

# **Introduction**

# **Partie bibliographique**

# **Matériels et méthodes**

# **Résultats et discussion**

# **Conclusion**

# **Références bibliographiques**

# **Annexes**



**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Blida I**  
**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département de Biologie et Physiologie Cellulaire**

**Mémoire de Fin d'Études en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master en**  
**Sciences de la Nature et de la Vie**

**Option : Microbiologie et Toxicologie Alimentaire**

**Etude comparative de la qualité**  
**physico chimique et microbiologique**  
**d'un couscous artisanal et industriel**  
**« Amour »**

**Présenté par :**

BERDAOUI Ibtissem

CHAHIH Sarah

**Devant les membres de jury :**

**Présidente : Mme CHERIF** **MCB** **UB1.**

**Examineur : Mr BOUKHATEM** **MC** **UB1.**

**Promotrice : Mme KANANE** **MA** **UB1.**

Année universitaire : 2014/2015



# *Remerciement*

Dieu merci pour pouvoir achever ce modeste travail.

Nos sincères remerciements vont :

A Mme. KANANE qui nous a encadrées. Nous lui témoignons nos profondes reconnaissances, pour ses précieux conseils, ses orientations bienveillantes et ses encouragements.

A Mme. CHERIF, pour avoir accepté de présider ce jury, qu'elle trouve ici nos profondes gratitudee.

A Mr. BOUKHATEM, de l'honneur qu'il nous fait en acceptant d'examiner ce modeste travail.

Nos profondes gratitudee s'adressent également à Mr. TEFFAHI, pour leurs précieux conseils, leur aide et leur soutien moral.

Nous remercions également toute l'équipe de la semoulerie « AMOUR », et surtout l'équipe de laboratoire, pour leur aide et leur disponibilité.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont attribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



## Dédicace

Je dédie ce mémoire:

A mes très chers parents pour m'avoir soutenu  
moralelement et matériellement jusqu'à ce jour,  
pour leurs amour et leurs encouragements.

A mes frères : Mohamed, Azedine, Amine et sa  
femme Amina et leurs deux petits anges  
Moetassim et Kossai.

A mes biens aimées soeurs : Hamida et Hadjer  
pour leurs aides précieux et pour leurs  
encouragements durant toutes les phases de mes  
études.


A ma copine et binôme Ibrisseem et sa petite  
Tesnime

A mes chers amis(es)

A toute la section MTA

A toute personne qui m'a aidé d'un mot, d'une  
idée ou d'un encouragement je leurs dis  
« Merci »

**Sarah**



### Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes très chers  
parent et mon mari Farouk et sa famille qui ont  
toujours été là pour moi, qui m'ont donné le  
courage et ont fait de moi ce que je suis.

A ma petite fille Tessnime .

A mes chers frères et sœurs.

A toutes la famille Berdaoui et Ziouine.

A ma très chère copine et binôme Sarah.

A tout la section de MTA.

Ibtissem

## Résumé :

Notre travail consiste à contrôler la qualité physicochimique et microbiologique d'un couscous industriel « Amour » issu de la semoule du blé dur et d'un couscous artisanal issu de la même matière première.

Dans ce cadre, nous avons réalisé 2 types d'analyses l'une physico-chimique et l'autre microbiologique, effectuées sur les matières premières et les produits finis.

Les résultats obtenus ont montré que:

- Le couscous artisanal présente une importante humidité (15,23 %) que celui du couscous industriel (10,88 %)
- La qualité culinaire du couscous industriel (indice de gonflement (IG)= 2,50) est plus considérable que celle du couscous artisanal (IG= 1,79).
- Les deux types de couscous présentent une qualité nutritionnelle appréciable: couscous artisanal (lipide = 1.02 %, taux de cendre = 1,03 %), couscous industriel (lipide = 1.07 %, taux de cendre = 0,95 %).
- Les deux types de couscous possèdent une acidité grasse acceptable de l'ordre de 0.04 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/100g matière sèche (MS) pour le couscous industriel et de 0.06 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/100g matière sèche (MS) pour le couscous artisanal.
- L'analyse microbiologique a révélé une absence totale des levures et moisissures, des *Clostridium* sulfite réducteurs. Ce qui confirme la bonne qualité microbiologique des deux types de couscous.

Mots clés : blé dur, semoule, couscous artisanal, couscous industriel, analyses physico-chimiques, analyses microbiologiques.

### **Abstract:**

The aim of our work is to control the quality of an industrial couscous "AMOUR" from semolina from durum wheat and a craft couscous from the same raw material.

In this context, we conducted two types of analysis one physicochemical and another microbiological, carried on raw materials and finished products.

The results obtained showed that:

- The artisanal couscous has high moisture (15.23 %) than the industrial couscous (10.88%)
- The cooking quality of industrial couscous (GI = 2.50) is greater than that of the artisanal couscous (GI = 1.79)
- Both couscous exhibit appreciable nutritional quality: artisanal couscous (lipid = 1.02%, ash content = 1.03 %), industrial couscous (lipid = 1.07 %, ash content = 0.95 %).
- Both types of couscous possess an acceptable fat acidity of about 0.04 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> / 100 MS Industrial couscous and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.06 / 100 MS for artisan couscous.
- Microbiological analysis revealed the complete absence of yeasts and molds, total bacteria and Clostridium sulfite reducers showed a total absence of these organisms. This confirms the good microbiological quality of both types of couscous.

Key words: durum wheat semolina, couscous craft, industrial couscous, physico-chemical and microbiological analyzes.

## ملخص :

الهدف من هذا العمل هو مراقبة الجودة للكسكس الصناعي "عمور" من السميد المتوسط و الكسكس التقليدي من نفس المادة الأولية .

في هذا السياق ، أجرينا نوعين من التحاليل فيزيائية كيميائية و ميكروبيولوجية ، التي تقوم على المواد الأولية والمنتجات النهائية.

وأظهرت النتائج أن:

- إن الكسكس التقليدي لديه رطوبة عالية ( 15.23 % ) من الكسكس الصناعي ( 10.88 % )
- نوعية طبخ الكسكس الصناعي (2.50) أكبر من أن من الكسكس التقليدي ( 1.79 )
- كل نوع من الكسكس له قيمة غذائية مقبولة : الكسكس التقليدي ( الدهون = 1.02 % ، الرماد = 1.0 % ) و الكسكس الصناعي (الدهون = 1.07 % ، الرماد = 0.95 % )
- كلا النوعين من الكسكس يمتلك حموضة الدهون مقبولة (  $H_2SO_4 / 100 MS 0.04$  ) للكسكس الصناعي و (  $0.06 / 100 MS H_2SO_4$  ) للكسكس التقليدي.
- كشف التحليل الميكروبيولوجية أظهر غياب إجمالي للمعفات والابواغ. الغياب التام لهذه الكائنات يؤكد الجودة الميكروبيولوجية لكلا النوعين من الكسكس .

الكلمات الرئيسية : القمح ، السميد ، الكسكس التقليدي ، الكسكسي الصناعي ، التحليلات الفيزيائية و الكيميائية، التحليلات الميكروبيولوجية .

## Liste des abréviations :

**°F** : Degré Française.

**AFNOR** : Association Française de Normalisation.

**BD** : Blé dur

**C**: Cendre

**CF** : Couscous fin

**D/C** : Double concentration.

**DM** : dilution mère.

**g H<sub>2</sub>OSO<sub>4</sub>/100g MS** : Gramme d'acide Sulfurique par 100g de matière sèche.

**G**: Gonflement

**GH**: Gluten Humide.

**GS** : Gluten Sec.

**H**: Humidité

**IG** : Indice de Gonflement.

**ISO** : Organisation internationale de la normalisation.

**JORA** : Journal Officiel de la République Algérienne

**MG** : Matière Grasse.

**MS** : Matière sèche.

**NA** : Norme algérienne.

**NF** : Norme Française.

**OGA** : Oxytétracycline Gélose Agar.

**PE** : Prise d'Essai.

**PHL** : Poids a Hectolitre.

**PMG**: Poids à Mille Grains.

**PS** : Poids Spécifique.

**S/C** : Simple concentration.

**SM** : Semoule moyenne

**Sm** : Solution mère.

**TA** : titre alcalimétrique.

**TAC** : titre alcalimétrique complet.

**TH** : Titre Hydrométrique.

**TSE** : Eau Tryptone-sel

**V** : Volume.

**VF** : Viande Foie.

**µm** : Micromètre.



## Liste des tableaux :

<b>Numéro</b>	<b>Intitulé</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau 1</b>	Taille des grains de blé	<b>02</b>
<b>Tableau 2</b>	Masse des grains de blé	<b>03</b>
<b>Tableau 3</b>	Composition biochimique du grain de blé dur	<b>04</b>
<b>Tableau 4</b>	Distribution des protéines de l'endosperme de blé	<b>06</b>
<b>Tableau 5</b>	Composition en acides gras du blé dur	<b>07</b>
<b>Tableau 6</b>	Teneur en vitamine de blé dur	<b>08</b>
<b>Tableau 7</b>	Classification des semoules en fonction de la granulométrie	<b>10</b>
<b>Tableau 8</b>	Composition biochimique de la semoule	<b>11</b>
<b>Tableau 9</b>	Principales opérations effectuées sur la semoule	<b>14</b>
<b>Tableau 10</b>	Caractéristiques physico-chimique de la semoule du blé dur utilisé pour la fabrication de couscous	<b>23</b>
<b>Tableau 11</b>	Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du couscous commercialisé.	<b>24</b>
<b>Tableau 12</b>	Taux d'impuretés du blé dur	<b>57</b>
<b>Tableau 13</b>	Poids spécifique de blé dur	<b>58</b>
<b>Tableau 14</b>	Masse de 1000 grains de blé dur	<b>58</b>
<b>Tableau 15</b>	Taux d'humidité des grains de blé dur	<b>59</b>
<b>Tableau 16</b>	Taux de cendre des grains de blé dur	<b>59</b>
<b>Tableau 17</b>	Teneur en lipide des grains de blé dur	<b>60</b>
<b>Tableau 18</b>	Taux d'humidité de la semoule	<b>60</b>
<b>Tableau 19</b>	Taux de cendre de la semoule.	<b>61</b>
<b>Tableau 20</b>	Teneur en Gluten humide, sec et le taux d'hydratation de la semoule	<b>61</b>
<b>Tableau 21</b>	Acidité grasse de la semoule	<b>62</b>
<b>Tableau 22</b>	Teneur en lipide de la semoule	<b>62</b>
<b>Tableau 23</b>	Taux d'humidité des deux couscous	<b>64</b>
<b>Tableau 24</b>	Taux de cendre des deux couscous	<b>64</b>
<b>Tableau 25</b>	Acidité grasse des deux couscous	<b>65</b>
<b>Tableau 26</b>	Teneur en lipide des deux couscous	<b>66</b>
<b>Tableau 27</b>	Indice de gonflement des deux couscous	<b>66</b>

<b>Tableau 28</b>	Test de cuisson des deux types de couscous	<b>68</b>
<b>Tableau 29</b>	Analyses physico chimiques de l'eau	<b>69</b>
<b>Tableau 30</b>	Analyses microbiologiques (Blé, Semoule et des deux types de Couscous)	<b>70</b>
<b>Tableau 31</b>	Analyses microbiologiques de l'eau de procès et de robinet.	<b>71</b>

## Liste des figures :

<b>Numéro</b>	<b>Intitulé</b>	<b>Page</b>
Figure 1	Structure d'un grain de blé	04
Figure 2	Diagramme de procédé de la première transformation de blé dur	15
Figure 3	Diagramme de fabrication de couscous industriel.	22
Figure 4	Diagramme de l'Adoucissement d'eau utilisée pour la fabrication du couscous	26
Figure 5	Processus de fabrication du couscous artisanal	28
Figure 6	Préparation des dilutions	45
Figure 7	Recherche et dénombrement des moisissures	47
Figure 8	Recherche des clostridium sulfite réducteur	50
Figure 9	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.	52
Figure 10	Recherche et dénombrement des streptocoques.	54
Figure 11	Recherche des clostridium sulfite réducteur dans l'eau	56
Figure 12	Granulométrie de la semoule	63
Figure 13	Granulométrie du couscous industriel et de couscous artisanal	67

## Sommaire

<b>Introduction .....</b>	<b>01</b>
<b>Chapitre I : Partie bibliographique</b>	
I.1 Le Blé.....	02
I.1.1 Définition.....	02
I.1.2 Classification.....	02
I.1.3 La taille et la masse du grain de blé.....	02
I.1.4 Structure du grain de blé dur.....	03
I.1.4.1 Les enveloppes.....	03
I.1.4.2 L'amande .....	03
I.1.4.3 Le germe .....	03
I.1.5 Composition d'un grain de blé dur .....	04
I.1.5.1 Les glucides .....	05
I.1.5.2 Les protéines.....	06
I.1.5.3 Les lipides .....	07
I.1.5.4 Les matières minérales .....	07
I.1.5.5 Les enzymes .....	08
I.1.5.6 Les vitamines .....	08
I.1.5.7 L'eau .....	09
I.2 La Semoule .....	09
I.2.1 Définition .....	09
I.2.2 Classification des semoules .....	10
I.2.3 Composition biochimique de la semoule .....	10
I.2.4 Technologie de la transformation du blé dur.....	11
I.2.4.1 La réception du blé .....	11
I.2.4.2 Agréage de blé .....	11
I.2.4.3 Pré nettoyage .....	12
I.2.4.4 Nettoyage .....	12
I.2.4.5 Préparation de blé à la mouture .....	13
I.2.4.6 Mouture .....	13
I.2.5 Les valeurs de la semoule .....	15
I.2.5.1 Valeur semoulière .....	15
I.2.5.2 Valeur couscoussière .....	15

I.2.5.3 Valeur pastière .....	16
I.2.5.4 Valeur nutritionnel .....	16
I.2.6 Qualité de la semoule .....	17
I.2.6.1 Teneur en eau .....	17
I.2.6.2 Qualité hygiénique .....	17
I.2.6.3 Qualité de la semoule destinée à la fabrication du couscous .....	18
I.3 Le Couscous .....	18
I.3.1 Historique .....	18
I.3.2 Définition .....	18
I.3.3 Procédé de fabrication industrielle de couscous <i>Amour 2010</i> .....	18
I.3.3.1 Mélange et malaxage en continue .....	19
I.3.3.2 Roulage .....	19
I.3.3.3 Cuiseur .....	19
I.3.3.4 Séchage .....	19
I.3.3.5 Tamisage .....	20
I.3.4 Spécification techniques .....	22
I.3.4.1 Matière première .....	22
I.3.4.2 Caractéristiques du produit commercialisé .....	23
I.3.4.3 Facteur de composition et de qualité .....	24
I.3.4.4 La qualité de l'eau de la vapeur .....	25
I.3.5 Couscous artisanal .....	25
I.3.5.1 Procédé de fabrication du couscous artisanal.....	26
<b>Chapitre II : Matériels et méthodes</b>	
II.1 Matériels biologiques .....	29
II.2 Matériels non biologiques .....	30
II.3 Echantillonnage .....	30
II.4 Analyses physico-chimiques .....	30
II.4.1 Blé dur .....	30
II.4.1.1 Agréage du blé .....	30
II.4.1.2 Masse de 1000grains .....	31
II.4.1.3 Masse à l'hectolitre .....	31
II.4.1.4 Taux d'humidité .....	32
II.4.1.5 Détermination du taux de cendre .....	33
II.4.1.6 Teneur en lipide .....	34

II.4.2 La semoule .....	35
II.4.2.1 Taux d'humidité .....	35
II.4.2 .2 Taux de cendre .....	35
II.4.2 .3 Acidité grasse .....	35
II.4.2 .4 Taux du gluten .....	37
II.4.2 .5 Teneur en lipide .....	38
II.4.2 .6 Taux d'affleurement ou granulation .....	38
II.4.3 Le couscous .....	38
II.4.2 .1 Taux d'humidité .....	38
II.4.2 .2Taux de cendre .....	38
II.4.2 .3 Acidité grasse .....	38
II.4.2 .4 Teneur en lipide .....	38
II.4.2 .5 Taux d'affleurement ou granulation .....	39
II.4.2 .6 Indice de gonflement .....	39
II.4.2 .7 Test de cuisson .....	39
II.4.4 Eau de procès .....	40
II.4.4.1 Détermination du pH .....	40
II.4.4.2 Détermination du Titre hydrométrie .....	40
II.4.4.3 Détermination du TA et du TAC .....	42
• TA (titre alcalimétrique simple) .....	42
• TAC (titre alcalimétrique complet) .....	43
II.5 Analyses microbiologiques .....	44
II.5 .1 Analyses du blé, semoule et les deux types de couscous (artisanal et industriel) .....	44
II.5 .1.1 Recherche et dénombrements des moisissures .....	44
II.5 .1.2 Dénombrement des clostridium sulfito réducteur .....	47
II.5 .2 Analyses microbiologiques de l'eau de procès .....	51
II.5 .2 .1 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux .....	52
II.5 .2.2 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux D .....	53
II.5 .2.3 Recherche des clostridium sulfito réducteur .....	55
<b>Chapitre III : Résultats et discussion</b>	
III.1 Analyses physico-chimiques .....	57
III.1.1 BLE .....	57
III.1.1.1 Taux d'impuretés.....	57
III.1.1.2 Masse à l'hectolitre (poids spécifique) .....	58

III.1.1.3 Poids de 1000 grains (PMG) .....	58
III.1.1.4 Taux d'humidité .....	58
III.1.1.5 Taux de cendre .....	59
III.1.1.6 Teneur en lipide .....	60
III.1.2 SEMOULE .....	60
III.1.2.1 Taux d'humidité .....	60
III.1.2.2 Taux de cendre .....	61
III.1.2.3 Teneur en gluten .....	61
III.1.2.4 Acidité grasse .....	62
III.1.2.5 Teneur en lipide .....	62
III.1.2.6 Granulométrie (Taux d'affleurement) .....	63
III.1.3 Comparaison entre couscous industriel et artisanal.....	64
III.1.3.1 Taux d'humidité .....	64
III.1.3.2 Taux de cendre .....	64
III.1.3.3 Acidité grasse .....	65
III.1.3.4 Teneur en lipide .....	66
III.1.3.5 Indice de gonflement .....	66
III.1.3.6 Granulométrie (Taux d'affleurement) .....	67
III.1.3.7 Test de cuisson .....	68
III.1.4 L'EAU .....	69
III.2 Analyses microbiologiques .....	70
III.2.1 Blé, Semoule et les deux couscous .....	70
III.2.2 L'eau .....	71
<b>Conclusion</b> .....	<b>72</b>
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>74</b>

## Introduction :

Les céréales ont toujours occupé une place prépondérante dans l'alimentation humaine notamment chez les algériens. Longtemps considéré comme des aliments énergétiques par leur richesse en glucides, elles constituent néanmoins une source importante de protéines 80%, et 70% environ de calories d'une ration alimentaire moyenne. Par conséquent l'alimentation actuelle des algériens est suffisante, mais déséquilibrée par le trop grand apport des céréales pauvres en lysine. **(Ounane et Autran, 2001)**

Les protéines du blé notamment le gluten a la capacité de former en présence d'eau un réseau viscoélastique, qui selon ces caractéristiques physico-chimique confèrent à certains blés la spécificité de fabriquer du pain, alors que d'autres conviendront mieux à la fabrication de biscuits ou de pâte alimentaires.

De plus, l'amidon qui constitue la plus grande partie du grain, les lipides, les pentosanes et les enzymes sont des molécules qui contribuent à la texture et à la saveur des produits finis **(FILLET, 2000)**

Par ailleurs, la fabrication du couscous à partir de la semoule du blé dur par un procédé industriel ou artisanal, se fait par un roulage suivi d'une de pré-cuisson à la vapeur, puis un séchage. **(Guezlane, 1993)** ; le couscous est riche en amidon ce qui augmente son apport énergétique (354 Kcal/100g) et la présence de certaines protéines est nécessaires pour l'organisme. **(Fredot, 2005)**

Vu que la majorité des individus préfèrent la consommation du couscous artisanal par rapport à l'industriel c'est dans ce cadre que s'inscrit l'objectif de cette étude, qui consiste à comparer la qualité physicochimique et microbiologique du couscous artisanal par rapport au couscous industriel « AMOUR ».



## I.1 Le Blé

### I.1.1 Définition

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des *Gramineae*. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscant, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*). (Feillet, 2000).

### I.1.2 Classification :

Le blé dur (*Triticum durum*) comme l'indique la classification suivante est issue d'une :

Famille : Gramineae

Sous famille : Festocoideae

Tribu : Aveneae

Genre : Triticum

Le genre *Triticum* renferme d'autres espèces varie entre 10 et 12 incluses dans le genre *Triticum* 14 espèces groupées et leurs nombres de chromosomes est divisé entre 3 groupes

Diploïde : N°= 07

Tétraploïde : N°= 14

Hexapode : N°= 21

N° : nombre de chromosomes. (Feillet, 2000).

