mélanger et laisser solidifier, couler une deuxième couche de gélose (4ml) et laisser refroidir. Incuber les boîtes à couvercle en bas à 30°, 35° ou 37°C pendant 24 ± 2h.

### 7.7. Lecture des résultats

Après l'incubation des boîtes de Pétri, le comptage des colonies se fait à l'œil nu obtenir selon la loi suivante :

### 7.8. Dénombrement des différents microorganismes

Le dénombrement est effectué pour chaque type de micro-organisme (levures et moisissures, *Clostridium Sulfitoréducteurs* et germes totaux) se fait selon la loi de la moyenne pondérée (Larpent. 1997).

$$N = \frac{\Sigma c}{v \times 1.1 \times d}$$

N : Nombre de germes recherchés.

c: Nombre total de colonies compté sur les deux boites.

v : Volume de l'inoculum en ml (v=1ml).

d : Facteur de dilution.

## 8. Paramètres physiques sur blé dur :

### 8.1. Analyse rapide sur le blé dur:

C'est la masse volumique apparente des grains mesurée dans un récipient de volume connu. Cette mesure nous donne une idée sur sa valeur meunière à savoir le rendement et le taux d'extraction en meunerie.

Il est aussi un signe de richesse en protéine, car un blé vitreux est dense qu'un blé farineux, donc de masse volumique ou de densité plus importante.

- Choisissez le type de grains (blé, agro, mais ou soja).
- Verser l'échantillon à analyser (environ 900g) dans la trémie de l'appareil et démarrer l'essai.
- Entrer le numéro d'analyse et le nom de la matière à analyser.



Figure 14. Un appareil de l'infratec.

- Presser touche « entrer » jusqu'à l'obtention de la bande de sous échantillon ; l'appareil affiche les limites d'analyse. Presser à nouveau la touche « entrer » jusqu'à la disparition de la fenêtre de limite. A ce moment l'appareil affiche les résultats (protéines, amidon, zeleny) qui s'expriment en pourcentage pour les protéines et l'amidon et millilitre pour l'indice de Zeleny.

## 9. Paramètre physico-chimique de 3SE, $CM_{AF}$ et $CM_F$

### 9.1. Prélèvements des échantillons

Les échantillons ont été prélevés dans des flacons en verre stériles hermétiquement fermés.



**Figure 15.** Les échantillons de la semoule 3SE et du  $CM_{FA}$   $CM_{AF}$

## 9.2. Granulométrie (ISO 15793)

### 9.2.1. Principe :

La granulométrie est l'étude de la distribution de la taille des particules d'une semoule; c'est une caractéristique fondamentale, en relation directe avec toutes les opérations unitaires de broyage, mélange et transfert mais aussi avec les phénomènes physico-mécaniques liés à l'ingestion et au transit digestif des particules alimentaires.

### 9.2.2. Mode d'opérateur :

Mettre 50g ( $m_0$ ) de notre échantillon dans une tamiseuse qui comprend 9 tamis organisés selon le diamètre des pores du haut vers le bas comme suit: 1800, 1600,1400, 1250, 1120,1000, 900, 710, 630  $\mu m$  en plus d'un fond ramasseur et procéder à l'agitation pendant 15 min; une fois le tamisage terminé, desserrer le couvercle et peser l'extraction ( $m_1$ ) de chaque tamis (Senator A. 1983).

Les résultats obtenus pour la granulométrie sont calculés selon la formule suivante :

$$\text{Granulométrie} = \frac{m_1}{m_2} \times 100$$

$m_1$  : Masse retenue des tamis après tamisage en (g).

$m_0$  : Masse de la prise d'essai en (g).



**Figure 16.** Un appareil du tamiseur

### 9.3. Indice de gonflement

#### 9.3.1. Principe :

C'est la capacité d'hydratation de couscous, selon les normes françaises l'indice de gonflement du couscous moyen doit être supérieur à 2,80.

#### 9.3.2. Mode d'opérateur :

Peser 50 g de notre échantillon et le mettre dans une éprouvette vide pour mesurer le volume (v1) puis verser le contenu dans un bécher rempli de 200 ml d'eau distillée et laisser reposer pendant 30 min. puis effectuer la lecture du volume obtenu (v2) (Abecassis, 1991).

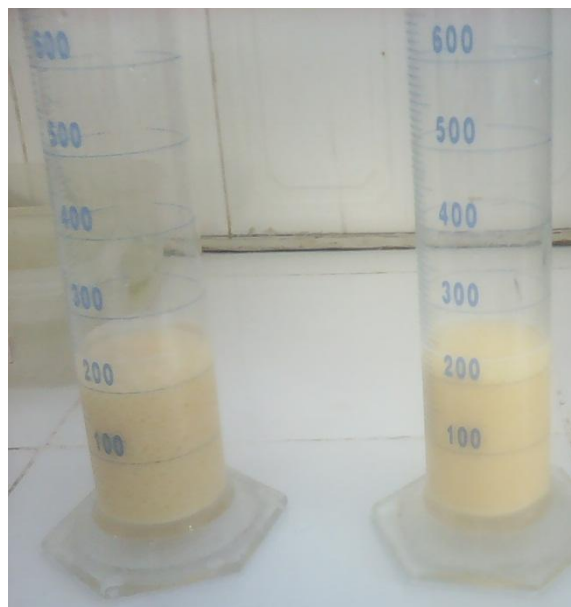
L'indice de gonflement est calculé selon la formule suivante :

$$IG = \frac{v2}{v1}$$

IG : Indice de gonflement.

v1 : Volume de l'échantillon à sec (ml).

v2 : Volume de l'échantillon humide après 30 min (ml).



### 9.4. Indice de couleur

#### 9.4.1. Principe :

La couleur se caractérise par trois composants : l'indice de jaune, brun et clarté, ces indices peuvent être déterminés à partir de mesure d'absorbance aux deux longueurs d'onde 480 et 550 nm.

L'intérêt de la mesure est essentiellement commercial, en effet le consommateur recherche des pâtes claires et de belle couleur jaune ambrée et qui ne présente pas de piqure.

La législation interdit au fabricant toute adjonction de colorant dans les pâtes alimentaires et leurs emballages, leurs couleur ne peut provenir que de celle de la semoule et par conséquent de celle du blé dur.

