



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 Biologie

Option : Microbiologie et Toxicologie Alimentaire

Thème

Etude comparative des paramètres physico-chimiques



et microbiologiques de deux types de couscous: industriel et artisanal .

Présenté par :

M^{elle} DJEBROUNI Zahra

M^{elle} HOUARI Zineb Sahla

Soutenu le : 21/09/2017

Devant les membre du jury composé de :

Présidente : M^{me} DEFFAIRI D. MAA USDB1

Examinatrice : M^{me} CHERIF H. S. MCB USDB1

Promoteur : M^r OUSSADOU L. MAA USDB1

Promotion : 2016/2017

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو مقارنة نوعية الكسكس الصناعي "عمور" المستخرج من القمح الصلب و الكسكس التقليدي المستخرج من نفس المادة الخام .

و على هذا الاساس تمت دراسة بعض الاختبارات :فيزيائية (الحبيبية ,الرطوبة ومؤشر التورم),بيوكيميائية (معدل الرماد ,الحموضة الدهنية ومحتوى الدهون) واختبار للطهي و بعض الاختبارات الميكروبيولوجية (العفن الفطري / المطثية) اجراء تحليل حسي (اختبار تذوق)مع عمال المخبر لتقييم أفضل لجودة كلا النوعين من الكسكس.

النتائج المتحصل عليها اظهرت ان كلا النوعين من الكسكس من النوع المتوسط كما نلاحظ ارتفاعا طفيفا في نسبة الرطوبة بالنسبة للكسكس التقليدي(12.90% مقابل (12%) للكسكس الصناعي.

,الكسكس التقليدي يحتوي على نسبة دهون مرتفعة(3.65% مقابل 1.02%) مقارنة بالكسكس الصناعي , في حين ان نسبة الرماد متقاربة (1.04% مقابل 1.03%).

النوعية الغذائية للكسكس الصناعي (مؤشر التورم=2.51) افضل مقارنة بالكسكس التقليدي (مؤشر التورم=1.87).

الكسكس المصنوع يدويا اظهر تجانسا جيدا و سطحا أكثر سلاسة و ووحدة في حين إن الكسكس الصناعي يحتوي على حبوب غير متجانسة و خشنة .

كلا النوعين من الكسكس يمتلك حموضةدهون مقبولة (0.02H₂SO₄/ 100 MS) .

على المستوى الميكروبيولوجي كلا النوعين من الكسكس متوافقان مع العتبات التنظيمية بعد ان اظهرت النتائج الانعدام التام للعفن الفطري و المطثيات مما يؤكد نوعيتهما الجيدة .

اظهر التحليل الحسي ان الكسكس التقليدي هو الاكثر تفضيلا عندالمستهلكين .

الكلمات المفتاح : كسكس ,القمح الصلب ,تحاليل ميكروبيولوجية ,اختبار تذوق.

Résumé

L'objectif de cette étude est de comparer la qualité du couscous industriel « *Amour* » et celle du couscous artisanal issus de la même matière première (Blé dur = *Triticum durum*).

Des paramètres ont été étudiés: physiques (granulométrie, humidité et indice de gonflement (IG)), biochimiques (taux de cendres, acidité grasse et teneur en lipides), de cuisson, ainsi que ceux microbiologiques (Moisissures, Clostridium sulfite réducteurs).

Une analyse sensorielle (test de dégustation) pour évaluer la qualité des deux types de couscous a été réalisée avec le personnel du laboratoire.

Les résultats obtenus ont montré que les deux types de couscous sont de granulométrie moyenne. On note cependant, une légère élévation d'humidité pour le couscous artisanal (12.90 % contre 12% pour l'industriel).

Le couscous industriel présente une teneur élevée en lipides (3.65%) et 1.02% pour l'artisanal, alors que le taux de cendres est presque similaire (1.04% pour l'artisanal et 1.03% pour l'industriel). La qualité culinaire du couscous industriel (IG = 2.51) est plus importante que pour le couscous artisanal (1.87).

Le couscous artisanal présente une bonne homogénéité, une surface beaucoup plus lisse et uniforme, par contre, le couscous industriel est constitué de grains rugueux, de forme hétérogène.

Les deux types de couscous ont une acidité grasse acceptable de l'ordre de $0.02 \text{gH}_2\text{SO}_4/100\text{g}$ de matière sèche (M_S).

Sur le plan microbiologique, les deux types de couscous sont conformes aux normes. Les dénombrements des moisissures et des Clostridium sulfite réducteurs ont montré des valeurs largement inférieures aux seuils déterminés par la réglementation. Ce qui confirme la bonne qualité hygiénique des deux types de couscous.

Le couscous artisanal est le plus préféré pour les dégustateurs.

Mots clés : Analyses microbiologique, Blé dur, Couscous, Test de dégustation.

Abstract

The aim of this study is to compare between the qualities of two types of couscous, the industrial couscous “AMOUR “made from durum wheat and the traditional couscous made from the same raw material.

In order to achieve this aim, we conducted some physical tests (Granulometry, humidity and swelling index), biochemical tests (Ash rate, fat acidity and lipid content), a cooking test plus a microbiological analysis (Molds ,Clostridium sulfite reducers).

A sensory analysis (tasting test) have been realized to evaluate in a better way the quality of those two types of couscous

The results revealed that both types of couscous are of a medium granulometry. However , we noticed , a slight elevation of moisture (12.90%) in the artisanal couscous . (12.90 % against 12% for the industriel)

The handmade couscous has a high content of lipids (3.63%) compared to the industrial couscous (1.02%), while ash content is almost the same (1.04 % for the traditional couscous and 1.03% for the industrial one). in terms of nutritional value culinary quality, the industrial couscous (IG = 2.51) presents a better quality than of the traditional couscous (IG = 1.87).

Handcrafted couscous has good homogeneity, a much smoother and uniform surface, whereas industrial couscous is made up of rough grains, of heterogeneous form.

Both types of couscous showed an acceptable fat acidity with a percentage of 0.02 H₂SO₄/100 g MS .

On the microbiological level , both types of couscous adapt to the standards which confirms their good microbiological quality .

Handmade couscous was the most preferred by consumers.

Key words: Couscous, Durum wheat, Microbiological Analysis, Tasting test.



Dédicace

Avant tout le monde ,

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents
qui me soutiennent toujours et qui sans eux ce rêve ne serait
pas devenu réel et je leurs dit merci beaucoup.

Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour
monéducation et ma formation .

Je le dédie aussi à mes cher(e)s frères Kheireddine et Mahmoud
et sœurs Kawther ,Youssra et Wafaa qui se tenaient toujours à
côté de moi .

À mes chers grand-parents qui m'ont encouragé et prié pour moi
et sans oublier mon cher oncle Ahmed que j'ai souhaité qu'il soit
ici pour témoigner mon diplôme .

À ma chère amie et binôme Zahra qui, sans son travail acharné
et sa patience, ce travail ne pouvait pas être fondé

Je veux aussi le dédie à tous mes professeurs à qui je dois tout
le respect et gratitude ainsi que mes collègues en mentionnant
surtout khaldi fatima et arroudj kheira

Zineb

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

A la mémoire de ma sœur : saida

A mes très chers parents, ma mère et mon père qui m'ont tout appris, pour toutes les sacrifices qu'ils se sont donnés pour me voir réussir dans la vie.

A ma belle famille : Ahmed et Hdjila pour leur aide et leur encouragement.

A mon mari : Khaldi Abderrafik, remède de mon trac et de mes ennuis Pour son soutien qui me fait une main-forte.

Pour sa présence à mes côtés tout au long des moments difficiles.

A mes neveux :

Imad, Marouane, Abderraouf, Aymen, Youcef, Chamssedine, Yasser, Farid, Firasse et Ramzi

A mes nièces : Maroua et Achwak

A mon frère : Abd el ghani, sa femme Sabrina et ses enfants Sifou, Louay et Issam.

A mes frères : Hamza, Abd el Ouahab et Mohammed.

A mes sœurs : Hafida et son marie Mourad, Ouarda et son marie Ilyes, Sabah et son mari Mohammed.

A toute la famille Djebrouni et Bouyekhlef.

A mon amie intime : Khaldi Fatma pour son encouragement, son conseil précieux, son aide et son soutien morale.

A mon binôme : Houari Zineb Sahla pour son aide, sa patience, aussi que son encouragement pour faire ce modeste travail.

A toute mes amie en particulier, Kheira et Abir,

A mon oncle: Houari Miloud pour son encouragement et son patience avec nous tout au long de la période de réalisation de ce mémoire.

Zahra

Glossaire

Délitescence : action de se désagréger sous l'influence de l'humidité. (CNTRL, 2012)

Ergot : c'est un mycelium condensé, constituant l'organe de vie latente d'un champignon parasite des graminées, il contient des amines qui lui donnent une odeur nauséabonde qui se communique aux produits cuits. (Bar, 2001)

Fermeté : qualité de ce qui est ferme, solide et consistant. (CNTRL, 2012)

Grains chauffés : blé ayant subi une température anormalement élevée (fermentation au cours du stockage, séchage brutal). (Bar, 2001)

Grains échaudés : ce sont des grains desséchés avant maturation à la suite d'un défaut d'alimentation en eau. (Bar, 2001)

Grains mitadinés : blé dur qui a subi un accident physiologique de l'albumen et qui de dur et vitreux devient plus opaque et plus farineux. (wikitionnaire.com)

Grains mouchetés : blé présentant des taches brunes ou noires dans le sillon ou sur le germe, d'origine inconnue. (feillet, 2000)

Grains piqués : ce sont des grains de taille normale et qui présentent une plage blanchâtre, généralement de faible dimension et déprimée avec au centre un point noir plus ou moins visible. (Bar, 2001)

Rugosité : caractère, état d'une surface rugueuse, inégale. (CNTRL, 2012)

Remerciements

Avant toute chose, nous remercions ALLAH le tout puissant, miséricordieux et clément, pour nous avoir donné santé, patience, volonté et courage.

Sincères remerciements,

A notre enseignant et promoteur, **M^rOUSSADOU Larbi**, qui a contribué à notre formation scientifique, et nous a prodigué de précieux conseils tout au long de ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de notre très profonde gratitude.

Nos sincères remerciements et notre estime pour toujours,

Hommage respectueux et nos sincères remerciements

A notre présidente du jury **M^{me}DEFFAIRI D.**, pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant la présidence de jury de ce travail,

A **M^{me}CHERIF.H.S.**, pour avoir accepté d'évaluer notre travail et de nous honorer par sa participation au jury de ce mémoire en tant qu'examinatrice.

A madame **KADRI kawther**, responsable qualité au niveau de la semoulerie AMOUR en qualité de co-promotrice, pour nous avoir initié et conseillé pour la concrétisation pratique de ce travail .

Des remerciements très particuliers à monsieur **TEFAHI Djamel**, pour ses précieux conseils, aide et soutien moral.

Nous exprimons notre gratitude à tous les membres du corps du laboratoire de l'unité **AMOUR** surtout **M^rBENYAHIA Mourad** pour son aide, ses conseils précieux tout au long de la période de stage.

Liste des abréviations

°F :degré Français.

AFNOR :Association Française de Normalisation.

BCPL :Bouillon Lactose au Pourpre de Bromocrésol.

B1 : 1^{er}broyage .

BD :blé dur.

BDS :blé dur sale.

BT : blé tendre.

CF : Coliformes fécaux.

CT :Coliformes totaux.

CA :couscous artisanal.

CI :couscous industriel.

D/C :double concentration.

DM :dilution mère.

EDTA :Éthylène Diamine Tétra-Acétique.

FAO : Food and Agriculture Organization .

g H₂OSO₄/100g MS :Gramme d'acide Sulfurique par 100g de matière sèche.

H : humidité .

Hab :habitant .

IG : indice de gonflement

ISO :Organisation International de la Normalisation.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

JORF : Journal Officiel de la République Française.

KCal : kilo- calorie.

m :masse.

MG : matière grasse.

M_H :matière humide.

M_s : matière sèche.

NE : norme d'entreprise.

NET : noir erichromeT .

NF :Norme Française .

NPP :nombre plus probable .

OGA :oxytétracycline gélose agar .

PS :poids spécifique .

R1 :premier repos .

S/C :simple concentration .

SE :semoule extra .

SG : semoule grosse.

SM :semoule moyenne .

T : tonne.

TA :titre alcalimétrique.

TAC :titre alcalimétriquecomplet.

TGEA :Tryptone Glucose Extract Agar.

TH :titre hydrométrique.

TSE :Tryptone Sel Eau .

UFC :Unité Formant Colonie .

V :volume .

VF : viande foie.



Chapitre I. Synthèse Bibliographique





Chapitre II. Matériel et Méthodes





Chapitre III. Résultats et Discussion





Conclusion



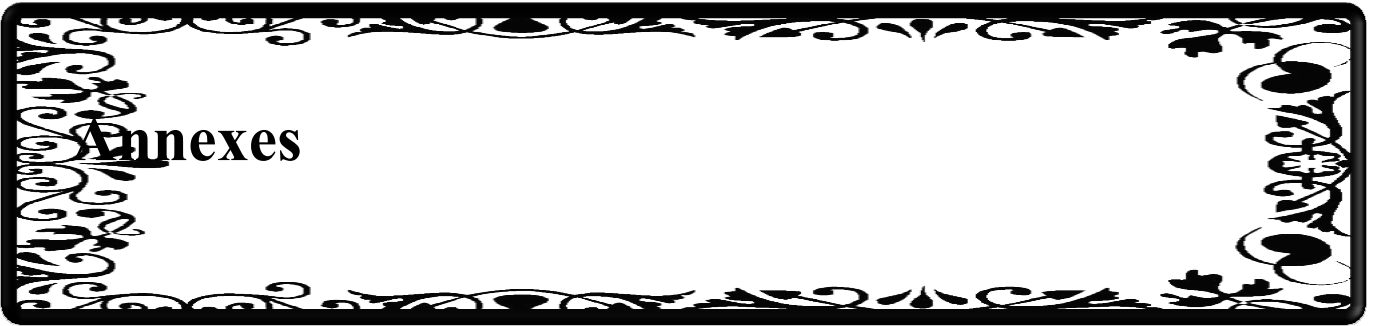
Introduction





Références Bibliographiques





Annexes



Sommaire

Introduction

Chapitre I : synthèse bibliographique

I.1. Blé.....	1
1.1 Importance des céréales et de blé dur en Algérie.....	1
1.2 Types de blé	1
1.3 Définition du blé.....	2
1.4 Classification botanique du blé dur.....	3
1.5 Composition histologique du grain de blé.....	3
1.6 Composition chimique de grain de blé.....	4
1.7 Transformation de blé dur	7
I.2. Semoule	12
2.1 Définition de la semoule	12
2.2 Classification des semoules	12
2.3 Composition chimique de la semoule	13
2.4 Valeurs de la semoule	13
2.5 Facteurs essentiels de composition et de qualité.....	15
2.6 Hygiène	15
I.3. Couscous.....	16
3.1 Historique	16
3.2 Définition	16
3.3 Composition du couscous	16
3.4 Qualité du couscous	17
3.5 Types de couscous	18
3.5.1 Couscous industriel	18
3.5.1.1 Procédé de fabrication du couscous industriel	18
3.5.2 Couscous artisanal.....	20
3.5.2.1 Procédé de fabrication de couscous artisanal.....	20
4. Germes recherchés dans le blé dur, produits dérivés et l'eau.....	21

Chapitre II : Matériel et méthodes

1 Lieu de stage	24
-----------------------	----

2 Matière première	24
3 Matériel biologique	25
4 Matériel non biologique	25
5 Analyse sensorielle du blé réceptionné.....	28
6 Analyses physico – chimiques	28
6.1 Blé dur réceptionné	28
6.2. BDS, R1 et B1	31
6.3 Semoule.....	33
6.4 Le couscous (CA et CI)	36
6.5 Eau	38
6.5.1 Détermination du pH.....	38
6.5.2 Détermination de la dureté (TH)	38
6.5.3 Dosage de l'alcalinité par titrimétrie (TA – TAC)	39
6.5.4 Dosage des chlorures (Cl)	40
7. Analyses microbiologiques	41
7.2 Analyses du blé (BDS,R1,B1), semoule et les deux types de couscous (CI et CA.).....	42
7.3 Analyse de l'eau	47
8. Test de dégustation	54

Chapitre III :Résultats et Discussion

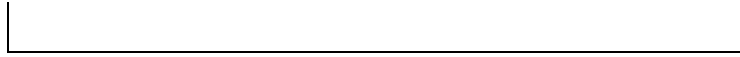
III.1Analyse physico-chimique	55
1.1 Blé dur	55
1.2 Semoule	59
1.3 Couscous (CA et CI)	62
1.4. Eau.....	69
III.2 Analyses microbiologiques	70
2.1 BDS, B1,R1,SM et le couscous (CA et CI).....	70
2.2 Eau	72
III.3 Analyses sensorielles	75
Conclusion.....	77

Références bibliographiques

Annexes

Liste des figures

Numéro	Intitulé	Page
Figure 1	Schéma histologique d'une coupe longitudinale d'un grain de blé.	03
Figure 2	Diagramme de transformation de blé dur .	11
Figure 3	Diagramme de fabrication du couscous industriel.	26
Figure 4	Diagramme de fabrication du couscous artisanal.	27
Figure 5	Méthode de préparation des dilutions décimales	42
Figure 6	Recherche et dénombrement des moisissures.	44
Figure 7	Recherche et des dénombrement des clostridiums sulfito-réducteurs (ASR).	46
Figure 8	Recherche et dénombrement des coliformes totaux	48
Figure 9	. Recherche et dénombrement de streptocoques.	50
Figure 10	Recherche et dénombrement des germes totaux.	51
Figure 11	Recherche et dénombrement des ASR dans l'eau .	53
Figure 12	fiche de dégustation.	54
Figure 13	Granulométrie de la semoule.	61
Figure 14	Taux d'humidité des deux types du couscous.	62
Figure 15	Taux de cendres des deux types de couscous..	63
Figure 16	Acidité grasse des deux types du couscous.	64
Figure 17	Teneur en lipides des deux types de couscous.	65
Figure 18	Indice de gonflement des deux types de couscous.	67
Figure 19	Granulométrie des deux types de couscous.	68
Figure 20	Valeurs moyennes de test hédonique.	75
Figure 21	Résultats du sondage.	76



Liste des tableaux

Numéro	Intitulés	Page
Tableau I	Consommation moyenne algérienne de céréales, entre 1961-2005.	1
Tableau II	Principales caractéristiques des grains de blé dur .	2
Tableau III	Composition chimique des grains de céréales.	4
Tableau IV	Différentes protéines de grain de blé.	5
Tableau V	Composition en acides gras des grains de blé .	5
Tableau VI	Composition en matières minérales de grain de blé .	6
Tableau VII	Teneurs moyennes de grain de blé en vitamines.	7
Tableau VIII	Classification des semoules .	12
Tableau IX	Composition chimique de la semoule .	13
Tableau X	Composition biochimique du couscous industriel moyen.	17
Tableau XI	taux d'impureté de BDS, R1 et B1.	55
Tableau XII	Poids spécifique de BDS, R1 et B1.	56
Tableau XIII	Poids de mille grains de BDS, R1 et B1.	56
Tableau XIV	Taux d'humidité de BDS, R1 et B1.	59
Tableau XV	Taux de cendre de BDS,R1 et B1.	58
Tableau XVI	Teneur en lipides du blé dur .	59
Tableau XVII	Taux d'humidité de la semoule.	59
Tableau XVIII	Taux de cendres de la semoule.	61
Tableau XIX	Acidité grasse de la semoule.	60
Tableau XX	Test de cuisson des deux types de couscous.	66
Tableau XXI	Analyses physico-chimiques de l'eau de process.	69
Tableau XXII	Analyses physico-chimiques de l'eau de chaudière.	69
Tableau XXIII	Analyses microbiologiques de BDS,R1 , B1 , SM , CA et CI .	70
Tableau XXIV	Analyses microbiologique de l'eau.	72

Introduction

Les produits céréaliers constituent la base de l'alimentation humaine dans la plupart des pays du monde du fait qu'ils apportent la plus grande part calorique et protéique de la ration alimentaire (**Godon, 1981**).

Ils présentent l'avantage important de constituer des provisions pouvant se conserver sous forme de grains de grande valeur nutritionnelle et constituées par des substances amylacées et d'environ 10% de protéines, Les produits céréaliers sont de transformation aisée et variée par cuisson (le couscous, les pâtes alimentaires, frik, le pain) (**Oussinault, 1993**).

Le blé dur demeure l'aliment de base des régimes alimentaires Algériens et revête une importance stratégique dans l'alimentation humaine (**Boulai et al., 2007**).

Sur le plan technologique, la structure vitreuse de l'amande de blé dur lui confère l'aptitude particulière à être transformé en semoule.

La semoule constitue le produit fini de la première transformation de blé dur par le procédé de mouture. Dans les pays du Maghreb et du Moyen Orient, on utilise surtout des grosses semoules pour la fabrication de couscous (**Godon et Willm, 1998**).

Le couscous vient en tête des pâtes consommées par la famille Algérienne. Une enquête sur la population Algérienne a révélé une consommation moyenne du couscous fin de l'ordre de 9.21 kg/an/hab (**Benlachehab, 2008**).