### I.1.3 La taille et la masse du grain de blé :

Les grains de blé sont de petites dimensions, variable avec l'espèce. Comme l'indique le tableau n°1.

**Tableau N°1 : Taille des grains de blé (en millimètres). (Feillet, 2000).**

Espèce	Longueur			Largeur			Epaisseur		
	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.
Blé	5.0	6.5	8.5	1.6	2.9	4.7	1.5	2.3	3.5

La masse des grains varie de façon assez importante comme l'indique le tableau n°2, pour une variété de céréales les facteurs agronomiques et climatiques entraînent la synthèse et l'accumulation plus ou moins importantes des substances de réserve dans l'albumen. Ceci est important pour la valeur d'utilisation technologique des grains à tel point que l'on caractérise la valeur des grains par « le poids spécifique » ou mieux « le poids de 1000 grains », ainsi le poids spécifique doit être supérieure ou égale à 75kg par hl.

**Tableau N°2 : Masse des grains de blé (en milligrammes) (Feillet, 2000).**

Espèce	Minimum	Moyenne	Maximum
Blé	15	45	70

#### **I.1.4 Structure du grain de blé dur :**

Le grain de blé comporte trois parties essentielles, comme montre la figure n°1

##### **I.1.4.1 Les enveloppes :**

Les enveloppes sont divisées en trois parties : le péricarpe, le tégument séminal et l'assise protéique, et elles représentent 13 à 15% du grain.

Le péricarpe et le tégument séminal sont essentiellement composés de cellulose et de matière minérale.

L'assise protéique est riche en lipides, protéines, matière minérales et vitamines.

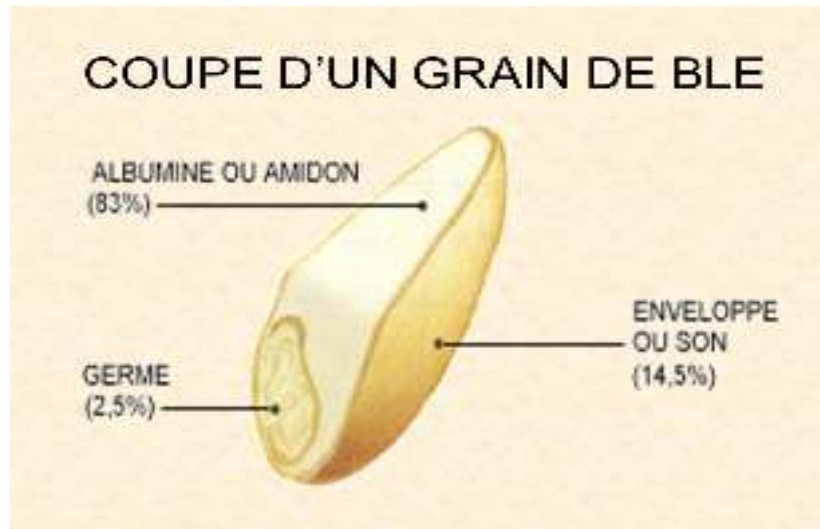
Par ailleurs les enveloppes sont éliminées pendant la mouture et donnent les sons.

##### **I.1.4.2 L'amande :**

L'amande ou l'albumen amylicé constitue 82 à 85% du grain, elle est composée essentiellement d'amidon (70 à 75%), de protéines (10 à 12%), une faible proportion de matières minérales et de 0.3 à 0.6% de vitamines. Et c'est l'amande qui donnera la semoule.

##### **I.1.4.3 Le germe :**

Le germe est riche en lipides, protéines, vitamines et éléments minéraux et il représente environ 3% du grain. Il est éliminé à la mouture pour éviter le rancissement et augmenter la durée de conservation. **Anonyme 2008.**



**Figure N°1** : Structure d'un grain de blé (anonyme 2008)

### I.1.5 Composition biochimique d'un grain de blé dur :

Le grain de blé dur est de la famille des Gramineae, sont fruits dont le nom botanique est caryopse, c'est une graine particulièrement déshydratés. (Godon et Wilim, 1998).

Selon les variétés et les conditions de la culture, le grain de blé est constitué d'amidon (70%), de protéines (10 à 15%), les pentosanes (8 à 10%) et les autres constituants sont mineurs tels que les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines, comme indique le tableau n°3.(Feillet, 2000)

**Tableau N° 3** : Composition biochimique du grain de blé dur. (Feillet, 2000)

Espèces	Protéine %	Amidon %	Pentose %	Cellulose %	Sucres libres %	Lipides %	Matières minérales %
Blé	10-15	67-71	8-10	2-4	2-3	2-3	1.5-2.5

### I.1.5.1 Les glucides :

Les glucides sont des substances particulièrement énergétiques et nettement majoritaires, plus de 60% de matière humide ou 80% de la matière sèche, ils sont principalement constitués

#### a- Amidon :

Rassemblé sous forme de granules, la tailles de ces petits granules sphériques ou lenticulaires varie de 2 à 40 $\mu$ m. Chimiquement l'amidon est un polymère le glucose, les chaînes constituant l'amidon sont de deux types, les unes sont de longues chaînes flexibles linéaires d'amylose qui représente 17-28% de l'amidon, les autres chaînes sont beaucoup plus longue, ramifiés et représentent 70 à 80% de l'amidon.

#### b- Sucres simples :

Le grain de blé dur contient 1 à 2% de saccharose, une petite quantité de maltose, dextrines soluble. La structure de ces sucres favorise la libération très rapide des sucres simples tel que : le glucose et le maltose.

#### c- Cellulose :

C'est le principale polyholoside de structure des végétaux et sa constitution semble indépendant de l'origine de la plante, c'est un  $\beta$ -D glucane composé de résidus de **anhydroglucopyranoses** reliés par des liaisons  $\beta$  1-4.

#### d- Pentosanes :

Sont formés d'une chaîne linéaire de xylènes, qui forment le squelette, à laquelle des chaînes latérales d'un résidu arabinose sont rattachées formant ainsi un arabinoxylane.

Ces pentosanes solubles contiennent en plus des unités de pentoses, de petites quantités de protéines et quelquefois de galactose et du glucose. (**Godon, 1998**).

### I.1.5.2 Les protéines

Quantitativement le deuxième constituant de blé est celle des protides substances azotées dont la teneur varie de 10 à 12.5% de matière humide.

Formé de peu d'acides aminés libres et de peptides mais surtout de polymères d'acides aminés de poids moléculaires relativement élevés.

-Ces composés sont biologiquement actifs (enzymes) pour les utilisations industrielles à cause de leurs propriétés dite fonctionnelles.

-Les protéines de blé sont constituées par plus d'une cinquantaine de constituants classés selon leurs propriétés de solubilité comme indique le tableau n°4

Ainsi on distingue :

- Albumines solubles dans l'eau.
- Globulines solubles dans les solutions salines diluées.
- Prolamines solubles dans les solutions alcooliques.
- Glutamines solubles dans les solutions diluées d'acides. (**Godon, 1998**).

**Tableau N°4** : Distribution des protéines de l'endosperme (**Godon, 1998**).

Espèce	Albumines	Globulines	Prolamines	Glutelines
Blé	5-10	5-10	40-50 (gliadine)	30-40 (glutenine)

En outre, Les protéines de gluten sont un mélange de proportion variable de deux types de protéines, les gléadines (40 à 45 %) et les gluténines (55 à 60%).

L'hydratation de gléadine à l'état natif donne une masse visqueuse, extensible et de faible élasticité. Les gluténines hydratées sont cohésives, plus tenaces et plus élastique que les gléadines. (**Godon et Wilim, 1990**)

**I.1.5.3 Les lipides :**

Les lipides se trouvent partialement dans le germe, et environ 2% de ces lipides sont des acides gras insaturés comme le montre le tableau n°5.

**Tableau N°5 :** Composition en acides gras du blé dur. (Godon, 1991).

Espèces	Acide palmitique C16 (saturé)	Acide oléique C18 :1	Acide linoléique C18 :2	Acide linoléique C18 :3
Blé	18 %	15%	63%	04%

D'autre part, Les deux tiers des lipides sont extractibles par l'éther : ils sont appelés les lipides libres par opposition au lipide liés aux autres constituants protéiques ou glucidiques. (Godon, 1991).

**I.1.5.4 Les matières minérales :**

Elles sont présentées à raison de 2 à 3% de la substance humide de grain et leurs proportions est très différentes.

L'origine des matières minérales dans les grains de blé est double :

- Des éléments métalliques ou métalloïdiques sous forme de sels, principalement, les phosphate, les sulfates et les chlorures ; Ce sont les éléments minéraux puisés dans le sol et destinés à l'alimentation des cellules ;
- Des éléments chimiques, tels que le phosphore et le soufre qui entrent dans la composition des matières organiques, ainsi le phosphore constitue la molécule d'acide phytique et certaines matières grasses (phospholipides). Le soufre, forme certains acides aminés soufrés tels que la méthionine, cystine et cystéine.

(Godon, et Loisel, 1997)

### I.1.5.5 Les enzymes :

Les enzymes les plus courantes sont : les amylases, les lipases, les lipoxygénase et phytase.

- a- **Amylases** : elles convertissent l'amidon par hydrolyse pour libérer des sucres fermentescibles ; ainsi l'amylase convertit l'amidon en dextrines, dans le cas des semoules hyperdiastiques.
  - $\alpha$ -amylase provoque le phénomène de gerçure ou la déformation de la pâte alimentaire longue.
  - $\beta$ -amylase convertit l'amylase en maltose. Elle est inactivée par les températures élevées et active lors de la fermentation.
- b- **la lipase** : c'est le facteur principal de l'acidification des semoules.
- c- **La lipoxygénase** : provoque l'oxydation des pigments caroténoïdes ou la dégradation de la couleur jaune ambrée.
- d- **Phytase** : elle hydrolyse l'acide phytique. **(Boudreau et Menard, 1992)**

### I.1.5.6 Les vitamines :

Leurs teneurs sont beaucoup faibles que celle des autres constituants. Elles s'expriment en milligramme pour 100g de grains. Cependant, leur intérêt nutritionnel est important. Les vitamines les plus importantes sont figurées dans le tableau n°6. **(Godon et Wilim, 1990)**

**Tableau N°6** : Teneur en vitamine de blé dur (exprimée en mg pour 100g de grains)

**(Godon et Wilim, 1990)**

Espèce	Thiamine B1	Riboflavine B2	Niacine (B3)	Acidepan- Tothénique	Pyridoxine B6	Tocophérols E
Blé dur	0.52	0.12	6.0	0.35	0.50	2.0

### I.1.5.7 L'eau :

Les grains des céréales sont particulièrement déshydratés, leurs teneur en eau est environ de 14% pour le blé dur, et la teneur en eau joue un rôle important dans l'altération de la semoule.

**(Godon et Wilim, 1990)**

En effet, Le grain de blé à la récolte peut avoir une teneur en eau comprise entre 15% et plus de 21% selon le climat des zones de cultures, et la moyenne courante est de 13 à 14%.

**(Okandza 2000)**

## I.2 La Semoule

### I.2.1 Définition :

Selon le **Codex standard 1991**, la semoule du blé dur est le produit obtenu à partir des grains de blé dur, par procédés de mouture ou de broyage au cours desquels le son et le germe sont essentiellement éliminés, le reste étant broyé à un degré de finesse adéquat. La semoule complète de blé dur est préparée par procédé de broyage similaire, mais le son et une partie de germe sont préservés.

Les semouleries transforment le blé dur en semoule. Les semoules sont utilisées dans la fabrication des pâtes alimentaires et de couscous.

Dans la transformation du blé dur en semoule, le fabricant de pâtes alimentaires recherche une semoule pigmentée (jaune éclatant), un gluten court et résistant, un minimum de piqûres (sons) et de farine ainsi que des particules de semoule de granulométrie uniforme. Toutes ces exigences entraînent des différences dans la nature, le nettoyage, le conditionnement et la mouture du blé.

L'aptitude des semoules à être transformées en pâtes alimentaires est quantifiée par des méthodes pouvant être groupées en examens visuels, analyses chimiques, essais rhéologique, essais physiques et test de fabrication. **(Boudreau et Menard 1992)**



**I.2.2 Classification des semoules :**

Suivant leur granulation, les semoules sont classées en 4 types :

**Tableau N°7 : Classification des semoules en fonction de la granulométrie. (Godon, 1998)**

Types de semoules	Entendue granulométrique (µm)	Utilisation
La semoule grosse (S.G)	910 à 1100	Gâteaux traditionnels
La semoule grosse moyenne (S.G.M)	550 à 910	Couscous industriel
La semoule sassée super extra (S.S.S.E)	190 à 550	Pâtes alimentaires
La semoule sassée super fine (S.S.S.F)	140 à 190	Pâtes alimentaires de qualité courante

**I.2.3 Composition biochimique de la semoule :**

Elles contiennent en ordre d'importance : l'amidon, les quatre classes de protéines (albumine, globuline, gluténine et gliadine), les lipides, les sels minéraux et enzymes. Comme l'illustre le tableau n° 8.

Tableau N° 8 : Composition biochimique de la semoule. (Boudreau et Menard, 1992).

Eléments minéraux	Teneur (mg par 100g)	Vitamines	Teneur (mg par 100g)	Principe énergétique	Teneur (mg par 100g)	Calories	Fibres
<b>P</b>	143 à 145	<b>B1</b>	0.2 à 0.4	<b>Les protéines</b>	12.6	1455 Kj 350 Kcal	4g
<b>Ca</b>	20 à 24	<b>B5</b>	0.44 à 0.6	<b>Les lipides</b>	1.2		
<b>Mg</b>	40 à 44	<b>B6</b>	0.13 à 0.17				
<b>K</b>	193 à 198	<b>Pp (nicotinamide)</b>	2.7 à 3	<b>Les glucides</b>	70.4		

#### I.2.4 Technologie de la transformation du blé dur :

L'objectif de la première transformation du blé dur est d'isoler l'albumen des parties périphériques (les enveloppes, la couche à aleurone et le germe), c'est une opération de fragmentation et de séparation. (Godon et Wilim, 1998)

##### I.2.4.1 La réception du blé :

L'approvisionnement en matière première (blé dur) dans une semoulerie se fait au moyen de camions, qui dès leur arrivées passent par un pont bascule pour vérifier la quantité du blé reçue. À ce niveau un échantillon de blé est immédiatement prélevé et envoyé au laboratoire afin d'être analysé. (Boudreau et Menard, 1992).

##### I.2.4.2 Agréage de blé :

L'agréage est un terme commerciale qui désigne l'examinations de la marchandise afin de vérifier si elle est conforme ou non.

En effet, l'agrégage a lieu en général avant que la marchandise ne quitte les locaux de fournisseur. L'agréateur procède en premier lieu à une analyse sensorielle qui détermine la qualité saine et loyale du blé par l'œil nu et le nez et elle consiste à :

- Déceler la présence d'insectes et de débris d'insectes morts ou vivants.
- Présence d'odeur suspecte (odeur et moisissures, odeur d'insecticide,...)  
Présence de corps étrangers ou toxique (ergot,...)
- Présence de nuisibles (charançons,...)

Le blé doit être d'odeur franche et de coloration normale. **(Anonyme 2010)**.

#### **I.2.4.3 Pré nettoyage :**

Il a pour but d'éliminer les grosses impuretés avant le stockage de blé dans les silos ou dans les cellules du mélange, selon les étapes suivantes :

- Trémie de réception qui permet la rétention de grosses impuretés telles que : les pailles, bois, cailloux, pigeons, rongeurs et où l'on peut examiner le passage des quantités livrées.
- Un grand aimant permettant l'élimination des particules ferriques.  
  
Un séparateur rotatif assurant une séparation sommaire des produits en fonction de leur taille. **(Boudreau et Menard, 1992)**.

#### **I.2.4.4 Nettoyage :**

Les grains de blé doivent être débarrassés de toutes leurs impuretés avant d'être envoyé sur le premier broyeur (B1) à savoir les grains d'autres céréales, les pailles, les petites pierres et les pièces métalliques. **(Feillet, 2000)**.

Les étapes de nettoyage de blé sont présentées comme suit :

- Triage : consiste à la séparation et le calibrage suivant la longueur de n'importe quels produits granulaires c'est-à-dire de quels produits ayant presque la même épaisseur et largeur, mais différent entre eux par la longueur.
- Brossage : c'est une action mécanique de neuf brossages des grains visant à détacher les poussières y adhérentes **(Godon et Wilim, 1998)**

- Lavage : Il a pour but d'enlever la poussière et de permettre aussi l'élimination la plus complète des corps étrangers. **(Godon, 1991)**

#### **I.2.4.5 Préparation de blé à la mouture :**

Le blé arrive au moulin avec une teneur en eau faible, il sera nécessaire de procéder à la préparation du grain et de se livrer à une double opération qui comprendra, une addition d'eau ou mouillage suivi d'un temps de repos ou conditionnement. Le grain est humidifié jusqu'à 17%. **(Godon, 1991)**

#### **I.2.4.6 Mouture :**

C'est une opération centrale de la transformation des blés en farine et en semoule. Elle repose sur la mise en œuvre de deux opérations unitaire :

- a- Fragmentation-dissociation des grains : Elle permet de dissocier l'amande et les enveloppes (broyage), de fractionner les semoules vêtues (désagrégeage) et de réduire l'amande en farine (convertissage)
- b- Séparation des constituants : Elle assure la séparation des sons et des enveloppes à travers leur granulométrie par tamisage et à travers leurs propriétés aérodynamique (épuration des semoules par sassage).

Les principales opérations sont résumées dans le tableau n°9.

En effet, les moulins possèdent deux séries d'appareils cylindriques (broyeurs et convertisseurs/claqueurs) à travers lesquels les blés ou les produits de mouture doivent successivement passer afin d'être réduit en farine. D'autre part, chaque opération de broyage est suivie d'une séparation par tamisage qui permet de classer les produits avant de les envoyer sur les appareils à cylindres suivant. **(Feillet, 2000)**

**Tableau N°9** : Principales opérations effectuées sur la semoule. (Feillet, 2000)

<b>Blutage</b>	Séparation des produits de mouture (semoules, farines, sons) sur la base de leurs dimensions (granulométrie).
<b>Broyage</b>	Dissociation progressive de l'albumen et des parties périphériques (enveloppes et couche à aleurone) des grains par écrasement et cisaillement des produits entre des cylindres cannelés.
<b>Claquage et convertissage</b>	Réduction de la taille des grosses semoules par écrasement entre les cylindres lisses
<b>Sassage</b>	Séparation des produits de mouture sur la base de leur forme, de leur taille et de leur densité.

Par ailleurs la figure n°2 détermine le processus de la première transformation du blé dur.