### 9.4.2. Mode d'opérateur :

Effectuer cette analyse en utilisant le chroma mètre, enlever le capuchon de la tête de mesure, mettre le produit à analyser dans la cellule en verre et placer dessus le tube de projection de lumière en suite placer la tête de mesure à la verticale au-dessus de ce tube et appuyer sur la touche mesure (il ne faut pas bouger la tête au cours de la mesure). Une fois la mesure est terminée, les résultats s'affichent et les données mesurées sont automatiquement mises en mémoire (NF ISO 11664-4. 2008).



Figure 17. Un appareil chromamètre.

## 9.5. Humidité

Selon AFNOR NF V03-707 (AFNOR. 1991), Sur une balance analytique, peser 5 g de chaque échantillon (couscous) et mettre dans un dessiccateur (pour le transférer directement vers l'étuve multicellulaire à 130°C pendant 120 min.

Les résultats de l'humidité sont exprimés selon la formule suivante :

$$H = \frac{m_1 - m_2}{m_0}$$

H : Teneur en eau (humidité) exprimé en %.

$m_0$  : Masse de la prise d'essai en (g).

$m_1$  : Masse de la coupelle additionnée à celle de la prise d'essai en (g).

$m_2$  : Masse totale après étuvage en (g).



**Figure 18.** Un appareil Etuve multicellulaires.



**Figure 19.** Un dessiccateur.

## 9.5. Taux de cendres (ISO 2171) :

### 9.5.1. Mode d'opérateur :

Incinération d'une prise d'essai dans une atmosphère oxydante, pré incinérer 5g de notre échantillon, ajouter environ 2ml d'éthanol à 95%, l'entrée du four à moufle jusqu'à l'apparition d'une flamme puis l'introduire dedans à une température de 550°C pendant 4 heures jusqu'à combustion complète de la matière organique et pesée du résidu obtenu.

Le taux de cendres est calculé selon la formule suivante:

$$\text{Taux de cendres} = \left[ \frac{(m_2 - m_1)}{m_0} \times 100 / (100 - H) \right] \times 100$$

$m_0$  : Masse de la prise d'essai en (g).

$m_1$  : Masse de la coupelle vide en (g).

$m_2$  : Masse de l'échantillon après incinération en (g).

H : Taux d'humidité de l'échantillon en (%).



**Figure 20.** Un appareil four à moufle électrique.



**Figure 21.** Un dessiccateur.

## 9.6. Activité de l'eau L'Aw

### 9.6.1. Principe :

L'activité de l'eau est une notion qui permet de mesurer la disponibilité globale moyenne de l'eau pour les réactions biologiques, elle possède une influence déterminante sur les caractéristiques organoleptiques et la stabilité des denrées alimentaires. Elle est déterminée par un Aw mètre, référence 06 12001.

### 9.6.2. Mode d'opérateur :

Mètre ou mettre (hygromètre à point de rosée) mesure l'activité de l'eau des produits alimentaires.

Mettre l'échantillon dans les deux creusets contenus dans l'Aw mètre, insérer la coupelle contenant l'échantillon à analyser sans couvercle dans la chambre de mesure (à gauche), pour avoir le résultat rapidement insérer la coupelle contenant le 2ème échantillon à couvercle fermé dans la chambre de pré-conditionnement (à droite) pour atteindre l'équilibre thermique, fermer bien le couvercle et démarrer la mesure. Quand la mesure est terminée, le système fixera le résultat à l'écran (NF ISO 712. 2010).

## 9.7. Matière grasse :

### 9.7.1. Mode d'opérateur :

Selon AFNOR NF V03-707 (AFNOR. 1991), Peser 5g ( $m_0$ ) de l'échantillon à analyser dans une cartouche, couvrir avec du coton dégraissant, connecter la cartouche sur l'adaptateur de cartouche et ouvrir le robinet de refroidissement, allumer l'extracteur de matière grasse et introduire la cartouche avec l'adaptateur dans l'appareil, puis remplir de solvant (éther de pétrole) la moitié du bécher d'extraction préalablement séchée avec les billes de régulation d'ébullition à 105°C pendant 30 min et laisser refroidir dans un dessiccateur 15 à 30 min et pré peser ( $m_1$ ). Commencer le chauffage pendant 15 min pour ensuite déclencher l'opération de lavage à reflux qui dure 50 min à sa fin, déclencher l'opération de séparation Solvant/ Matière Grasse qui dure environ 20 min. Une fois que le solvant est totalement récupéré, sécher le bécher contenant la matière grasse à 105°C pendant une heure, le refroidir dans un dessiccateur puis le peser ( $m_2$ ).

La teneur en matière grasse est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Matière grasse (\%)} = \left[ \frac{\left( \frac{m_2 - m_1}{m_0} \right) \times 100}{(100 - H)} \right] \times 100$$

$m_0$  : Masse de la prise d'essai en (g).

$m_1$  : Masse du creuset vide en (g).

$m_2$  : Masse de l'échantillon après étuvage en (g).

H : Taux d'humidité de l'échantillon en (%).

## 9.8. Dosage des protéines :

### 9.8.1. Mode d'opérateur :

Selon AFNOR NF V03-750 (AFNOR. 1991), le dosage des protéines se fait selon la méthode de Kjeldhal, peser 1g de l'échantillon à analyser ( $m_0$ ) et le mettre dans un tube Kjeldhal, ajouter sur la prise d'essai (15ml) d'acide sulfurique pur, placer le tube dans la plaque chauffante du digesteur Kjeldhal et le chauffer à 420 °C pendant 20 minutes, puis procéder à un refroidissement de 50 à 600°C ; ensuite effectuer un rinçage des parois du tube et le remplir avec de l'eau distillée, déposer un Erlenmeyer sur son support pour collecter le distillat, laver le mélange avec de la soude NaOH (30%) puis réaliser une distillation de 3 min.

Récupérer le distillat puis titrer ce dernier avec de l'acide sulfurique jusqu'au virage de couleur du distillat vers le gris transparent et enregistrer le volume de l'acide nécessaire pour le virage ( $V_1$ ) et

(V2) le volume de l'échantillon. La teneur en protéines par rapport à la matière sèche est calculée selon l'équation suivante:



Figure : Un appareil de distillateur Unité KJELDAHL

$$\text{Dosage des protéines (\%)} = \left[ \frac{\left( \frac{(V2-V1) \cdot 8,75}{1000 \cdot m0} \right) \times 100}{(100 - H)} \right] \times 100$$

H : Taux d'humidité de l'échantillon en (%).

v1 : Volume de l'acide nécessaire pour le titrage (ml).

v2 : Volume de l'échantillon (distillat) (ml).