Il a été rapporté que le couscous artisanal est le plus apprécié des populations du Maghreb (**Guezlane et al., 1986**). Cet aliment est riche en amidon, ce qui augmente son apport énergétique (354 Kcal/100g) et aussi protéique pour l'organisme (**Fredot, 2005**).

Notre contribution dans ce domaine, a porté sur la comparaison des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des deux types de couscous industriel et roulé manuellement, afin d'élucider les différences de qualité avec la même matière première.

1. Blé

1.1 Importance des céréales et du blé dur en Algérie :

Quoique le blé tendre (*Triticumaestivum L.*), le maïs (*Zeamays L*) et le riz (*Oryzasativa L.*) soient les céréales les plus produites à travers le monde, il n'en demeure pas moins que le blé dur (*TriticumdurumDesf.*) occupe une place importante dans certaines régions du monde, notamment les zones semi-arides dont le climat est de type méditerranéen

(Pena et Pfeiffer, 2005).

Depuis l'indépendance, les différentes politiques et interventions de l'état dans le secteur agricole avaient pour but d'améliorer le niveau de production des céréales en Algérie, et du blé dur en particulier. Les céréales sont les cultures annuelles les plus importantes pour l'agriculture Algérienne **(Bourras, 2001).**

Selon **Madr (2011)**, Les terres annuellement emblavées représentent 3,6 millions d'hectares. La superficie occupée par le blé dur est, en moyenne, de 1,3 millions d'hectares, durant la période 2000-2010 .

Actuellement, le pays se classe au premier rang mondial pour la consommation de blé avec une moyenne dépassant largement les 200 kg/hab/an **(Hervieu et al., 2006).**

Tableau I : Consommation moyenne (kg/hab/an) Algérienne de céréales, entre 1961-2005 **(FAO, 2007).**

Périodes	1961	1970	1980	1990	2000	2003	2005
Consommation	110	120	182	193	190	201	215

1.2 Types de blé :

Les différentes variétés de blé sont classées en trois grande catégories :

- 1- Les blés tendres ou froment (*Triticumaestivum*): ils sont destinés à l'industrie de la meunerie et permettent d'obtenir une farine de bonne qualité c'est-à-dire doter l'aptitude pour la panification puisque contenant environ 8 à 10 % de gluten.
- 2- Les blés durs (*Triticumdurum*): ils donnent moins de son que les blés tendres et les farines obtenues, bien que contenant plus de gluten (12 à 14%), se prêtent moins bien à la panification. C'est pourquoi, ils sont destinés aux industries de semoulerie et de pastification.

- 3- Les blés *mitadins* : ont des caractéristiques et des qualités intermédiaires entre les blés tendres et les blés durs, Contenant du gluten de très bonne qualité (Fredot,2012).

1.3 Définition de blé:

Le blé, genre *Triticum* est une monocotylédone, de l'ordre des graminées de la famille des Poacées). C'est une plante herbacée annuelle de 75cm à 1,5m de haut

(Reis et al.,2006).

C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscant appelé caryopse constitué d'une graine et de téguments (Feillet, 2000). C'est une espèce tétraploïde, il ne contient que deux génomes AA et BB et 28 chromosomes (Giuseppe et Lintas,1988 ; Cook et al.,1993 ;Feillet,2000).

Tableau II : Principales caractéristiques des grains de blé dur(Jeantet et al.,2007).

Caractéristiques	Blé dur
Espèce	<i>Triticum durum</i>
Poids spécifiques (Kg.hL ⁻¹)	75-850(souvent >80)
masse de mille grains	25à60g
Aspect	Allongé,sillon ouvert, enveloppes blanches,ambrées;épis barbus
Longueur	6à9 mm
Largeur	2,5à 4,0mm
Epaisseur	2,2 à 3,2 mm
Caractéristiques physiques de l'amande	Vitreuse, résistante à l'écrasement
Rendements mouture	Semoule : 70-75% Issue :18-22% Gruaux D (farine) :5-10%
Minéralisation de l'amande (% de cendres)	0,70 %

1.4 Classification botanique du blé dur:

Le blé dur obéit à la classification suivante Embranchement:Angiospermes.

Sous embranchement: Spermaphytes.

Classe : Monocotylédones.

Ordre : Glumiflorales.

Super ordre : Comméliniflorales.

Famille : Gramineae.

Tribu : Triticeae.

Sous tribu : Triticinae.

Genre : Triticum.

Espèce : *Triticum durum* desf(Prats, 1960 ; Crête,1965 ; Feillet, 2000).

1.5 Composition histologique du grain de blé :

Histologiquement, le grain de blé dur est formé de trois types de tissu (**figure 1**) : le germe (3%), les enveloppes (13-16% du grain) et l'albumen (80-85% du grain) (**Kent et Evers, 1994 ; Barronet al., 2007**).

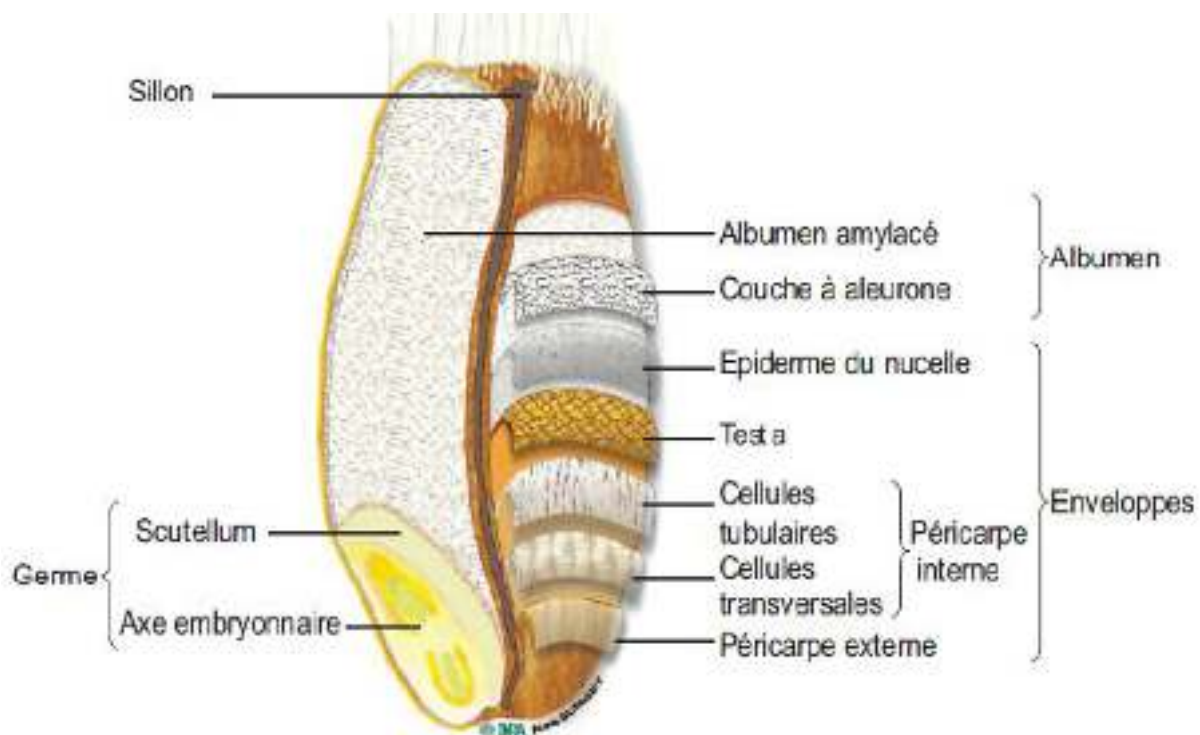


Figure 1 : Schéma histologique d'une coupe longitudinale d'un grain de blé (Surget et Barron,2005).

- **L'albumen(amande) :**constitué de l'albumen amylicé (au sein duquel subsistent des cellules remplies du granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois cellulosesiques sont peu visibles) et de la couche à aleurone.
- **Les enveloppes (l'écorce) :** formée de six tissus différents : épiderme de nucelle , tégument séminal ou testa (enveloppe de la graine) , cellules tubulaires , cellules croisées , mésocarpe et épicarpe(**Feillet, 2000**).
- **Le germe :** il est riche en vitamines,minéraux et en lipides. Il est constitué de deux parties :
 - L'embryon qui comprend des feuilles, des bourgeons et des racineset tout à l'état rudimentaire.
 - Le scutellum qui entoure l'embryon, le protège et joue un rôle nourricier (**Fredot, 2012**).

1.6 Composition chimique de grain de blé dur :

Le grain de blé est principalement constituée des glucides (environ de 61%),de protéines (environ de 12%),ainsi que de l'eau (environ de 13,5%), et d'une partie mineur représentée par les lipides, minéraux, vitamines et les fibres alimentaires (**Fredot,2012**).

Tableau III :Composition chimique des graines de céréales (%)(**Jeantet et al.,2007**).

Espèce	Eau	Amidon et glucides simples	Protéines	Lipides	Fibres	Minéraux (taux de cendres)
Blé dur	13-15	64-68	10-12	1,7-1,9	5,0-5,5	1,7-1,9

1.6.1 Glucides :

Le grain de blé brut contient environ 61% de glucides avec :

- **Glucides complexes:l'amidon**

L'amidon représente la majeure partie avec 59%: constitué de 25% d'amylose et 75% d'amylopectine. Il est essentiellement retrouvé dans l'amande du grain dont la zone centrale est plus riche que la zone périphérique.

- **Glucides simples (2%)**

Ils sont représentés par du glucose,du fructose,du saccharose,et du raffinose (triholoside)qui sont pour la majeure partie localisés dans le germe et l'assise protéique de l'écorce.

1.6.2 Protéines :

Il en existe deux types :

- Solubles : albumines et globulines : environ 15% des protéines totales.
- Insolubles : prolamines et glutélines: environ 85% des protéines totales.

Certaines protéines insolubles appelées: gliadine et gluténine, situées dans l'albumen, forment le gluten indispensable à la panification.

En outre, la gliadine permet l'extensibilité de la pâte lors de la fabrication du pain ainsi que son écoulement visqueux; la gluténine assure l'élasticité de la pâte qui permet au gluten de se former.

Tableau IV : Différentes protéines du grain de blé (Fredot, 2012).

Classes	Propriétés	Dénomination	% de protéines
Albumines	Soluble	/	9
Globulines	Soluble	/	5
Prolamines	Insoluble	Gliadine	40à50
Glutélines	Insoluble	Gluténine	45à45

1.6.3 Lipides :

Les grains de blé bruts sont naturellement pauvres en lipides (2%), essentiellement localisés dans le germe et l'assise protéique ; malgré cette faible teneur, leur composition qualitative est intéressante puisque plus de la moitié de ces lipides sont polaires.

Tableau V : Composition en acides gras des lipides des grains de blé (en% des acides gras totaux) (Godon et Willm, 1998) .

Acide palmitique C 16 saturé	Acide oléique C 18 : insaturé à double liaison	Acide linoléique C 18 :2 insaturé à deux doubles liaisons	Acide linoléique C 18 :3 insaturé à trois doubles liaisons
18	15	63	4

1.6.4 Minéraux :

Le taux de sels minéraux de la semoule de blé dépend du degré de minéralisation du grain **(Boudreau et Ménard,1992).**

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, cystéine et lysine.
(Godon et Loisel, 1997).

Tableau VI : Composition en matières minérales du grain de blé (**Fredot, 2012**).

Minéraux	Teneur (mg / 100 g)
Calcium (Ca)	35
Phosphore (P)	400
Magnésium (Mg)	140
Sodium(Na)	3
Potassium (k)	435
Fer (Fe)	5
Zinc (Zn)	4

1.6.5 Vitamines :

Leur teneur est beaucoup plus faible que celle des autres constituants ; elle s'exprime en mg pour 100 grammes de grains mais cependant leur intérêt nutritionnel est important

(Godon et willm, 1998).

Tableau VII : Teneurs moyennes de grain de blé en vitamines(mg / 100 g de grains)(**Fredot, 2012**).

Vitamines hydrosolubles			Vitamines liposolubles
B1 (thiamine)	B3 (niacine)	B6 (pyridoxine)	E (tocophérol)
0.40	4.7	0.5	2.5

1.6.6 Fibres alimentaires végétales :

Le grain de blé entier est riche en fibres alimentaires végétales dont la teneur atteint 9.5 % dans l'écorce. La majorité de ces fibres sont de nature insolubles (lignine, cellulose et hémicellulose) (**Fredot, 2012**).

1.6.7 Eau :

Les grains des céréales sont particulièrement déshydratés. Leur teneur est d'environ de 14% pour le blé dur .cette dernière joue un rôle important dans les altérations ultérieure de la semoule (**Godon et Wilim, 1990**).

1.7 Transformation de blé dur :

1.7.1 Réception :

En général , l'approvisionnement en grains jusqu'au moulin se fait soit par rail , camion ou bateau(**Abecassis et al., 2012**).

À ce stade un échantillon de blé est immédiatement prélevé et envoyé au laboratoire afin d'être analyser(**Boudreau et Menard, 1992**).

1.7.2 Agréage :

L'agréage est une analyse visuelle et olfactive qui permet, entre autre, de détecter :

- les contaminations biologiques dues à la présence d'insectes et/ou de rongeurs.
- Les contaminations chimiques résultant d'un traitement insecticide récent.
- les contaminations microbiologiques (présence de blés moisiss, ...).

L'échantillonnage doit être suffisant pour permettre d'évaluer la qualité physicochimique et sanitaire des blés(**JORF, 2012**).

1.7.3 Déchargement, pré-nettoyage et mise en silo (stockage) :

- ✓ Au déchargement, les blés passent sur des grilles qui retiennent les plus gros corps étrangers.
- ✓ Le pré-nettoyage est un nettoyage sommaire avant ensilage, éliminant par voie mécanique sèche (criblage et aspiration) les impuretés grossières (grosses pierres, sable, pailles, ...) et les poussières.
- ✓ Après l'opération de pré-nettoyage, et avant d'être utilisé au moulin, le blé dur est stocké dans des silos à grains (**JORF, 2012**).

1.7.4 Nettoyage :

Le système de nettoyage diffère d'un moulin à l'autre selon la nature des machines mises en œuvre et l'ordre des opérations. Ils ont, néanmoins en commun, la possession d'un régulateur de flux destiné à assurer un débit constant des produits arrivant sur la première machine (**Feillet, 2000**).

Pour effectuer le nettoyage il faut qu'il y ait disponibilité :

- Des séparateurs qui éliminent les grosses impuretés (pierres, paille, terre, ...).
- Des trieurs qui écartent les particules étrangères telles que des graines provenant d'autres céréales qui auraient peut-être été mélangées accidentellement.
- Des époussoirs font disparaître les poils des grains.

Le grain ainsi nettoyé est dit industriellement pur (**Fredot, 2012**).

Les principaux objectifs du nettoyage consiste à :

- ✓ Enlever les graines noires et colorées pour limiter le nombre de piqures au minimum.
- ✓ Enlever toutes les pierres de manière à éviter la présence de débris minéraux dans les semoules.
- ✓ Éliminer les graines toxiques et nuisibles.
- ✓ Enlever les insectes et leurs fragments.
- ✓ Réduire le nombre de contaminants microbiens.
- ✓ Éliminer tout produit, autre que les grains (**Godon et Willm, 1998**).

1.7.5 Mouillages et Repos :

C'est une étape appelée aussi conditionnement, qui vise à modifier l'état physique des grains de manière à permettre la meilleure séparation possible au cours de la mouture entre l'albumen amylicé d'une part, les enveloppes, la couche à aleurone et le germe d'autre part.

Elle comprend deux étapes :

1. mouillage et absorption d'eau par les grains.
2. distribution de l'eau absorbée à l'intérieur des grains pendant la période de repos.

En pratique, l'addition d'eau est réalisée à deux reprises, chaque mouillage est suivi d'un repos assez court (entre 2 et 4h)(**Godon et Willm,1998**).

1.7.6 Mouture (ou meulage) :

Selon **Fredot(2012)**,la mouture présente deux buts :

- l'élimination des parties périphériques, c'est-à-dire, la séparation de l'amande de l'écorce et du germe.
- La réduction de l'amande en particule de plus en plus fine.

Elle se subdivise ainsi en trois stades.

1^{er} stade : Broyage et tamisage :

- ✓ Les grains sont déposés dans un broyeur (b1) constitué de deux cylindres à surface cannelée qui tournent en sens inverse à vitesse différentes,
- ✓ Ce système cisaille les grains et l'on obtient un mélange fait de particules assez grossières appelé la boulangue,
- ✓ Cette boulangue est ensuite passée sur un ensemble de tamis superposés appelés des plansichters animés d'un mouvement de va et vient afin de favoriser le tamisage,
- ✓ Les plus grosses particules obtenues de (b1) sont renvoyées sur un 2^{ème} broyeur (b2) (de même types que le premier) mais dont les cylindres sont plus rapprochés ce qui donne naissance à la deuxième boulangue qui retourne à son tour sur des plansichters,
- ✓ Cette opération est renouvelée 5 fois (**Fredot,2012**).

2^{ème} stade : Sassage et claquage :

- ✓ Le sassage: séparation des produits de mouture sur la base de leur taille et de leur densité(**Feillet,2000**).
- ✓ Le claquage: réduction de la taille des semoules par écrasement entre deux cylindres lisses (**Feillet,2000 ; Fredot,2012**).

3^{ème} stade : Désagrégage et convertissage :

- ✓ Les désagrégateurs sont des appareils à cylindres munis de très fines cannelures qui ont pour but , en rebroyant les semoules vêtues (des semoules qui ne sont

pas acceptés comme produit fini en raison de leur pureté insuffisante),
d'enlever les fragments de sons restants adhérent à l'amande.

- ✓ Le convertissage est une opération secondaire en semoulerie. Elle a pour but de récupérer des farines basses à partir des produits résiduels contenant encore des traces d'amande, mais qui ne peuvent plus donner de semoule.

(Godon et Willm,1998).

1.7.7 Stockage et transferts

Les semoules produites peuvent être stockées en cellules avant d'être expédiées en vrac ou ensachées. Dans ces deux cas, elles sont acheminées grâce à des convoyeurs (exemple: pneumatiques, transporteurs à vis) **(JORF,2012).**

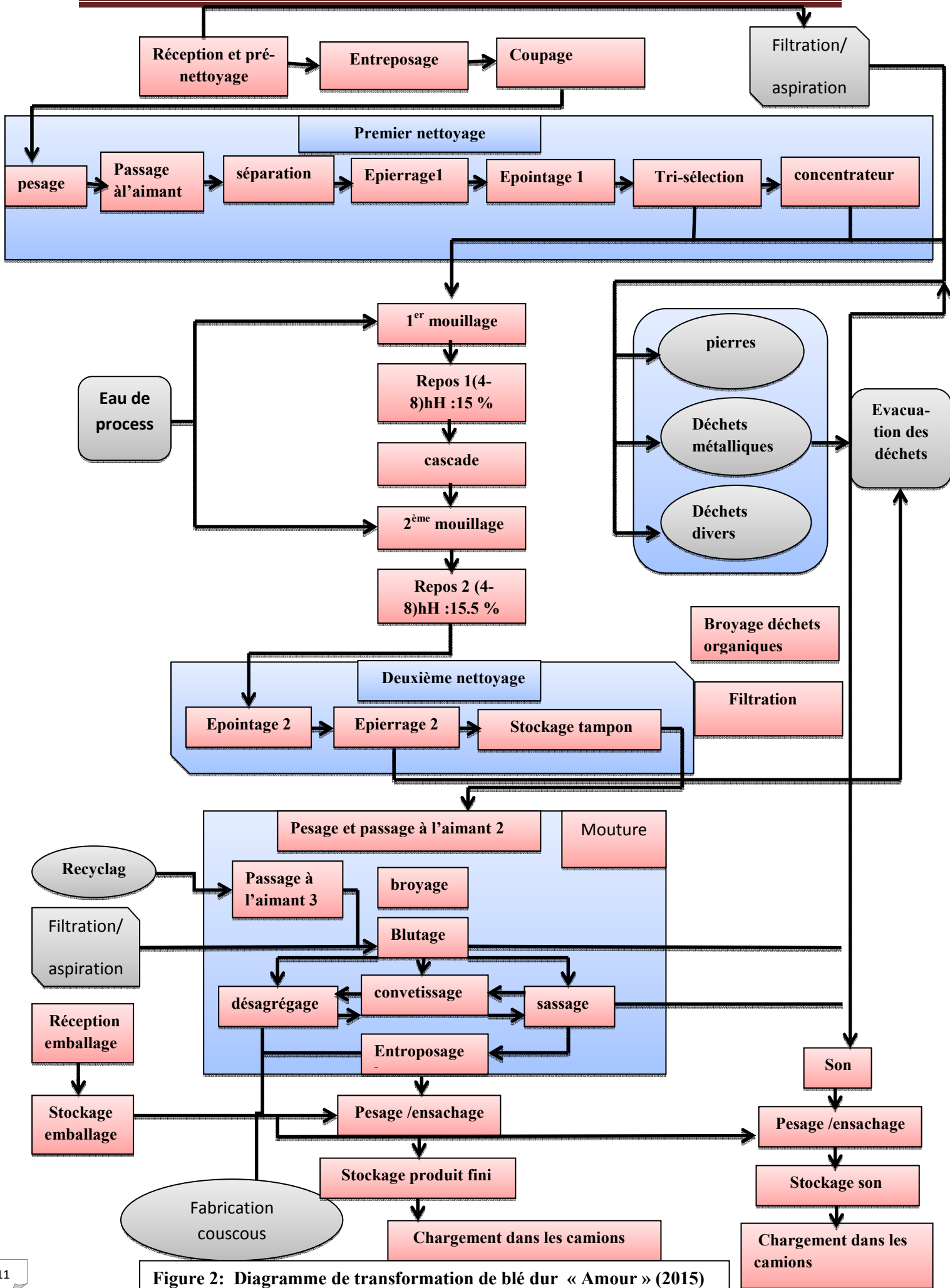


Figure 2: Diagramme de transformation de blé dur « Amour » (2015)

2. Semoule

2.1 Définition :

Selon l'Arrêté du 27 mai 1957, la semoule (du latin similafleur de farine) est un produit alimentaire plus ou moins granuleux, de couleur ambrée, extraite exclusivement des blés durs par une mouture industrielle spéciale dite de "semoulerie".