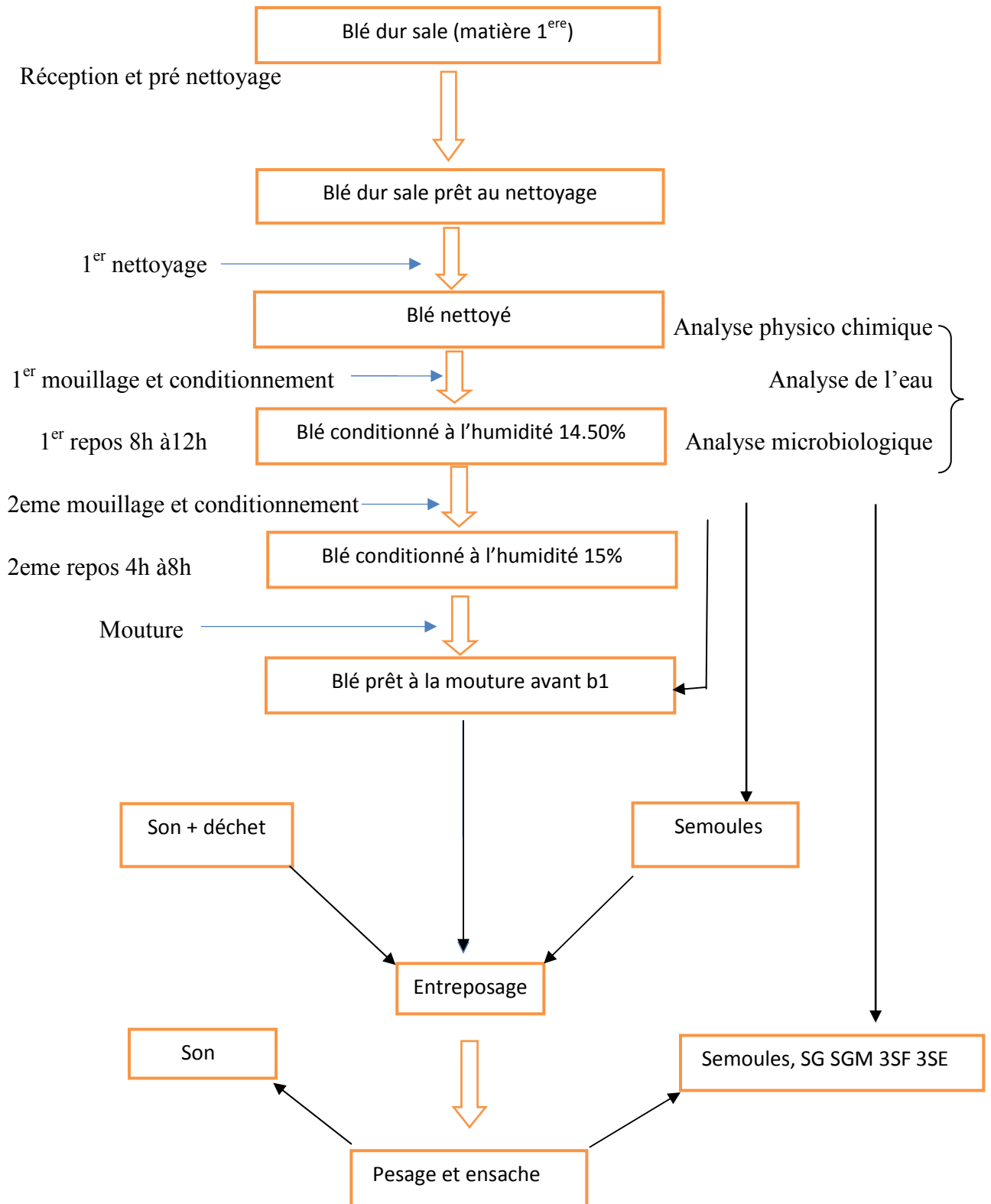


Figure N° 2 : Diagramme de la première transformation du blé dur AMOUR 2010

### I.2.5 Les valeurs de la semoule :

#### I.2.5 .1 Valeur semoulière :

La valeur semoulière peut être définie comme l'aptitude d'un blé dur à donner un rendement élevé en semoule de pureté déterminée. Elle dépend de trois groupes de facteurs :

- Les uns sont très liés aux conditions de culture et de récolte. Leur influence sur la valeur semoulière est évidente et il en est régulièrement tenu compte dans les transactions commerciales : teneur en eau que l'on souhaite la plus faible possible ; taux d'impuretés qui représente la somme des produits étrangers utilisables, nuisibles ou inertes ; taux et grosseur des grains cassés qu'il est parfois difficile de séparer d'autres impuretés aux cours de nettoyage.
- Le deuxième groupe de facteurs englobe les caractéristiques qui dépendent de la nature du blé dur et la valeur semoulière dépend :
  - Rapport albumen/enveloppes ;
  - Friabilité de l'albumen ;
  - Facilité de séparation de l'albumen et des enveloppes.
- Le dernier facteur de la valeur semoulière, il s'agit de la richesse en matière minérale. En effet, vu que l'albumen amylicé est beaucoup moins minéralisé que les enveloppes et la couche à aleurone, il est communément admis qu'il est possible de déterminer la pureté et le taux d'extraction des semoules en mesurant leur teneur en matière minérales ; plus le taux de cendres est faible plus la semoule est pure.

La seule connaissance du taux de cendres ne peut permettre de chiffrer de manière précise le taux d'extraction de la semoule correspondante, il faudrait pour cela que tous les blés aient la même teneur en cendres et que la répartition des matières minérales à l'intérieur du grain soit toujours la même. **(Godon et Wilim, 1998)**

#### I.2.5.2 Valeur couscoussière :

Une bonne valeur couscoussière est l'aptitude qu'une semoule donne un couscous de granulométrie régulière et homogène.

A l'état sec, il doit être de couleur jaune ambré, possédant une capacité d'absorption d'eau suffisante et après cuisson ces granules doivent rester bien individualiser sans se déliter ni coller entre eux. (BOSSU, 2005)

### I.2.5.3 Valeur pastière :

La valeur pastière regroupe deux notions, d'une part l'aptitude des semoules à être transformées en pâte alimentaire (facilité de malaxage, de tréfilage et de séchage) et d'autre part la qualité des produits finis. (Feillet, et al, 1997)

Concernant les produits finis deux critères sont essentiels :

- L'aspect des pâtes à l'état cru.
- La qualité culinaire des pâtes. (Godon et Loisel, 1997)

### I.2.5.4 Valeur nutritionnel :

Ce sont les bases biochimiques de la qualité technologique des pâtes qui constituent les axes de recherches à la fin des années 60. Quatre des composantes biochimiques des blés peuvent être reliés directement à la qualité des pâtes :

- a- **Amidon** composante majoritaire de propriétés rhéologiques particulières (solubilité et gonflement). Il constitue environ 75% de la semoule et il conditionne la qualité culinaire des pâtes et leur caractère collant.
- b- **Protéines** : les gléadines et les gluténines conditionnent la qualité culinaire des pâtes en termes de viscosité et de fermeté. Les gléadines hydratées confèrent-les protéines élastiques, elles conditionnent l'état plus ou moins collant des pâtes par la transformation d'un réseau de gluten plus ou moins solide et dense, capable d'emprisonner à la cuisson des grains d'amidon, qui peuvent ainsi gélatiniser et gonfler sans éclater.
- c- **Pigments caroténoïdes** : ils sont responsables de la couleur jaune ambrée.
- d- **Enzymes** : les lipoxygénases sont responsables de la destruction des pigments caroténoïdes par oxydation au cours de la pastification.

Les peroxydases et les polyphénoloxydases, responsables du brunissement des pâtes au cours du malaxage.



Les amylases responsables de la synthèse des sucres réduits (maltose) susceptible de développer sous certaines conditions une couleur rouge et un gout caramélisé par suite de réaction de Maillard. **(BOSSU, 2005)**

## **I.2.6 Qualité de la semoule :**

### **I.2.6.1 Teneur en eau :**

La Norme codex pour la semoule et la farine de blé dur est d'environ 14.5% m/m, une teneur moindre en eau peut être exigée pour certaines destinations, compte tenu du climat, de la durée du transport et de celle du stockage. **CODEX STAN 178-1991**

### **I.2.6.2 Qualité hygiénique :**

La qualité hygiénique des semoules doit être- exempte de toute contamination microbienne et souillures anormales telle que :

- Les microorganismes (bactéries, moisissures et levures).
- Les souillures d'insectes et rongeurs.
- Les corps étrangers.

Cette qualité est liée à la nature du blé dur dont elle est issue.

Toutefois, les insectes qui contaminent les grains de blé vont se retrouvés sous forme de fragments dans la semoule lors de la mouture.

Ainsi, les caractères organoleptiques (couleur, odeur,...), la valeur nutritionnelle (glucides, lipides ...) sont modifiés. **(Feillet, 2000)**

Par ailleurs, une mauvaise conservation peut modifier la qualité technologique de la semoule conservée dans des sacs et des silos. Ainsi les principaux facteurs de la détérioration des semoules sont l'humidité et la température.

L'élévation de la température est la principale cause d'altération des semoules suite au développement des microorganismes et des parasites.

D'autre part, l'humidité augmente l'acidité par hydrolyse des lipides suite à une libération d'acide gras et développement d'une odeur rance, et un gout amer. **(Godon, 1998)**

### **I.2.6.3 Qualité de la semoule destinée à la fabrication du couscous :**

La semoule destinée à la fabrication du couscous doit posséder certaines caractéristiques afin de faciliter le processus de fabrication d'une part de répondre aux exigences du consommateur d'autre part telle que :

- La couleur doit être de jaune ambré ;
  - La teneur en protéine et du gluten doit être comprise entre 11 à 15% ;
  - La granulation des semoules doit être comprise entre 560 $\mu$ m et 990 $\mu$ m
- (Godon, 1998)**

## **I.3 Le Couscous**

### **I.3.1 Historique :**

C'est le symbole de l'identité alimentaire des populations du Maghreb, il est né dans la Numidie, la région des Berbères. Certains suggèrent que le couscous existe dans le Maghreb depuis le développement de la culture romaine du blé. Les différents écrits ont conclu que les Berbères utilisent depuis l'antiquité la cuisson à la vapeur et ils ont créé une nouvelle méthode de cuisson des céréales permettant de conserver les qualités nutritives. **(Hubert ,1995)**

### **I.3.2 Définition :**

Le couscous est une semoule étuvée et agglomérée en granules de 1 à 2 millimètres de diamètre. Il est fabriqué à base de semoule de blé dur, par un procédé industriel ou artisanal. D'une manière générale, la valeur couscoussière d'une semoule se caractérise par une teneur élevée en protéines (13.5% sur base humide) et son bon état de conservation par un taux d'acidité conforme aux normes internationales. Les types de semoule destinés à la fabrication du couscous sont de granulométrie supérieure à celle des pâtes alimentaires. **(Boudreau et Menard 1992)**

### **I.3.3 Procédé de fabrication industrielle de couscous   Amour 2010 :**

Les différentes étapes de la transformation sont regroupées dans la figure n°3.

**I.3.3.1 Mélange et malaxage en continu :**

Le mélange est assuré par les équipements suivants :

**a- Groupe doseur eau / semoule :**

Il effectue le dosage des semoules en provenance des transporteurs pneumatique et de l'eau du mélange.

**b- Groupe mélangeur :**

A la sortie du doseur, l'eau et les semoules passent par une centrifugeuse qui facilite les phases successives de mélange du produit, une fois la phase pré mélangeuse terminée, le produit sera déversé dans la cuve mélangeuse qui a son tour agglomère les grains de semoules.

**I.3.3.2 Roulage :**

Il a pour but de poursuivre l'agglomération et d'obtenir des particules homogène de forme régulière, le produit provenant de la mélangeuse est acheminé par un courant d'air vers la rouleuse.

Les semoules non agglomérés seront recyclées et passent au niveau de la cuve de malaxage.

**I.3.3.3 Cuiseur :**

Après que le produit passe par le roulage, il sera acheminé par un tapis métallique en inox à mailles disposée suivant une cuisson de toute la couche du produit.

Le produit se déverse dans un groupe concasseur, constitué par une cuve avec un agitateur à palettes qui provoque la rupture des grumeaux du couscous précuit.

Le produit passe par la suite dans aspirateur de vapeur afin d'éliminer la vapeur en excès.

**I.3.3.4 Séchage :**

Le produit passe dans trois séchoirs à tambours, qui sont placés en série, le tambour se compose de deux secteurs en bois spécial, entre lesquels le produit est fractionné en petite quantité par mouvement hélicoïdal, sous l'action d'un air chaud conditionné.

**I.3.3.5 Tamisage :**

Le produit ainsi formé, passe dans un plansichter qui contient plusieurs tamis permettant le fractionnement des grains selon leurs dimensions.

- Les fines particules retournent à la cuve de mélangeuse grâce à des transporteurs pneumatique.
- Les grains de calibre désire passent dans les silos de stockage.
- Les gros grumeaux se dirigent vers un broyeur pour réduire leurs tailles.

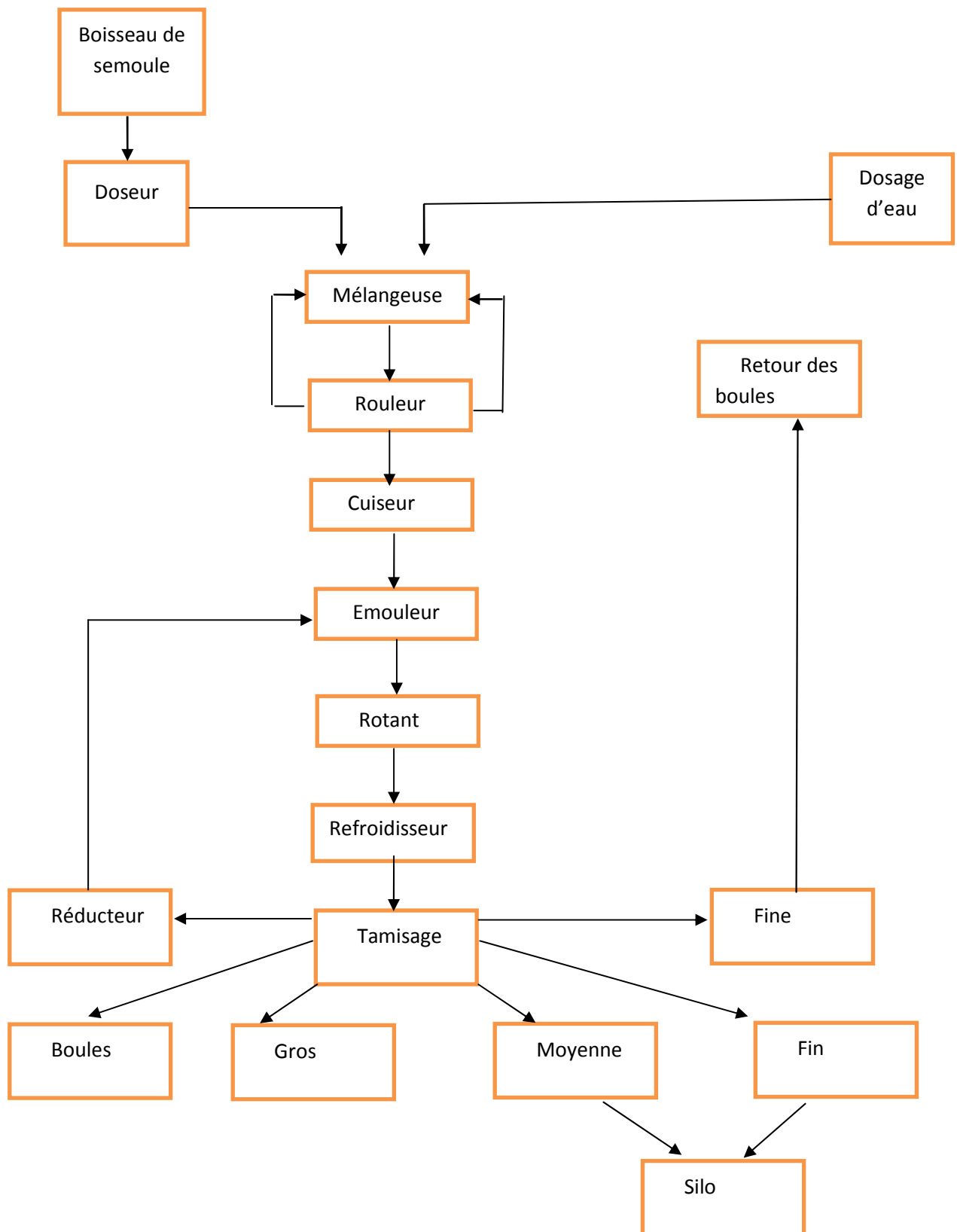


Figure N°3: Diagramme de la fabrication du couscous industriel AMOUR 2010

### I.3.4 Spécification techniques :

#### I.3.4.1 Matière première :

Le couscous est constitué exclusivement de semoule du blé dur présentant les caractéristiques spécifiques du blé dur *Triticum durum*.

Le couscous est préparé à partir des semoules de différents types, dont les proportions respectives varient en fonction de la technologie et du savoir-faire de chaque industriel et qui satisfait au minimum aux critères physico-chimiques décrits dans le tableau n°10. (NF V 50-001 Aout 1992)

**Tableau N°10** : Caractéristiques physico-chimique de la semoule du blé dur utilisé pour la fabrication de couscous. (NF V 50-001 Aout 1992)

Critères :	Types			Méthodes de mesures
	SSSE	SSSF	SSSG	
Blé dur	100%	100%	100%	JORF du 15.01.1975 Arrée du 15.08.1974
Granulométrie en $\mu\text{m}$	Max 10% $\leq 200$	Max 50% $\leq 160$	Max 5% $\leq 250$	NF ISO 565 et JORF de 30.05.1957 Arrée de 27.05.1957
Teneur en eau en% sur matière telle quelle	$\leq 15.5$	$\leq 15.5$	$\leq 14.5$	NF ISO 712
Cendres en % sur matière sèche	$\leq 1.10$	$\leq 1.56$	$\leq 0.90$	NF V 03-720 Tolérance 1%
Matières azotées (coefficient de conservation 5.7) en % sur matière sèche	$\geq 12.0$	$\geq 12.0$	$\geq 12.0$	NF V 03-050
Acidité grasse exprimée en g d'acide sulfurique en % sur matière sèche	$\leq 0.050$	$\leq 0.070$	$\leq 0.050$	NF ISO 1305 et JORF du 30.05.1957 Arrée de 25.05.1957

**I.3.4.2 Caractéristiques du produit commercialisé :**

La présente norme s'applique au couscous, c'est-à-dire le produit composé de la semoule du blé dur *Triticum durum*, dans les éléments sont agglomérés en ajoutant de l'eau potable et qui a été soumis à des traitements physique tels que la cuisson et le séchage. Le couscous est préparé à partir d'un mélange de semoule grosse et de semoule fine. Il peut aussi être préparé à partir de la semoule dite « grosse-moyenne ». (CODEX STANDARD 202-1995)

Le couscous commercialisé a une teinte uniforme ambrée, jaune claire ou blanche crème. Et son odeur est franche et saine, le couscous commercialisé doit être conforme aux critères définis dans le tableau n°11

**Tableau N°11** : Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du couscous commercialisé. (NF V 50-001 Aout 1992)

Critères	Valeurs	Méthodes de mesures
Blé dur	100%	JOCEE 31.12.1987 Règlement n° 4154/87
Granulométrie G en µm	$360 \leq G \leq 2000$ Tolérance 6%	NF ISO 585 et JORF de 30.05.1957 Arrée 27.05.1957
Masse volumique apparente en Kg/hl	$\geq 66$	NF V 03-719- Partie 3
Teneur en eau en % sur matière telle quelle	$\leq 12.5$	NF ISO 712
Cendres en % sur matière sèche	$\leq 1.56$	NF V 03-720
Matières azotées (coefficient de conservation 5.7) en % sur matière sèche	$\geq 12.0$	NF V 03-050
Acidité grasse exprimée en g d'acide sulfurique en % sur matière sèche	$\leq 0.070$	NF ISO 7305 et JORF du 30.05.1957 Arrée 27.05.1957
Indice de gonflement	$>2.20$	NF V 03-740

### I.3.4.3 Facteur de composition et de qualité

#### a- Critères généraux :

Le couscous doit être nettoyé, sain et propre à la consommation humaine.

En effets tous les traitements appliqués aux matières servant à la production du couscous doivent être réalisé de manière à :

- Limiter la réduction de la valeur nutritive.
- Eviter toute modification indésirable des propriétés du couscous.

#### b- Humidité :

La teneur en humidité du couscous ne doit pas dépasser 13.5%. (**CODEX STANDARD 202-1995**)

#### c- Additifs alimentaires :

Aucun additifs alimentaires ni autre ingrédient n'entre dans la composition de ce produit, sauf le sel éventuellement présent dans l'eau d'hydratation utilisée pour l'agglomération de la semoule, ce dernier est ajouté par quantité moyenne de 0.14% afin d'avoir un meilleur gout. (**NF V50-001 Aout 1992**)

#### d- Hygiène :

Il est recommandé de préparer le produit visé par les dispositions de la présente norme conformément aux sections du Code d'usage international recommandé tels que, Principes généraux d'hygiène alimentaire (CAC/RCP 1-1969) et des autres Codes d'usage recommandés par la commission du Codex Alimentarius applicables à ce produit.