8,75 : Coefficient de détermination de l'azote total.

## 1. Paramètres microbiologiques

Les résultats de comptage des germes recherchés sont enregistrés dans le tableau 03.

**Tableau 03.** Expression des résultats du dénombrement des germes recherchés pour les deux types de couscous

Germe recherché	Flore aérobie mésophile totale			Coliforme totaux			<i>Clostridium</i> sulfito réducteurs			Levures et Moisissures		
	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>
CM <sub>AF</sub>	1372	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0
CM <sub>FA</sub>	2772	1873	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0

D'après les résultats trouvés, on constate que les deux produits sont aptes à la consommation de point de vue microbiologique (Voir Tableau 04).

les deux types de couscous sont conformes aux normes. Les dénombrements des levures et moisissures, des Coliformes totaux, Flore aérobie mésophile totale et des *Clostridium* sulfito réducteurs ont montré des valeurs largement inférieures aux seuils déterminés par la réglementation.

Les résultats montrent que le couscous FA est exempt de *Clostridium* sulfito réducteurs ainsi le couscous AF. Cela est expliqué par la bonne qualité hygiénique de ces produits.

**Tableau 04.** Les caractéristiques microbiologiques du couscous en fonction des normes internationales

Microorganisme recherché	Nombre de germes pour 1g de produit	Norme
Levures/g + moisissures/g	300	<b>NF ISO 7954. (1988).</b>
Anaérobies sulfito-réducteurs/g	100	<b>NF ISO 11664-4. (2008).</b>
Microorganismes aérobies à 30°C/g	30000	<b>NF ISO 712. (2010).</b>
Coliforme totaux	150	<b>NF ISO 11664-4. (2008).</b>

## 2. Paramètres physiques :

### 2.1 Analyse rapide sur le blé dur:

**Tableau 05:** Résumé le analyse physique du blé dur :

BD	Protiene	H%	SH	Zeleny	Amidon	PS
Moyane	15.90	12.70	33.52	66.78	66.26	81.68

### 3. Caractérisation physico-chimique de la MP :

#### 3.1. Composition biochimique :

La composition biochimique de la matière première concerne spécifiquement la semoule du complexe GRANDS MOULINS DU qui est la matière première du couscous industrielle (fin, moyen).

La teneur en eau de la semoule de blé dur utilisée pour la fabrication de couscous industrielle (fin, moyen) est 14.03 %. Elle est inférieure au maximum indiqué à la norme du *codex alimentarius* 178-1991 (FAO, 1996), à celle donnée par Souci *et al.* (1994) et à celle indiquée par Hebrard (2002), qui sont respectivement : 14,5 %, 13,10 % et 14,5 %. Une moindre teneur en eau peut être exigée pour certaines destinations, compte tenu du climat, de la durée du transport et de celle du stockage (FAO, 1996).

Par ailleurs, la teneur en protéines totales est en moyenne de 14.55 %. Cette valeur est comprise dans l'intervalle de la teneur en protéines de la semoule de blé dur rapportée par Turnbull (2001) (11-16 % ms) et Feillet (2000) (8-18 % ms).

Les caractéristiques physicochimiques de la semoule utilisée sont notées dans le tableau n°= 04.

**Tableau 06.** Caractéristiques physicochimiques de la semoule supérieure du complexe GRANDS MOULINS DU DAHRA

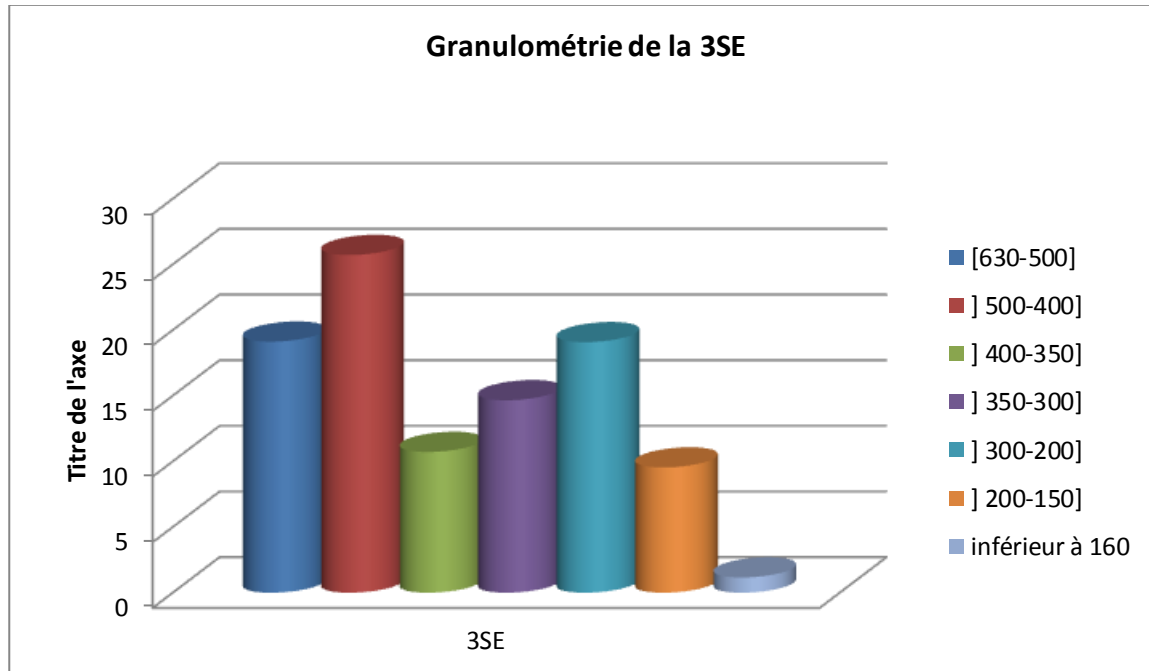
Teneur en eau (%)		14.03
Teneur en protéines totales (%)		14.55
Teneur en cendres (%)		0.80
Indice de couleur	L*	82.92
	a*	2.89
	b*	33.03

Il est important de souligner que, le taux de cendres est un critère d'appréciation de la pureté des semoules. (Idir 2000) a noté qu'une belle semoule doit avoir une teneur en cendres comprise entre 0,75 % et 0,95 % ms. le taux de cendres est égal à 0.80 % ms. Notre résultat est légèrement inférieur au maximum à celui noté par (Idir. 2000).