La semoule de blé dur est le produit obtenu à partir des grains de blé dur (*Triticum durum*) 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 du germe sont préservés (Codex Standard, 1991).

Selon Abecassis et al. (2010), c'est un produit granulé issu de la mouture industrielle des grains de blé industriellement purs et nettoyés. Elle est constituée par des fragments de l'amande de grain dont la taille granulométrique est supérieure à 150 µm.

2.2 Classification des semoules :

On distingue trois types de semoule : grosses, moyennes et fines, mais la fourchette granulométrique de chaque classe diffère en fonction de leur utilisation ultérieures.

Selon Jeantet et al. (2007), les semoules sont classées en fonction de la granulométrie comme indiqué ci – dessous

Tableau VIII : Classification des semoules (Jeantet et al., 2007).

Classes	Taille des mailles du tamis
semoules Grosses	>530
semoules Moyennes	250 à 530
semoules Fines	140 à 250
Farines	<140

En Algérie, les différentes semoules les plus consommées sont les suivantes (Benbelkacem et al., 1995).

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

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

2.3 Composition chimique de la semoule :

Tableau VIII :Composition chimique de la semoule (% de matière sèche)
(Selselet, 1991).

Composition	Glucides	Matières azotées	Matières grasses	Matières minérales
Teneurs (%)	83.55 – 90.35	8 - 14	1.2 – 1.8	0.45 – 0.65

2.4 Valeurs de la semoule:

2.4 .1 Valeur semoulière:

Celle-ci dépend en fait de trois groupes de facteurs (**Abecassis et Chaurand, 1997 ; Godon et Loisel, 1997**).

- Extrinsèques,
- Intrinsèques
- Réglementaires

2.4.4.1 Facteurs extrinsèques :

L'influence de certaines caractéristiques des grains sur la valeur semoulière est bien connue des semouliers. Il en est régulièrement tenu compte dans les transactions commerciales

(**Feillet, 2000**), entre dans cette catégorie :

- ✓ **La teneur en eau** du grain que l'on souhaite la plus faible possible; elle est généralement comprise entre 10 et 16 % .
- ✓ **Le taux d'impuretés**, le plus souvent égal à 2 ou 3 % et qui représente la somme des produits étrangers utilisables (ex : grains d'autres céréales), nuisibles (ex: ergot) ou bien inertes (ex: pierres). Les grains de blé tendres sont considérés comme impuretés jusqu'à 4 % .
- ✓ **Le taux et la grosseur des grains cassés** qu'il est parfois impossible de séparer d'autres impuretés au cours de nettoyage.

2.4.1.2 Facteurs intrinsèques :

Ce groupe de facteurs englobe plusieurs caractéristiques qui dépendent exclusivement de la nature de blé mis en œuvre, dans cette optique la valeur semoulière dépend :

- ✓ **Du rapport albumen / enveloppes** que l'on préfère aussi haut que possible, ce rapport dépend de :
 - **L'épaisseur des enveloppes.**
 - **La forme du grain.**
 - **Le degré d'échaudage.**
- ✓ **De la friabilité de l'albumen** qui détermine les rendements relatifs en semoules et farine. Plus l'amande est vitreuse et dure, moins elle aura tendance à se réduire en farine, alors qu'un grain fortement métadiné dont l'amande est farineuse et friable, aura tendance à se désagréger en produits très fins au détriment de rendement en semoule.
- ✓ **De la facilité de séparation de l'albumen et des enveloppes** qui traduit la difficulté rencontrée par le semoulier pour épuiser convenablement les sons.

2.4.1.3 Facteurs réglementaires :

Il s'agit de la richesse en matière minérale . Compte tenu de ce 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 mesurant la teneur en matière minérale(**Abecassis et Feillet, 1985**).

2.4.2 -Valeur pastière :

Sous le terme de la valeur pastière peuvent être regroupées deux notions pré-distinctes :

- L'aptitude des semoules à être transformées en pâtes alimentaires.
- La qualité des produits finis.

Le premier aspect ne doit pas être mésestimé, mais ou manque de données objectives quant à la différence de comportement des blés à ce niveau , en limitant donc à examiner ici le deuxième point qui dépend de :

- ❖ **L'aspect des pâtes alimentaires à l'état cru** : directement perceptible qui influence souvent l'achat en dehors des considérations de prix.
- ❖ **La qualité culinaire des pâtes alimentaires** elle se manifeste lors de la cuisson (**Abecassis et Chaurand, 1997**) .

2.5 Facteurs essentiels de composition et de qualité :

2.5.1 Facteur de qualité – critères généraux :

- La semoule et la farine de blé dur, ainsi que tous produits nutritifs leur étant ajoutés, doivent être :
- Sains et propre à la consommation humaine.
- Exemptes d'odeurs et de goûts anormaux ainsi que d'insectes vivants.
- Exemptes de souillures (impuretés d'origine animale y compris les insectes morts) en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé humaine.

2.5.2 Facteurs de qualité – critères spécifiques :

- **Teneur en eau** (14,5 % maximum)

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. Les gouvernements acceptant la norme sont priés d'indiquer et de justifier les critères applicables dans leur pays. (**CODEX STAN 178-1991**) .

2.6 Hygiène :

Il est recommandé que le produit visé par les dispositions de la présente norme soit préparé et manipulé conformément aux sections appropriées du Code d'usages international recommandé – Principes généraux d'hygiène alimentaire (CAC/RCP 1-1969) et des autres

Codes d'usages recommandés par la Commission du Codex Alimentarius applicables à ce produit.

- Dans la mesure où le permettent les bonnes pratiques de fabrication, le produit doit être exempt de matières indésirables.
- Lorsqu'il est soumis à des méthodes appropriées d'échantillonnage et d'examen, le produit doit être exempt de :
 - Microorganismes, et parasites.
 - Substances provenant de microorganismes en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé(CODEX STAN 178-1991).

3 . Couscous :

3.1 Historique :

Le couscous est un produit alimentaire très ancien, inventé il y a environ 3 000 ans par les Berbères en Afrique du Nord (**Abecassis et al., 2012**). Sa consommation s'est étendue de l'Afrique du Nord à de nombreux pays d'Afrique Centrale, d'Europe et aux Etats-Unis.

L'origine berbère du mot couscous ne fait pratiquement pas de doute, même si sa formation exacte présente quelques obscurités. En effet, le terme, sous la forme de base *seksu*, est attesté dans quasiment tous les dialectes berbères Algéro-Marocains et les dialectes berbères sahariens présentent une forme légèrement différente : *keskesu*(**Chaker, 1995 ; Beji-Becheur, 2008**).

3.2 Définition :

Au plan réglementaire, le couscous est mal défini . Il est formé au départ d'un mélange de semoules de blé dur de différentes granulométries et d'eau, puis estroulé, cuit, séché, et tamisé(**Jeantet et al.,2007**).

Selon Codex Standard 202-1995 :C'est un produit composé de semoule de blé dur (*Triticum durum*) dont les éléments sont agglomérés en ajoutant de l'eau potable et qui a été soumis à des traitements physiques 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».

3.3 Composition biochimique du couscous :

Le codex alimentarius(norme de codex 202-1995) indique que la teneur en humidité du couscous ne doit pas dépasser 13,5 % avec une teneur en cendres au maximum de 1,1% .

La composition biochimique du couscous industriel est représentée dans le **tableau 10**

Tableau X : Composition biochimique du couscous industriel moyen (**Hebrard, 2002**) .

Composition	Couscous moyen
Teneur en eau (g/ 100g du produit)	9,8 ±0,3
Teneur en amidon (g/ 100g de matière sèche)	85 ,6 ± 6,0
Teneur en protéines totales(g/ 100g MS)	13,5 ±0,5
Teneur en protéines solubles(g / 100 g)	2,2 ± 0,1
Teneur en pentosane totale (g / 100 g de MS)	1,4 ± 0,1

3.4 Qualités du couscous :

3.4.1 Qualité nutritionnelle :

La qualité nutritionnelle d'un aliment dépend de ses caractéristiques propres, c'est-à-dire, de sa composition mais également des conditions dans lesquelles il est préparé et consommé (**Derouiche, 2003**).

Par ailleurs, le couscous fournit une part importante de l'apport énergétique de la ration (350 kcal / 100g de ms) vue sa richesse en glucides (75g/100g) (**Dagher, 1991**).

3.4.2 Qualité hygiénique :

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

3.4.2.1 Qualités organoleptiques :

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

Les paramètres de la qualité commerciale du couscous sont :

- **Couleur du couscous :**

Selon **Guezlane (1993)**, les grains de couscous sont caractérisés par une couleur jaune-claire. La couleur des grains de couscous dépend en grande partie de la

couleur initiale de la semoule de blé dur (Debbouzet al., 1994). Elle se traduit dans l'apparence du produit fini par une teinte claire et une couleur jaune ambré.

▪ **Granulométrie des particules :**

Le *codex alimentarius* (norme de *codex 202-1995*) indique que la granulométrie de couscous doit être comprise entre 630 et 2000 μm .

▪ **Forme des particules :**

Selon l'enquête réalisée par Derouiche (2003), la qualité du couscous sec est présentée dans la granulométrie homogène, la forme arrondie et la couleur jaune claire.

▪ **Masse volumique de couscous :**

La masse volumique des grains est influencée par l'espace inter-granulaire (Scotti, 1984), qui est influé par la forme des particules et leur hétérogénéité (Guezlane, 1993).

La qualité culinaire d'un produit alimentaire correspond au comportement de l'aliment pendant et après sa cuisson (Yettou, 1998).

Selon Feillet (1986), l'aspect culinaire de couscous est similaire à celui des pâtes alimentaires sauf en ce qui concerne le mode de cuisson.

3.5 Types de couscous :

3.5.1 Couscous industriel :

Le couscous commercial (industriel) est un grain de semoule précuit qu'il suffit de réhydrater à l'eau tiède ou à l'eau chaude avant de le cuire à la vapeur dans un couscoussier

(Jeantet et al., 2007).

Procédé de fabrication du couscous industriel :

a/ Hydratation et malaxage :

Cette étape permet l'addition d'eau et le malaxage de complexe semoule - eau ce qui rend la matière première apte à la mise en forme. Cette opération se fait en utilisant une cuve mélangeuse.

b/ Roulage et tamisage :

C'est l'opération de la mise en forme de couscous grâce à l'agglomération des particules hydratés de la semoule sous l'effet de mouvement de la rouleuse.

Cette dernière est constituée d'un tambour cylindrique légèrement incliné muni des palettes tournant en sens inverse et à une vitesse différente de celle du tambour. Ce dernier est divisé en deux parties dont la première favorise l'agglomération et la mise en forme des grains de couscous par le frottement des palettes sur la toile de tambour et la deuxième est perforée et assure le tamisage des particules en donnant trois produits (couscous, les particules fines humides, les particules grosses (boules)). Les particules fines et grosses subissent un recyclage vers la cuve mélangeuse.

Les grains de couscous de granulométrie désiré poursuivent la ligne de procédé vers le cuiseur à la vapeur.

c/ Précuisson :

Cette opération est faite grâce à un traitement hydro - thermique (précuisson à la vapeur d'eau) cette étape a pour but :

- De maintenir la forme des grains de couscous et éviter l'agglomération de couscous au cours de sa réhydratation (**Guezlane et al., 1998**).
- D'assurer la préservation de couscous contre les altérations microbiologiques par la diminution de la charge microbienne d'autre part (**Yousfi, 1983**).

Le couscous traverse un tunnel saturé de vapeur d'eau sur un tapis transporteur à maille en inox pour un temps bien connu.

d/ séchage :

Le séchage est destiné à prolonger la durée de conservation du couscous . Il faut bien le sécher jusqu'à une teneur d'eau de 12% (**Guezlane et al.,1998**). Le couscous est ensuite transféré par un transporteur pneumatique vers le séchoir à tambour perforé.

e/ Refroidissement et calibrage :

Cette étape complète le séchage et remet le couscous à la température ambiante, puis le couscous sec est transporté vers le plansichter par un système pneumatique constitué de quatre tamis superposés, qui permettent de classer les grains de couscous comme suit :

- Les particules grosses sont cassées puis reviennent au plansichter.
- Le couscous moyen et fin sont stockés dans les silos avant de les conditionner.
- Les particules fines sont recyclées vers la cuve mélangeuse.

3.5.2 Couscous artisanal :

Traditionnellement, la préparation de couscous se fait de la manière suivante :

Les grains de couscous sont roulés à la main avec beaucoup de dextérité.

La semoule de blé dur et la farine sont placées dans un plat en bois ou en terre cuite, avec un peu d'eau froide salée; en roulant la semoule, la farine s'agglutine progressivement autour de chaque grain. Le grain obtenu est ensuite passé au tamis, ce qui permet de trier les grains selon leur grosseur. Cette opération terminée, la graine est prête pour la cuisson.

(Larousse gastronomique, 1984).

Selon **Feillet (2000)**, les conditions de fabrication artisanale diffèrent d'une région à l'autre de l'Afrique du nord et consiste en une agglomération manuelle des particules de semoule hydratée, suivi d'un tamisage (sur plusieurs tamis) des agrégats formés et d'une reprise des particules les plus grosses et les plus fines. Les grains de la dimension recherchée sont séchés au soleil.

3.5.2.1 Procédé de fabrication artisanale :

a/ Hydratation :

Cette opération permet de préparer la semoule grosse à l'agglomération, par l'addition de l'eau légèrement froide par l'intermédiaire d'une louche. Grâce à l'hydratation, des liens se forment entre particules de semoules et permettant leur agglomération.

(Hebrard et al., 2003).

b/ Roulage :

Cette étape se fait dans une large écuelle appelée Guessaa, et assurée par le mouvement de va et vient des mains ouvertes, paumes vers le bas avec un léger écartement des doigts afin de garantir un bon mélange, faciliter l'absorption de l'eau par les particules de la semoule qui débutent à adhérer les unes aux autres et à se gonfler.

c/ Tamisage :

L'homogénéité et la granulométrie recherchées sont assurées par le choix des ouvertures des mailles de tamis.

Pour la préparation de couscous moyen, il faut qu'il y est la présence de deux types de tamis :

- **Sakkat de couscous moyen** dont l'ouverture de maille de l'ordre de 2000 μm , permet de réaliser la première opération de criblage.
- **Reffad de couscous moyen** ayant l'ouverture de maille de 1000 μm permet de séparer le couscous de la granulométrie désirée de celui trop fine et de la semoule.

d/ Précuisson :

Le refus de reffad (couscous moyen) est met dans une passoire d'aluminium d'un couscoussier contenant de l'eau à l'ébullition.

Le couscous est précuit à la vapeur d'eau pendant 14 ± 3 min à température de l'ébullition.

Le temps varie en fonction de :

- **La granulométrie de couscous** : plus la granulométrie augmente plus le temps de précuisson diminue car la vapeur d'eau circule plus vite entre les gros grains de couscous (**Angar et Belhouchet, 2002**).
- **l'épaisseur de la couche de couscous** mis dans la passoire et cela en fonction de la profondeur de ce dernier.

e/ Emottage et calibrage :

le couscous précuit sous la forme du gâteau (forme de la partie supérieur du couscoussier), est émotté manuellement ou par l'intermédiaire d'un outil, à chaud car son émottage devient difficile à froid .ensuite, il est calibré à travers un tamis de manière que tous les grains de couscous passent à travers les mailles de ce tamis.

f/ Séchage :

Le séchage du produit fini se fait en deux phases :

- Séchage à l'ombre : le couscous est bien étalé sur une ligne propre , à l'ombre et à la température ambiante . Le produit commence à perdre son humidité progressivement.

Le temps de séchage est fonction de la température ambiante et de l'humidité relative de l'air.

Lorsque le produit est bien séché, le couscous est séché au soleil.

- Séchage au soleil : se fait à l'air libre dans un endroit bien exposé au soleil, cette phase est nécessaire afin de garantir le séchage du produit.

8. Germes recherchés dans le blé dur , produits dérivé et l'eau :

8.1 Moisissures :

Généralité :

Les champignons filamenteux constitués de 50000 espèces sontaérobies strictes, mésophiles, acidophiles dont le pH de croissance compris entre 2 et 11selon les souches avec un optimum

de 5 à 8. La majorité des souches des moisissures se multiplient à des activités en eau (a_w) supérieur à 0,80.

Ces micro-organismes peuvent se développer dans les milieux pauvres et tous les milieux simples dont les colonies apparaissent sous forme de colonies duveteuses, cotonneuses ou veloutées avec un mycélium coloré en blanc rose, jaune, vert ou noir (**Richard,2016**).

8.2 Clostridium sulfite réducteurs

Généralité :

les clostridiums sont des espèces de la famille de Clostridiaceae. Ce sont des bacilles, Gram positif, anaérobies strictes et des spores ovales ou bien sphériques déformantes, à flagelle péritriche, résistant aux facteurs physico-chimiques (thermorésistance) (**Carbonnelle et al., 1990**).

selon la norme **ISO 6649**, clostridium sulfite-réducteur est un bacille de longueur de 3 à 4 μm et de largeur de 1 μm , isolé ou bien en courtes chainettes, immobiles, capsulés, sporulés (spores de grande taille, ovales centrales ou bien subterminales).

8.3 Coliformes :

Généralités :

Ces bactéries, appelées bactéries témoins de contamination fécales sont recherchées en routine dans les eaux.

Se sont des bacilles gram négatif non sporulés, oxydase négative, aéro-anaérobies ou anaérobie facultative.

Ils peuvent se développer en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface équivalents, ils fermentent le lactose avec production d'acides et de gaz en 48 h à une température de 35 à 37 °C \pm 0,5 °C.

Outre, les coliformes totaux sont également recherchés en bactériologie des eaux et alimentaire (**Delarras, 2010**).

8.4 Streptocoques :

Généralités :

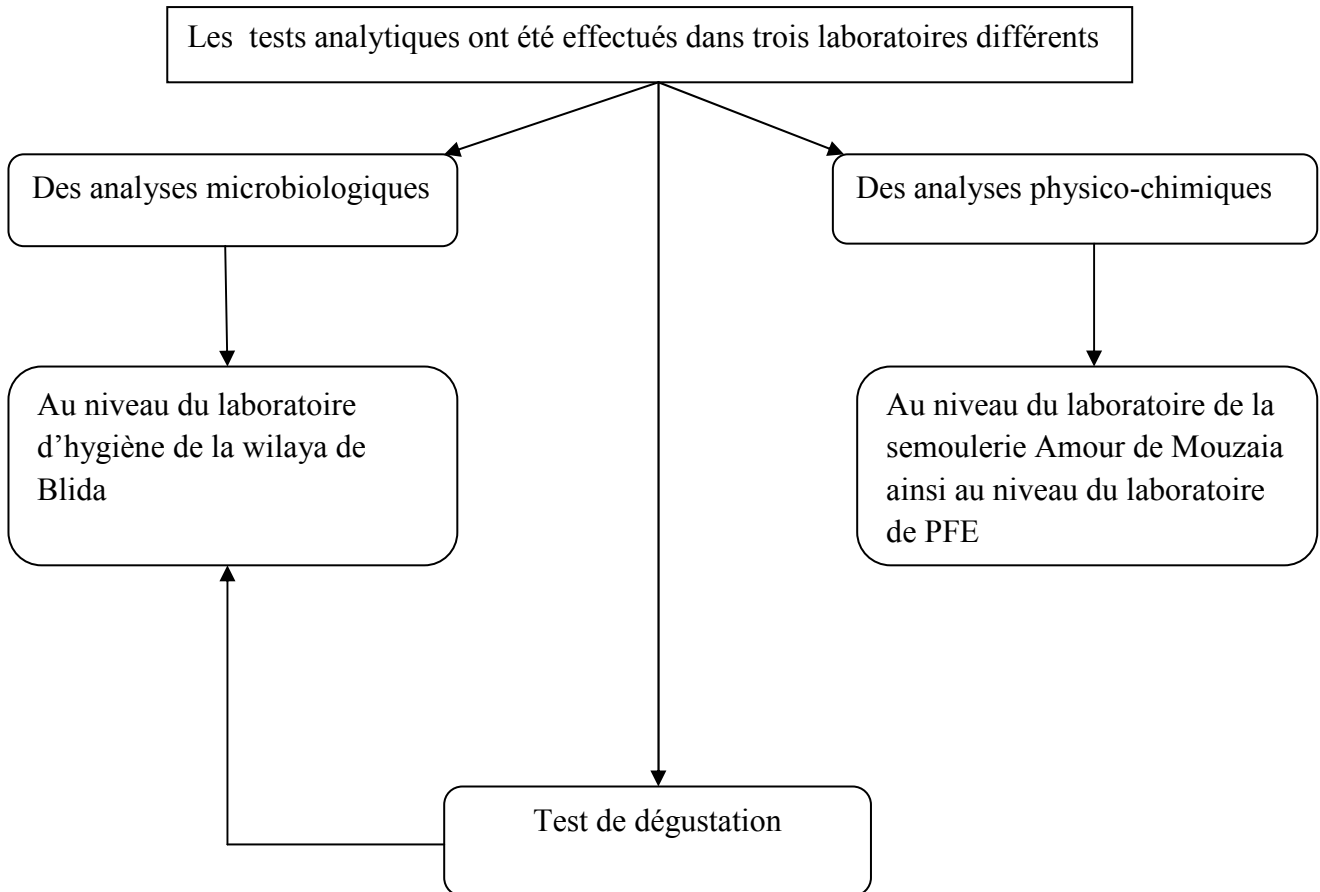
Se sont des Cocci a gram positif ovalaires ou sphériques, anaérobie facultative, immobiles en générale , de 0,6 à 1µm de diamètre isolé en diplocoques , chainettes ou bien chaines , elles se développent en générale a une température comprise entre 20 et 42°C avec un optimum de 35 à 37 °C dans un pH neutre (7,2 à 7,4) (**Delarras, 2007**).