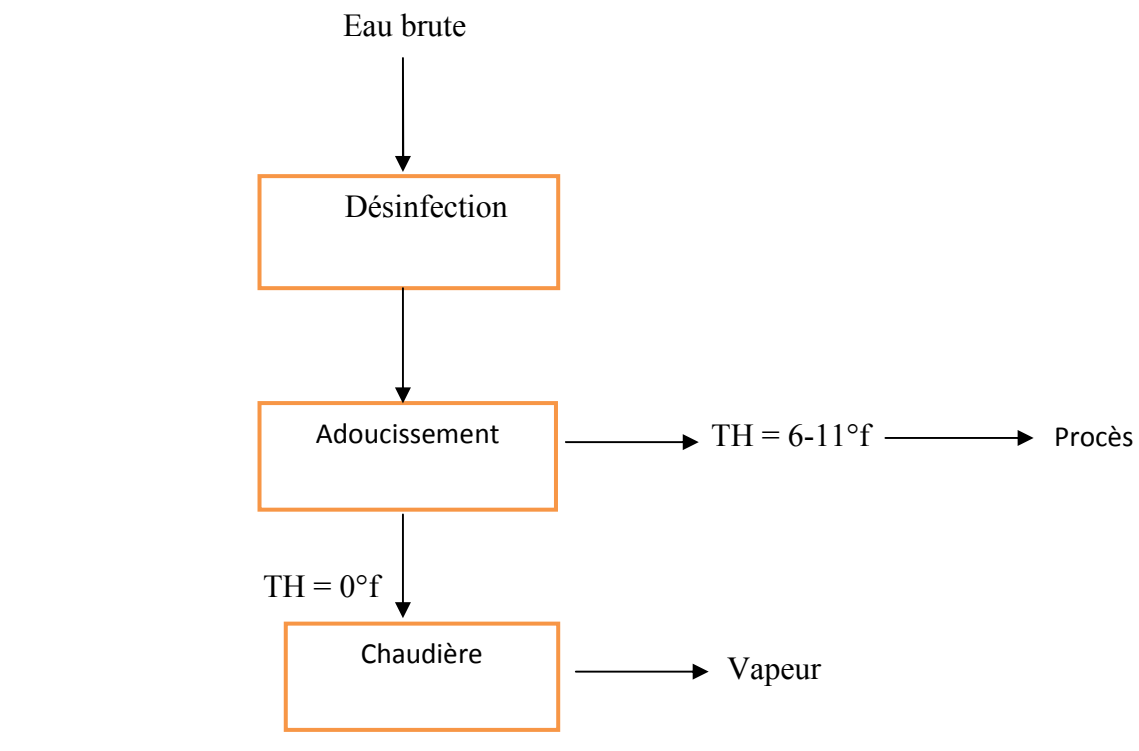
Ainsi les bonnes pratiques de fabrication conduisent à un produit exempt de matières inadmissibles, tels que les microorganismes susceptibles de se développer dans le produit dans des conditions normales d'entreposage ; et aucune substance provenant de microorganismes en quantités pouvant présenter un risque pour la santé.



### I.3.4.4 La qualité de l'eau de la vapeur :

L'eau utilisée est celle de procès TH (6 – 15f°), elle doit être potable et Vapeur d'eau (TH= 0) pour la chaudière.

Par ailleurs l'eau subit deux traitements, désinfection et adoucissement. Selon le diagramme illustré dans la figure n°5



**Figure N°4 :** Diagramme de l'Adoucissement d'eau utilisée pour la fabrication du couscous.

(AMOUR, 2012)

### I.3.5 Couscous artisanal :

Les conditions de fabrication artisanale, diffèrent d'une région à autre de l'Afrique du Nord, elles consistent en agglomération manuelle des particules de semoule hydratées, suivie d'un tamisage (sur plusieurs tamis) des agrégats formés et d'une reprise des particules les plus grosses et les plus fines. Les graines de la dimension recherchée sont séchées au soleil.

La cuisson traditionnelle se pratique dans un couscoussier, qui est un appareil de cuisson à la vapeur, constitué d'un récipient inférieur contenant de l'eau à l'ébullition surmonté d'un second récipient percé de trous laissant passer la vapeur d'eau et sur lequel est placé le couscous ; le couscous est cuit six minutes, démotté, laisser au repos 20 minutes et cuit une

deuxième fois à la vapeur pendant six minutes. Une préparation plus rapide consiste à réhydrater les produits dans l'eau bouillante. (FILLET 2000)

#### **I.3.5.1 Procédé de fabrication du couscous artisanal:**

Suivant la procédure artisanale, le couscous est fabriqué avec une semoule moyenne qui va subir un tamisage, afin de le séparer en fine et grosse semoule, suivi d'un malaxage qui consiste à mouiller la grosse semoule avec de l'eau salée (5 à 10 g/L) pour pouvoir la rouler tout en additionnant la fine semoule jusqu'à agglomération, ce qui permet l'obtention de grains qui vont être tamisés et homogénéisés.

Le couscous obtenu après tamisage va être pré-cuit à la vapeur pendant 10 min puis sécher à l'air libre. (FILLET 2000)

Les différentes étapes de la fabrication du couscous artisanal sont illustrées dans la figure n°5.

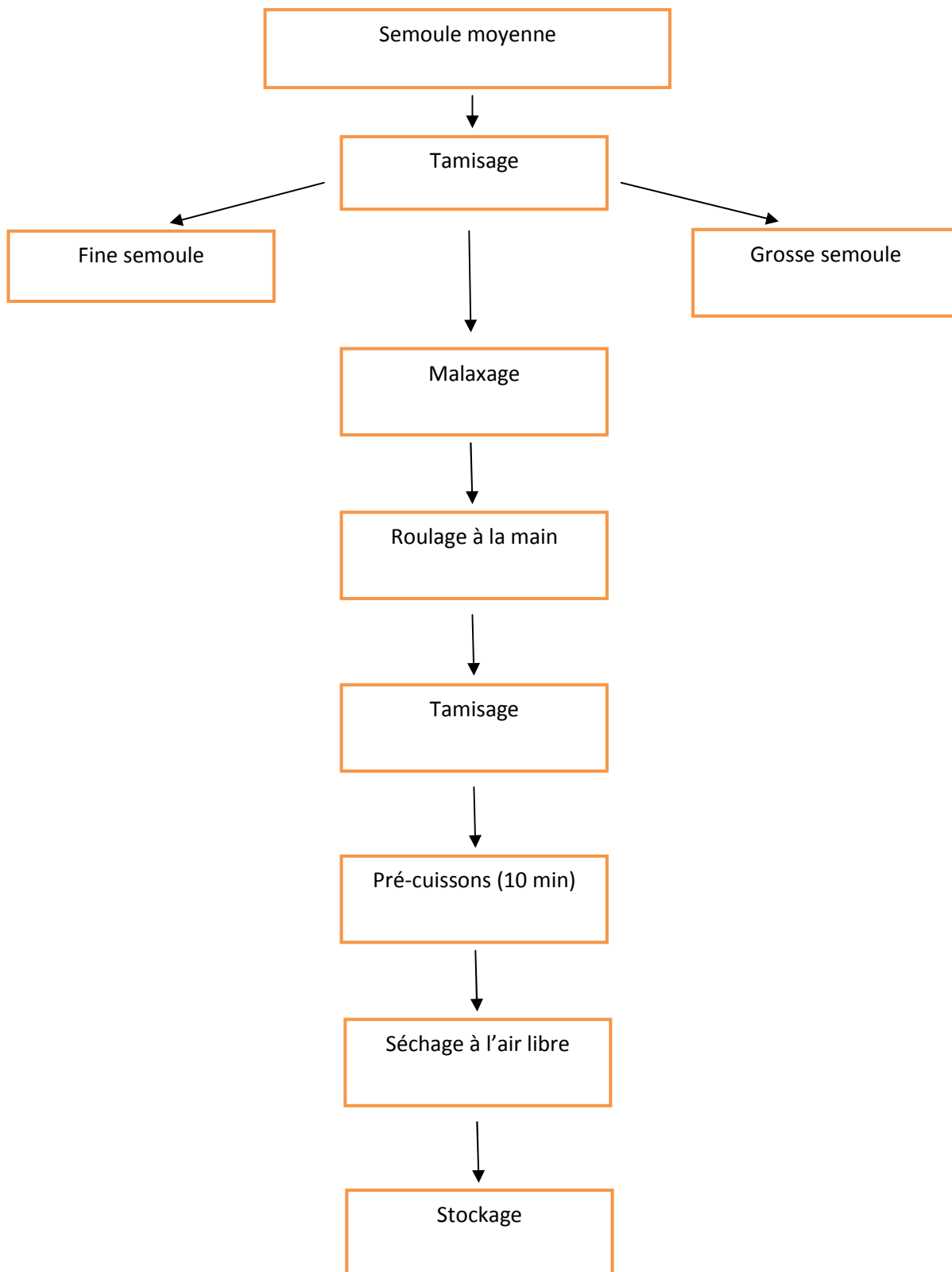


Figure N°5: Diagramme de la fabrication du couscous artisanal (FILLET 2000)

L'objectif de cette étude est de contrôler la qualité d'un couscous industriel fabriqué au niveau de la semoulerie « Amour » à partir de la matière première jusqu'au produit fini et le comparer avec un couscous artisanal issu de la même matière première.

En effet, ce travail consiste à réaliser tout au long de la chaîne de production :

- Un contrôle physico-chimique.
- Un contrôle microbiologique.

Cette étude est effectuée au niveau de la semoulerie « **Amour** » à **Mozaia**, durant une période de trois mois, où nous avons suivi les procédés de transformation du blé dur en semoule et celui de la fabrication du couscous industriel.

Au niveau du laboratoire de contrôle de l'unité Amour, des analyses physico-chimiques portant sur la détermination de la teneur en eau, taux de cendre, poids spécifique, poids de mille grains et le taux des impuretés et des analyses technologiques concernant l'évaluation de la teneur en gluten, la granulométrie et le gonflement ont été réalisées

Par ailleurs, les analyses microbiologiques ont été réalisées au niveau du laboratoire d'hygiène de Blida, la détermination de la teneur en lipide au laboratoire de **PFE** à l'université de Blida et l'acidité grasse au laboratoire de **CRIIA** à Blida.

En fin, les analyses de l'eau de procès ont été réalisées au niveau du laboratoire d'autocontrôle de **Vita Jus** à Blida.

### **II.1 Matériels biologiques :**

- Blé dur local (composé de 80% BM et 20 % BB).
- Semoule moyenne.
- Couscous industriel.
- Couscous artisanal.
- L'eau de procès (Forage)
- L'eau de robinet.

**II.2 Matériels non biologiques :**

- Appareillages. (Annexe n° 1)
- Verreries.
- Réactifs, indicateurs, additifs et solutions.
- Milieux de cultures. (Annexe n°2)

**II.3 Echantillonnage :**

Notre échantillonnage est composé de :

- 5kg de blé dur
- 5 Kg de semoule
- 5Kg de couscous industriel et artisanal
- 5L d'eau de procès.
- 5L d'eau de robinet.

Le prélèvement d'eau de procès est réalisé par une sonde en plastique, celui du blé dur par une sonde métallique, et celui la semoule et le couscous à travers des sacs.

**II.4 Analyses physico-chimiques :****II.4.1 Blé dur :****II.4.1.1 Agréage du blé : (Norme d'entreprise. NE1.1-23-1985)****Principe :**

Cette procédure est basée sur le contrôle du blé dur avant approvisionnement de l'unité et avant la réception au niveau de la semoulerie Amour.

**Mode opératoire :**

- procéder une analyse sensorielle qui détermine la qualité saine et loyale du blé dur par l'œil nu et le nez.
- Prélever 100g de blé dur.
- Ecarter les impuretés suivantes (grains mouchetés, piqués, chauffés, échaudés, avoine, orge et déchets... etc.)
- Peser chaque impureté à part afin, de déterminer le pourcentage d'impuretés

- Apprécier la qualité des grains à travers la :
  - a) La masse à l'hectolitre.
  - b) Le taux d'humidité.
  - c) Le taux d'impuretés.
  - d) Les grains normaux et anormaux, avariés, accidentés et toxiques.
  - e) La masse de 1000 grains.

Tout constat positif entraîne le refus total du blé analysé.

#### **II.4.1.2 Masse de 1000grains : (NA. 731/1989)**

C'est un critère variétal qui dépend des conditions de culture. Le PMG c'est la détermination en gramme de la masse de 1000 grains entiers et l'analyse est réalisée manuellement avec une pelle à main.

Les résultats sont exprimés en poids de grain sec (g) selon la formule suivante :

$$\text{PMG} = M \times 100 - H / 100$$

- PMG : poids de mille grains.
- M : la masse de 1000 grains.
- H : humidité de grain.

#### **II.4.1.3 Masse à l'hectolitre : (NA. 1613/1990)**

##### **Principe :**

Le principe de cette technique est basé sur l'écoulement libre d'un échantillon au moyen d'une trémie dans un récipient d'un litre.

##### **Mode opératoire :**

- Homogénéiser l'échantillon.
- Remplir la trémie avec du blé, jusqu'à la limite, sans tasser les grains.
- Ouvrir le clapet de la trémie et laisser couler le blé dans le cylindre mesureur préalablement taré.
- Pousser le couteau dans la glissière de façon à araser la colonne de grains.
- Enlever les grains en excès après.
- Retirer la trémie cylindrique et le couteau arasé.

- Peser immédiatement le contenu dans le cylindre mesureur.

**Expression des résultats :**

Prendre comme résultats la moyenne arithmétique des déterminations, ensuite référer au tableau des concordances, Les valeurs sont données par Kg/hl.

**II.4.1.4 Taux d'humidité : norme française ISO 712 2009****Principe :**

Cette opération consiste à sécher les échantillons (BD, SM, CI, CA) pendant 2h à une température comprise entre 130 et 133°C et à une pression atmosphérique normale.

**Prise d'essai :**

Dans le cas des grains de blé, prendre la totalité des produits résultant de la mouture comme prise d'essai, afin d'éviter la séparation possible des différents constituants, ainsi peser une prise d'essai supérieur à 5 g, broyer et peser l'intégralité du broyat.

Dans le cas de la semoule et du couscous, procéder directement à la pesée de la prise d'essai décrit dans le mode opératoire.

**Mode opératoire :**

- Sécher les capsules à l'étuve pendant 15 mn puis refroidir dans le dessiccateur jusqu'à température ambiante durant 30 à 45 min.
- Peser la capsule vide.
- Peser rapidement dans la capsule une quantité de 5 g de l'échantillon.
- Etuver les capsules pendant 2h à une température de 130° à 133°C.
- Peser les capsules à 1 mg près.

NB :

Ne jamais introduire un échantillon humide dans une étuve contenant des prises d'essai cela pourrait réhydrater partiellement ces derniers.

**Expression des résultats :**

La teneur en eau est donnée par la formule suivante :

$$(m_1 - m_2 / m_1 - m_0) \times 100$$

Où :

$M_0$  : est le poids de la capsule vide.

$M_1$  : est le poids de la capsule + la prise d'essai.

$M_2$  : est le poids de la capsule + la prise d'essai après séchage.

**II.4.1.5 Détermination du taux de cendre : Norme d'entreprise NE1 1-29-1985****Objet :**

Cette procédure décrit la méthode de déterminer des cendres par incinération à 900°C. Le taux de cendre permet de donner une indication sur le taux d'extraction.

**Principe :**

Incinération d'une prise d'essai dans une atmosphère oxydante, à une température de 900°C jusqu'à combustion complète de la matière organique puis peser le résidu obtenu.

**Mode opératoire :**

- Calcination des nacelles d'incinération dans un four d'incinération à 900°C, pendant 15 minutes.
- Refroidir les nacelles dans un dessiccateur, pendant 1 heure au moins.
- Peser à 0.1 mg près.
- Peser dans une nacelle préalablement tarée près 5 g de l'échantillon.
- Humidifier la prise d'essai avec 1-2 ml d'éthanol.
- Placer les nacelles et leur contenu à l'entrée du four préalablement chauffé à 900°C ± 25°C.
- Dès que le contenu des nacelles a fini de flamber, introduire ces dernières à l'intérieur du four à l'aide d'une pince en prenant soin de ne pas toucher le contenu.
- Poursuivre l'incinération jusqu'à la combustion totale sans résidu de la matière cela dure 2 heures au moins.



- Retirer progressivement les nacelles du four et les déposer à refroidir 1 minute sur un support puis dans le dessiccateur jusqu'à refroidissement à température ambiante (une heure minimum).
- Peser rapidement chaque nacelle, afin qu'elle n'absorbe pas l'humidité de l'atmosphère.

**Expression des résultats :**

Le taux de cendres exprimé en pourcentage (%) est donné par la formule suivante :

$$(m_2 - m_0) / (m_1 - m_0) \times 100 \times (100/100-H)$$

Où :

**M<sub>0</sub>** : Masse en gramme de la nacelle vide.

**M<sub>1</sub>** : Masse en gramme de la nacelle plus la prise d'essai.

**M<sub>2</sub>** : Masse en gramme de la nacelle plus le résidu.

**H** : Teneur en eau de l'échantillon analysé exprimé en %.

**II.4.1.6 Teneur en lipide :(NF FN ISO 734-1 ,2000)****Principe:**

Est basé sur l'extraction de la matière grasse par l'éther de pétrole dans des conditions opératoire de la méthode, et exprimé en pourcentage en masse de produit tel quel.

**Mode opératoire :**

- Sécher le ballon de 500ml à 150°C pendant une heure
- Refroidir le ballon au dessiccateur pendant 30min
- Peser le ballon à précision de 0.001g
- Introduire 20g d'échantillon dans la cartouche de papier filtre
- Placer la cartouche avec la prise d'essai à l'intérieur de l'appareil soxhlet
- Verser 200ml de l'éther de pétrole dans le ballon et 50ml dans l'extracteur
- Chauffer le ballon sur le chauffe ballon pendant 4heures.
- Sécher le résidu du ballon dans une étuve à 70-80°C.
- Refroidir le ballon au dessiccateur pendant 30 minutes.
- Peser les ballons avec l'huile à la précision de 0.001 g.

**Expression des résultats :**

Le taux de lipide exprimé en pourcentage (%) est donné par la formule suivante :

$$\text{MG}\% = ((P_2 - P_1) / P_3) \times 100$$

Où :

**MG %** : Teneur en matière grasse en pourcentage.

**P<sub>2</sub>** : Poids du ballon +le résidu

**P<sub>1</sub>** : Poids du ballon vide

**P<sub>3</sub>** : Poids de la prise d'essais en gramme.

**II.4.2 La semoule :****II.4.2.1 Taux d'humidité :**

La détermination du taux d'humidité est effectuée selon la norme française **ISO 712-2009**.

**II.4.2 .2 Taux de cendre :**

La détermination du taux de cendre est effectuée selon la **Norme d'entreprise NE1 1-29-1985**

**II.4.2 .3 Acidité grasse : JORA N°35-2013.**

L'acidité grasse est exprimée en grammes d'acide sulfurique pour 100g de matière sèche.

Elle correspond essentiellement aux acides gras libres, extraits dans les conditions qui suivront le stockage.

**Principe :**

Cette technique consiste à mettre en solution les acides gras dans l'éthanol à 95 % (v/v) et à une température ambiante, puis centrifuger et titrer une partie aliquote de la solution surnageant par l'hydroxyde de sodium.

**Condition de conservation :**

Les échantillons ne doivent pas être conservés à la température du laboratoire plus d'une journée, l'acidité augmente pendant le stockage. Ils sont conservés en flacons étanches à 4°C. Avant chaque analyse, laisser cet échantillon revenir à la température du laboratoire dans le flacon étanche.

**Mode opératoire :**

- Effectuer immédiatement la détermination de la teneur en eau selon la méthode de détermination de la teneur en eau dans les céréales et produits céréaliers.
- Peser à 0,01g près environ 5g de l'échantillon pour essai, après l'avoir bien homogénéisé.
- Introduire la prise d'essai dans le tube de centrifugation.
- Ajouter 30 ml d'éthanol et fermer le tube hermétiquement.
- Agiter pendant une heure à l'aide d'un agitateur rotatif mécanique en opérant à une température de 20°C 25°C.
- Centrifuger ensuite à deux reprises et successivement pendant 2 min.
- Prélever 20 ml du liquide surnageant parfaitement limpide et les verser dans une fiole conique
- Ajouter 5 gouttes de phénolphtaléine
- Titrer avec la solution d'hydroxyde de sodium 0,05 N, jusqu'au virage en rose pâle persistant quelques secondes.

**Essai à blanc**

Titre l'acidité apportée par l'alcool, en opérant sur 20ml.

**Expression des résultats :**

L'acidité est exprimée en gramme d'acide sulfurique pour 100g de matière sèche selon la formule suivante :

$$7,35 (v_1 - v_0) T \times 100 / M (100 - H)$$

Où :

**V1** : Volume, en millilitres, de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour la détermination ;

**V0** : Volume, en millilitres, de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour l'essai à blanc ;

**M** : Masse, en grammes, de la prise d'essai ;

**T** : Titre exact de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée ;

**H** : Teneur en eau, en pourcentage en masse, de l'échantillon pour essai.

**7,35** : Coefficient de conversion en acidité grasse.

**II.4.2 .4 Taux du gluten : AFNOR céréales et produit céréaliers 1982****Principe :**

Le dosage du gluten repose sur son insolubilité dans l'eau et les solutions salines diluées, et sa propriété de s'agglomérer lorsqu'on le malaxe sous un courant d'eau qui entraîne les autres constituants.

**Mode opératoire :**

La température de l'eau et du local doit être de 20° et 22°.

- Remplir le tonnelet d'eau distillée à 2%.
- Peser 10g de l'échantillon convertie en farine avec une précision de 0.01g.
- Ajouter 5.5 ml d'eau distillée salé à 2% et pour faire une pâte homogène prendre cette dernière et la malaxer entre les paumes de la main de 2 à 3 minutes.
- Laisser reposer le pâton 20 minutes sous couvercle puis procéder à l'extraction, celle-ci dure 8 à 9 minutes et comprendre 3 étapes:
  - a. La lixivation.
  - b. Le lavage.
  - c. L'essorage.
- Façonner avec le gluten essoré une boule compacte et peser rapidement le gluten humide.
- Le Placer dans un glutosec durant 4 minutes ou une étuve durant 2 heures pour déterminer le gluten sec.