### 3.2. Granulométrie de la MP :

La distribution granulométrique de la semoule est un facteur déterminant du fait qu'elle affecte les propriétés d'absorption des pâtes et par conséquent elle influe sur la qualité du produit fini (Dick et Matsuo, 1988).

Nous représentons la granulométrie de la semoule (3SE) utilisée pour la fabrication du couscous industrielle dans la figure 23.



**Figure 23.** Granulométrie de la semoule 3SE de blé dur (**GRANDS MOULINS DU DAHRA**)

La figure 23 : représente la distribution granulométrique de la matière première. Nous pouvons partager les particules de la semoule en deux fractions granulométriques importantes : les particules de granulométrie supérieure ou égale à 500 µm (SGM). Ces particules représentent un pourcentage de 19.12 % des particules, cette valeur est inférieure à 60,55 % mentionnée par Boucheham (2009). Par contre les particules de l'ordre granulométrique inférieur à 500 µm (SE) dominant avec 80.88 % de la semoule, ces particules se répartissent comme suit : 25.72 % des particules de granulométrie ]500-400] µm, 19.08 % celles de l'ordre de ]300-200] µm, 14.66 % celles de diamètre ]350-300] µm, 10,172 % de la semoule sont des particules de diamètre ]400-350] µm et 9.54 % celles de l'ordre de ]180-160] µm et 1.16 % celles de diamètre inférieur à 160 µm.

## 4. Analyse technologie de produit fini CM :

### 4.1. Granulométrie de CM :

Les pourcentages des refus trouvés sur les différents tamis sont donnés dans le tableau 06.

**Tableau 07.** Expression des résultats de la granulométrie pour le CM<sub>AF</sub> et le CM<sub>FA</sub>

Diamètre des pores (µm)	1800	1600	1400	1250	1120	1000	900	710	650	Fond ramasseur
CM af	0.00	0.54	9.08	26.16	15.46	32.84	10.00	4.98	0.78	0.16
CM fa	0.00	1.34	18.16	26.88	15.20	26.36	8.52	3.46	0.04	0.04

Les résultats obtenus montrent que plus de 74% de couscous industriel « Safina AFRAM » sont retenus par le tamis ayant des mailles de 1250 µm et 1000 µm, ce qui signifie un couscous moyen. Pour le couscous « Safina FAVA », les tamis ayant une granulométrie de 1250 µm et 1000 µm retiennent plus de 68% de refus, donc ce dernier revient à la classe des couscous moyens également.

L'intérêt de détermination de la granulométrie est de savoir le degré d'homogénéité du produit fini selon la préférence de consommateur.

Selon [Guezlane., Abecassis. \(1991\)](#), une granulométrie homogène conduit à une bonne préparation d'où intervient le rôle du calibrage.

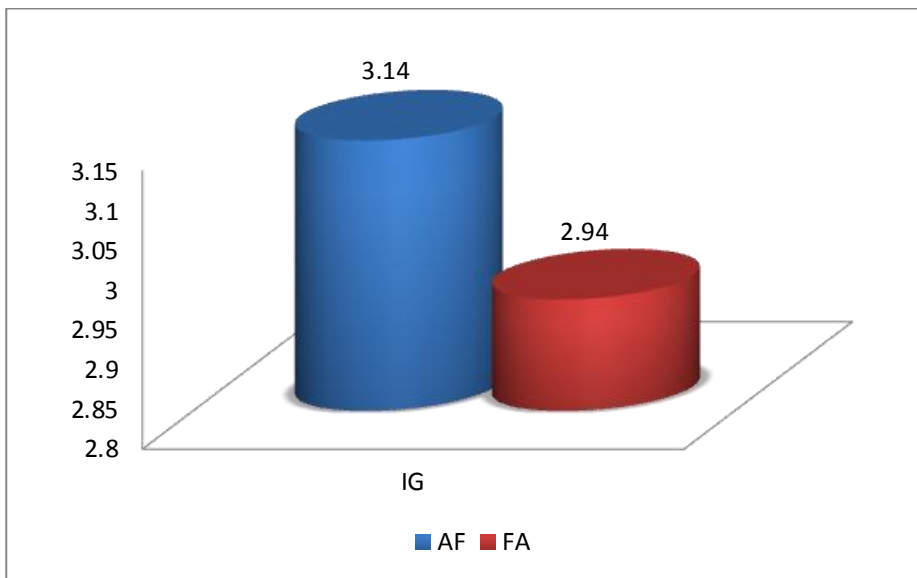
Un couscous de qualité est défini par la majorité des consommateurs comme étant un produit fin de granulométrie homogène, donc la granulométrie est un critère d'évaluation de qualité ([Guezlane., Abecassis. 1991](#)).

### 4.2. Indice de gonflement IG :

**Tableau 08.** Expression des résultats l'Indice de gonflement pour le CM<sub>AF</sub> et le CM<sub>FA</sub>

	CM <sub>AF</sub>	CA <sub>FA</sub>
V1	70	68
V2	220	200
IG= $\frac{V2}{V1}$	3.14	2.94

Les résultats sont résumés dans la figure n°= 24.



**Figure 24 :** Indice de gonflement des deux types de couscous.

La valeur de gonflement pour le couscous industriel « Safina AFRAM » (3,14) est supérieure à celle des couscous industriel « Safina FAVA » (2,94). Cette différence est due à la faible hydratation au cours de la préparation du couscous « Safina FAVA » par contre la préparation du couscous industriel « Safina AFRAM » nécessite plus d'hydratation.

Ces résultats concordent avec ceux trouvés par [Aluka., Miche., Faure. \(1985\)](#). Qui ont montré que l'indice de gonflement augmente nettement avec le taux d'hydratation des semoules. On a constaté aussi, que la taille des grains de couscous augmente avec l'augmentation du taux d'hydratation ([Yesli. 2001](#)). Cela est confirmé par [Guezlane. \(1993\)](#). Et [Yettou., Guezlane., Ounane. \(2000\)](#). Qui ont constaté qu'une hydratation insuffisante a pour effet de diminuer de manière très importante le taux de roulage aux profits des fractions fines. D'après ([Mezroua. 2011](#)) L'absorption de l'eau ou le degré d'hydratation est influencé par la technique de transformation utilisée (industrielle, traditionnelle) ou la quantité d'eau ajoutée par l'industriel au cours du mélange ([Bar. 2001](#)).