8.5 Germes totaux :

Généralité :

Les micro-organismes revivifiables, et plus précisément les bactéries revivifiables, ne sont pas des germes indicateurs de contamination fécale comme les précédents; ils sont recherchés dans certaines eaux à 22 et à 37 °C, car ils peuvent parfois exprimer un risque de contamination microbienne au-delà d'un certain seuil (**Delarras, 2007**).

Le présent travail consiste en l'étude comparative de certains paramètres de deux types de couscous de même blé dur fabriqués par voie traditionnelle et industrielle et suivi tout au long de la chaîne de production (matière première jusqu'au produit fini).



1.Lieu de stage :

Notre étude a été effectuée au niveau de la semoulerie Amour de Mouzaia, Blida.

Cette unité est spécialisée dans la production du couscous avec une capacité de transformation de 1800 Kg/h.

La durée de notre stage est de trois mois (de 28 Février à 28 Mai).

2. Matière première :

Pour notre étude, nous avons utilisé un mélange de blé dur local de Blida (20%) et un blé dur importé de Canada (80%).

L'échantillonnage a été fait selon la norme **AFNOR (1997)** :

Le prélèvement de BD est réalisée à l'aide d'une sonde métallique

- Au cas où le poids du contenu du camion est < 15 T : le prélèvement se fait dans 05 points différents d'où 04 points à la surface et 01 point au milieu du contenu.
- Au cas où le poids du contenu du camion est entre 15 et 30 tonnes, le prélèvement se fait dans 08 points différents dont 06 points à la surface et 02 points au milieu du contenu.

Une quantité de 5 kg de BDS, R1D, B1D, SM, CA et CI a été prélevée grâce à une pelle en plastique et sauvegardé dans des sacs en plastique

Une quantité de (5L chacune) d'eau de chaudière, de robinet et de process a été prélevée dans des conditions aseptiques et remplies dans des flacons en verre stériles d'une capacité de 2,5 L (deux flacons).

. 3.Matériel biologique :

Les produits utilisés dans cette étude sont :

- Blé dur, semoulemoyenne, couscous industriel, couscous artisanal, l'eau de process, l'eau de robinet et l'eau de chaudière

4.Matériel non biologique :

Nous avons travaillé avec le matériel de routine utilisés dans les différents laboratoires de notre stage.

- Appareillage(Annexe I).
- Verrerie (Annexe II).
- Réactifs, indicateurs et solutions (Annexe III).
- Milieux de cultures (Annexe IV).

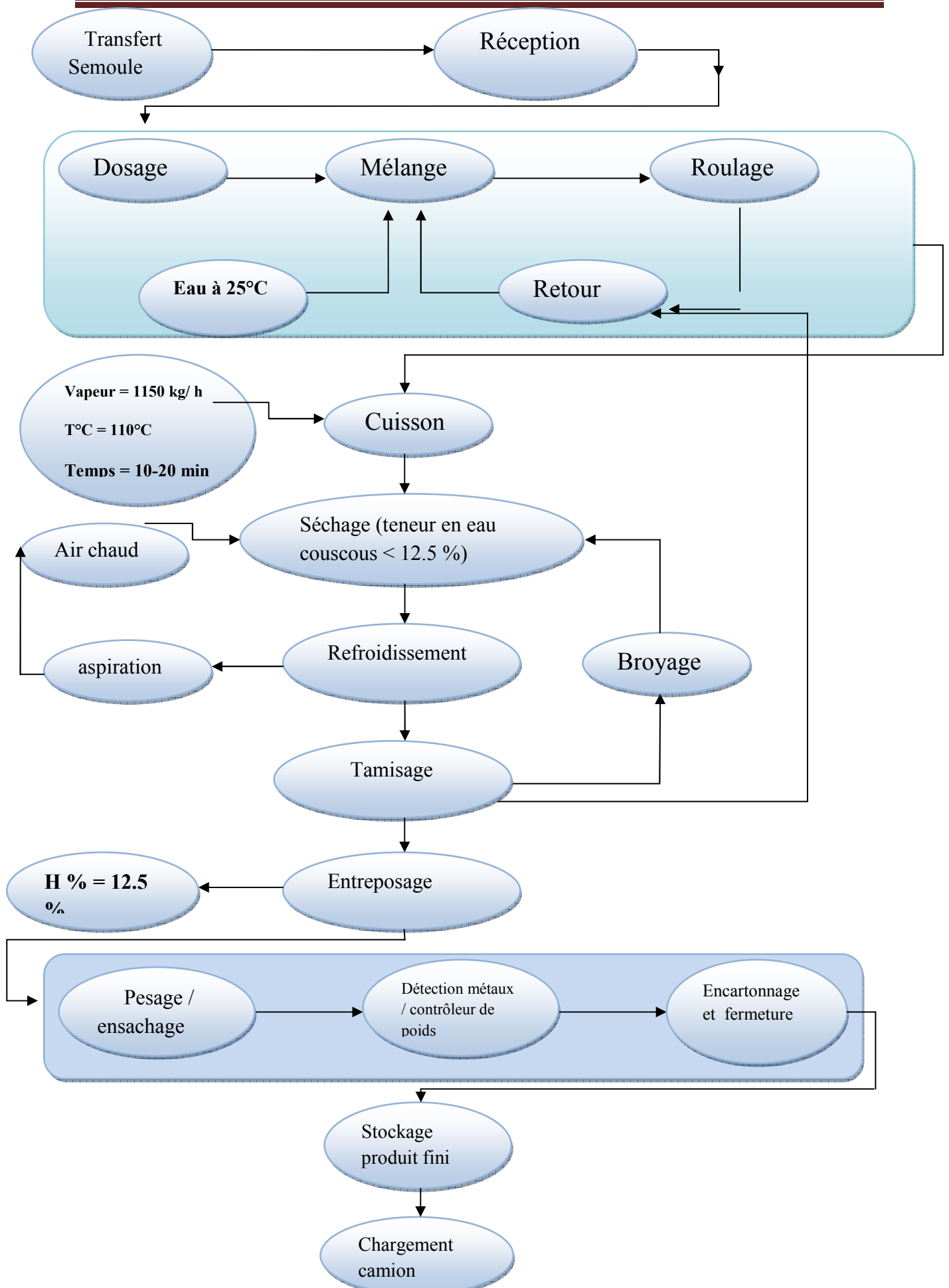


Figure 3 : Diagramme de fabrication de couscous industriel Amour

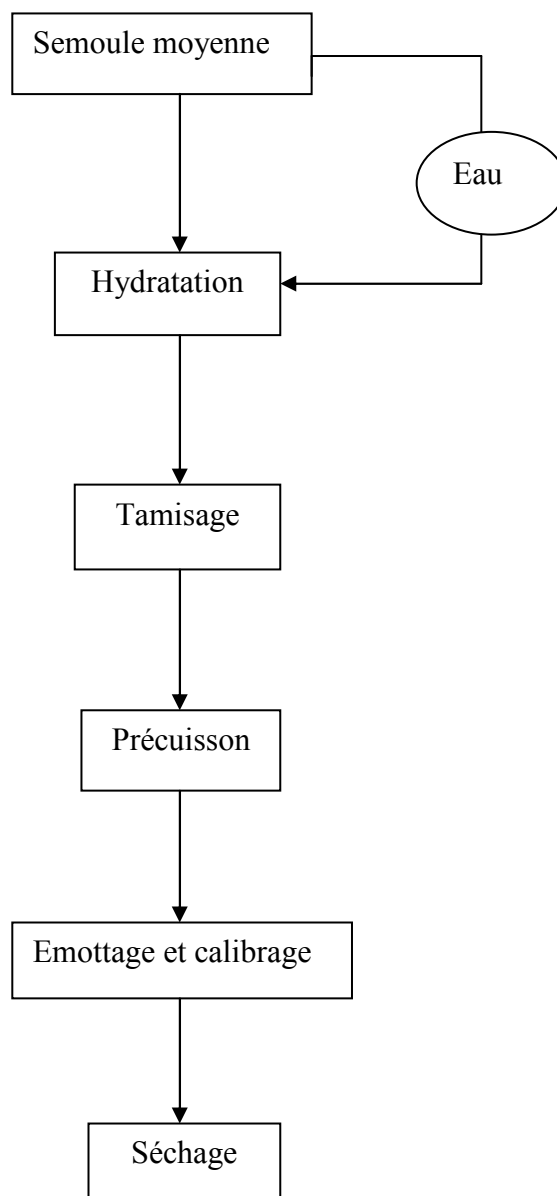


Figure 4 : diagramme de fabrication du couscous artisanal

5 .Analyses sensorielle du blé réceptionné :

L'analyse sensorielle qui détermine la qualité saine et loyale du blé dur se fait visuellement et l'odeur du produit.

Si le BD est moisi ou bien mélangé avec le BT, il sera immédiatement refusé.

6. Analyses physico – chimiques :

6.1. Blé dur réceptionné :

6.1.1. Agréage du blé dur :(Norme d'entreprise. (NE) AMOUR 1985)

La qualité des grains est appréciée par la détermination des paramètres suivant :

- a) Taux d'impuretés.
- b) Masse à l'hectolitre.
- c) Poids de 1000 grains.
- d) Taux d'humidité.

a) Taux d'impuretés :

- Prélever 100g de blé dur.
- Ecarter les impuretés suivantes (grains mouchetés, piqués, échaudés, avoine, orge et déchets, l'ergot,BT, blé cassés, grains étrangers, blé mitadinés).
- Peser chaque impureté, à part afin, de déterminer le pourcentage d'impuretés.

b)Masse à l'hectolitre (PS) : (NE AMOUR 21 juin 2016)

La masse à l'hectolitre « masse volumique » des céréales c'est le rapport de la masse de céréales au volume qu'elles occupent après un écoulement libre dans un récipient, cette masse volumique est exprimée en kg par hl de grains tels quels (ISO 7971-1 , 2009).

On utilise fréquemment le **Nilma litre** pour déterminer le poids à l'hectolitre. (souvent appelé poids spécifique)(Feillet,2000).

Mode opératoire :

Cette opération est effectuée en deux étapes :

- **Remplissage de la trémie :**
- Homogénéiser l'échantillon.



Nilma - litre

- 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.
- **Arasement et pesée de la masse :**
 - Replacer le couteau dans la glissière de façon à araser la colonne de grains.
 - Enlever les grains en excès.
 - Retirer la trémie cylindrique et le couteau araseur.
 - Peser immédiatement le contenu dans le cylindre mesureur.

Expression des résultats :

Le poids spécifique (PS) peut être déterminé par référence au tableau de concordance fourni avec le pèse-grains, les valeurs sont exprimées en Kg/hl.

c) Poids de 1000 grains (PMG) : (NE AMOUR - Mars 2016).

C'est un critère plutôt agronomique qui rend compte de la bonne formation et alimentation des grains. Il sert à déterminer le rendement d'une céréale avant la récolte.

Cependant, il peut aussi permettre de vérifier si un grain a été conservé dans de bonnes conditions.

Mode opératoire :

- Prélever au hasard une quantité de l'échantillon.
- Sélectionner les grains entiers.
- Peser les grains entiers.
- Compter les grains sélectionnés.

Expression des résultats :

La masse m_H en g de 1000 grains sur la matière:

$$M_H = (m_0 \times 1000) / N$$

m_0 : masse (en g) des grains entiers sélectionnés de la quantité prélevée.

N : le nombre des grains entiers contenus dans la masse m_0 .

La masse m_s (en g) de 1000 grains sur la matière sèche :

$$M_s = [m_H \times (100 - H)] / 100$$

m_H : masse de 1000 grains (g).

H : teneur en eau des grains exprimée en % .

m_s : matière sèche.

d)Taux d'humidité : (NE AMOUR – Février 2016)

Principe :

Séchage d'une prise d'essai à une température comprise entre 130 et 133°C pendant 2h.

Prise d'essai :

1. Dans le cas de produit ne nécessitant pas de broyage (SM,CA,CI), peser rapidement une quantité légèrement supérieure à 5g de l'échantillon pour essai dans la capsule préalablement séchée et tarée.
2. Dans le cas de produit ayant nécessité un broyage (BDS,B1,R1) peser rapidement 5g de produit broyé dans la capsule préalablement séchée et tarée.

Mode opératoire :

- Avant utilisation,les capsules et leurs couvercles sont séchées à l'étuve durant 15 min à 130°C,puis refroidies dans un dessiccateur jusqu'à la température de laboratoire pendant 30 à 45 min.
- Peser les capsules vides.
- Peser rapidement dans les capsules une quantité de 5g de l'échantillon analysé.
- Introduire les capsules contenant la prise d'essai dans une étuve pendant 2h à une température de 130 à 133°C.
- Après 2h de l'étuvage placer les capsules dans le dessiccateur à la température de laboratoire pendant 30 à 45 min.
- Peser les capsules plus le résidu.

Expression de résultats :

La teneur en eau exprimée en masse de produit est donnée par la formule :

$$[(m1- m2 / m1- m0)] \times 100$$

Où:

m_0 : masse en gramme de la capsule et son couvercle .

m_1 : masse en gramme englobant la capsule, le couvercle et la prise d'essai avant séchage.

m_2 : masse en gramme englobant de la capsule, le couvercle et la prise d'essai après séchage.

Remarque :

Au niveau de la semoulerie AMOUR, on utilise un appareil (INFRANEO) qui est plus performant et rapide que la méthode classique et qui permet de déterminer les paramètres suivant : taux d'humidité, teneur en protéine, taux de gluten, poids spécifique.

6.2 BDS, R1 et B1 :

6.2.1 Taux d'impuretés :

Le taux d'impuretés est déterminé selon la norme d'entreprise AMOUR détaillée à la page 28.

6.2.2 Masse à l'hectolitre :

La masse à l'hectolitre est déterminée selon NE AMOUR – 21 Juin 2016 détaillée à la page 28.

6.2.3 Poids de 1000 grains :

Le poids de 1000 grains est déterminé selon NE AMOUR – Mars 2016 détaillée à la page 29.

6.2.4 Taux d'humidité :

Le taux d'humidité est déterminé selon NE AMOUR – 08 Février 2016 détaillée à la page 30.

6.2.4 Taux de cendres : déterminé selon (NE AMOUR – 15 février 2015)

Principe :

Incineration d'une prise d'essai jusqu'à combustion complète des matières organiques à une température de 900°C pendant 2h.

Prise d'essai :

Dans le cas de BDS, R1 et B1, l'échantillon doit être broyé avant d'être analysé

Mode opératoire :

- Préparation des nacelles d'incinération.
- Nettoyage des nacelles pendant au moins 1h dans une solution aqueuse d'acide chlorhydrique puis rincer à l'eau courante et ensuite à l'eau distillé.
- Placer les nacelles nettoyées dans le four à moufle à une température de 900°C pendant 15 min.
- Refroidir ces nacelles séchées dans un dessiccateur pendant 1h au maximum.
- Peser les nacelles vides.
- Peser rapidement 5g de l'échantillon à analyser dans chaque nacelle.
- Placer les nacelles et son contenu à l'entrée du four porté à la température d'incinération.
- Ajouter de l'éthanol pour les enflammer rapidement.
- Attendre que le produit soit arrivé à terme de la phase d'incinération puis introduire les nacelles à l'intérieur du four.
- Poursuivre l'incinération jusqu'à combustion complète du produit (4h minimum à 550°C)
- Une fois l'incinération est terminée retirer les nacelles du four et les refroidir dans le dessiccateur.
- Peser rapidement les nacelles plus le résidu.

Expression de résultats :

Le taux de cendres exprimé en pourcentage de la masse rapporté à la matière sèche est égale à :

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

Où :

M₀ : masse en gramme de la nacelle vide.

M₁ : masse en gramme de la nacelle plus la prise d'essai.

M₂ : masse en gramme de la nacelle plus le résidu.

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

6.2.5 Teneur en lipide (Méthode ISO 734-1,2000)

Principe:

Il est basé sur l'extraction de la matière grasse par l'éther de pétrole (dans des conditions opératoires de la méthode), et exprimé en pourcentage de la masse de produit.

Mode opératoire :

- Sécher le ballon de 500ml à 150°C pendant 1h.
- Refroidir le ballon au dessiccateur pendant 30min.
- Peser le ballon à la 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 d'éther de pétrole dans le ballon et 50ml dans l'extracteur.
- Chauffer le ballon sur l'échauffe ballon pendant 4h.
- Sécher le résidu du ballon dans une étuve à 70-80°C.
- Refroidir le ballon au dessiccateur pendant 30 min.
- Peser les ballons avec l'huile à la précision de 0.001 g.

Expression des résultats :

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

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

Où :

MG % : teneur en matière grasse (en%).

P₂ : poids du ballon +le résidu.

P₁ : poids du ballon vide.

P₃ : poids de la prise d'essai (en g).

6.3 Semoule

6.3.1 Taux d'humidité :

Le taux d'humidité est déterminé selon NE AMOUR – 08 Février 2016

6.3.2 Taux de cendres :

Le taux de cendres est déterminé selon NE AMOUR – 15 février 2015 détaillé à la page 31.

6.3.3 Granulation : (NE AMOUR - 30 JUIN 2016).**Principe :**

Le rôle du tamiseur est un peu différent de celui du sasseur, en effet il est utilisé dans le but de réaliser un classement des produits en fonction de la taille des particules.

Cette répartition en grosseur du produit est également appelée granulométrie du produit.

Mode opératoire :

- Bien homogénéiser l'échantillon avant la prise d'essai.
- Peser 100g de produit.
- Préparer les tamis en les classant selon les produits.
- Lancer le tamiseur (pendant 5 min pour les semoules, 3 min pour le couscous).
- Peser le refus de chaque tamis et constater l'extraction du dernier tamis.

Classement des tamis pour la granulation de la semoule moyenne (SM):

Le classement des tamis pour SM est comme suit :

$\emptyset = 710\mu\text{m} > 355\mu\text{m} > \text{Le fond de tamis (extraction)}$

6.3.4 Acidité grasse :(Méthode ISO 7305-1986)**Principe :**

Mise en solution des acides dans l'éthanol à 95 % (v/v) à la température du laboratoire, centrifugation et titrage d'une partie aliquote de la solution surnageant par l'hydroxyde de sodium.

Conditions 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 :

- **Préparation de l'échantillon pour essai**

- **Cas des semoules et des pâtes alimentaires :**

Broyer environ 50 g de produit à l'aide du broyeur de telle manière que la totalité du broyat passe au travers du tamis de 500 μm d'ouverture de maille et qu'au moins 80 % passent au travers du tamis de 160 μm d'ouverture de maille.

- **Prise d'essai**

Peser à 0,01g près environ 5g de l'échantillon pour essai, après l'avoir bien homogénéisé.

- **Extraction**

- Introduire la prise d'essai dans le tube de centrifugeuse.

- Ajouter à la pipette 30 ml d'éthanol et fermer le tube hermétiquement.

- Agiter pendant une heure à l'aide de l'agitateur rotatif mécanique en opérant à une température de $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

- Centrifuger ensuite à deux reprises et successivement pendant 2 min. Ces deux centrifugations sont plus efficaces qu'une seule de plus longue durée car elles permettent d'éliminer les particules restantes en suspension.

- **Titrage**

- Prélever à la pipette 20 ml du liquide surnageant parfaitement limpide et les verser dans une fiole conique.

- Ajouter 5 gouttes de phénolphtaléine.