**Expression des résultats :**

Le gluten humide exprimé en pourcentage en masse du produit, est déterminé par la formule suivante :

$$\text{GH} = m \times 100 / 10$$

**m:** Masse, en gramme de gluten humide.

Le gluten sec exprimé en pourcentage en masse du produit, est donné par la formule suivante :

$$\text{GS} = m' \times 100 / 10$$

**m' :** Masse, en gramme de gluten humide.

Le coefficient d'hydratation : pourcentage d'eau retenu par le gluten humide est calculé comme suit :

$$(GH - GS) / GH \times 100$$

#### **II.4.2 .5 Teneur en lipide :**

La teneur de lipide est calculée selon **NF FN ISO 734-1 ,2000**.

#### **II.4.2 .6 Taux d'affleurement ou granulation : NF V 03- 721/1994**

Le taux d'affleurement est la qualité de la semoule, pâte alimentaire (couscous) extraite ou refusée par un tamis, dont la garniture à une ouverture de maille, qui est choisie en fonction de la finesse et de la granulométrie désirées

#### **Principe:**

Le calibrage des particules de semoules est très important en vu d'obtenir une bonne hydratation est en fonction de la surface de contact des particules avec l'eau et de l'homogénéité des particules de mêmes que les particules fines absorbent plus rapidement que les grosses, donc il est nécessaire de procéder à la mesure de la semoule et couscous

#### **Mode opératoire :**

- Peser 100g de l'échantillon pour essai l'aide de la balance de précision à 0,01g,
- verser l'échantillon dans le premier tamis d'un planchiste de laboratoire
- fermer bien le couvert et lancer l'opération durant 5minutes (SGM, SSSE) 3minutes (SG) et couscous
- peser le refus de chaque tamis.

#### **II.4.3 Le couscous :**

##### **II.4.2 .1 Taux d'humidité :**

La détermination du taux d'humidité est effectuée selon la norme française **ISO 2009**.

##### **II.4.2 .2Taux de cendre :**

Le taux de cendre est réalisé selon la Norme d'Entreprise **NE1 1-29-1985**.

##### **II.4.2 .3 Acidité grasse :**

La détermination de l'acidité grasse est effectuée selon la méthode normalisée par **JORA 2013**.

##### **II.4.2 .4 Teneur en lipide :**

Le taux de lipide est caculé selon **NF FN ISO 734-1 ,2000**.

**II.4.2 .5 Taux d'affleurement ou granulation :**

La détermination du taux d'affleurement est effectuée selon **NF V 03- 721/1994**.

**II.4.2 .6 Indice de gonflement : NF V 50-001****Principe :**

Le gonflement nous renseigne sur la capacité de d'hydratation du couscous il est réalisé selon **NF V 50-001**.

**Mode opératoire :**

- Peser 50g de couscous à vider par gravité dans une éprouvette graduée de 250ml. soit V1 la valeur du volume occupé lue sur l'éprouvette à exprimer à 2ml près.
- Vider l'éprouvette de la prise d'essai et la conserver soigneusement
- Remplir l'éprouvette avec 200ml d'eau de robinet, versé rapidement la prise d'essai dans l'éprouvette.
- Remuer l'éprouvette deux à trois fois à l'aide d'une tige en verre.
- Relever après 30 minutes le volume V2 a exprimé à 2ml près qu'occupe le couscous dans l'éprouvette

**Expression des résultats :**

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

$$IG=V2 /V1$$

La différence entre les résultats de deux déterminations de L'indice de gonflement effectuées simultanément ou rapidement l'une après l'autre par la même analyse ne doit pas de passer 5%, L'indice de gonflement **IG** du couscous doit être supérieur ou égale 2.20

**II.4.2 .7 Test de cuisson :****Principe :**

Il consiste à déterminer le taux de prise en masse du couscous lors de la préparation, par cuisson d'une quantité bien déterminée de couscous cru et suivre les modifications rapportées sur le poids après chaque étape de préparation.

**Mode opératoire :**

- **1<sup>ère</sup> mouillage** : mouiller le couscous avec de l'eau puis faire égoutter tout de suite et laisser le 10min pour que les grains de couscous absorbent l'eau ajoutée.
- **1<sup>ère</sup> évaporation** : faire cuire le couscous à la vapeur pendant 15min.
- **2<sup>ème</sup> mouillage** : arroser progressivement le couscous d'une certaine quantité d'eau.
- **2<sup>ème</sup> évaporation** : faire cuire une deuxième fois à la vapeur pendant 15 min.
- Peser le couscous après chaque étape de préparation.

#### II.4.4 Eau de procès :

##### II.4.4.1 Détermination du pH : AFNOR, 1986

###### Principe :

Le potentiel hydrogène pH est une grandeur mesurant la concentration des ions d'hydrogène dans une solution, c'est une mesure de l'acidité de la solution. Il correspond à l'opposé du logarithme de la concentration des ions  $H_3O^+$

$$pH = - \log [H_3O^+]$$

$[H_3O^+]$ : concentration des ions ( $H_3O^+$  mol/l)

###### Mode opératoire :

Pour la mesure de pH il faut :

- Etalonner le pH mètre en deux points pH= 7 et pH = 10.
- Plonger les deux sondes (température et pH) dans la solution.

###### Expression des résultats :

Le pH des eaux naturelles varie entre 6.5 et 8.2 en moyenne

Le pH est l'un des paramètres importants influençant la tendance entartrant ou agressive d'une eau naturelle, ainsi :

- Une baisse de pH favorisera la tendance agressive.
- Une élévation du pH favorisera le caractère entartrant.

##### II.4.4.2 Détermination du Titre hydrométrie : AFNOR, 1986

Titre hydrométrie ou la dureté de l'eau indique la teneur globale en sel de calcium ou de magnésium. Il mesure la concentration en ions calcium et magnésium.

$$\text{TH} = [\text{Ca}^{+2}] + [\text{Mg}^{+2}]$$

La dureté s'exprime en milliéquivalents de concentration en  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  et en degré français.

Un degré représente la dureté d'une solution contenant :

- 10mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .
- Soit 4mg/L de calcium.
- Soit 2.4mg/L de magnésium.

### Principe :

Le dosage est basé sur une liaison instable entre un colorant le Noir d'Erichromé T (NET) et les sels de Ca et Mg qui donne une coloration rouge violacée. Le titrage de cette solution se fait par l'EDTA qui déstabilise le complexe formé initialement et prend à la place de l'indicateur coloré, le virage de la solution du rouge au bleu. Il faut se placer en milieu tamponné pH = 10 pour que le dosage se fasse dans des bonnes conditions.

### Mode opératoire :

- Prendre 100 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer.
- Ajouter 5 ml de la solution tampon pH = 10.
- Quelques gouttes de NET.
- Titrer le mélange par la solution d'EDTA à (0.01 M)

### NB :

- Si la couleur de la solution est bleu donc TH = 0° F.
- Si la coloration vire verts le violet, titrer la solution par l'EDTA (0.01 M) jusqu'à la coloration bleu (état initial) lire le volume de l'EDTA.

### Expression des résultats :

Le Titre Hydrométrique est exprimé en degré français (°F) et selon la formule suivante

$$\text{TH (}^\circ\text{F)} = V$$

V : est le volume de la solution de l'EDTA en millilitre qui sert pour le titrage.



#### II.4.4.3 Détermination du TA et TAC : (AFNOR 1986)

- **TA (titre alcalimétrique simple) :**

Le titre alcalimétrique simple est la somme de la concentration total en ions hydroxyde et la demi-concentration en ion carbone

$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + \frac{1}{2} [\text{CO}_3^{2-}]$$

- **TAC (titre alcalimétrique complet) :**

Le titre alcalimétrique complet est la somme des ions (OH<sup>-</sup>), (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) et (H CO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Donc TAC permet de connaître en bloc les hydrates de carbonate et bicarbonates alcalins et alcalino-terreux

$$\text{TAC} = [\text{OH}^-] + \frac{1}{2} [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{H CO}_3^-]$$

- **Principe :**

La détermination de l'alcalinité est effectuée par une double acidimétrie en présence de phénolphtaléine puis l'Hélianthine.

Si le pH de l'eau est de 8,2 elle contient des carbonates qui forment un système tampon, une acidimétrie en présence de phénolphtaléine mesure la concentration en carbonate.

Si le pH est inférieur à 8,2, l'eau ne contient pas les carbonates, les bicarbonates présents sont en équilibre avec l'acide carbonique et forment un autre système tampon fonctionnant entre 4,2 et 8,2. Une acidimétrie en présence d'hélianthine (dont la zone supérieure de virage est environ de 4,2) mesure la concentration en bicarbonates et en carbonates éventuellement présents.

➤ **Mode opératoire :**

- **TA (titre alcalimétrique simple) :** verser dans un erlenmeyer 100 ml d'eau à analyser, ajouter quelques gouttes de phénolphtaléine, agiter. S'il y a l'apparition de la couleur, titrer avec la solution d'acide chlorhydrique ou acide sulfurique, à 0,1 N jusqu'à la disparition de la couleur rose.

S'il n'y aura pas la couleur rose le TA = 0.

- **TAC (titre alcalimétrique complet)** : sur le même échantillon utilisé précédemment, Ajouter 2 gouttes d'hélianthine (méthyle orange).

Continuer à titrer avec la solution d'acide chlorhydrique ou acide sulfurique jusqu'au virage jaune-orange (pH= 4,5) (une goutte supplémentaire fait passer la teinte au rose orangé pH =4).

➤ **Expression des résultats :**

- **TA** : le titre alcalimétrique est donné par la formule suivante :

$$\text{TA (}^\circ\text{F)} = V_1 \times 5$$

$V_1$  : représente le volume en ml de la solution d'acide chlorhydrique ou acide sulfurique nécessaire au titrage. (1 $^\circ$ F correspond à 0,2 meqg)

- **TAC** : le titre alcalimétrique complet est calculé par la formule suivante :

$$\text{TAC (}^\circ\text{F)} = (V_2 - 0,1) \times 5$$

$V_2$  : représente la chute de burette de la solution d'acide chlorhydrique ou acide sulfurique utilisé à l'opération de TAC.

$$V = V_1 + V_2$$

**0,1** : représente le volume en ml de la solution d'acide chlorhydrique nécessaire à l'apparition de changement de la couleur.

**II.5 Analyses microbiologiques :****Principe :**

Les analyses microbiologiques concernant, l'eau de process et les grains de blé dur, la semoule du blé dur et le couscous industriel et artisanal. Consistent en premier lieu à isoler les micro-organismes présents dans un échantillon représentatif du lot étudié.

Dans le cas de l'eau les micro-organismes recherchés sont les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux.

Dans le cas du blé, semoule et couscous les micro-organismes recherchés sont surtout les moisissures et clostridium sulfite-réducteur.

**Dilutions mères :**

- Introduire aseptiquement 25g de produit à analyser dans un flacon préalablement taré, contenant 225 ml d'Eau Tryptone-sel (TSE)
- Homogénéiser.

Cette suspension constitue alors la Dilution Mère (DM) qui correspond à la dilution 1/10.

**Préparation des dilutions :**

Cette étape doit être effectuée avec un maximum de précision. Il est à noter que la préparation des dilutions décimales est réalisée comme suit :

- Introduire aseptiquement à l'aide d'une pipette, 1ml de la DM dans un tube à vis contenant au préalable 9ml de la même dilution celle-ci est au 1/100, ainsi de suite, jusqu'à l'obtention de la dilution recherchée. (figure n°6)

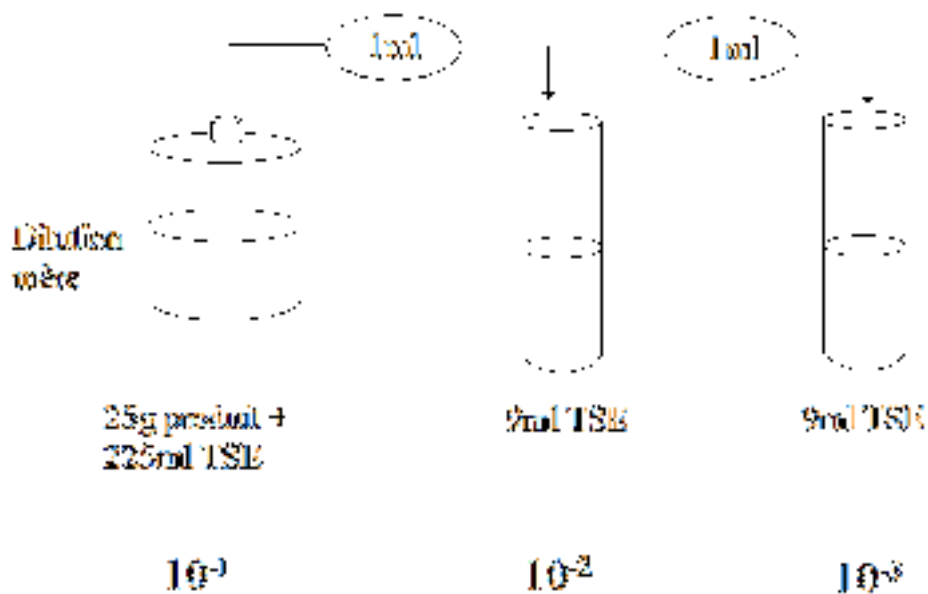


Figure N°6: Préparation des dilutions

### II.5 .1 Analyses du blé, semoule et les deux types de couscous (artisanal et industriel) :

#### II.5 .1.1 Recherche et dénombrements des moisissures : JORA 1998

##### Principe :

Les moisissures sont des champignons filamenteux, aérobies, acidophiles (pH=3 à 7) et mésophiles, se développent sur les aliments à faible activité d'eau. Pour l'isolement des moisissures, on utilise le milieu sélectif OGA (gélose glucosée additionnée d'un antibiotique sélectif «Oxytétracycline» (annexe 2).

##### Mode opératoire :

##### Prise d'essai, suspension -mère et dilution

Préparer une série de dilutions décimales à partir de l'échantillon si le produit est liquide, et de la suspension mère dans le cas d'autres produits

##### Ensemencement et incubation :

- A partir des dilutions décimale, prélever 1ml de chaque dilution à l'aide d'une pipette pasteur et transférer à la surface de boîte de pétri contenant le milieu gélosé
- Etaler le substrat sur toute la surface de la boîte
- Retourner les boîtes et les incuber à l'étuve pendant 03, 04 et 05 jours
- La première lecture doit se fait a partir du troisième jour  
(Figure n°7)

**Expression des résultats :**

Calculer le nombre de levures et /ou des moisissures par gramme de produit à travers la formule suivante :

$$N = \frac{\sum C}{(n1 + 0,1n2) d}$$

Où :

$\sum C$  : La somme des colonies comptée sur les boîtes retenues

**d** : Le taux de dilution correspondant à la première dilution retenue

**n1** : Le nombre des boîtes comptées et retenues à la première dilution

**n2** : Le nombre des boîtes comptées et retenues à la seconde dilution

Noter comme résultats le nombre des colonies exprimé par un nombre compris entre 1,0 et 9, 9 multiplié par  $10^x$  (Ex dilution  $10^{-2}$  =105 et 97 COLONIES).

**N** : nombre des moisissures par gramme de produit

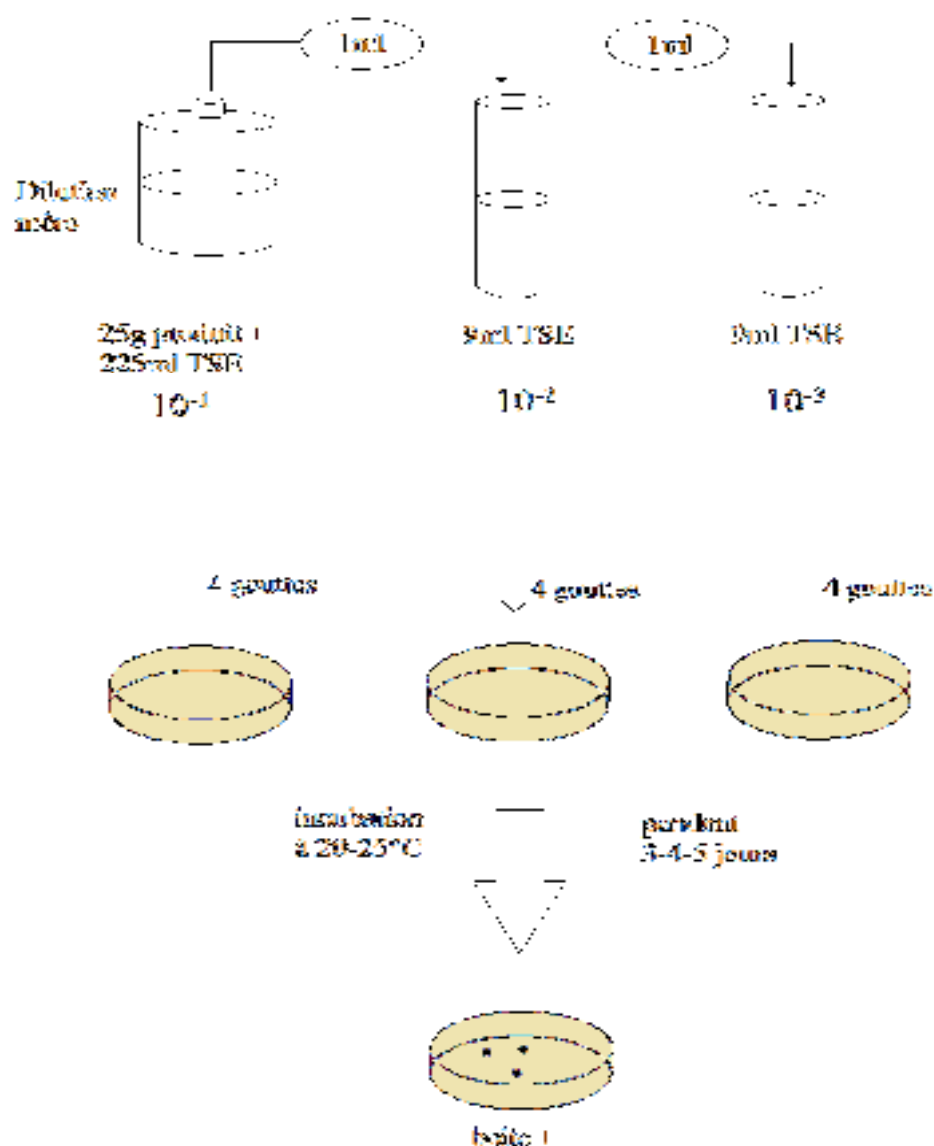


Figure N°7: Recherche et dénombrement des moisissures

### II.5 .1.2 Dénombrement des clostridium sulfite réducteur : (norme française ISO 7698-Aout 1991- indice de classement : V 03-763)

Les clostridium sulfite réducteur sont des bactéries anaérobies stricts, gram<sup>+</sup> catalase<sup>+</sup>, mobile, sporules, appartenant à la famille des *bacilacea*, hôte habituel du tube digestif de l'homme, leur spores ont une résistance considérablement dans les milieux naturels, elles ont un pouvoir de détruire le sulfite de sodium et donner en présence de fer, les sulfures de fer d'où une coloration noire.

**Principe :**

Selon la disponibilité de milieux de culture, deux techniques sont recommandées pour la recherche de clostridium sulfito réducteur à savoir :

- Méthode générale sur gélose viande foie VF à 37°C
- Méthode sur gélose TSN ou TSC à 46°C.

**Mode opératoire :****Préparation de milieu :**

- Faire fondre un flacon de gélose VF dans un bain d'eau à 45°C puis ajouter une ampoule d'Alun de fer et une ampoule de Sulfite de sodium mélanger soigneusement et aseptiquement.
- Maintenir le milieu dans une étuve à 45°C jusqu'au moment de l'utilisation.

**Préparation des dilutions décimales :**

Dans le cas d'un produit solide, 25g de l'échantillon est introduite dans 225ml d'eau physiologique puis agiter jusqu'à l'obtention d'une solution homogène (solution mère Sm dilution  $10^{-1}$ )

1ml de la Sm est mise dans un tube et remplie avec 9ml d'eau physiologique puis agiter jusqu'à l'obtention d'une solution homogène (dilution  $10^{-2}$ ).