Ce paramètre présente deux objectifs ; l'un est de connaître son comportement lorsqu'il ya un contact avec les liquides (sauce, lait.....etc.) et l'autre est de constater indirectement la durée de vie ou de stockage du couscous en fonction du degré d'hydratation des particules ([Bar. 2001](#)).

D'après les résultats enregistrés, on remarque que le couscous à base des glands peut avoir une durée de vie plus prolongée que le couscous industriel.

### 4.3. Indice de couleur IC :

**Tableau 09.** Expression des résultats de l'Indice de couleur pour le CM<sub>FA</sub> et le CM<sub>AF</sub>

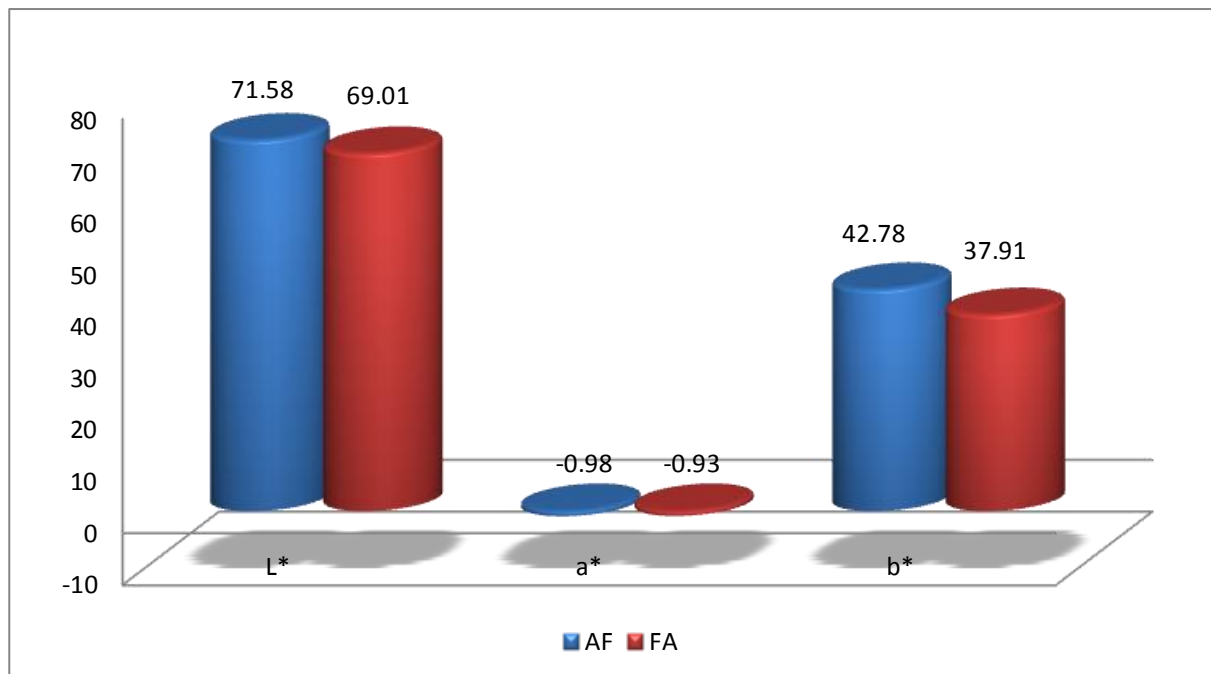
Indice de couleur	L*		a*		b*	
	AF	FA	AF	FA	AF	FA
00h	71.70	68.41	-0.71	-0.08	41.96	37.59
02h	70.54	67.95	-1.10	-0.17	42.49	37.69
04h	71.65	69.28	-1.19	-2.23	43.27	38.29
06h	72.62	70.36	-1.14	-2.28	43.78	38.58
08h	71.40	69.04	-0.76	-0.09	42.40	37.42
Moyan	71.58	69.01	-0.98	-0.93	42.78	37.91

**L\*** : Indice de clarté

**a\*** : Indice de brun

**b\*** : Indice de jaune

Les résultats sont donnés dans la figure n°=25.



**Figure 25 :** Indice de couleur des deux types de couscous.

La notion de couleur est liée à la perception et à l'interprétation subjective de chacun. Pour cette raison, il était nécessaire de créer une méthode standard en se basant sur des propriétés spectrales en traversant

des faisceaux lumineux sur le produit à analyser, permettant d'exprimer les couleurs de manière précise et accessible à tout le monde (Bar. 2001).

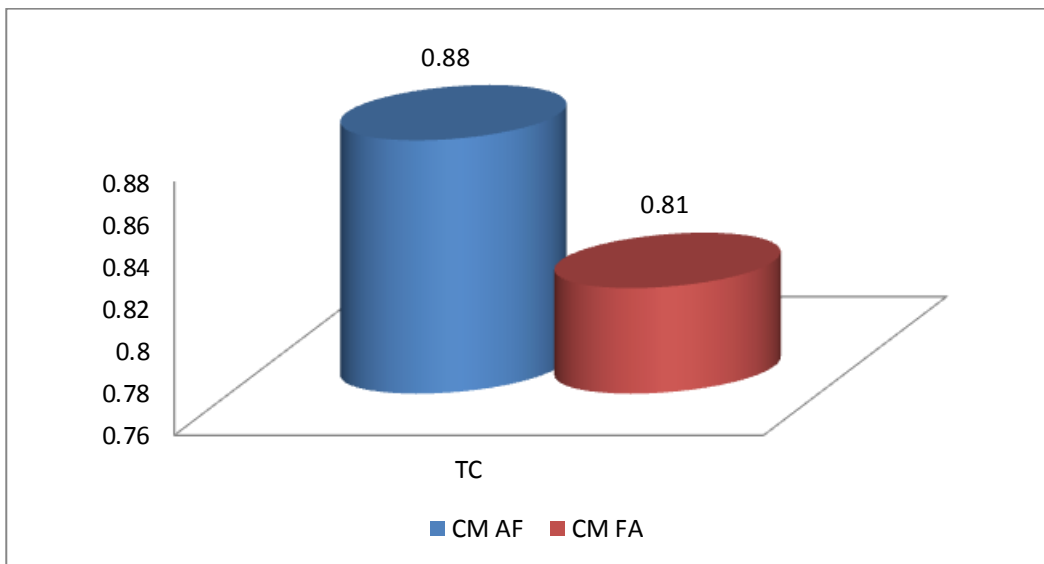
L'indice de clarté et de jaune du FA est inférieur à celui du AF mais son indice de brun est relativement supérieur ce qui exprime la différence de couleur entre les deux échantillons (le  $CM_{FA}$  est jaune brun et le  $CM_{AF}$  est jaune).