- Titrer à l'aide de la micro-burette avec la solution d'hydroxyde de sodium 0,05 N, jusqu'au virage au rose pâle persistant quelques secondes.

- ✓ **Essai à blanc**

Titrer l'acidité apportée par l'alcool, en opérant sur 20ml d'éthanol suivant la même démarche.

Expression des résultats :**Mode de calcul et formules**

- Acidité exprimée (en g) d'acide sulfurique pour 100 g de matière telle quelle :

$$[7,35 \times (v1 - v0) \times T] / m$$

- Acidité exprimée (en g) d'acide sulfurique pour 100g de matière sèche :

$$[7,35 \times (v1 - v0) \times T] / m - H$$

où :

V1 : volume, (en ml), de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour la détermination.

V0 : volume, (en ml), de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour l'essai à blanc.

M: masse, (en g), 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.

6.3.5 Teneur en lipide :

La teneur en lipide est déterminée selon la norme ISO 734-1,2000 détaillée à la page 33.

6.4 Couscous (CA et CI) :

6.4.1 Taux d'humidité :

Le taux d'humidité est déterminé selon NE AMOUR – 08 Février 2016.

6.4.2 Taux de cendres :

Le taux de cendres est déterminé selon NE AMOUR – 15 Février 2015.

6.4.3 Acidité grasse :

L'acidité grasse est déterminée selon la norme internationale ISO 7305-1986 détaillée dans la page 34.

6.4.4 Teneur en lipides :

La teneur en lipide est déterminée selon la norme ISO 734-1,2000.

6.4.5 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 apportées sur le poids après chaque étape de préparation.

Mode opératoire :

- **1^{er} 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^{ère} évaporation** : faire cuire le couscous à la vapeur pendant 15min.
- **2^{ème} mouillage** : arroser progressivement le couscous d'une certaine quantité d'eau.
- **2^{ème} évaporation** : faire cuire une deuxième fois à la vapeur pendant 15 min.
- Peser le couscous après chaque étape de préparation.

6.4.6 Indice de gonflement : (NE AMOUR - 26 Juin 2016)**Principe :**

Le gonflement nous renseigne sur la capacité d'hydratation du couscous.

Mode opératoire :

- Peser 50g de couscous et les mettre par gravité dans une éprouvette graduée de 250ml. soit V1 la valeur du volume occupé lue sur l'éprouvette.
- 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 min le volume V2 qui occupe le couscous dans l'éprouvette.

Expression des résultats :

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

$$IG = V_2 / V_1$$

6.4.7 Granulation : (NE AMOUR - 30 Juin 2016).

La détermination de la granulation se fait selon NE AMOR - 30 Juin 2016.

Classement des tamis pour la granulation de couscous moyen :

Ø = 1600 µm > 1400 µm > 1250 µm > 1120 µm > 1000 µm > 900 µm > 710 µm > Fond de tamis (extraction)

6.5. Eau :

6.5.1 Détermination du pH :

Le pH (potentiel d'hydrogène) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau . il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14 , 7 étant le pH de neutralité , ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimiques et dépend de facteurs multiples dont l'origine de l'eau .

le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre ou bien par colorimétrie .

6.5.2 Détermination de la dureté (TH) :

La dureté ou bien TH d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calciums et magnésium. (Rodier et al., 2009)

Objet :

Cette méthode d'analyse a pour objet de décrire le dosage de la dureté ou TH (NEAMOUR–28 Février 2016) .

La dureté s'exprime en milliéquivalents de concentration en $CaCO_3/l$, elle est aussi souvent donnée en degré français (F°).

Mode opératoire :

Dosage du TH :

- Agiter vigoureusement le contenant de l'échantillon (eau de process, eau de chaudière)
- Prendre une prise d'essai de 25ml.
- Verser la dans un erlenmeyer de 250ml.
- Ajouter une dizaine de gouttes de tampon k10 et agiter.
- Verser 4 gouttes de NET et agiter.

Remarque :

- En présence de TH la solution sera violette
- En absence de TH la solution est bleue donc TH est égale à $0^\circ F$.

- Titrer à l'aide de la solution complexo-métrique EDTA N /50 présente dans la pipette de 10 ml munie de la pro pipette afin d'obtenir une coloration bleue.
- soit T le nombre de millilitre de solution complexo-métrique versée afin d'obtenir la coloration bleue , noter le volume

Expression de résultats :

La concentration TH est égale à :

$$[\text{TH}] = 4 \times T$$

6.5.3 Dosage de l'alcalinité par titrimétrie(TA – TAC) :

(NE AMOR – 28 Février 2006)

Principe :

Elle est mesurée par la somme des anions hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes alcalins (Na) ou alcalino-terreux (Ca et Mg) et est exprimée par le titre alcalimétrique complet (TAC).

Lorsque le pH est inférieur à 8,3, le TAC est mesuré par acidification du milieu jusqu'à virage de l'hélianthine et le TAC exprime alors la teneur en hydrogénocarbonates.

Lorsque le pH est supérieur à 8,3, il peut y avoir coprésence de carbonates, voire présence d'hydroxydes alcalins(Berné, 1991).

Objet

Cette méthode a pour objet de déterminer l'alcalinité d'une eau.

Mode opératoire :

- Agiter vigoureusement l'échantillon .
- Prendre une prise d'essai de 25 ml.
- Verser la dans un erlenmeyer de 250ml.

6.5.3.1 Dosage du TA :

- Ajouter quelque gouttes de phénolphaléine, en présence de TA la solution devient rose (pH>8,3).

- Si la solution reste incolore TA = 0°F.
- Sous agitation constante titrer avec la solution alcalimétrique N/50 présente dans la pipette de 10 ml munie de la propipette jusqu'à décoloration complète de la solution.

6.5.3.2 Dosage du TAC :

- Ajouter 2 gouttes d'hélianthine, la solution devient jaune-orangé.
- Tout en agitant titrer avec la même solution alcalimétrique N/50 jusqu'à obtenir une coloration stable rose orangé (pH4,3).

Résultats :

Les résultats sont exprimés en °F

La concentration en TA est égale à :

V1 : nombre de ml de solution alcalimétrique versé.

$$4 \times V1$$

La concentration en TAC est égale à :

V2 : nombre de ml de solution alcalimétrique versé.

$$4 \times (V1 + V2)$$

6.5.4 Dosage des chlorures (Cl) : (NE AMOUR – 26 Février 2006)**Principe :**

Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur.

(Norme Française (NF) T 90 – 014).

Objet :

Cette méthode d'analyse a pour objet de déterminer la teneur en chlorure d'une eau.

Mode opératoire :

- Le dosage de chlorure se fait à la suite du dosage de l'alcalinité TA-TAC sur le même échantillon.
- Ajouter quelques gouttes d'indicateurs pour chlorures, la solution devient jaune.
- Titrer gouttes à gouttes avec la liqueur argentimétrique N/50 présente dans la pipette de 10 ml munie de la pro-pipette à l'apparition d'une teinte rougeâtre persistante (Précipité rouge brique).

Résultats :

Les résultats sont exprimés en °F.

La concentration en chlorures est égale à :

$$4 \times N$$

N est le nombre de ml de liqueur argentimétrique versé pour l'obtention de cette coloration.

Remarque :

Au lieu de 25 ml d'eau, nous avons utilisés 10 ml selon la méthode utilisé par l'hygiéniste de l'entreprise afin de minimiser l'erreur.

7. Analyses microbiologiques :

Selon JORA N° 35 du 27 Mai 1998, les microorganismes recherchées dans les grains de céréales et les produits de mouture (semoule, couscous) sont : les moisissures et les clostridium sulfite-réducteurs (ASR).

7.1. Réalisation des dilutions décimales :

Entre la préparation de la suspension, ses dilutions et la mise en culture, il ne doit pas s'écouler plus de 45 mn. Les dilutions suivent des séries logarithmiques dont les termes sont en progression géométriques ; par exemple les dilutions décimales : 0,1 (10^{-1}) ; 0,01 (10^{-2}) ; ...etc.

La technique est la suivante :

- Les dilutions sont toujours effectuées dans des conditions aseptiques.
- Marquer les tubes de diluant (10^{-1} , 10^{-2} , ...).

- Prélever une capacité de 25 ml de produit à l'aide d'une pipette graduée stérile et la transférer dans un flacon stérile contenant 225 ml de TSE (Tryptone Sel Eau) : Obtention de la suspension mère.
- Prélever aseptiquement 1 ml de la suspension mère à l'aide d'une pipette graduée stérile de 1 ml .
- Transférer aseptiquement le 1 ml prélevé dans le 1^{er} tube (10^{-1}) et ajouter 9 ml de TSE pour l'obtention de dilution 10^{-2} .
- A l'aide d'une 2^{ème} pipette stérile de 1 ml, procéder du même du tube 10^{-1} au tube 10^{-2} .
- Faire de même pour les derniers tubes en utilisant à chaque prélèvement une nouvelle pipette.

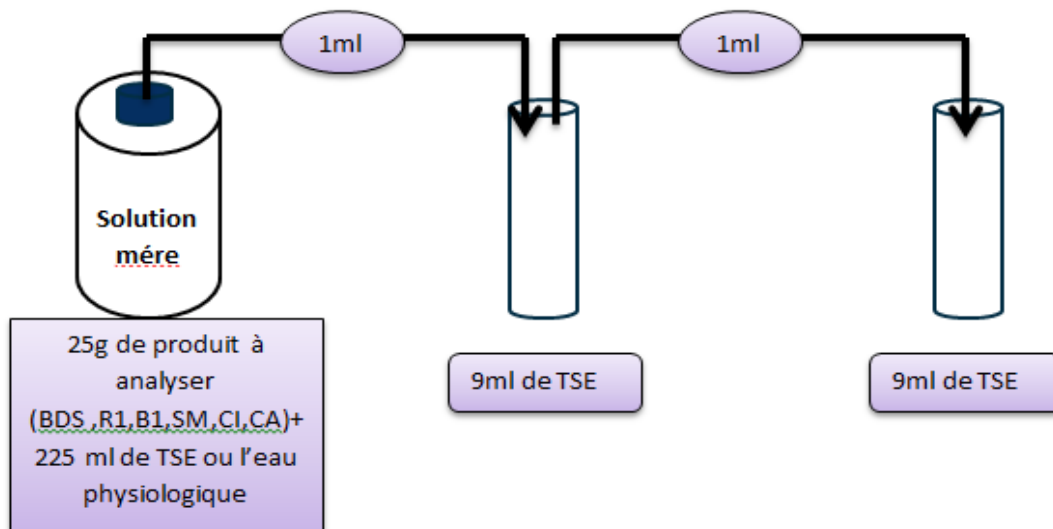


Figure 5 : Méthode de préparation des dilutions décimales

7.2. Analyses du blé (BDS,R1,B1), semoule et des deux types de couscous (CI et CA) :

7.2.1. Recherche et dénombrements des moisissures : JORA 1998

Principe

L'isolement des champignons est réalisé par l'emploi de milieux sélectifs dotés de propriétés antibactériennes : milieu peptone glucose de Sabouraud (le développement des bactéries est inhibé par l'adjonction de chloramphénicol 0,5 mg/ml) ou le milieu OGA (Guiraud, 1998).

Prise d'essai, suspension -mère et dilution

Préparer une série de dilutions décimales (10^{-1} , 10^{-2} et 10^{-3}) à partir de l'échantillon à analyser (BDS, R1, B1, SM, CI et CA).

Mode opératoire :✓ **Préparation du milieu :**

- Faire fondre le milieu de base et le refroidir.
- Bien mélanger et couler sur boîte de Pétri.
- Laisser solidifier puis refroidir avec couvercle fermé.

✓ **Ensemencement et incubation :**

- Transférer à l'aide d'une pipette de 1 ml de la prise d'essai et le déposer à la surface de boîte de Petri contenant la gélose OGA .
- Répartir sur toute la surface à l'aide d'un râteau stérile.
- Incuber en aérobiose les boîtes préparées, couvercles en haut en position droite dans l'étuve à $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 5 jours.

✓ **Lecture et interprétation :**

- Après 48h d'incubation, repérer chaque jours les colonies sur les boîtes.
- Dénombrer les colonies de moisissures sur les boîtes présentant au total 30 à 300 colonies.

Expression des résultats :

Calculer le nombre des moisissures par gramme de produit à travers la formule suivante :

Où :

$$N = \frac{\sum C}{(n_1 + 0,1n_2) d}$$

N : nombre des moisissures par gramme de produit

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

d : dilution à partir de laquelle les premiers dénombrements sont obtenus

(par exemple , 10^2).

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

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

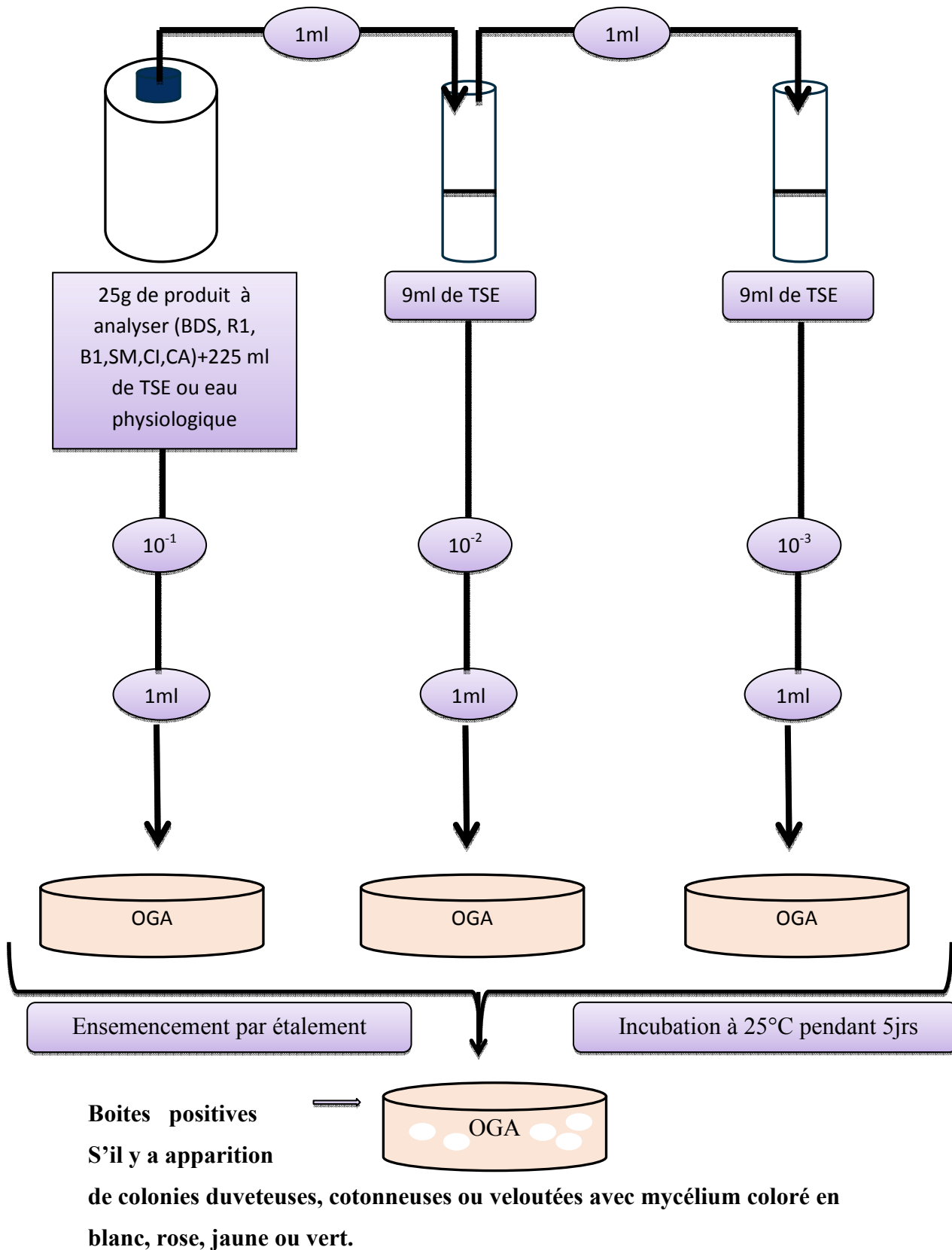


Figure 6 : Recherche et dénombrement des moisissures.

7.2.2. Dénombrement des clostridiiums sulfito réducteurs : selon la norme nationale,**Principe :**

Le milieu VF contient de l'amidon qui favorise la germination des spores, du sulfite qui est réduit en sulfure qui précipite avec les ions ferriques en formant un précipité noir

Mode opératoire :✓ **Préparation du milieu :**

- Faire fondre un flacon de VF puis le refroidir à 45°C.
- Ajouter une ampoule d'alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium.
- Mélanger soigneusement et aseptiquement.
- Maintenir le milieu dans une étuve ou au bain-marie à 45°C jusqu'au moment de l'utilisation.

✓ **Ensemencement et incubation :**

- Préparation des dilutions.

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

- Chauffage à 80°C pendant 10 min.
- 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 à vis stériles de 16 mm de diamètre, puis ajouter environ 15 ml de gélose VF prêt à l'emploi.
- Laisser solidifier sur la paillasse pendant 30 min.
- Incuber les tubes à 37°C pendant 24 à 48 h.

✓ **Lecture et interprétation :**

Après 48 h d'incubation, les colonies entourées d'une auréole noire sont considérées comme susceptibles de provenir de Clostridiiums sulfito-réducteurs.

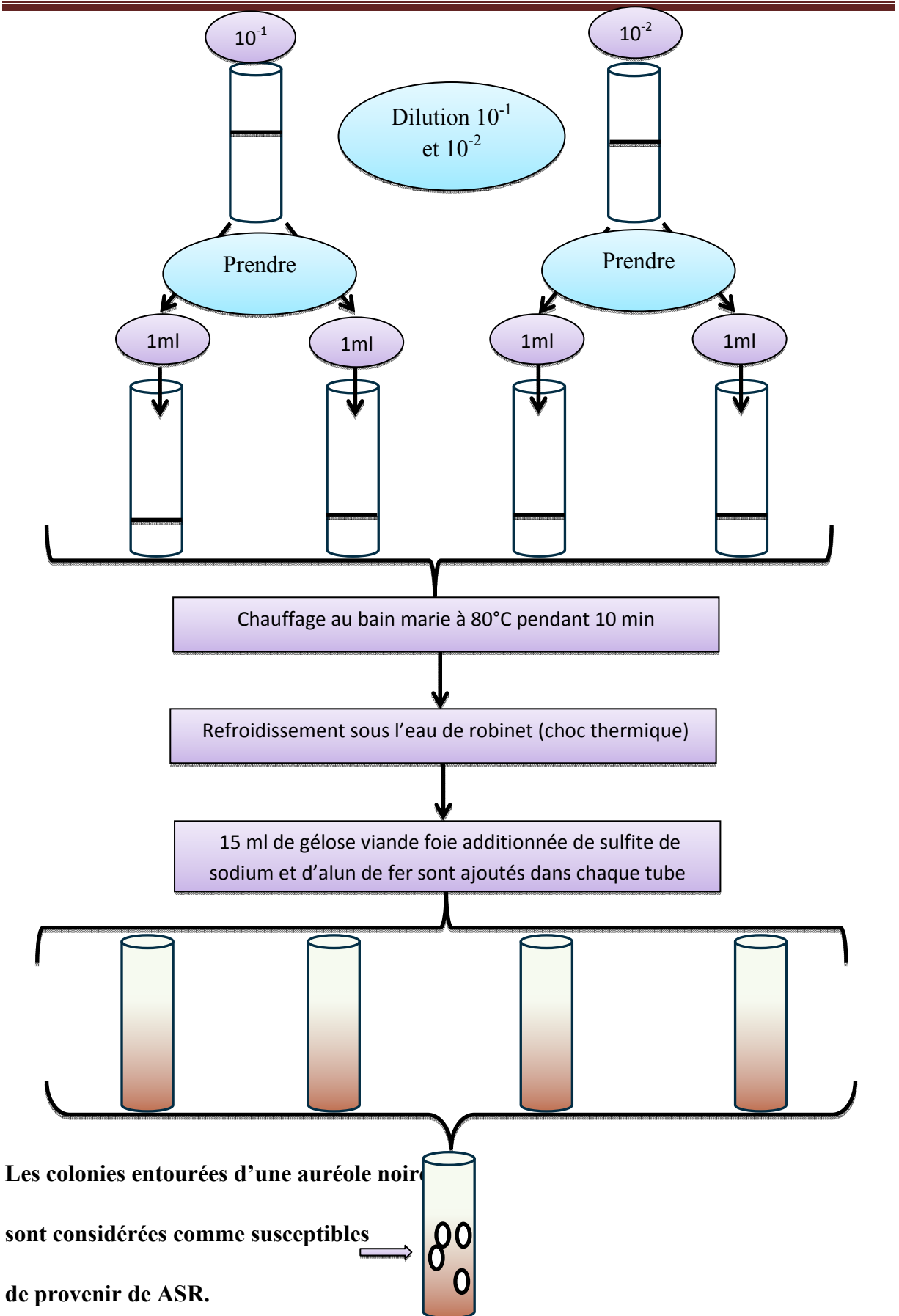


Figure 7 : Recherche et des dénombrement des clostridiums sulfito-réducteurs(ASR).