**Ensemencement :**

Les tubes contenant les dilutions  $10^{-1}$  et  $10^{-2}$  seront soumis à un :

- Chauffage à 80°C pendant 10 minutes.
- Refroidissement immédiat sous l'eau de robinet dans le but d'éliminer les formes végétatives et garder uniquement les formes sporulées.
- Porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution en double dans deux tubes a vis stérile de 16 mm de diamètre, puis ajouter environ 15 ml de gélose VF prêt à l'emploi : dans chaque tube comme indique la figure n°7.
- Laisser solidifier sur la paillasse pendant 30 minutes.

### **Incubation :**

L'incubation est lieu à 37°C pendant 16 à 24 ou au plus tard 48 heures.

### **Lecture :**

La première lecture se fait impérativement après 16 heures, car les colonies de clostridium sulfito réducteur sont envahissantes, elles se trouvent en force d'un tube complètement noire rendant l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera refaite.

D'autre part, il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussé en masse et d'un diamètre supérieur à 0.5 mm, en cas d'absence de colonies caractéristique, les tubes sont incubés et une deuxième lecture est lieu après 24 heures.

Les résultats sont exprimés en nombre d'anaérobies sulfito réducteur par gramme de produit.



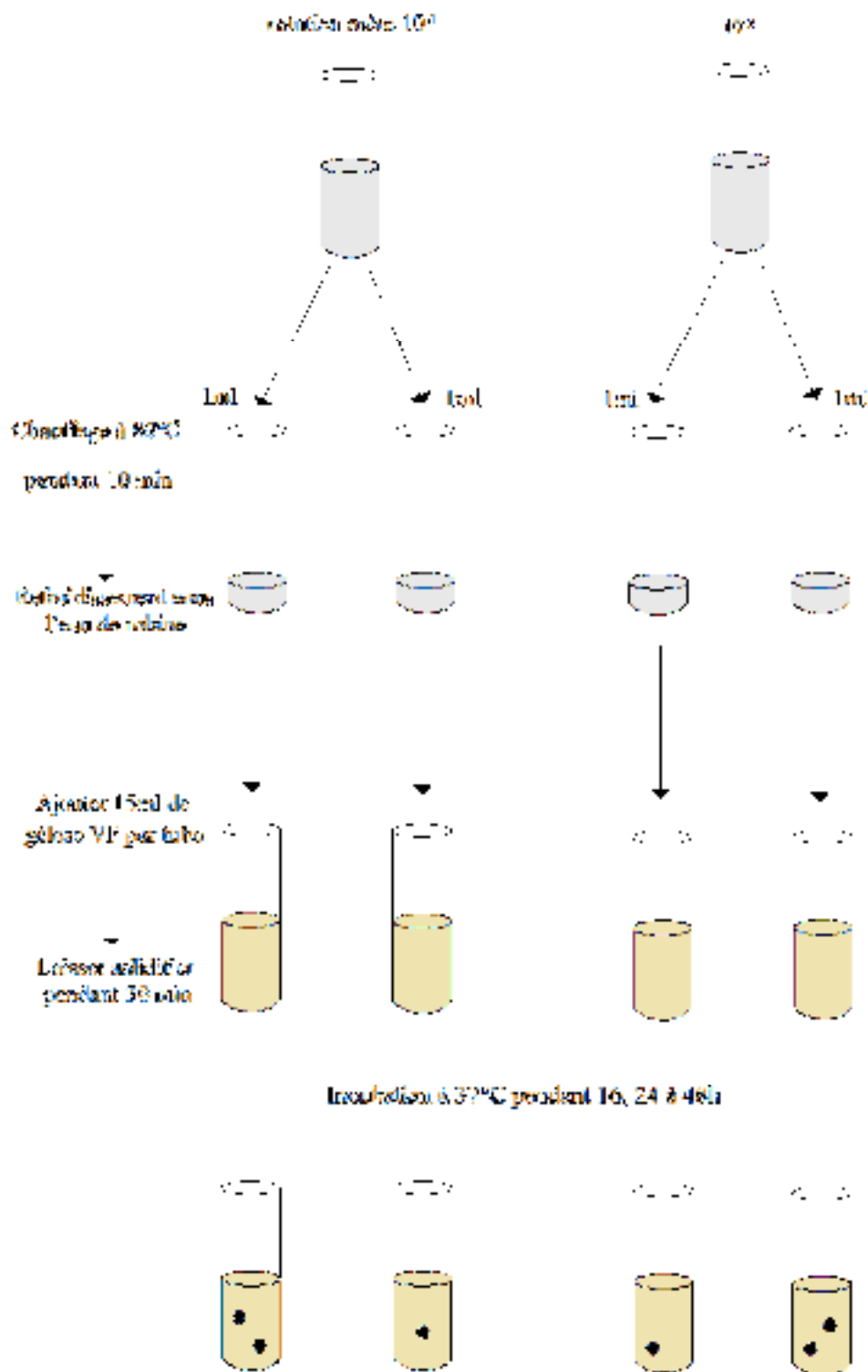


Figure N°8 : Recherche des clostridium sulfite réducteur.

**II.5 .2 Analyses microbiologiques de l'eau de procès :****II.5 .2 .1 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux : (NF. ISO. 4831)****Principe :**

Les coliformes totaux sont des entérobactéries qui fermentent le lactose à 37°C avec dégagement du gaz CO<sub>2</sub>. Ce sont des aérobies ou anaérobies facultatifs.

Les coliformes fécaux ce sont un sous groupe des coliformes totaux qui fermentent le lactose à 44°C.

**Mode opératoire :****a- Test de présomption :**

- Préparer un flacon de PCBL D/C muni d'une cloche de durham contenant 50ml et introduire 50ml d'eau à analysée.
- Préparer 5 tubes de PCBL D/C muni d'une cloche de durham et introduire 1ml d'eau dans chaque tube.
- Préparer 5 tubes de PCBL S/C muni d'une cloche de durham et introduire 1ml d'eau dans chaque tube.
- Incuber à 37°C pendant 24h à 48h.

**Lecture :**

Un tube est dit positif lorsqu'il y a :

- Présence de trouble.
- Présence de gaz dans la cloche de durham.
- Virage de couleur de milieu du violet au jaune.

**b- Test de confirmation :**

- A partir des tubes positifs, faire un repiquage dans le milieu Schubert.
- Incuber à 44°C pendant 24h à 48h.

**Lecture :**

- Après incubation on ajoute quelques gouttes de kovacs.
- S'il y a présence des coliformes fécaux, on obtient un anneau rouge.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady (annexe n° 6)

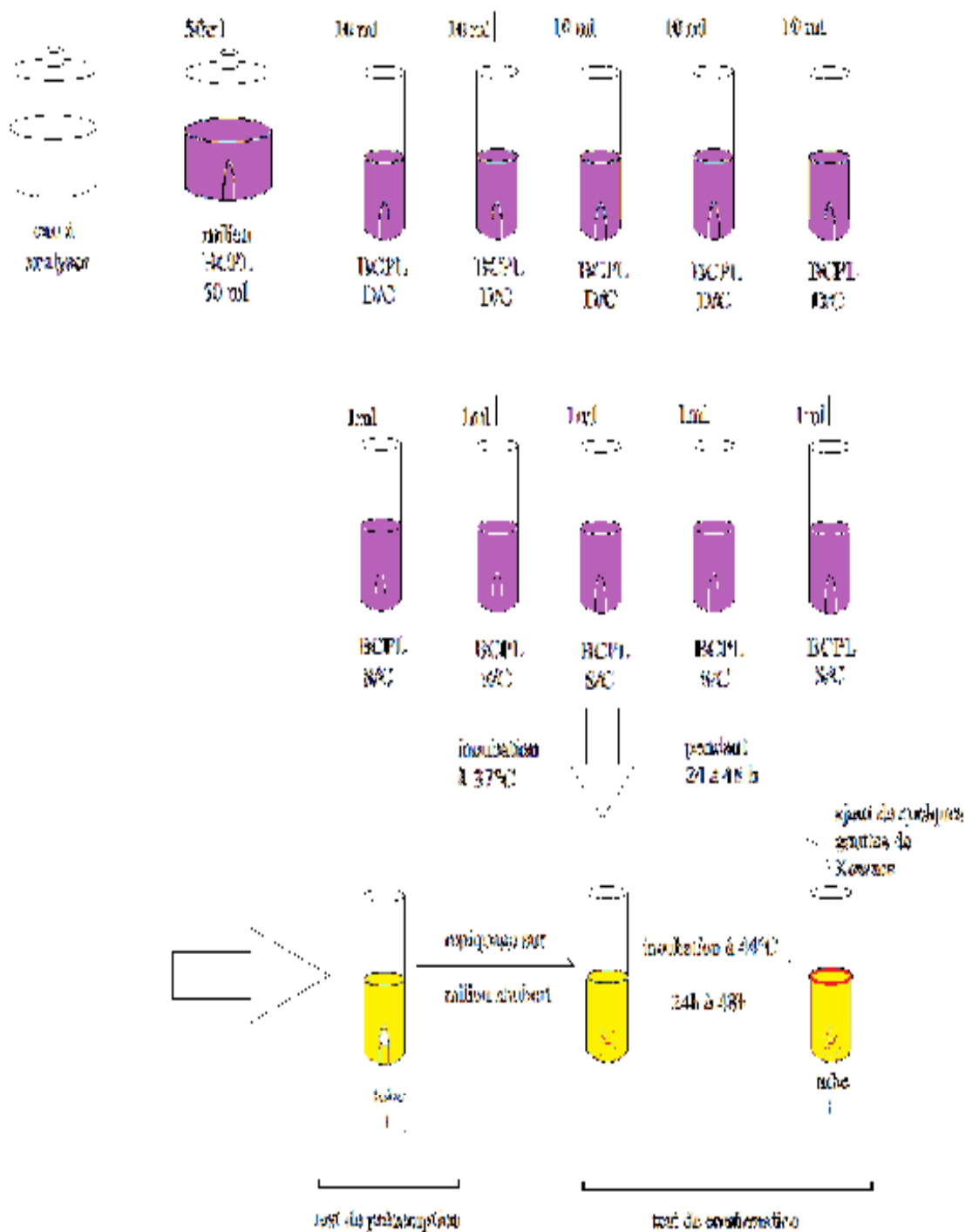


Figure N°9 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.

**II.5 .2.2 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux D : (NF T90-411.1989)****Principe :**

Les streptocoques fécaux du groupe D sont des germes commensaux mésophiles de l'intestin humain.

Se sont des aéro-anaérobies facultatifs, ils sont en sensible aux conditions des cultures, notamment la température et le pH.

**Mode opératoire :****a- Test de présomption :**

- Préparer un flacon de Roth D/C contenant 50ml et introduire 50ml d'eau à analyser.
- Préparer 5 tubes de Roth D/C et introduire 1ml d'eau dans chaque tube.
- Préparer 5 tubes de Roth S/C et introduire 1ml d'eau dans chaque tube.
- Incuber à 37°C pendant 24h à 48h.  
(Figure n°9)

**Lecture :**

- Tubes présentant un trouble microbien.

**b- Test de confirmation :**

- A partir des tubes positifs, on fait un repiquage dans le milieu Eva litsky.
- Incuber à 44°C pendant 24h à 48h.

**Lecture :**

- Un trouble microbien.
- Précipité blanc ou pastille blanchâtre.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady (annexe n°6)

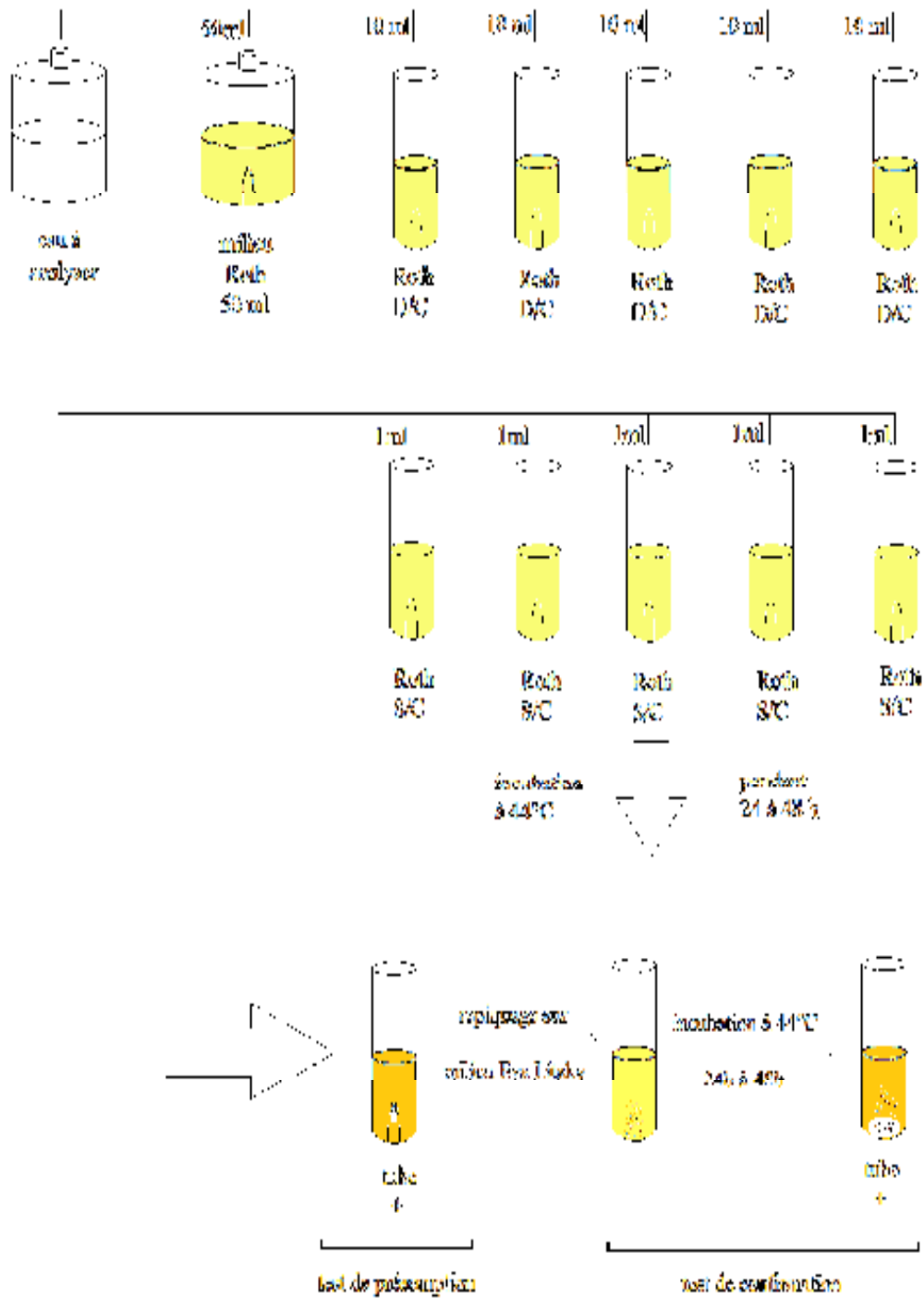


Figure N°10 : Recherche et dénombrement des streptocoques.

**II.5 .2.3 Recherche des clostridium sulfite réducteur : (NF T90-415.1985)****Principe :**

Les clostridium sulfite-réducteur (C S R) sont des germes anaérobies stricts, ils ont le pouvoir de réduire les sulfites générant le dégagement d'H<sub>2</sub>S qui réagit avec l'Alun de Fer pour former un précipité de sulfure de Fer noir, insoluble qui se dépose autour des colonies et permet ainsi de les caractériser.

**Mode opératoire :**

A partir de l'eau à analyser :

- Prendre environ 25ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80°C au bain marie pendant 8 à 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des CSR éventuellement présentes.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question, sous l'eau de robinet.
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 5 tubes différents et stériles, à raison de 5ml par tube.
- Ajouter environ 15ml de gélose viande foie en surfusion à 45°C, additionnée de 1ml de la solution de sulfite de sodium et 0.5ml de la solution d'Alun de Fer.
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène.
- Laisser solidifier sur paillasse à température ambiante pendant 30 minutes environ.
- Incuber les tubes à 37°C pendant 24 à 48 heures.

**➤ Lecture :**

La première lecture doit absolument être faite après 16 heures, car très souvent les colonies des CSR sont envahissantes ; auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible ; l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de 10<sup>-1</sup> voire 10<sup>-2</sup>, la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et la dernière lecture à 48 heures.

Dénombrement toute colonie entourée d'un halo noir de 0.5mm de diamètre, poussant en masse.

Les résultats sont exprimés en nombre de spore par 20ml d'eau analysée.

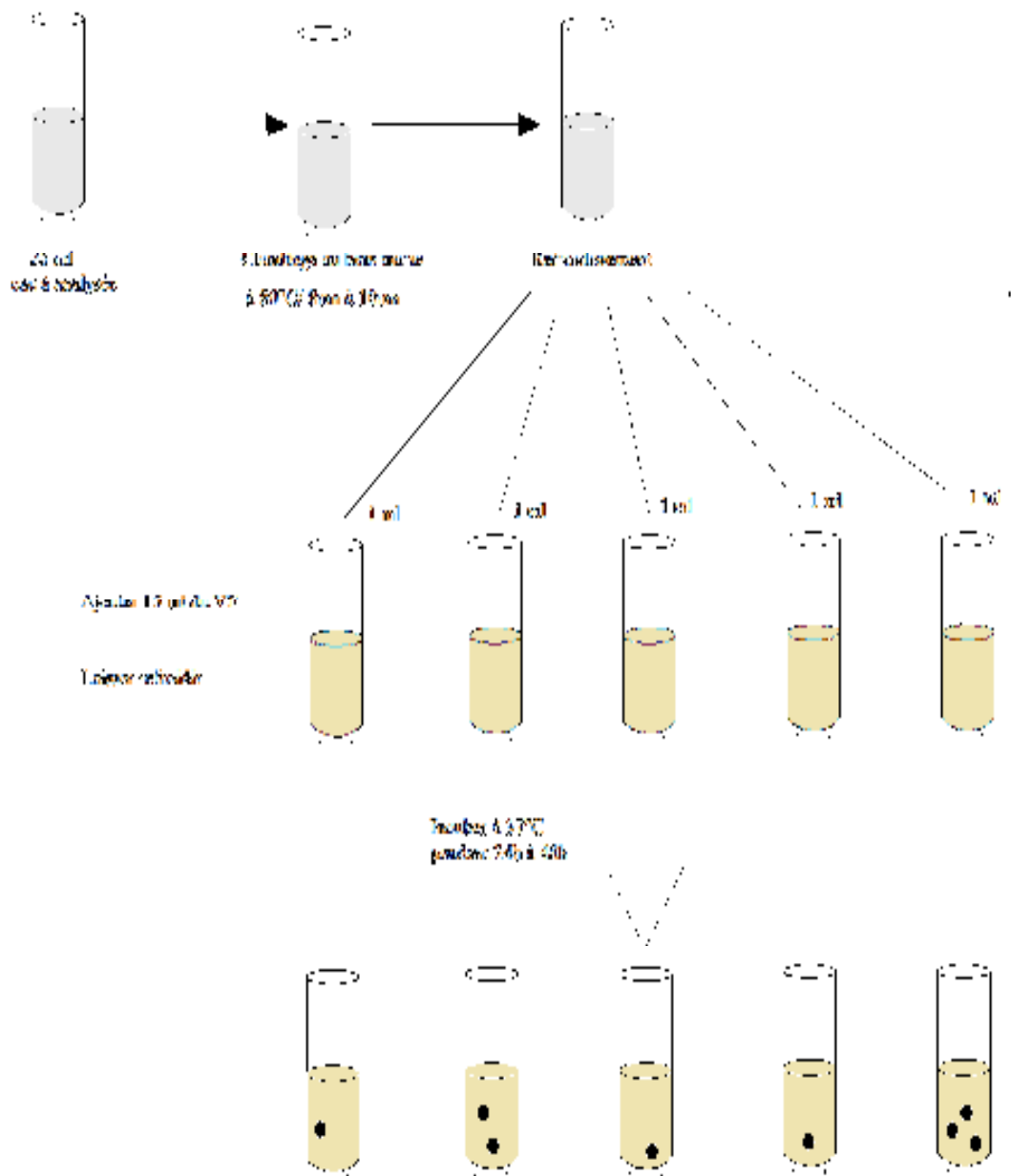


Figure n° 11 : recherche des clostridium sulfite réducteur dans l'eau.

**III. résultats et discussion :****III.1 Analyses physico-chimiques :****III.1.1 BLE :****III.1.1.1 Taux d'impuretés:**

Les résultats du taux d'impuretés du blé dur sont présentés dans le tableau n°12.