Selon Yousfi. (2002). Et Trentesaux. (1995), l'indice de couleur peut déterminer la quantité de pigments présents et par conséquent la pureté du produit à analyser. Le caractère recherché par le consommateur est la couleur jaune.

## 5. Analyse physico-chimique de CM :

### 5.1. Taux de cendres

Les résultats sont résumés dans la figure n°=26.



**Figure 26:** Taux de cendres des deux types de couscous

Le résultat de la fraction minérale du couscous industriel « Safina AF» est de 0.88% de la matière sèche. Pour le couscous industriel « Safina FA», on remarque une forte proportion par rapport à la précédente (0.81% MS).

Les résultats enregistrés sont en accord avec ceux de (Bar. 2001) qui a trouvé que la teneur en cendres doit être inférieure à 1.2%.

Cette différence est expliquée le degré de pureté du produit à analyser.

D'autres facteurs de différence : la variété, le stade de maturité des grains, les conditions de la mouture.

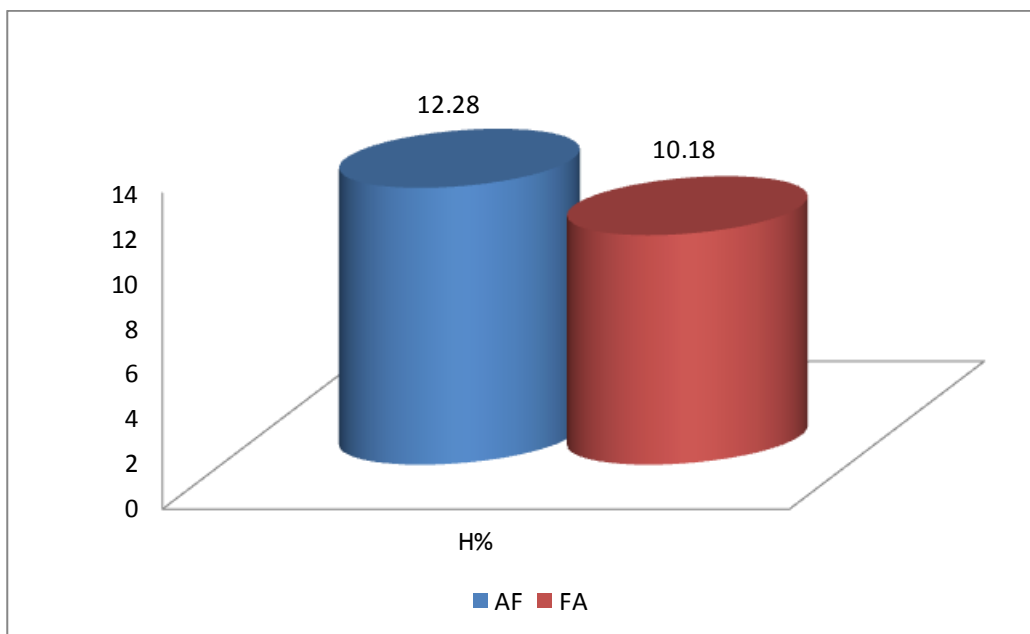
La recherche de la teneur en cendres présente une importance réglementaire par la mesure du degré de pureté (Bar. 2001).

## 5.2. Teneur en eau (Humidité) :

**Tableau 10.** Expression des résultats de l'Humidité pour le CM<sub>AF</sub> et le CM<sub>FA</sub>

	M <sub>d</sub> masse de capsule vide	M <sub>0</sub> =M <sub>d</sub> + prise d'essai (g)	M <sub>1</sub> =M <sub>0</sub> séchée avec la capsule (g)	Ecart de respectabilités.	Teneur en moyenne (%)
CM AF	26.4208	31.4236	30.8095	0.01	12.28
	26.4596	31.4586	30.8445		
CM FA	26.3438	31.3428	30.8348	0.04	10.18
	26.2933	31.2930	30.7828		

La figure n°27 résume les résultats obtenus.



**Figure 27 :** Humidité des deux types de couscous

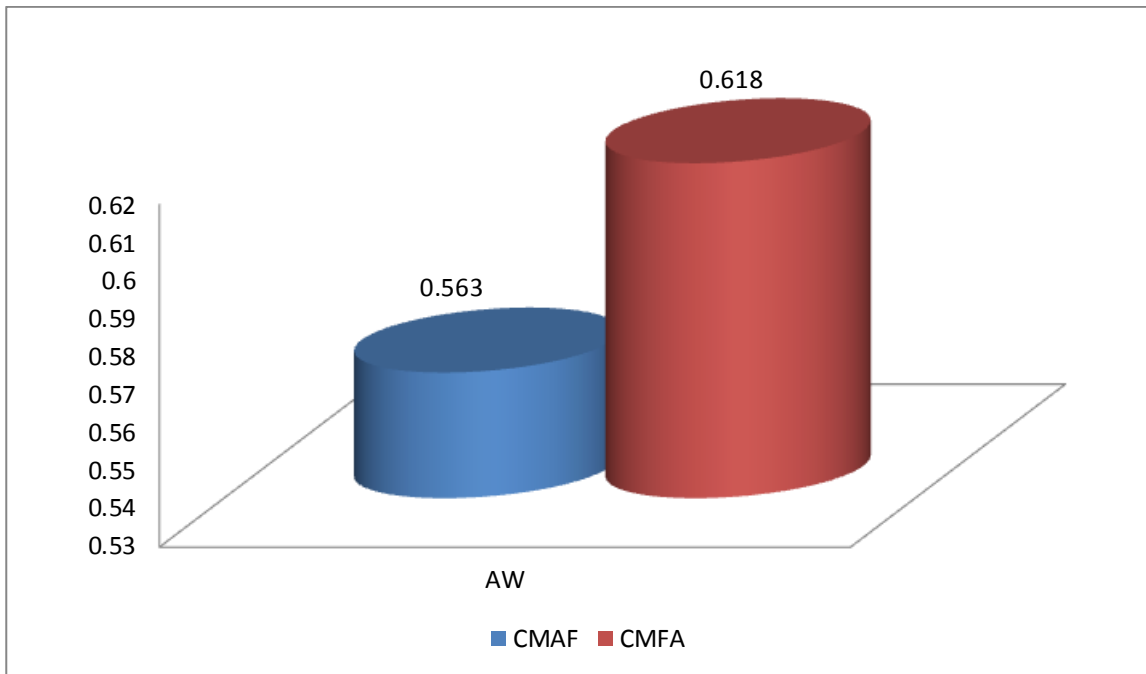
L'humidité du couscous industriel « Safina AF» est égale à 12,28 % ce qui répond à la norme qui doit être inférieure à 13,5% FAO. (1996). Et pour l'humidité du couscous industriel « Safina FA» est égale à 10.18 % ce qui répond à la norme FAO. (1996).