7.3. Analyse de l'eau :**7.3.1. Recherche et dénombrement des coliformes (colimétrie)(NF T 90-4)****Principe :**

La colimétrie consiste à dénombrer les germes coliformes et parmi eux *Escherichia coli* dont seule l'origine fécale est certaine.

Elle comporte deux temps :

- La recherche présomptive.
- La recherche confirmative.

Le dénombrement est effectué selon la technique des tubes multiples.

Mode opératoire :**✓ Recherche des coliformes :**

Le dénombrement est effectué en utilisant le bouillon lactose au pourpre de bromocrésol. Tous les tubes sont munis de cloches de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu.

Ensemencement de :

- 1 Flacon de 50 ml de bouillon BCPL à double concentration avec 50 ml d'eau .
- 5 tubes de 10 ml de bouillon BCPL à double concentration avec 10 ml d'eau .
- 5 tubes de 10 ml de bouillon BCPL à simple concentration avec 1 ml d'eau
- Incubation à 37°C pendant 48 h.

NB :

La cloche ne doit pas contenir de gaz au départ.

✓ Lecture et interprétation :

- Tous les tubes présentant une culture avec un virage du bouillon au jaune et du gaz dans la cloche sont considérés comme positifs c'est à dire contenant des coliformes.
- On note le nombre de tubes positifs dans chaque série et on se reporte au tableau NPP(Annexe V) pour obtenir le nombre de coliformes présents dans 100 ml d'eau.

Recherche des coliformes fécaux :

- A partir de chaque tube de BCPL positif pour la recherche des coliformes, ensemencer 2 à 3 gouttes dans un tube de milieu de Schubert muni d'une cloche de Durham.
- Incuber à 44°C.
- Après 24 h. d'incubation, tous les tubes présentant une culture, du gaz dans la cloche et une réaction indol positif (anneau rouge en surface après addition de quelques gouttes de réactif de Kovacs) sont considérés comme positifs, c'est-à-dire comme contenant des coliformes fécaux.

On note le nombre de tubes positifs dans chaque série et on se reporte au tableau NPP pour obtenir le nombre de coliformes fécaux présents dans 100 ml d'eau.

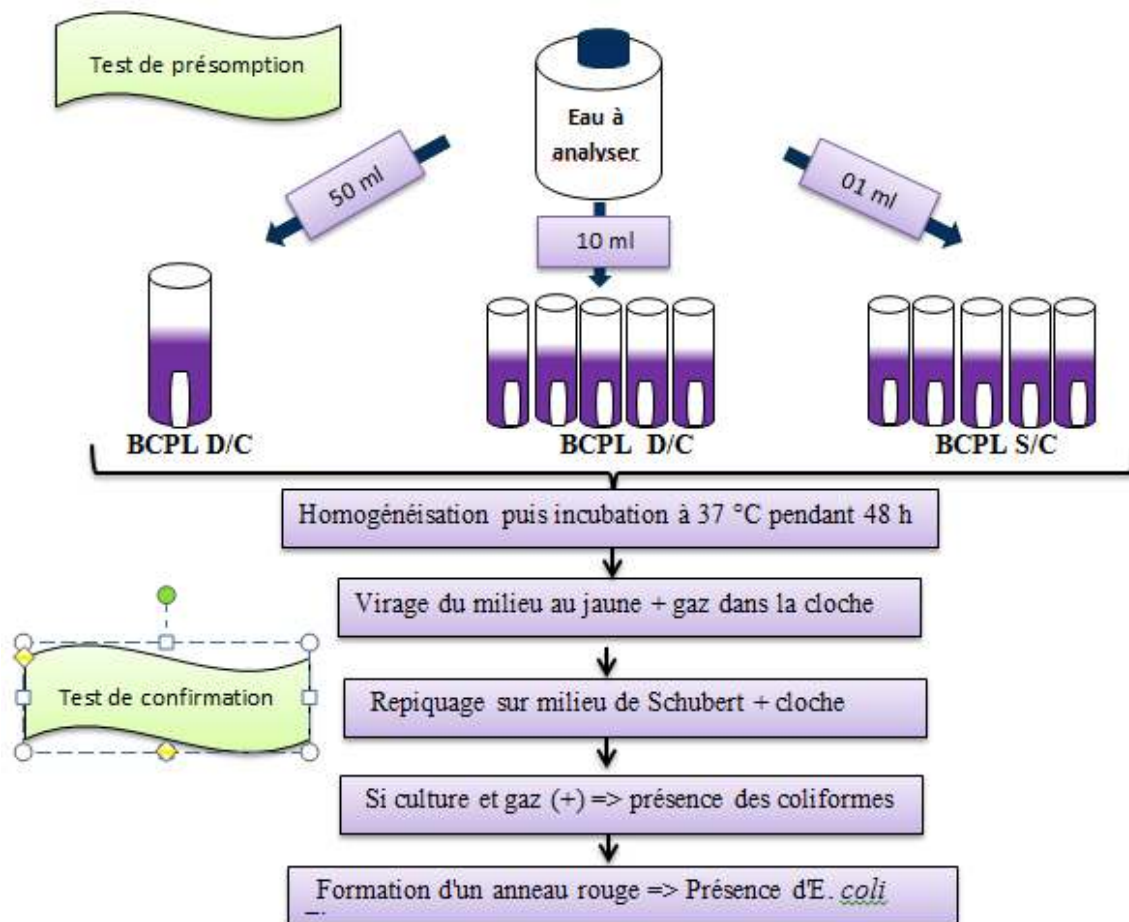
Recherche et dénombrement des Coliformes Totaux :

Figure 8: Recherche et dénombrement des coliformes totaux

7.3.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux :(Méthode:ISO 7899/1 Ou ISO 7899/2)**Principe :**

Le dénombrement est effectué selon la technique des tubes multiples.

- ✓ Le test présomptif est effectué sur le milieu Roth.
- ✓ Le test confirmatif sur le bouillon de Eva-Litsky.

Ensemencement :

Il se fait selon la méthode du nombre le plus probable. On ensemence :

- 1 Flacon de 50 ml de milieu Roth double concentration avec 50 ml d'eau.
- 5 Tubes de 10 ml de milieu Roth double concentration avec 10 ml d'eau.
- 5 Tubes de 10 ml de milieu Roth simple concentration avec 1 ml d'eau.
- Incubation à 37 °C pendant 48 h.

Lecture et interprétation :

- Tous les tubes présentant un trouble sont retenues.
 - La confirmation est réalisée sur milieu Eva-Litsky. Quelques gouttes sont prélevées du milieu Roth et ensemencées dans le milieu Eva-Litsky, puis incubées à 37°C.
 - La lecture se fait après 24 ; les tubes présentant un trouble et ou l'apparition d'une pastille violette au fond du tube traduisent la présence de streptocoques fécaux.
- On note le nombre de tubes positifs dans chaque série et on se reporte au tableau NPP pour obtenir le nombre de streptocoques fécaux présents dans 100 ml d'eau.

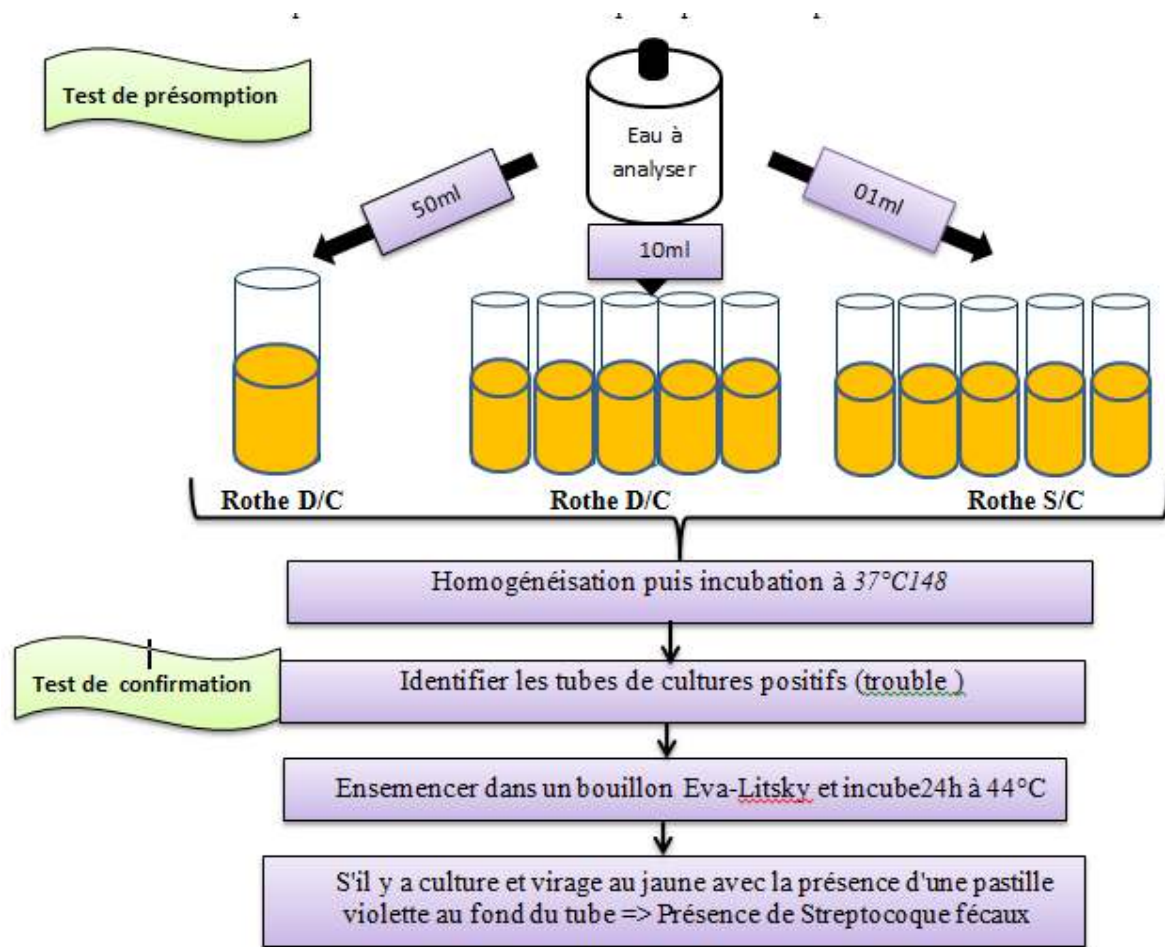


Figure 9 : Recherche et dénombrement de streptocoques

7.3.3 Germes totaux : selon la norme nationale du 23 Avril 2013

Principe :

La recherche et le dénombrement des germes revivifiables se réalise à deux températures différentes afin de cibler à la fois les micro-organismes à tendance psychrophiles soit 20°C et ceux franchement mésophiles soit 37°C (**Institut Pasteur de France**).

- ✓ Utiliser la méthode par incorporation sur masse.

Ensemencement et incubation :

- Placer un volume de la prise d'essai n'excédant pas 2 ml dans la boîte de Petri.
- ajouter 15 ml à 20 ml de milieu fondu (TGEA).
- mélanger avec précaution par rotation lente.
- Laisser le milieu se solidifier.

- Retourner les boîtes et incuber à $36^{\circ}\text{C} \pm 2$ pendant $44 \text{ h} \pm 4$.

NB :

Le temps entre l'addition de la prise d'essai et l'addition du milieu fondu ne doit pas excéder 15 min.

Comptage des colonies

Compter les colonies présentes dans chaque boîte et calculer le nombre estimé d'unités formant les colonies présentes dans 1 ml d'échantillon.

Expression des résultats

On exprime les résultats sous la forme du nombre d'unités formant des colonies par millilitre (UFC/ml) d'échantillon pour chaque température d'incubation.

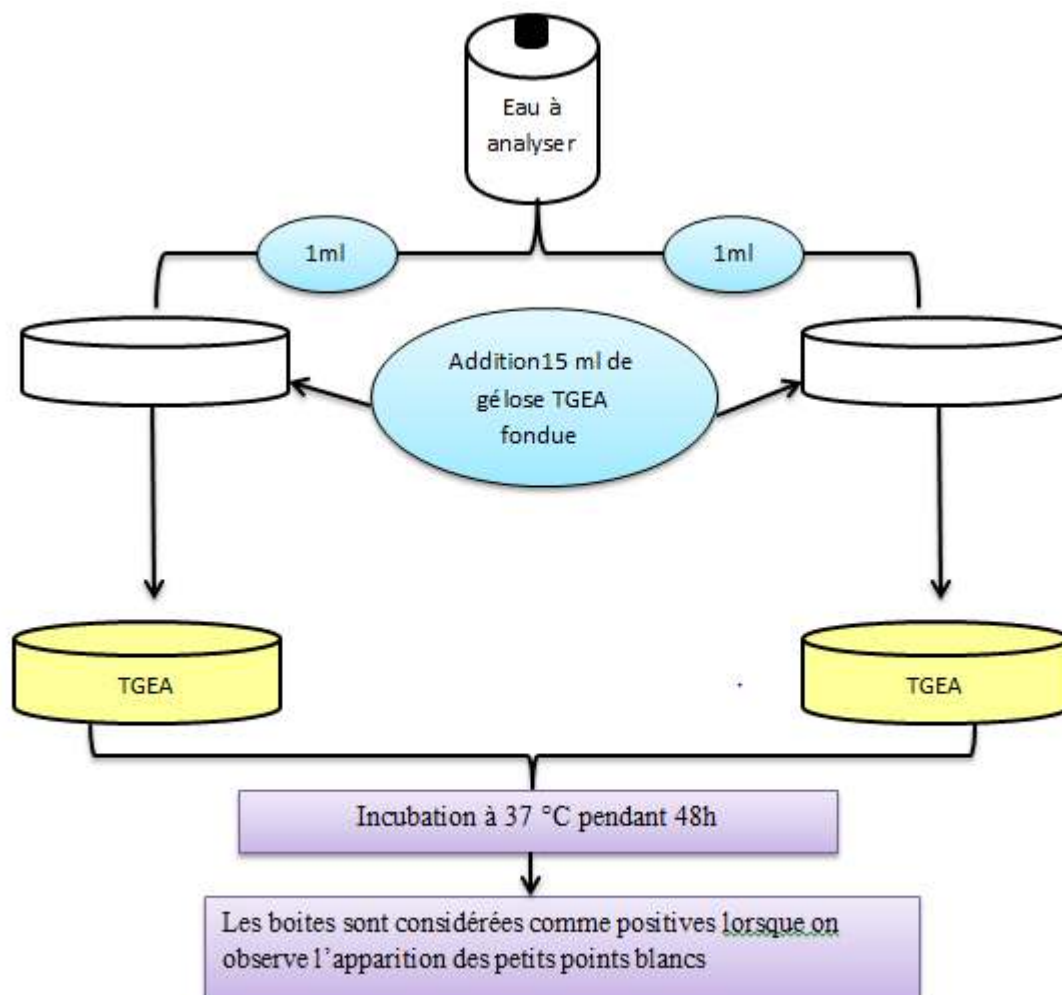


Figure 10 : Recherche et dénombrement des germes totaux

7.3.4. Recherche et dénombrement des spores de Clostridium sulfite réducteurs: selon la méthode (ISO 6222)**Principe :**

Après destruction des formes végétatives par chauffage à 80° C, l'échantillon est incorporé à un milieu de base fondu, additionné de sulfite de sodium et d'alun de fer. Après solidification et incubation, la présence de germes sulfite - réducteurs se traduit par un halo noir de sulfure de fer autour des colonies.

Mode opératoire

- Agiter soigneusement l'eau à analyser et en introduire 25 ml environ dans un tube à essai stérile
- Porter 10 min à 80°C.
- Refroidir rapidement. Placer au bain marie bouillant quatre tubes contenant chacun 20 ml de gélose VF.
- Après fusion complète du milieu, assurer sa régénération en maintenant encore 10 min les tubes au bain marie.
- Refroidir rapidement à 55° C environ.
- Ajouter à chaque tube :
 - 1 ml de solution de sulfite de sodium cristallisé à 10 %
 - 4 gouttes de solution d'alun de fer à 5%
- Mélanger soigneusement sans faire de bulles.
- A chacun de ces quatre tubes, ajouter 5 ml de l'échantillon, préalablement chauffé et refroidi soigneusement sous l'eau du robinet.
- Incuber à 37°C pendant 48h.

Lecture et interprétation

Les colonies entourées d'une auréole noire sont considérées comme susceptibles de provenir de Clostridium sulfite-réducteurs.

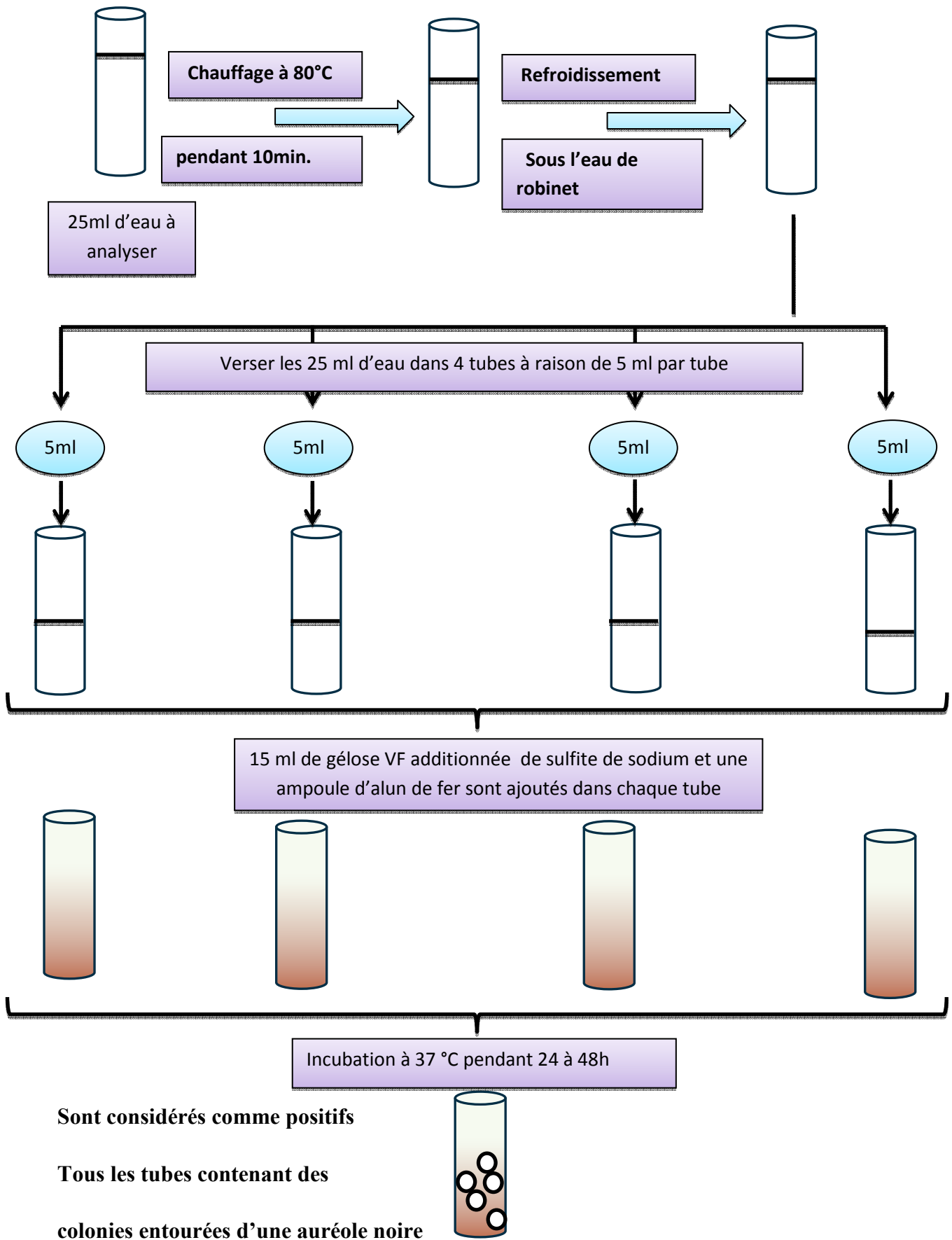


Figure 11 : Recherche et dénombrement des ASR dans l'eau .

8. Test de dégustation :

Dans cette étude, nous avons suivi une démarche de réalisation des profils sensoriels et nous nous sommes intéressés à l'analyse réelle des échantillons cuits sur la base de la liste des descripteurs dont le nombre de dégustateurs est égale à 22 . Une note sur une échelle de 1 à 9 est attribuée pour chaque caractéristique. Les critères de jugement de couscous portaient essentiellement sur une appréciation de la couleur, la fermeté, la rugosité, l'odeur le goût et la délitescence .Le 1 représente une intensité faible et le 9 une intensité élevée. Les essais de dégustation ont été réalisés la matin .Les échantillons sont présentés à chaque juge séparément dont chaque assiette contenait environ de 100 g de couscous.