**Tableau N° 12: Taux d'impuretés du blé.**

Type d'impuretés	Taux %	Norme ISO 2000
Grains mouchetés	1.06	≤ 10%
Grains piqués	0	
Grains chauffés	0	
Grains échaudés	1.41	
Blé tendre	0.43	
Blés cassés	2.45	
Déchet	0.54	
Grains étrangers	0	
Orge	1.07	
Avoine	0.01	
Blé métadiné	13.59	
Grains toxiques (ergot)	0	≤ 0.05 %

Selon la norme **ISO 11051** qui exige un taux d'impureté  $\leq 10\%$  nous observons que notre échantillon n'est pas conforme aux normes, dont on a trouvé une somme d'impuretés égal à 21.01%. Ce qui induit une diminution de la valeur marchande du produit.

D'après **Feuillet, 2000**. La présence de ses déchets influe sur la qualité sanitaire ; En effet la présence des grains mouchetés influent sur la couleur de la semoule (apparition des piqûres noires). Par ailleurs, la présence des grains cassés et maigres diminue le rendement qualitatif semoulier, alors que les grains mitadiné influent sur la qualité organoleptique et sanitaire de la semoule.



**III.1.1.2 Masse à l'hectolitre (poids spécifique) :**

Les résultats du poids spécifique de blé dur sont présentés dans le tableau n°13.

**Tableau N°13 :** Poids spécifique de blé dur.

	<b>PS (Kg/hl)</b>	<b>Norme Algérienne</b>
<b>BD</b>	79,9 ± 0.9	≥ 78

Les résultats de la moyenne du poids spécifique du blé représentés dans le tableau n°13 indiquent une valeur de 79,9 Kg/hl ± 0.9 qui est conforme à la norme algérienne qui est supérieur à 78 Kg/hl, ce qui donne un rendement appréciable en semoule.

**III.1.1.3 Poids de 1000 grains (PMG) :**

Les résultats du poids de 1000 grains sont groupés dans le tableau n° 14.

**Tableau N°14:** Masse de 1000 grains de blé dur.

	<b>PMG (g)</b>	<b>Norme Algérienne</b>
<b>BD</b>	40.24 ± 0.9	≤ 45

Nous observons que la valeur moyenne est de 40.24g ± 0.9 conformément à la norme algérienne.

En effet, la masse de 1000 grains de blé dur, est un critère d'un grand intérêt dans les expérimentations agronomique. Il permet de caractériser une variété, de mettre en évidence des anomalies comme l'échaudage, et étudier l'influence des traitements en végétation ou des conditions climatiques qui modifient la masse de 1000 grains. (**GODON et LOISEL 1997**)

**III.1.1.4 Taux d'humidité :**

Les résultats du taux d'humidité des grains de blé sont présentés dans le tableau n°15.

**Tableau N°15 :** Taux d'humidité des grains de blé dur.

	<b>Taux d'humidité %</b>	<b>Norme Algérienne</b>
<b>BD</b>	11,81± 0.035	< 14,5 %

Le tableau n°15 indique un taux d'humidité du blé dur de 11.81% ± 0.03. Nos résultats sont conformes à la norme Algérienne homologués pour que le blé puisse être stocké sans aucun dommage.

En effet, la détermination du taux d'humidité est nécessaire avant l'extraction, car elle permet de préciser la quantité d'eau dans les grains afin de la rapporter à 17% ce qui donnera un bon rendement en semoule. **(Godon et Willm 1998)**

**III.1.1.5 Taux de cendre :**

Les résultats du taux de cendre des grains de blé dur sont groupés dans le tableau n°16.

**Tableau N°16 :** Taux de cendre des grains de blé dur.

	<b>Taux de cendre %</b>	<b>Norme Algérienne</b>
<b>BD</b>	1,82 ± 0.18	1.6 – 2.1 %

Les résultats du taux de cendre des grains de blé présentés dans le tableau n° 16 indiquent une valeur de 1.82% ± 0.18 qui est conforme à la norme algérienne.

La teneur et la composition en matière minérale des grains sont fixes quelques soient les conditions externe de culture. **(Godon et willm.1998)**

Selon **Guezlane (1993)**, la teneur en matière minérale augmente en allant de l'albumen central vers la périphérie et la teneur en cendre des semoules augmente avec la progression de la mouture.

**III.1.1.6 Teneur en lipide :**

Les résultats de la teneur en lipide des grains de blé sont groupés dans le tableau n°17.

**Tableau N°17 :** Teneur en lipide des grains de blé dur.

	Teneur en lipide %	Norme Algérienne
<b>BD</b>	1.70 ± 0.09	≤2%

Le tableau n° 17 montre un taux de lipide de 1.70% ± 0.09 cette valeur est inférieure à 2% ce qui est conforme à la norme algérienne.

D'après **Godon 1991**, les lipides ou matière grasse sont présentes plus partiellement dans le germe d'un grain de blé, environ 2%.

**III.1.2 SEMOULE :****III.1.2.1 Taux d'humidité :**

Les résultats du taux d'humidité de la semoule sont présentés dans le tableau n°18.

**Tableau N°18 :** Taux d'humidité de la semoule.

	Taux d'humidité %	Norme Algérienne
<b>SM</b>	14,01± 0.46	14,5

Selon le tableau n°18, la semoule de blé dur représente une humidité de 14.01% ± 0.46 qui est conforme à la norme algérienne.

L'humidité est un facteur crucial dans l'évolution des phénomènes biologiques, le contrôle de l'humidité des semoules permet de minimiser le risque d'altération lors de conditionnement et du stockage, ainsi plus la teneur en eau est faible plus la qualité des semoules est meilleure.

**(Fillet 2000)**

**III.1.2.2 Taux de cendre :**

Les résultats du taux de cendre de a semoule sont présentés dans le tableau n°19.

**Tableau N°19 :** Taux de cendre de la semoule.

	<b>Taux de cendre %</b>	<b>Norme Algérienne</b>
<b>SM</b>	0,80± 0.12	0,8-1,1 %

La teneur en cendre des semoules signifie leurs taux en matières minérales. Il donne une indication sur la quantité de matière minérale existante. Il permet de contrôler la pureté des produits de mouture. **(Feuillet, 2000)**

Les résultats d'analyses du tableau n° 19 révèlent que notre échantillon présente un taux de cendre de 0.8% ± 0.12, ceci est conforme à la norme algérienne qui fixe un intervalle de 0.8% à 1.1%.

**III.1.2 .3 Teneur en gluten :**

Les résultats de la teneur en gluten de la semoule sont groupés dans tableau n°20.

**Tableau N°20 :** Teneur en Gluten humide, sec et le taux d'hydratation de la semoule.

	<b>SM</b>	<b>Norme Algérienne</b>
<b>GH %</b>	29.83 ± 0.75	< 77%
<b>GS%</b>	11.67 ± 0.89	11-13 %
<b>Taux d'hydratation %</b>	59.85 ± 0.51	50-70%

Les résultats du taux de gluten humide et sec figurés dans le tableau n°20, indiquent des valeurs de 29.83% ± 0.75 et 11.67% ± 0.89 respectivement et un taux d'hydratation de 59.85% ± 0.51, ces taux sont conformes aux normes algériennes, ce qui confèrent une bonne qualité culinaire à la semoule.

De plus, il existe une relation entre la force du gluten et la qualité culinaire du produit fini. **(Cheftel et al. 1997)**

En effet **Matveef 1966**, a indiqué que les variétés de blé présentant une teneur en gluten sec inférieur à 11% de la matière sèche sont considérées comme des blés de force et toutes variétés présentant une teneur comprise entre 11 et 15% de la matière sèche sont des blés de bonne qualité pastière.

D'autre part, le taux d'hydratation des semoules est le paramètre le plus influant sur le rendement de l'opération de roulage. Ainsi, une hydratation insuffisante diminue de manière très importante le taux de roulage au profil des fractions fines et la forte hydratation à un effet marqué sur la facilité de roulage, le rendement en couscous, l'indice de gonflement et la délitescence. (**Guezlane, 1993**)

#### III.1.2 .4 Acidité grasse :

Les résultats de l'acidité grasse sont groupés dans le tableau n°21.

**Tableau N°21** : Acidité grasse de la semoule.

	Acidité grasse (g H <sub>2</sub> O SO <sub>4</sub> / 100g MS)	Norme AFNOR 1991
SM	0.05 ± 0.02	≤ 0,06

L'acidité grasse est un indicateur de l'état de bonne conservation du blé, semoule et produit de la semoule, ainsi au cours de la conservation, les lipides ont tendance à se dégrader en se transformant en acides gras libres. (**AFNOR 1991**)

En effet, nous observons que les résultats obtenus montrent une valeur de 0.05 g H<sub>2</sub>O SO<sub>4</sub>/ 100g MS ± 0.02 qui est conforme à la norme.

#### III.1.2.5 Teneur en lipide :

Les résultats de la teneur en lipide de la semoule sont groupés dans le tableau n°22.

**Tableau N°22**: Teneur en lipide de la semoule.

	Teneur en lipide %	Norme Algérienne
SM	1.13 ± 0.09	≤2%

Nous avons constaté un taux de lipide de  $1.13\% \pm 0.09$  qui est conforme à la norme qui exige un taux qui ne dépasse pas les 2%.

La semoule du blé dur est pauvre parce que le germe qui les contient au cours de la mouture est éliminé. (Bar 2001)

### III.1.2.6 Granulométrie (Taux d'affleurement) :

Les résultats du taux d'affleurement de la semoule sont présentés dans la figure n°12.

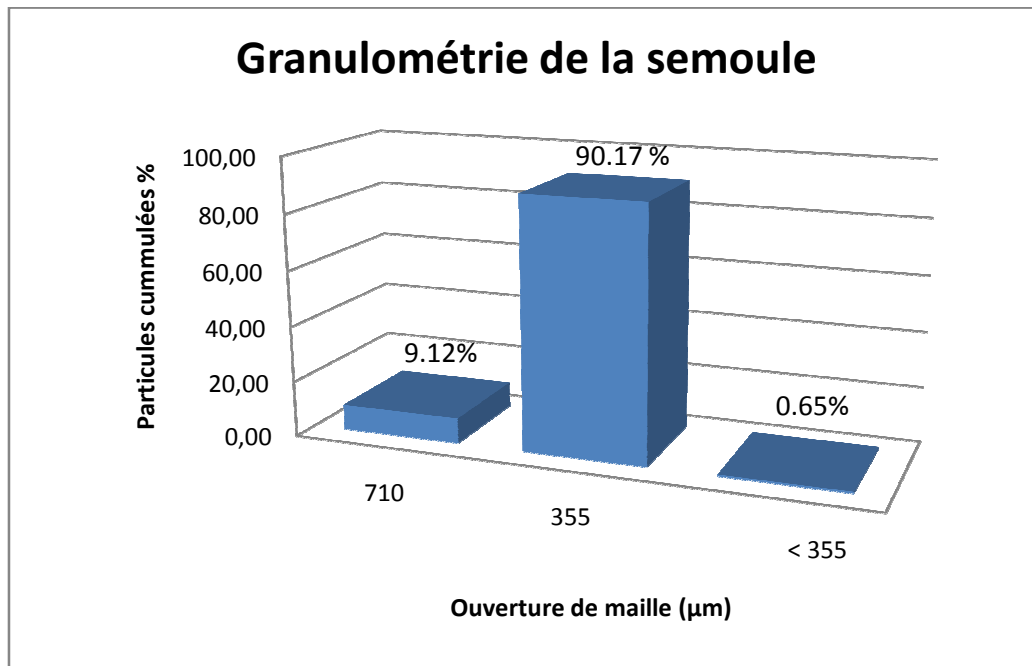


Figure N° 12: Granulométrie de la semoule.

D'après la figure n° 11, la taille des particules de la semoule étudiée est de 355µm et elle est homogène.

Par ailleurs, les semoules ayant une granulométrie comprise entre 190 et 550 µm sont destinées à la fabrication du couscous et des pâtes alimentaires. (Anonyme 2006)

Ainsi, les produits les plus demandés correspondent à des semoules pures de couleur dorée et présentent une granulométrie homogène. (Kellou 2008)

### III.1.3 Comparaison entre couscous industriel et artisanal:

#### III.1.3.1 Taux d'humidité :

Les résultats de la teneur en eau des deux couscous sont groupés dans le tableau n°23.

**Tableau N°23** : Taux d'humidité des deux couscous.

	Taux d'humidité %	Norme Algérienne
CI	10,88 ± 0.04	<13
CA	15,23 ± 0.06	

Nos résultats montrent un taux d'humidité de 10.88% ± 0.04 pour le couscous industriel. Alors que le couscous artisanal présente un taux de 15.23% ± 0.06 qui est une valeur non conforme à la norme algérienne.

Nous suggérons que ce taux élevé est dû aux conditions de fabrication. Ces résultats exigent que le couscous artisanal ne doit pas être stocké pour une longue durée.

Selon **Feillet (2000)**, l'humidité est un facteur crucial dans l'évolution des phénomènes biologiques, le contrôle de ce paramètre permet de minimiser le risque d'altération lors du conditionnement et du stockage, ainsi plus la teneur en eau est faible plus la qualité des semoules est meilleure.

En outre, les bonnes pâtes doivent être bien séchées avec une teneur maximum en humidité ne dépasse pas les 13%. On devra considérer car leur aspect doit être bien pris en considération leurs caractéristiques culinaires, hygiéniques et nutritionnelles. (**Boudreau et Menard 1992**).

#### III.1.3.2 Taux de cendre :

Les résultats de taux de cendre des deux couscous sont présentés dans le tableau n°24.

**Tableau N°24** : Taux de cendre des deux couscous.

	Taux de cendre %	Norme Algérienne
CI	0,95± 0.06	0,8-1,1 %
CA	1,03 ± 0.1	

Selon Bar 2001, la recherche de la teneur en cendres présente une importance réglementaire pour le but de mesurer du degré de pureté.

Pour le taux de cendre, le couscous artisanal présente une valeur plus élevée par rapport au couscous industriel,  $1.03 \pm 0.1$  contre  $0,95 \pm 0.06$  respectivement. Toute fois ces deux valeurs se situent dans l'intervalle limité par la norme algérienne qui est de 0,8-1,1 %.

Ce résultat est probablement lié au fait que le couscous artisanal est préparé par l'eau de robinet qui présente une dureté plus importante par rapport à l'eau de process car cette dernière a subi un traitement d'adoucissement.

### III.1.3.3 Acidité grasse :

Les résultats de l'acidité grasse des deux couscous sont présentés dans le tableau n°25.

**Tableau N°25 :** Acidité grasse des deux couscous

	Acidité grasse (g H <sub>2</sub> O SO <sub>4</sub> / 100g MS)	Norme Algérienne 2007
CI	$0.04 \pm 0.005$	$\leq 0.06$
CAI	$0.06 \pm 0.0$	

L'acidité grasse est un indicateur de l'état de bonne conservation du blé, semoule et couscous, car les lipides ont tendance à se dégrader en se transformant en acide gras libre au cours de la conservation. (AFNOR, 1991)

Selon JORA (2007), le couscous de bonne qualité provient d'une semoule stockée dans des bonnes conditions d'humidité et de température.

Les valeurs obtenues du couscous industriel et artisanal sont proches de  $0.04 \text{ g H}_2\text{SO}_4/100\text{g MS} \pm 0.005$  et  $0.06 \text{ g H}_2\text{SO}_4/100\text{g MS}$  respectivement. Ces résultats sont conformes aux normes. Ce qui indique que les deux couscous analysés sont conservés dans des bonnes conditions d'humidité et de température.



**III.1.3.4 Teneur en lipide :**

Les résultats de la teneur en lipide sont groupés dans le tableau n°26.

**Tableau N°26 :** Teneur en lipide des deux couscous

	<b>Teneur en lipide %</b>	<b>Norme Algérienne</b>
<b>CI</b>	1.07 ± 0.1	≤2
<b>CA</b>	1,02 ± 0.02	

Le couscous est un aliment riche en glucides, fibre, phosphores et en vitamine B, mais pauvre en lipide, sodium et en certaine acide aminé essentiel tel que la lysine. **(Boisseau et Bigard 2005)**

En effet nos résultats pour la matière grasse de couscous industriel et artisanal, avec des valeurs de 1.07% ± 0.1 et 1.02 ± 0.02 pour le couscous industriel et artisanal respectivement sont conformes à la norme algérienne

**III.1.3.5 Indice de gonflement :**

Les résultats de l'indice de gonflement des deux couscous sont groupés dans le tableau n°27.

**Tableau N°27 :** Indice de gonflement des deux couscous.

	<b>Indice de gonflement</b>	<b>Norme Algérienne</b>
<b>CI</b>	2.50 ± 0.05	≥ 2.20
<b>CA</b>	0.05 ± 0.04	

D'après **Mezroua 2011**, le phénomène de gonflement résulte de l'absorption de différentes quantités d'eau par les éléments constitutifs des grains de couscous.

De plus, l'absorption de l'eau ou le degré d'hydratation est influencé par la technique de transformation utilisée (industrielle ou traditionnelle) et la quantité d'eau ajoutée au cours du mélange **(Bar 2001)**.

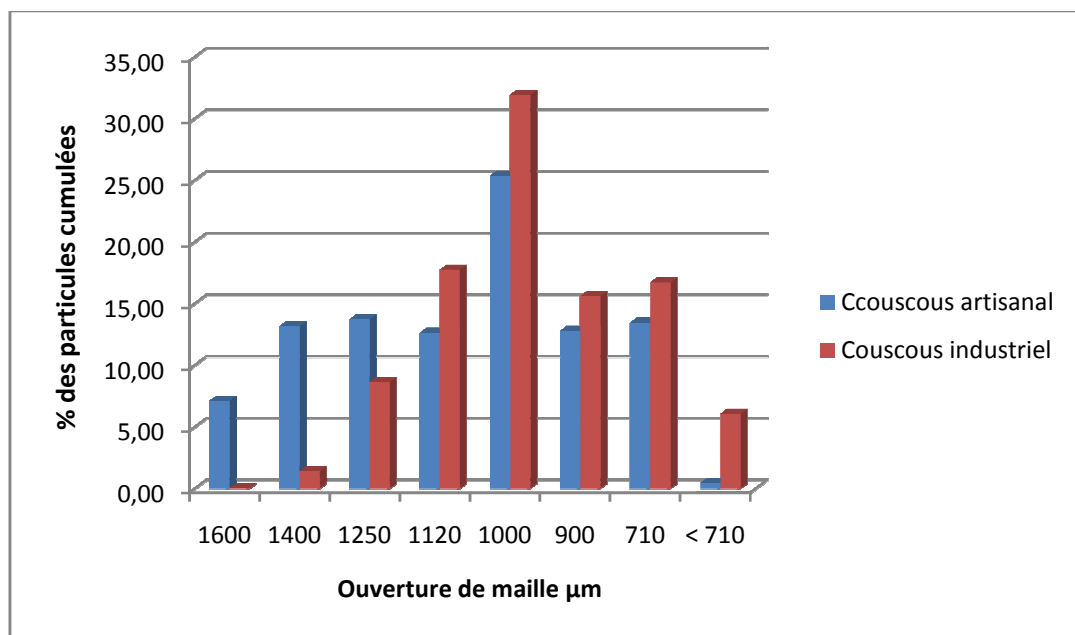
Par ailleurs, l'utilisation d'une pression de vapeur et/ou d'une durée de cuisson plus importante entraîne une augmentation du gonflement du couscous à l'eau froide. Alors que l'élévation de la température de séchage induit une diminution du gonflement, notamment dans l'eau froide. (Guezlane. 1993)

Dans nos résultats l'indice de gonflement du couscous industriel est supérieur à celui du couscous artisanal avec des valeurs de  $2.50 \pm 0.05$  et  $1.79 \pm 0.04$  respectivement.

Cette différence dans les résultats est due à la faible hydratation du couscous artisanal au cours de la préparation par rapport au couscous industriel qui nécessite plus d'hydratation. En effet cette valeur n'est pas conforme à la norme algérienne.

### III.1.3.6 Granulométrie (Taux d'affleurement) :

Les résultats de la granulométrie du couscous artisanal et industriel sont regroupés dans la figure n° 12.



**Figure N° 13 : Granulométrie du couscous industriel et de couscous artisanal**

La granulométrie est un critère d'évaluation de qualité de couscous, une granulométrie homogène conduit à une bonne préparation d'où intervient le rôle du calibrage. Ainsi un couscous est dit de bonne qualité, lorsqu'il présente une granulométrie fine et homogène. (Guezlane et Abecassis 1991)

Selon **Belaid et al 1994**, la facilité de roulage et l'obtention d'une meilleure dispersion sont aisées avec les semoules de diamètre de 300 $\mu$ m, et la température du séchage de couscous artisanal (30°C) donne une bonne régularité et une meilleure dispersion de la taille granulométrique du couscous.

Nos résultats obtenus montrent que plus de 82 % de couscous industriel sont retenus par les tamis ayant des mailles de 1120 $\mu$ m à 710 $\mu$ m, avec un refus de 6.07.