Cette différence peut être due à la nature de la matière première, la technique de séchage et les conditions de stockage (Bar. 2001).

La recherche de la teneur en eau a un intérêt commercial afin de limiter la durée de stockage ou la date limite de consommation (Bar. 2001).

### 5.3 Activité de l'eau

Les résultats sont obtenus directement et résumés dans la figure n°28.



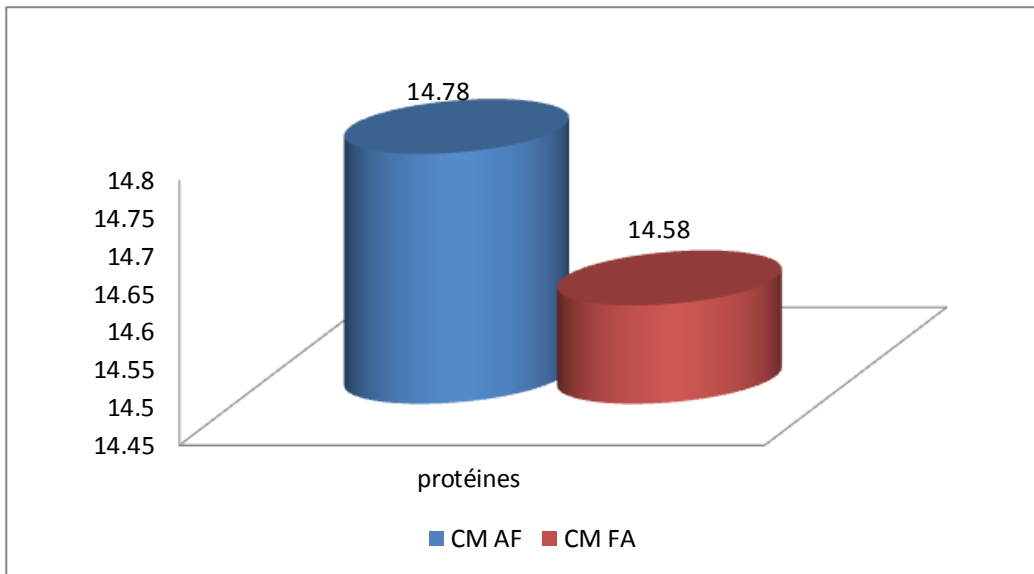
**Figure 28** : représente Aw de deux types de couscous.

L'activité de l'eau permet de prévoir les échanges d'eau entre un produit et son environnement. Elle influe sur le développement microbien, les réactions enzymatiques, le brunissement non-enzymatique et l'oxydation des lipides (Cheftel ., Cheftel H. 1976).

L'activité de l'eau du  $CM_{AF}$  relativement faible par rapport à celle du  $CM_{FA}$  montre qu'il est moins exposé à la contamination par les microorganismes d'où sa longue durée de vie (intérêt commercial) (Bar. 2001).

## 5.4. Dosage des protéines :

Les résultats sont donnés dans la figure n° 28.



**Figure 28 :** Teneur en protéines des deux types de couscous

D'après les résultats enregistrés, on constate que la proportion des protéines existante dans le couscous industriel « Safina AF» est peu faible que celle du couscous industriel « Safina FA». Ces résultats sont comparables aux travaux de (Liu., Shepherd ., Rathjen. 1996). Qui ont trouvé une teneur en protéine de 13%.

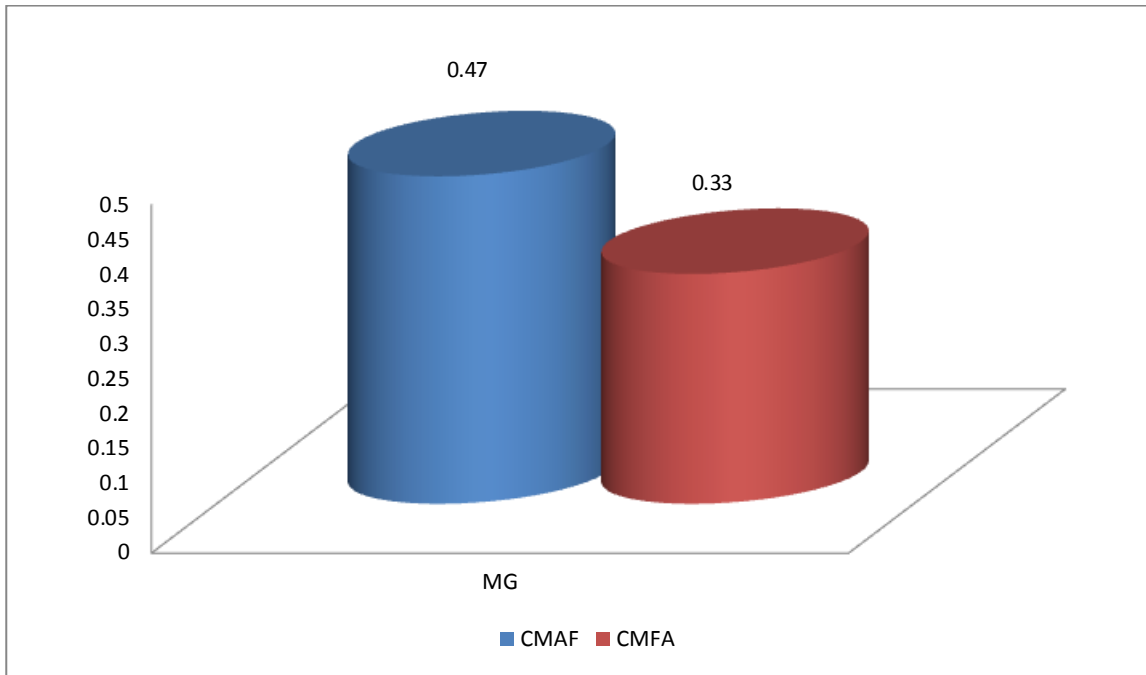
Cette différence peut être expliquée par différents facteurs tels que l'influence du patrimoine génétique de chaque type de produit qui est adopté de synthétiser telle quantité et qualité d'acides aminés.