Fiche de dégustation du couscous

Sexe : M F la date :
Age :

02 échantillons de couscous cuits codés A, B, vous sont servis, donnez une note de 1 à 9 selon l'intensité de chaque critère suivant l'échelle :

[1-3] moins intense / [4-6] moyennement intense / [7-9] très intense

Caractère	Produit A	Produit B
Couleur		
Fermeté		
Rugosité		
Odeur		
Gout		
Délitescence		

Quel couscous préférez-vous ? A B

Figure 12 : fiche de dégustation

Ces résultats sont la moyenne de 3 essais .

1. Analyses physico-chimiques :

1.1 Blé dur :

1.1.1 Taux d'impuretés :

Les résultats du taux d'impuretés du blé dur sont représentés dans le tableau 11 :

Tableau XI : taux d'impureté de BDS, R1 et B1.

Type d'impuretés	Taux %			Norme ISO 2000
	BDS	R1	B1	
Ergot	00	00	0.04	≤10%
Blé métadiné	13	11	8	
Blé tendre	0.75	0.28	0.17	
Grains mouchetés	0.64	0.52	0.33	
Grains échaudés	0.29	0.28	0.10	
Grains chauffés	00	00	00	
Grains piqués	00	00	00	
Grains cassés	0.22	0.33	0.34	
Déchets	0.30	0.17	0.07	
Avoine	0.04	0.02	00	
orge	0.16	0.08	00	
La somme d'impuretés	15.4	12.68	9.05	
La moyenne	12.37			

Les résultats obtenus montrent que le taux d'impuretés du blé dur est de l'ordre de 12.37 %.

Selon la norme **ISO 2000**, le taux d'impuretés du BD doit être ≤10%, par conséquent, notre valeur n'est pas conforme à cette norme.

D'un point de vue qualité, la présence de grains cassés altère les rendements semouliers de blé dur et pose des problèmes de conservation .Le taux de mitadinage influe également les rendements semouliers.

La présence de grains échaudés a une incidence sur le rendement de mouture qui diminue.

La présence des grains toxiques (ergot) modifie les caractères organoleptiques des produits issus de grains ,ou gêne le procédé par lequel le grain est transformé .ces grains ont aussi un impact néfaste sur la santé humaine et animale (**Bar,2001**).

1.1.2 Masse à l'hectolitre :

Les résultats du poids spécifiques(PS)sont figurés dans le tableau 12 :

Tableau XII : Poids spécifique de BDS , R1 et B1.

produits	PS (kg/hl)	Norme Algérienne
BDS	78.50	≥ 78
R1	73.65	
B1	75.05	

Les résultats de la masse volumique montrent que le poids spécifique de BDS est conforme à la norme Algérienne avec une valeur de 78.50 kg /hl. Par contre, le R1 et B1 ne sont pas conformes à cette norme avec des valeur de 73.65 et 75.05 kg /hl respectivement.

Ce poids est une mesure ancienne qui date de l'époque où l'on mesurait la quantité de grains au volume .Elle présente un intérêt commercial et technique.

L'augmentation de PS peut être due à la présence d'impuretés dense et de petit volume, à l'inverse, la diminution de PS peut être due à la présence d'impureté de gros volume mais de faible densité (**Bar, 2001**).

1.1.3 Poids de mille grains :

Les résultats de poids de mille grain sont résumés dans le tableau 13 :

Tableau XIII : Poids de mille grains de BDS, R1 et B1.

produits	PMG (g)		Norme Algérienne
	M _H	M _S	
BDS	43	38.65	≤ 45
R1	47.2	40.39	
B1	42.5	36.45	

Le poids de mille grains est un paramètre physique qui renseigne sur la dimension des grains et leurs calibres (Godon, 1991).

Ce qui nous intéresse, c'est le PMG de BDS qui possède une différence de 4% entre la matière humide et la matière sèche dont les valeurs sont de 43g et 38.65 g respectivement et qui sont conformes à la norme Algérienne.

Selon GodonetWillm (1991), un blé ayant un PMG situé entre 24 et 35 g est composé de petits grains, et entre 35 et 45 g, il renferme des grains moyens et entre 45 et 56 g présente de gros grains, ceci conduit à déduire que la variété de nos grains est de type moyen.

La taille des grains est considérée comme un facteur important de la valeur semoulière des blés durs. Les variétés à gros grains sont généralement préférées aux variétés à petits grains parce qu'elles donnent de meilleurs rendements en semoule (Matsuo et Dexter, 1980 ; Lempereur et al., 1997).

Nous remarquons une augmentation de PMG au niveau du stade R1 qui est due à l'addition de l'eau dont la valeur est de 47.2 pour la MH et 40.39g pour la MS.

Par contre, une diminution de PMG au niveau du stade B1 qui est due au passage de ce dernier par la chaîne d'aspiration dont la valeur est de 42.5g pour la MH et 36.45g pour la MS.

1.1.4 Taux d'humidité :

Les résultats de taux d'humidité sont illustrés dans le tableau 14 :

Tableau XIV : Taux d'humidité de BDS, R1 et B1.

Produits	Taux d'humidité	Norme Algérienne
BDS	10.14 ±0.05	< 14,5 %
R1	14.42 ±0.02	
B1	14.23 ±0.04	

Ces résultats révèlent que le taux d'humidité de BDS, R1 et B1 est de 10.14±0.05, 14.42±0.02 et 14.23±0.04 respectivement.

Le taux d'humidité de blé dur est un facteur important tant dans le commerce du blé que dans les industries de transformation, qui voudraient que le contenu soit aussi bas que possible (Généralement entre 10 et 16%)(Abecassis et al.,2012).

L'humidité des grains nous permet de déterminer la quantité d'eau à ajouter lors du conditionnement pour ramener celle-ci à 16.5%, afin de conférer aux blés une humidité optimale ; et faciliter la séparation entre l'amande et les enveloppes (NF ISO712-1989).

1.1.5 Taux de cendres :

Les résultats du taux de cendre sont montrés dans le tableau 15 :

Tableau XV : Taux de cendre de BDS ,R1 et B1.

Produits	Taux de cendres	Norme Algérienne
BDS	1.79 ±0.08	1.6 – 2.1 %
R1	1.89 ±0.08	
B1	2.03 ±0.05	

Les taux de cendres de BDS, R1 et B1 analysées varient entre 1,79±0.08, 1,89±0.08 et 2,03±0.05, respectivement.

Selon la norme Algérienne, le taux de cendres est compris entre 1.6 et 2.1%, d'où la conformité de notre produit à la norme et avec une valeur maximale des cendres indiquée par le **codex Stand 178-1991**.

La mesure du taux de cendres à un intérêt purement réglementaire. Il présente la richesse de grains de blé dur en matière minérale.

Tous les blés n'ont pas la même teneur en cendres ni la même répartition de matière minérale à l'intérieur du grain (Abecassis,1996).

1.1.6 Teneur en lipides :

Les résultats de la teneur en lipide sont représentés dans le tableau 16 :

Tableau XVI : Teneur en lipide de blé dur .

Produit	Teneur en lipides	Norme Algérienne
BDS	1.52 %	≤2%

La teneur en lipides de blé dur est de l'ordre de 1.52 % ce qui répond à la norme Algérienne.

Les composés lipidiques sont essentiels pour déterminer la durée de conservation des aliments contenant des matières grasses.

La teneur en lipides dans les céréales est faible, mais elle joue néanmoins un rôle important dans la détermination de la qualité de cette source alimentaire (**Abecassis et al., 2012**).

Les grains de blé sont pauvres en lipides : ils en contiennent seulement 2% et ceux-ci sont essentiellement localisés dans le germe et l'assise protéique (**Fredot,2005**).

1.2 Semoule :

1.2.1 Taux d'humidité :

Tableau XVII : Taux d'humidité de la semoule.

Produit	Taux d'humidité	Norme Algérienne 1997
SM	13.59 ±0.04	14,5

La teneur en eau de la semoule moyenne est de l'ordre de 13.59±0.04%. Elle est conforme à la norme Algérienne.

Plus la teneur en eau est faible, plus la qualité des semoules est meilleure (**Feillet, 2000**).

La détermination de la teneur en eau (humidité) à un intérêt technologique, qui sert à déterminer les conditions de stockage des produits et joue un rôle très important dans la conservation des produits (**Ait-slimane- Ait kaki,2008**).

1.2.2 Taux de cendres :

Tableau XVIII : Taux de cendres de semoule .

Produit	Taux de cendres	Norme Algérienne 1997
SM	1.03 ±0.05	0,8-1,1 %

Le résultat de taux de cendres de semoule de blé dur montre une valeur de 1.03±0.05 % .cette valeur est conforme à celle de la norme Algérienne (0.8-1.1%).

Selon **Bar (1995)**, une semoule possédant un taux de cendre $\leq 1.1\%$ est une semoule de qualité supérieure.

Ce paramètre est un critère retenu par la réglementation pour contrôler la pureté des produits de mouture(**Abecassis et al.,1996**).

En comparaison avec la teneur en cendres des grains et des autres produits de mouture, celle des grains est plus élevée en raison de l'élimination au cours de la mouture des enveloppes connues pour leur richesse en matière minérale (**Godon,1978**).

1.2.3 Acidité grasse :

Tableau XIX : Acidité grasse de semoule .

Produit	Aciditégrasse (g H ₂ O SO ₄ / 100g)		Norme Algérienne 1997
	M _H	M _S	
SM	0.01	0.02	≤ 0.06

L'acidité grasse de la semoule pour la MSet MH est inférieure à 0.06% donnée par la norme Algérienne ; elle a une valeur de 0.01 et 0.02 pour la MH et la MS respectivement.

Ainsi, notre échantillon de semoule présente une valeur acceptable d'acidité grasse.

La teneur en acidité grasse est un indicateur de la bonne conservation des semoule .en effet, au cours de la conservation, les lipides ont tendance à se dégrader en se transformant en acide gras libres(**Feillet,2000**).

1.2.4 Granulométrie :

Les pourcentages de refus trouvés sur les différents tamis sont donnés dans la figure 12 :

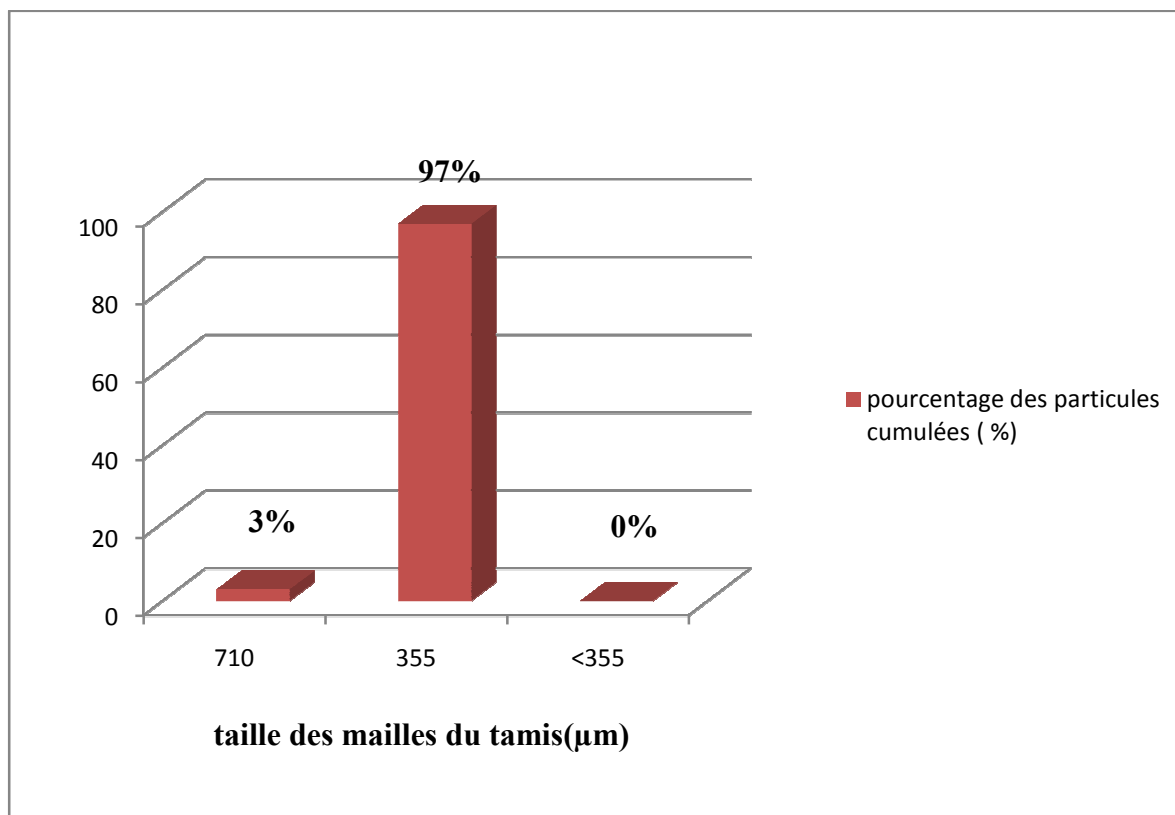


Figure 13 : Granulométrie de la semoule.

Les résultats obtenus montrent que plus de 96 % de semoule sont retenus par le tamis ayant des mailles de 355μm, ce qui signifie une semoule moyenne.

Les semoules sont constituées par un ensemble de particules hétérogènes en granulométrie et en composition biochimique (**Hebrard et al., 2011**).

La granulométrie de semoule influe sur la qualité et la vitesse d'absorption de l'eau (**Senator, 1983**).

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**).

1.3. Couscous (CA et CI) :

1.3.1 Taux d'humidité :

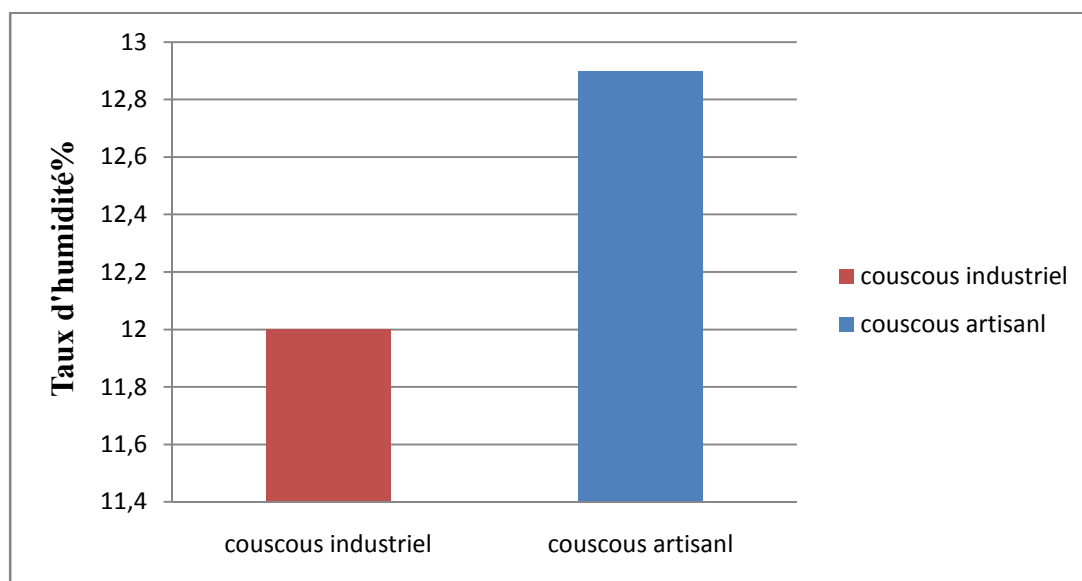


Figure 14 : Taux d'humidité des deux types du couscous.

L'humidité de couscous artisanal est égale à $12,90 \pm 0,02$ %, ce qui répond à la norme Algérienne (inférieure à 13 %).

Pour le couscous industriel AMOUR, la valeur obtenue est plus ou moins faible par rapport à l'artisanal $12 \pm 0,02$ %.

Nous pensons que la teneur élevée en eau du couscous roulé manuellement peut être due à la méthode de séchage (double séchage à l'ombre puis au soleil) contrairement à celui fabriqué par l'industrie dont le séchage s'est fait grâce à des séchoirs avec température et temps contrôlés.

Cette hypothèse concorde avec les travaux de **Bar (2001)**, qui rapporte que cette différence peut être due à la technique de séchage et les conditions de stockage.

La recherche de la teneur en eau du couscous a un intérêt commercial afin de limiter la durée de stockage ou la date limite de consommation.

1.3.2 Taux de cendres :

Les résultats du taux de cendres des couscous sont présentés dans la figure 14 :

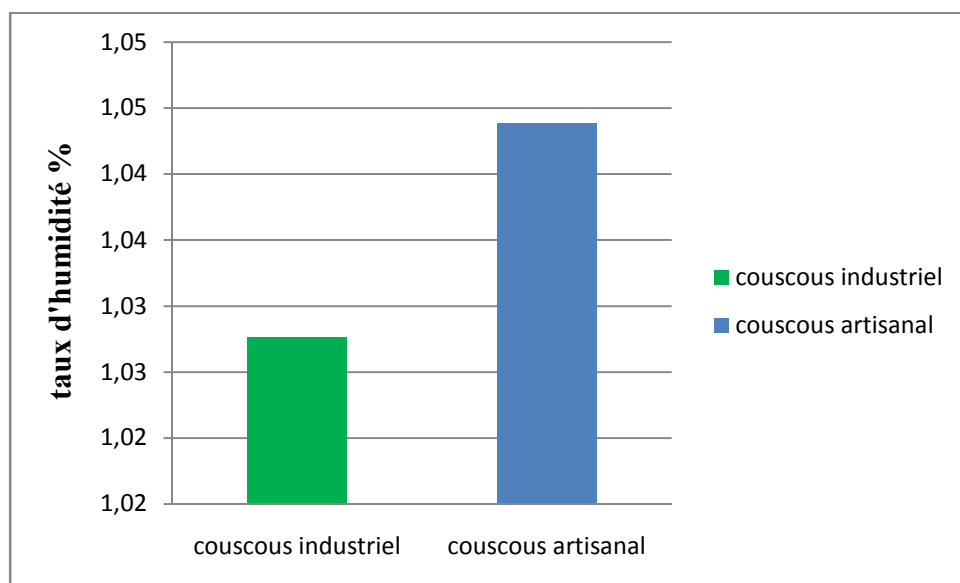


Figure 15 : Taux de cendres des deux types de couscous.

Le résultat de la fraction minérale du couscous artisanal est égal à $1.04 \pm 0.03\%$ de MS.

Pour le couscous industriel, on remarque une proportion de $1.03\% \pm 0.04$ de MS. Pour les deux types de couscous, le pourcentage de cendres est conforme à la norme Algérienne qui exige un taux variant entre 0.8 et 1.1% .

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

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

1.3.3 Acidité grasse :

Les résultats de l'acidité grasse sont représentés dans la figure 15 :

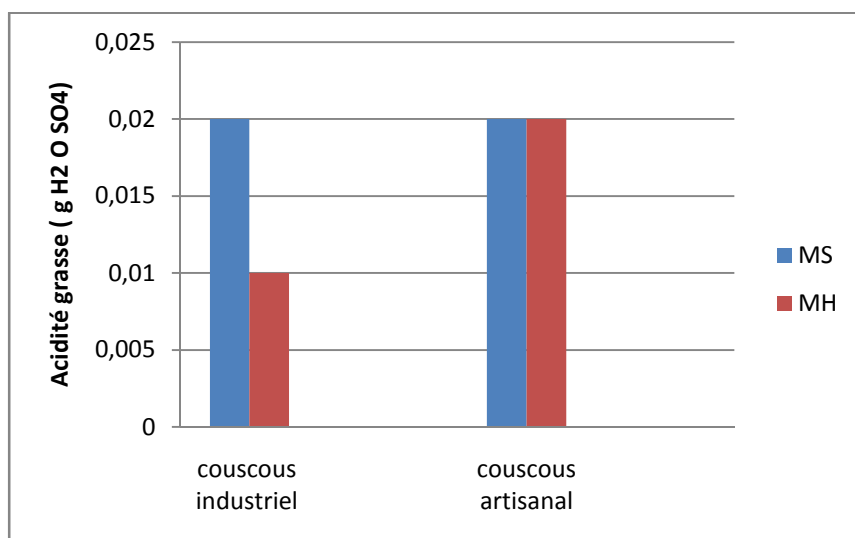


Figure 16: Acidité grasse des deux types du couscous.

L'acidité grasse est un indicateur de l'état de bonne conservation de blé, semoule et couscous (AFNOR,1991).

Selon les résultats obtenus dans la figure 15, les valeurs de l'acidité grasse répondent à la norme Algérienne (≤ 0.06). Ceci nous permet de conclure que nos échantillons ont été conservés dans des bonnes conditions.