Toutes fois, 91% des particules du couscous artisanal sont retenues par les tamis de diamètre de 1400 $\mu$ m à 710 $\mu$ m, avec moins de refus 0.48.

La différence de granulométrie entre les deux types de couscous pouvant être due à la méthode de préparation

### III.1.3.7 Test de cuisson :

Les résultats du test de cuisson pour les deux types de couscous sont regroupés dans le tableau n°28.

**Tableau N°28** : Test de cuisson des deux types de couscous

Paramètres	CI	CA
<b>Temps de cuisson</b>	15mn	15min
<b>Poids initial</b>	100g	100g
<b>Poids final</b>	273g	283g
<b>Comportement lors de la réhydratation</b>	Particule uniforme, non collante, présentent un bon gonflement	Particule irrégulier, non collante, présentent un meilleur gonflement
<b>Tenus à la cuisson</b>	Bonne	Bonne
<b>Granulométrie observée</b>	Uniforme	Irrégulier

Le comportement des pâtes au cours de la cuisson peut être très différent d'un produit à l'autre. De la qualité culinaire des pâtes alimentaires est définie par un ensemble de caractéristiques tel que le temps de cuisson, l'absorption d'eau pendant la cuisson, la texture des produits cuits (fermeté, élasticité), l'état de surface des produits cuits, l'arôme et le goût.

(Abecassis et al 1996)

L'analyse des résultats obtenus dans le tableau n°28, indique que le couscous artisanal retient plus d'eau par rapport au couscous industriel, de ce fait il possède un meilleur gonflement lors de la cuisson par rapport au couscous industriel. D'autre part le couscous industriel présente une granulométrie plus homogène comparativement au couscous artisanal.

### III.1.4 L'EAU :

Les résultats du Potentiel d'hydrogène, Titre hydrométrique, Titre alcalimétrique, Titre alcalimétrique complet sont groupés dans le tableau n°29.

**Tableau N°29** : Analyses physico chimiques de l'eau.

	<b>Eau de procès</b>	<b>Eau de robinet</b>	<b>Norme AFNOR 1986</b>
<b>PH</b>	7.7 ± 0.08	7.4 ± 0.0	7-8
<b>TH</b>	12.5 ± 0.1	17.2 ± 0.2	10-15 °F
<b>TA</b>	0	0	0
<b>TAC</b>	28.4 ± 0.1	20.2 ± 0.1	< 26 °F

D'après les résultats du tableau n°29 nous remarquons que le pH d'eau de procès 7.7 ± 0.08

Et 7.4 ± 0.0 pour l'eau de robinet et ces deux valeurs sont conformes aux normes.

Selon **Lauze (2002)**, le pH varie en fonction de la température de l'eau. Pour la consommation humaine, sa valeur doit être la plus proche possible de la neutralité.

Les normes de santé sont respectées si, le pH est compris entre 6,5 et 8 à une température de 20°C.

Les résultats de TH pour l'eau de procès sont de l'ordre de 12.5°F ± 0.1 cette valeur est incluse dans l'intervalle exigé par **AFNOR 1986**, tandis que le titre hydrométrique de l'eau de robinet et de 17°F ± 0.2 mais cette valeur n'est pas conforme.

Ces résultats montrent que l'eau de robinet est un peu dur par rapport à l'eau de procès car elle n'a pas subi un traitement d'adoucissement.

En effet, cette dureté est associée à la présence d'ions métalliques bivalents en solution tels que le  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , etc. Lorsque la dureté de l'eau dépasse les normes, elle entraîne l'entartrage et la corrosion des installations et des tuyauteries, ce qui diminue la qualité d'eau et détériore la qualité du produit dans lequel cette eau sera utilisée, et devient inacceptable pour la plupart des utilisations domestique. **(Desjardins 1997)**

Pour la valeur du titre alcalimétrique (TA) elle est nulle pour les échantillons d'eaux étudiées ; mais elle est conforme aux normes **AFNOR (1986)**.

L'eau d'appoint du système de production, doit être exempte de tout produit coloré, toxique ou odorant pouvant être libéré en amont de la production.

De plus l'eau doit permettre l'échange continu de chaleur, la protection contre la corrosion et à l'entartrage et la production de haute qualité de vapeur **(Klemes et al, 2008)**.

Nos résultats du TAC montrent une valeur un peu plus élevée que la norme pour l'eau de procès  $28.4^{\circ}\text{F} \pm 0.1$ , cependant l'eau de robinet présente une valeur conforme à la norme  $20.2^{\circ}\text{F} \pm 0.1$ .

Selon **JOSSE et al. 2011**, le traitement d'adoucissement de l'eau de procès maintient les valeurs de TAC élevées dans la chaudière.

### III.2 Analyses microbiologiques

#### III.2.1 Blé, Semoule et les deux couscous :

Les résultats des analyses microbiologiques sur le blé, la semoule et les deux couscous sont présentés dans le tableau n°30.

**Tableau N°30** : Analyses microbiologiques (Blé, Semoule et des deux types de Couscous)

	Moisissures	Clostridium sulfito réducteur	Norme algérienne 2007
BD	abs	abs	$< 10^2$
SM	abs	abs	
CI	abs	abs	
CA	abs	abs	

Nos résultats montrent que le blé dur, la semoule et les deux types de couscous sont exempts de moisissures et de *Clostridium* sulfite réducteurs. Cela est expliqué par la bonne qualité hygiénique de ces produits.

D'après les résultats trouvés, nous constatons que les deux types de couscous sont aptes à la consommation de point de vue microbiologique.

Selon **Prescot et al, (2003)**, le séchage des aliments est l'un des procédés les plus anciens et les plus répandus de conservation car l'eau et sa disponibilité affecte la qualité microbiologique des aliments, en séchant l'aliment, on arrive à contrôler ou éviter la détérioration.

### III.2.2 L'eau :

Les résultats de l'analyse microbiologique de l'eau de procès et de robinet sont illustrés dans le tableau n° 31.

**Tableau N°31** : Analyses microbiologiques de l'eau de procès et de robinet.

	Résultats		Norme (NA)
	Eau de procès	Eau de robinet	
<b>Coliformes totaux</b>	Absence	Absence	<10germes/100ml
<b>Coliformes fécaux</b>	Absence	Absence	Abs/100ml
<b>Streptocoques fécaux D</b>	Absence	Absence	Abs/100ml
<b>Clostridium sulfite-réducteurs</b>	Absence	Absence	Abs/20ml

Les paramètres retenus pour déterminer la qualité microbiologique d'une eau sont la recherche et le dénombrement des clostridium sulfite-réducteurs ayant pour but la détermination de l'existence ou non d'une contamination fécale ancienne (car leur spores sont très résistantes), et permet ainsi de savoir si le produit présente un risque pour la santé du consommateur (**Joffin et Joffin, 1985**).

Nos résultats d'analyse microbiologique de l'eau de procès et de robinet montrent une absence totale des coliformes totaux et fécaux, streptocoques fécaux D et les spores des clostridium sulfite-réducteurs, ce qui confirme que l'eau étudiée est de bonne qualité microbiologique.

## Conclusion :

Les analyses physico-chimiques effectuées sur le blé dur utilisé, montrent que le taux d'impureté n'est pas conforme à la norme. Par contre le poids spécifique, poids de mille grains, teneur en eau, taux de cendre et la teneur en lipides sont conformes.

Concernant la semoule, nous remarquons que la teneur en eau, le taux de cendres, la granulométrie, l'acidité grasse, la teneur en lipides, le taux de gluten répond à la norme ce qui confirme la bonne qualité de la semoule.

Par ailleurs, l'étude comparative entre les deux types de couscous nous a permis de constater des légères différences.

En effet, sur le plan physique ; la teneur en eau du couscous industriel est inférieure à celle du couscous artisanal ce qui prolonge la durée de conservation du couscous industriel par rapport à l'artisanal. En outre, le couscous industriel a une structure homogène et une bonne qualité culinaire, par contre le couscous artisanal présente une forme hétérogène.

Du côté biochimique, le couscous artisanal est plus riche en cendres comparativement au couscous industriel. Bien que, la teneur en lipides et le taux d'acidité grasse sont très proches et conforme à la norme.

L'analyse microbiologique réalisée sur le blé, la semoule et les deux types de couscous, ont montré une absence totale des moisissures et des clostridiums sulfite-réducteur. Ces résultats aboutissent à une bonne qualité microbiologique.

Par ailleurs, les résultats physico-chimiques effectués sur l'eau de procès et l'eau de robinet, ont montré des valeurs de pH proches et conforme à la norme. Un titre hydrométrique (TH) élevé pour l'eau de robinet par rapport à l'eau de procès, et encore plus élevé que la norme prescrite.

Parallèlement les valeurs du titre alcalimétrique (TA) sont nulles pour les deux types d'eau, conformément à la norme, des valeurs de titre alcalimétrique complet (TAC) de l'eau de procès supérieures à celle de l'eau du robinet.

D'autre part, l'analyse microbiologique de l'eau de procès et de robinet montre une bonne qualité microbiologique à la suite d'une absence totale des coliformes totaux, fécaux, stercocoques fécaux D et clostridium sulfite-réducteur.

En continuité à ce travail, il serait intéressant de faire des tests de dégustation pour mieux évaluer la qualité des deux couscous.



## Références bibliographiques

- Abecassis J., Autran J., Feillet P., 1996** : INRA Unité de Technologie des Céréales
- AFNOR 1991** ; Recueil des normes française ; Céréales et produits à base de céréales, couscous et spécification n°1 p10.
- AFNOR, 1991** : Recueil des normes françaises : Céréales et produits céréaliers. Edition Tec Doc LAVOISIER. Paris.
- Anonyme 2006** ; Céréales vires la taille critique, hors série spécial Algérie : DJAZAGRO Mars 2006. P19.
- Anonyme 2008**; [www.unctad.org](http://www.unctad.org).
- Anonyme 2010**; <http://www.juritravail.com/lexique/agreage.html>
- Bar C., 2001** : Contrôle de la qualité des céréales et des protéagineux. (Guide pratique). Ed, ITFC céréaliers de France, Paris, 253 p.
- Belaid et al 1994**, Role des monoglycérides dans l'expression de la qualité du couscous de blé dur. Complication amylase. Monoglycéride. Mémoire Ing INA. El Harrach 85p.
- Boisseau N. et Bigard X., 2005**: Nutrition et bioénergie du sportif; Base fondamentale. Edition Masson. Paris 217 p.
- BOSSU, 2005** : Manuel formation SIM « du blé dur aux pâtes » version a du 10/10/2005
- Boudreau A., Menard G., 1992** : Le blé, éléments fondamentaux et transformation. Les presses de l'université Laval. Sainte-Fay. Canada p 166-171,131-439.
- Cheftel et al, 1997** : Introduction à la biochimie et la technologie des aliments. Paris : technique et Documentation Lavoisier. P800.
- Codex Standard 178-1991** : Norme Codex pour la semoule et la farine de blé dur.
- CODEX STANDARD 202-1995** : Norme Codex pour le couscous
- Darrigol J.L., 1978** : Les céréales pour votre santé : propriétés et usages diététique et thérapeutiques des céréales complètes, du germe de blé et du son. St Jean de Broye, France : Edition Dangles. P 145

**Desjardins R., 1997 :** Le traitement des eaux. Deuxième édition revue et enrichie Presse inter polytechnique. 304p.

**Feillet P., 2000 :** Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris, p 17,18, 24, 27, 30-31, 197,308

**Fredot E., 2005: Connaissance** des aliments. Edition, LAVOISIER, Paris, 397 p.

**Goden B., et Willm C., 1990 :** Les industries de la première transformation des céréales. Edition A.P.R.I.A. Lavoisier France p42.

**Goden B., et Willm C., 1998 :** Les industries de première transformation des céréales. Paris : Technique et documentation. Lavoisier. , p60, p65, p786, 373

**Godon B., 1991 :** Biotransformation des produits céréaliers. Paris, 308p.

**Godon B., et Loisel., 1997 :** Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales, 2<sup>ème</sup> édition, p296

**Guezlane L., 1993 :** Mise au point de méthode de caractéristique et étude des modifications physico-chimiques sous l'effet de traitement hygrothermique en vue d'optimiser la qualité de couscous de blé dur. Thèse de Doctorat. INRA. EL Harrach, p 89

**Guezlane L., Abecassis J., 1991,** Méthodes d'appréciation de la qualité culinaire du couscous de blé dur. IAA .11, p 966- 971.

**Guezlane L., et Senator A., 1985 :** Etude physico-chimique et technologique de deux types de couscous (artisanal et industriel). Annales. INA. . EL Harrach, P 9

**Joffin C.,et Joffin J. N., 1985 :** Microbiologie alimentaire. Edition centre régional de documentation pédagogique, 174p

**JORA, 2007 :** Journal officiel de la république algérienne n°80 du 26 décembre 2007.

**Josse R. G., Yovo P. D., Sagbo E., Dalohoun K. J., Fatombi J. et Topanou N., 2011 :** Etude de la production de vapeur alimentaire a la Société Béninoise des Brasseries (SOBEBRA). Int. J. Biol. Chem. Sci. 5(2): 461-470. 463 p.

**KELLOU R., 2008 :** Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pole de compétitivité qualité-méditerranéen le cas

coopérative sud céréales, groupe coopératif accitan et Auecoop. Thèse master en science IAAMM n°93 .CIHEMM Montpellier .160 pages.

**Klimes J., Smith R., Kim JK., 2008** : Handbook of Water and Energy Management in Food Processing. (1e éd'n). Woodhead Publishing: England.

**Lauze D., 2002** : Guide pratique de gestion d'un établissement public local d'enseignement. Tome 2 édition Esf, 320p.

**Matveef, 1966** : Le métadinage des blés durs son évaluation et son influence sur le rendement et la valeur semoulière. Edition Bulle de l'EFM n°198, p306.

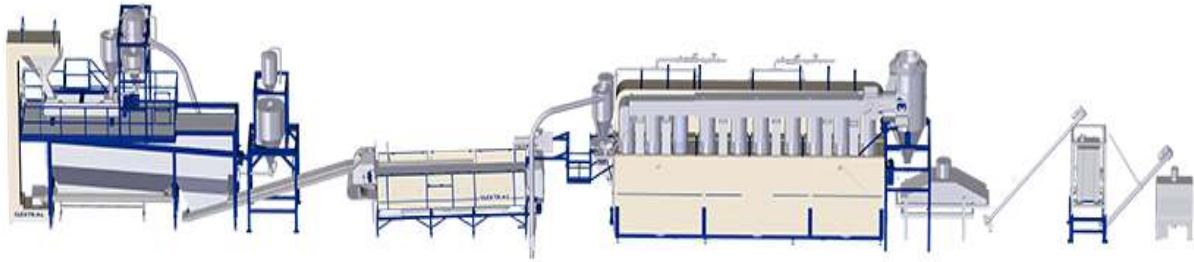
**Mezroua L., 2011**, Etude de la qualité culinaire de quelques couscous industriels et artisanaux et effet d'adjonction de la matière grasse durant la cuisson. Thèse de Magister en Sciences Alimentaires, option : Technologies Alimentaires, INATAA. Université de Constantine, 117 p.

**Norme française (NF V 50-001 Aout 1992)** : les normes du couscous

**Okandza Y., 2000** : Caractérisation technologique et biochimique de quelques variétés de blés durs Algériens. Thèses Magistère. I.N.A. Alger.

**Prescott M., Harley John P., Klein Donald A., 2003**: Microbiologie. Editions De Boeck Université, 464 p.

## Annexe n° 1



**Matériel utilisé chez la couscouserie AMOUR 2010 « clextra »**



**Etuves**



**Bain Marie**



**Centrifugeuse**



**Soxhlet**



**Agitateur rotatif mécanique**



**Bec Benzène**



**pH mètre**



**Broyeur**



**Balance**



**Dessiccateur**



**Nélma Litre**



**Tamis**



**Plansichter**



**Four à moufle**

## **Annexe n°2 :**

### **Composition des milieux de cultures :**

- **Eau Tryptone-sel (TSE) :**  
Pour 1 litre de milieu :
  - Tryptone 1,0 g
  - Chlorure de sodium 8,5 g
  - pH du milieu prêt à l'emploi :  $7,0 \pm 0,2$ .
  
- **Milieu Agar viande foie (VF) :**
  - Eau distillée 1000 ml
  - Base viande foie 20g
  - Glucose 0,75g
  - Amidon 0,75g
  - Sodium sulfite 1,2g
  - Citrate de fer ammoniacal 0,5g
  - Carbonate de sodium 0,67g
  - Agar-agar 1g
  
- **Milieu Oxytetracycline Gélose Agar (OGA) :**
  - Eau distillée 100 ml
  - Extrait de levure 5g
  - Glucose 20g
  - Agar 16g
  - Ph = 6,8 à 7
  
- **Milieu BCPL (Bouillon lactose au pourpre de Bromocrésol)**
  - Peptone 5g
  - Extrait de viande 3g
  - Lactose 10g
  - Pourpre bromocrésol 25mg



➤ **Milieu Roth**

- Peptone 20g
- Glucose 5g
- Chlorure de sodium 5g
- Phosphate bi potassique 2.7g
- Phosphate mono potassique 2, 7g
- Azide de sodium 0.7g

➤ **Milieu Eva Litsky (Milieu au bouillon à l'azide et à l'éthyl-Violet) :**

- Peptone 20g
- Glucose 5g
- Chlorure de sodium 5g
- Phosphate bi potassique 2.7g
- Phosphate mono potassique 2.7g
- Azide de sodium 0.3g
- Ethyl-Violet 0.5g

➤ **Réactif de Kovacs :**

- Alcool amylique ou iso-amylique 150ml
- P. diméthylaminobenzaldéhyde 10g
- Acide chlorhydrique concentré 50ml
- Ajouter l'acide en dernier et lentement conservé au réfrigérateur.

### Annexe n °3 :

#### Verreries et autres :

- Pipettes graduées
- Pipettes Pasteurs
- Boîtes de pétri stériles, en verre ou plastique
- Capsules métalliques ou capelles (Etuve)
- Bêchers
- Nacelles (four à moufle)
- Micro-Burette
- Erlenmeyer
- Entonnoir en verre
- Flacons en verre
- Éprouvette graduée
- Tube à essai
- Tube 50ml en plastique (centrifugeuse)
- Spatule
- Pince en acier
- Pelle
- Sac en plastique
- Portoir
- Ballon.
- Cartouche à extraction.

## Annexe n° 4 :

### Produits et réactifs :

- Ethanol : (alcool éthylique) à 95 %
- Hydroxyde de sodium (Na OH)
- Phénolphtaléine 1%
- Solution de chlorure de sodium à 20g/l.
- Ether de pétrole
- Noir d'Erichromé T (NET)
- EDTA
- kovacs
- Alun de fer
- Sulfite de sodium

## Annexe 5

Table de MAC-GRADY

Nombre caractéristique	Nombre de Micro-organismes
000	0,0
001	0,3
010	0,3
011	0,6
020	0,6
100	0,4
101	0,7
102	1,1
110	0,7
111	1,1
120	1,1
121	1,5
130	1,6
200	0,9
201	1,4
202	2,0
210	1,5
211	2,0
212	3,0
220	2,0
221	3,0
222	3,5
223	4,0
230	3,0
231	3,5
232	4,0
300	2,5
301	4,0
302	6,5
310	4,5
311	7,5
312	11,5
313	16,0
320	9,5
321	15,0
322	20,0
323	30,0
330	25,0
331	45,0
332	110,0
333	140,0

## Annexe n° 6 :

### Calcul de l'écart type :

L'écart type sert à mesurer la dispersion d'un ensemble de données. Plus il est faible, plus les valeurs sont regroupées autour de la moyenne. Il est aussi utilisé pour construire un intervalle de confiance attribuable à un échantillon.

Prenons par exemple les résultats du taux d'humidité du blé dur.

	Taux d'humidité %		
BD	11.83	11.84	11.66

- **La moyenne.**

Additionnez tous les nombres et divisez par le nombre d'éléments de votre échantillon :

Moyenne

$$(\mu) = \Sigma x_i / N$$

Où :

$\Sigma$  : représente la somme.

$x_i$  : représente chacune des valeurs obtenues.

$N$  : est le nombre d'éléments de l'échantillon.

Dans notre cas,  $\mu$  devient :

$$\mu = (11.83 + 11.84 + 11.66) / 3 \rightarrow \mu = 11.81$$

- **L'écart type.**

Il représente est une mesure de dispersion de données.

$$\sigma = \sqrt{[ (\Sigma ((X-\mu)^2)) / (N) ]}$$

Dans notre exemple, l'écart type est :

$$\sigma = \sqrt{[ ((11.83 - 11.81)^2 + (11.84 - 11.81)^2 + (11.66 - 11.81)^2) / (3) ]} \rightarrow \sigma = 0.035$$