La teneur en protéines est un critère important d'appréciation de la qualité aussi bien pour l'alimentation animale (valeur alimentaire d'un produit) que pour l'alimentation humaine (valeur d'utilisation) (Bar. 2001).

Cette détermination est presque toujours spécifiée dans les contrats de compte tenu des teneurs qui existent entre la teneur en protéines et la valeur d'utilisation des variétés, c'est un des critères intéressants à prendre en compte dans le classement des lots à la réception (Bar. 2001).

## 5.5. Dosage de la matière grasse :

Les résultats sont donnés dans la figure n°= 29.



**Figure29:** Teneur en matière grasse des deux types de couscous

Les lipides de blé dur jouent un rôle important dans l'expression de la qualité de couscous, (Ounane *et al.* 2006). La proportion de la matière grasse par rapport à la matière sèche pour le couscous industriel « Safina AF » est de 0.47%. Par contre, le couscous industriel « Safina FA » présente une faible proportion par rapport à la première qui 0.33%.

Ceci est expliqué par la qualité de matière premier, la semoule (3SE) de blé dur est pauvre parce qu'on a éliminé le germe qui les contient au cours de la mouture (Bar. 2001).

Des travaux réalisés par Yesli. (2001). Sur ce paramètre ont montré que la teneur en matière grasse dans le couscous est de 2.96%.

Donc d'après les résultats enregistrés sur la matière grasse, présente un avantage de point de vue nutritionnel, c'est sa contenance en acide gras essentiels qui est très bénéfiques pour l'organisme (Bar. 2001).

## Conclusion

L'étude comparative entre les deux types de couscous nous a permis de constater des différences sur le plan physique, biochimique et microbiologique.

Le couscous industriel « Safina »  $CM_{FA}$  a une structure plus homogène et une surface lisse par contre le  $CM_{AF}$  est constitué de grains légèrement peu homogènes d'un rugueux et a une forme homogène.

Sur le plan physique, l'Aw du couscous moyen industriel « Safina » FAVA (0,549) est inférieure à celle du couscous moyen industriel « Safina » AFRAM(0,615) ce qui va augmenter sa durée de vie. La qualité culinaire du couscous moyen AFRAM (IG=3,14) est meilleure que celle du couscous moyen FAVA (IG=2,94).

Pour indice de couleur du couscous moyen, AFRAM est très claire (L=71,58 ; a=0,98 ; b=42,78) que celui du couscous moyen FAVA (L=69,01 ; a=0,93 ; b=37,91).

Sur le plan biochimique, le couscous moyen AFRAM est plus riche en cendres (0,88%MS) et en matièregrasse (0,47%MS) que le couscous moyen FAVA (0,81% et 0,33% respectivement). Par contre le couscous moyen AFRAM est plus riche en protéines (14,78%MS) que celui du couscous moyen FAVA (14,58%MS).

Aussi l'humidité de couscous moyen AFRAM (12,28) est confortable et utile pour le conditionnement que le couscous moyen FAVA (10,18).

Sur le plan microbiologique, l'analyse des résultats a montré que les deux types de couscous sont conformes aux normes. Les dénombrements des levures et moisissures, des Coliformes totaux, Flore aérobie mésophile totale et des *Clostridium* Sulfitoréducteurs ont montré des valeurs largement inférieures aux seuils déterminés par la réglementation.

En perspective de ce travail, il serait intéressant de faire des tests de cuisson et des tests de dégustation pour mieux évaluer la qualité organoleptique surtout pour le couscous moyen AFRAM.



**Figure 1.** Chaîne AFREM pour la fabrication du couscous



**Figure 2.** Roulage industriel du couscous



**Figure 3.** Chaîne de STORCI pour la fabrication du couscous

**Milieu PCA :**

**Principe :**

La gélose glucosée à l'extrait de levure appelée par les Anglo-Saxons "Plate Count Agar". Les substances nutritives apportées par la Tryptone, les facteurs vitaminiques de l'extrait de levure et le glucose utilisé comme Source énergétique favorisent la croissance de la plupart des bactéries.

**Composition :**

Pour 1 litre de milieu 5g

Tryptone 5g

Extrait autolytique de levure 2,5g

Glucose 1g

PH = 7, à 25°C.

Eau qsp 1L

Agar agar 15g

500 g de poudre permettent de préparer 21, 2 litres de milieu.

**Milieu VRBL :**

Le Milieu VRBL (Milieu lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre) est un milieu de culture gélosé pour les coliformes totaux et thermotolérants, Le milieu VRBL est du type sélectif c'est-à-dire qu'il sélectionne des micro-organismes pouvant ainsi bénéficier des facteurs de croissance. La gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (V.R.B.L.) est utilisée pour la recherche et le dénombrement des bactéries Coliformes

**Composition :**

- peptone 7 g
- extrait de levure 3 g
- lactose 10 g
- chlorure de sodium 5 g
- mélange sel biliaire 1,5 g
- cristal violet 0,002 g
- rouge neutre 0,03 g
- agar-agar 15 g
- eau distillé 1 000 ml
- pH 7,4

**Milieu VF :****Principe :**

Le milieu viande foie est un milieu de culture. Il est principalement utilisé en tube profond pour la détermination du type respiratoire des micro-organismes, mais aussi pour la culture de germes anaérobies stricts telles que les Clostridium.

**Composition :**

Pour 1 L de milieu viande foie préparé en tube pour la détermination du type respiratoire:

- base viande foie : 30,0 g
- glucose : 2,0 g
- agar : 6,0 g
- pH = 7,4

**Milieu OGA :****Principe :**

La gélose Glucosée à l'Extrait de Levure et à l'Oxytétracycline (Oxytétracycline-Glucose-Agar) est recommandée pour le dénombrement des levures et moisissures dans le lait, les produits laitiers et les aliments.

**Composition :**

Extrait de levure 5,00g

Glucose 20,00g

Le milieu prêt à l'emploi en boîtes de Pétri contient en plus du milieu de base

Oxytétracycline 0,10g

PH final à 25°C : 7,0 + 0,2

Agar bactériologique 15 g

Eau q.s.p. 1000 ml

Autoclavage à 120 °C pendant 20 mn.

Après ensemencement, incubation en aérobiose à 25 °C pendant 48 à 72 heures.

Compter le nombre d'UFC et rapporter au poids de matière sèche.