1.3.4 Teneur en lipides :

Les résultats de la teneur en lipides sont représentés dans la figure 16 :

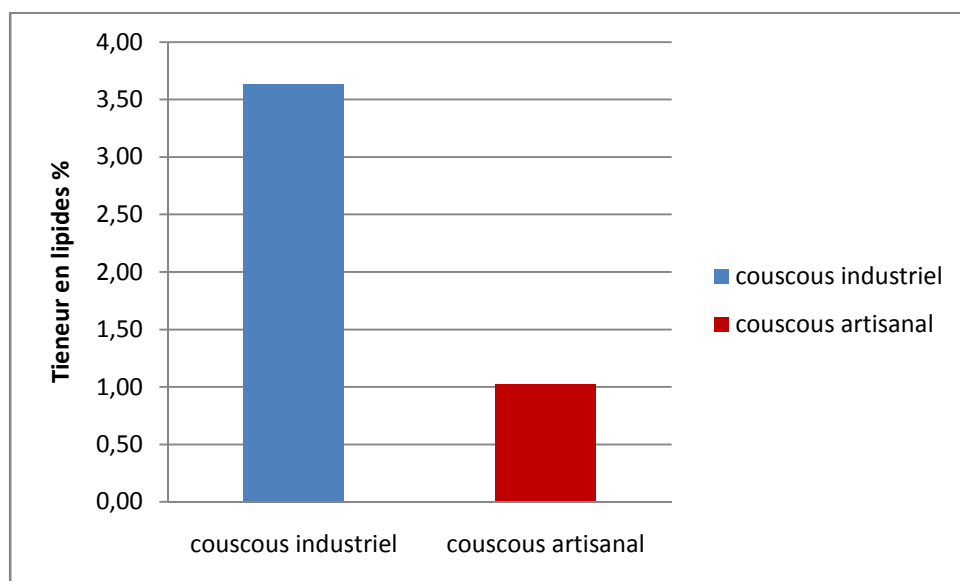


Figure 17 : Teneur en lipides des deux types de couscous

Nos résultats montrent que la teneur en lipide du couscous artisanal (1.02%) répond à la norme Algérienne qui exige un seuil qui ne dépasse pas 2% .Par contre, celle du couscous industriel (3.63%) dépasse largement cette norme .

Les lipides du blé dur jouent un rôle important dans l'expression de la qualité du couscous, **Ounane et al. (2006)**, ont montré que la qualité culinaire du couscous est partiellement liée à la teneur et la composition en lipides.

Il a été rapporté que les lipides sont des composants mineurs de la semoule ont un effet significatif sur la qualité des produits céréaliers, y compris le couscous (**El yahahi et al., 2014**).

La teneur élevée en lipides du couscous industriel peut être due aux mauvaises conditions de stockage .Selon **Guezlane et al. (1994)** et **Ounane et al.(2006)**, la présence de matière grasse dans le couscous améliore sa qualité après cuisson :Gonflement accru et diminution de temps de cuisson.

1.3.5 Test de cuisson :

Tableau XX : Test de cuisson des deux types de couscous.

Paramètres Produits	Temps de cuisson	Poids initial (g)	Poids final (g)	Comportement lors de la réhydratation	Granulométrie observée
CA	15 min	100	270	Particules uniformes non collante, présentant un bon gonflement	Uniformes
CI	15 min	100	281	Particules irrégulières, non collante, présentant un meilleur gonflement	Irréguliers

Les résultats du test de cuisson obtenus dans le tableau 20, indiquent que le couscous industriel absorbe l'eau plus que le couscous artisanal, ceci est en corrélation avec les résultats d'indice de gonflement.

En ce qui concerne le comportement des particules du couscous lors de la réhydratation, on remarque que le couscous artisanal présente des particules uniformes non collantes, contrairement au couscous industriel qui présente des particules irrégulières non collantes .

Nos résultats sont en concordance avec ceux de **Guezlène et al. (1986)**, qui ont rapporté que le couscous artisanal doit présenter une bonne homogénéité , une surface beaucoup plus lisse et uniforme ,par contre le couscous industriel doit être constitué de grains rugueux, et de forme hétérogène .

1.3.6 Indice de gonflement :

La figure 17 résume les résultats obtenus :

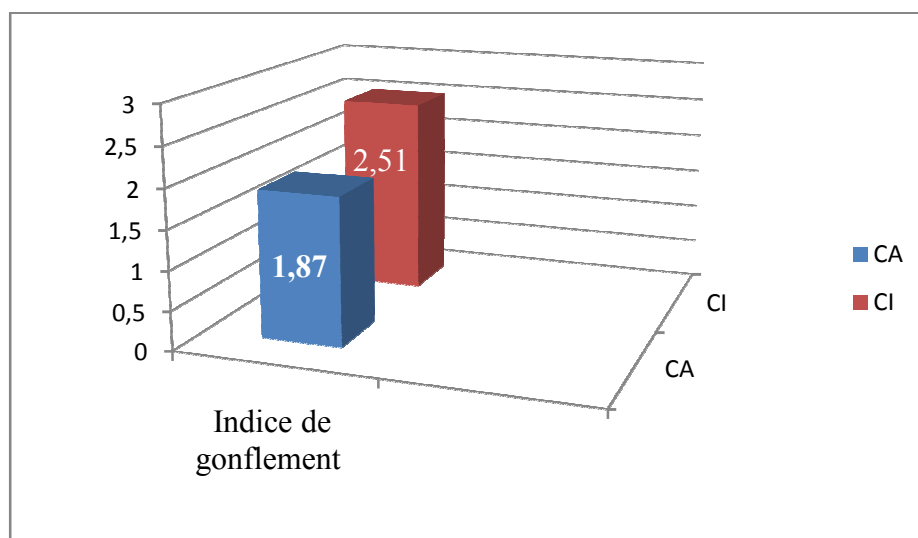


Figure 18: Indice de gonflement des deux types de couscous.

Le gonflement diffère selon le type de couscous. Le produit artisanal moyen présente l'indice de gonflement le plus faible (1.87) qui ne répond pas à la norme Algérienne qui exige une valeur ≥ 2.20 ; tandis que le produit industriel (2.51) répond à cette norme.

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.

Nous constatons que la différence d'indice de gonflement du couscous industriel et du couscous fait maison peut être due à la faible hydratation au cours de la fabrication de ce dernier.

Ceci est similaire avec les résultats de **Bar (2001)**, qui a trouvé que l'absorption de l'eau ou le degré d'hydratation est influencé par la technique de transformation utilisée (industrielle, traditionnelle) ou la quantité d'eau ajoutée par l'industriel au cours du mélange.

1.3.7 Granulométrie :

Les pourcentages de refus trouvés sur les différents tamis sont donnés dans la figure 18 :

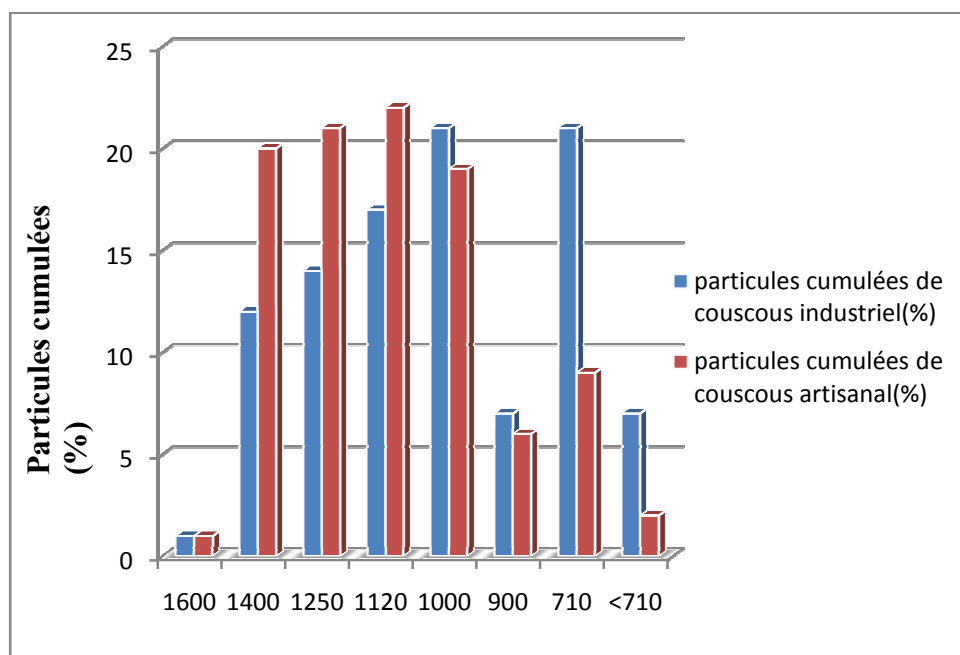


Figure 19 : Granulométrie des deux types de couscous.

Les résultats obtenus montrent que plus de 20 % du couscous industriel AMOUR sont retenus par le tamis ayant des mailles de 1000 µm. ce qui signifie qu'on a un couscous moyen.

Pour le couscous artisanal, le tamis ayant une granulométrie de 1120 µm retient plus de 20% de refus, donc ce dernier revient à la classe des couscous moyens également.

Une granulométrie homogène conduit à une bonne préparation d'où intervient le rôle du calibrage. Un couscous de qualité est défini par la majorité des consommateurs comme étant un produit fini de granulométrie homogène, donc la granulométrie est un critère d'évaluation de qualité (Guezlane et Abecassis, 1991).

4. Eau :

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de process et de chaudière sont indiqués dans les tableaux 21 et 22 :

Tableau XXI : Analyses physico-chimiques de l'eau de process.

	Aspect	TA	TAC	Cl ⁻	TH	pH
Eau de process	Claire	0	55	99.4		7
Norme d'entreprise		0°F	<26°F	250mg/l	10 -15°F	7 -15

Tableau XXII : Analyses physico-chimiques de l'eau de chaudière.

	Aspect	TA	TAC	Cl ⁻	TH	pH
Eau de chaudière	Trouble	272	428	160	0	12
Norme d'entreprise		≠0.7 TAC	≤120	< 1000	0	10.5 à 12

D'après les résultats illustrés dans les tableaux 21 et 22, on remarque que les valeurs obtenues pour les paramètres (pH, TH, TA et Cl⁻) sur les différents échantillons d'eau de process et de chaudière sont conformes aux normes fixées par l'entreprise. Cela est dû au traitement d'adoucissement réalisé par l'entreprise pour avoir une bonne qualité d'eau qui permettra d'avoir des résultats satisfaisants.

Par contre, le paramètre TAC dépasse largement la norme fixée par l'entreprise pour les deux types d'eau.

L'eau de process avec un pH compris entre 6.5 et 8.5 est généralement considérée comme satisfaisante (Amanial,2016).

Le paramètre TH de l'eau de process n'est pas mesuré par l'entreprise ,or, sa valeur est nulle dans l'eau de chaudière.

La dureté est associée à la présence d'ions métalliques bivalents en solution tels que le Ca^{2+} , 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 et détériore la qualité d'eau et du produit dans lequel cette eau sera utilisée (**Desjardins, 1997**).

Les valeurs de TA sont conformes à la norme.

Nos résultats du TAC montrent une valeur plus élevée que la norme pour l'eau de chaudière.

Josse et al. (2011), citent que le traitement d'adoucissement de l'eau de process maintient les valeurs de TAC élevées dans la chaudière.

La concentration de chlorure est l'indicateur de la pollution par les eaux usées et donne également un effet laxatif (**Amanial, 2016**).

Le taux élevé de chlorure dans l'eau entraîne automatiquement un goût salé, les chlorures rendent l'eau plus corrosive (**Anonyme, 2015**).

2. Analyses microbiologiques :

1. BDS, B1, R1, SM et le couscous (CA et CI):

Les résultats des analyses microbiologiques sont résumés dans le tableau 23 :

Tableau XXIII : Analyses microbiologiques de BDS, R1, B1, SM, CA et CI.

	Moisissures UFC/ g	Clostridiums	Norme Algérienne 2007
BDS	0.05	Abs	<10²
R1	Abs	Abs	
B1	Abs	Abs	
SM	Abs	Abs	
CA	37	Abs	
CI	Abs	Abs	

Lorsque les moisissures prolifèrent dans les aliments et que leurs population atteignent des niveaux excessifs, elles peuvent occasionner la détérioration des produits (goût, texture, apparence) (**ISO –CEI17025**).

Illustrations des résultats des analyses microbiologiques du :

➤ Blé dur (BDS , R1, B1) , semoule moyenne



Présence de moisissures dans BDS dilution 10^{-1} .



Absence de clostridium sulfite-réducteur

➤ Couscous artisanal (CA) et couscous industriel (CI) :



Absence de moisissures dans le CI .



Présence de moisissures dans toutes les dilutions du CA .



Absence de ASR dans le CI



Absence de ASR dans le CA

D'après les résultats obtenus après l'ensemencement et incubation des échantillons :

Pour le R1, B1, SM et le CI : nous avons noté l'absence totale des moisissures .Par contre, nous avons trouvé des valeurs non représentatives 0.05 et 37 UFC/g dans le BDS et CA successivement.

Pour les clostridium sulfito-réducteur nos résultats restent toujours négatifs pour tous les échantillons analysés. Ceci nous renseigne sur le bon nettoyage au niveau de la semoulerie. Pour conclure, nous pouvons dire que la totalité des prélèvements sont satisfaisants et répondent aux normes

2. Eau :

Les résultats des analyses microbiologiques de l'eau sont montrés dans le tableau 24 :

Tableau XXIV : Analyses microbiologique de l'eau.

	Eau de process	Eau de chaudière	Eau de robinet	Norme algérienne 2011
Coliformes totaux	Abs	35	Abs	< 10 germes / 100 ml
Coliformes fécaux	Abs	35	Abs	Abs / 100 ml
Streptocoques fécaux D	Abs	10	Abs	Abs / 100 ml
Germes totaux	Abs	IND	Abs	10 germe /ml
Clostridium sulfito-réducteur	Abs	Abs	Abs	Abs / 100 ml

Illustrations des résultats des analyses microbiologiques de :

➤ **L'eau de process :**



Absence de coliformes totaux



Absence de streptocoques fécaux



Absence des germes totaux



Absence de clostridium sulfito-réducteurs

➤ **L'eau de chaudière :**



Présence de coliformes totaux



Présence des coliformes fécaux



Présence de streptocoques fécaux



Présence des germes totaux



Absence de clostridium sulfito-réducteurs

L'eau de robinet :



Absence des coliformes totaux



Absence de streptocoques fécaux



Absence des germes totaux



Absence de clostridium sulfito-réducteurs

Dans une eau traitée, les coliformes totaux sont préférés pour indiquer l'efficacité d'une désinfection puisqu'ils sont plus résistants que d'autres microorganismes indicateurs (ISO/CEI 17025).

Les anaérobies sulfite-réducteur sont des indicateurs d'une contamination fécale ancienne, car leur spores sont très résistantes, et leur recherche et dénombrement permet de savoir si le produit présente un risque pour la santé des consommateurs (Joffin et Joffin, 1985).

Les résultats des analyses microbiologiques de l'eau (eau de process et d'urobinet) montrent une absence totale des germes recherchés.

Ceci nous permet de déduire que l'eau de process et l'eau du robinet sont de bonne qualité du point de vue bactériologique.

Par ailleurs, les résultats des analyses microbiologiques de l'eau de chaudière révèlent la présence des coliformes totaux et fécaux ainsi que les streptocoques fécaux et les germes totaux.

Cette charge microbienne peut être due au :

- Contamination humaine d'où mauvaise hygiène du personnel .
- Mauvais fonctionnement de lampe UV.
- Manque d'hygiène au niveau de la tuyauterie.

Ceci nous permet de conclure que l'eau de chaudière est de mauvaise qualité du point de vue bactériologique.

3. Analyse sensorielle

Les résultats du test hédonique sont représentés dans la figure 19 :

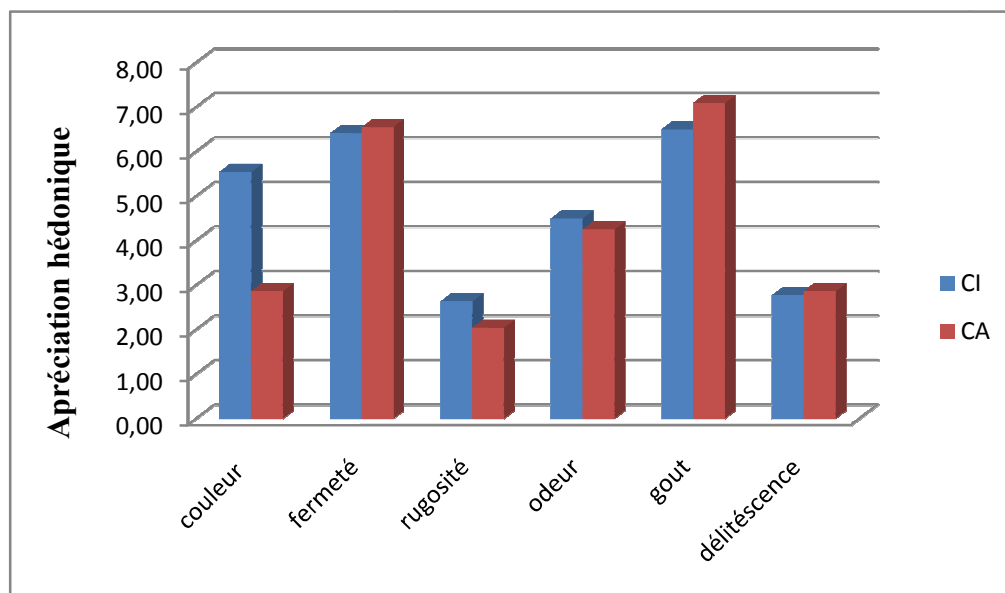


Figure 20 : Valeurs moyennes de test hédonique.

Par analogie aux pâtes alimentaires, les propriétés culinaires du couscous cuit à la vapeur sont évaluées par une analyse sensorielle, une fois cuit les particules du couscous doivent être bien individualisées sans se déliter ni se coller entre elles.

L'évaluation de la qualité organoleptique des deux couscous a été déterminée par un groupe de dégustateurs non spécialisés (personnel du laboratoire) et certains paramètres ont été notés.

L'analyse des moyennes des notes attribuées à la couleur des échantillons montre que le couscous artisanal (CA) a la coloration la moins intense.

Les dégustateurs ont pu percevoir une augmentation de l'intensité de couleur ce qui concerne le couscous industriel (CI).

Pour les notations du caractère fermeté, on observe qu'il y a presque une égalité entre les deux types de couscous.

Par ailleurs les notations sur le caractère rugosité des échantillons révèlent que le couscous industriel a la rugosité la plus intense.

Il ressort clairement que les dégustateurs ont pu percevoir que le couscous roulé manuellement et issu de la semoule de la même matière première a une bonne fermeté et est moins rugueux. Le CI possède une odeur élevée et le CA le meilleur goût.

Les résultats obtenus après la réalisation des moyennes des deux échantillons montrent que le couscous artisanal présente la délitescence la plus intense.

Plusieurs études (Nohed et Zidoune,2012). ont montrées une disqualification du couscous industriel par rapport au couscous artisanal Notre objectif est de vérifier si cette disqualification existe toujours chez les consommateurs.

C'est pour cette raison qu'on a demandé aux dégustateurs de choisir entre deux produits codés A (couscous industriel) et B (couscous artisanal) selon leur préférence en se basant sur les caractères cités dans la fiche de dégustation.

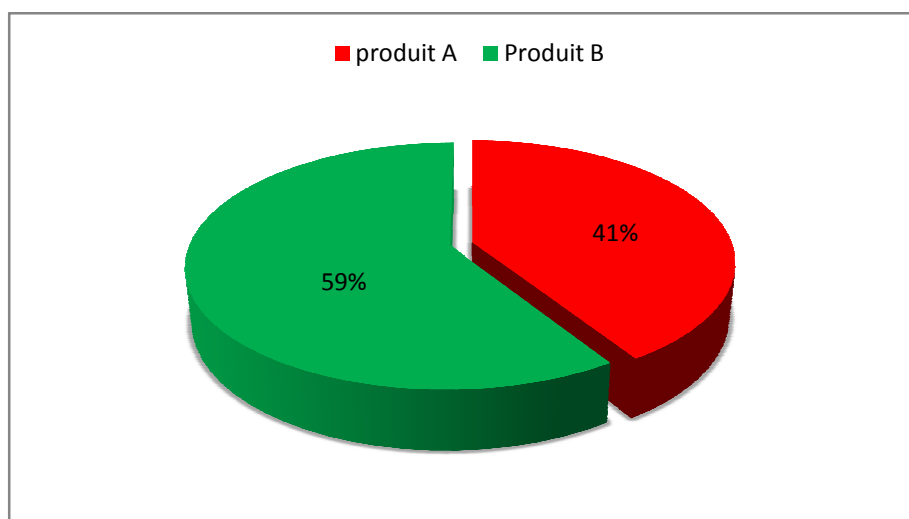


Figure 21 : Résultats du sondage.

Selon les résultats obtenus dans la figure 20 ,59% des dégustateurs ont choisis le produit B et 41% ont choisis le produit A. Nous concluons que les dégustateurs ont préféré le couscous artisanal pour sa qualité sensorielle appréciable.

Conclusion

Le but de ce travail est de voir l'influence des conditions de préparation sur deux types de couscous (industriel et roulé manuellement) et certains paramètres déterminant leur qualité.

Des analyses physico-chimiques et microbiologiques ont été menées tout au long de la chaîne de production (matière première jusqu'au produit fini). Celles réalisées sur le BDS, R1 et B1, montrent que le taux d'impuretés, le poids spécifique de R1 et B1 ainsi que le poids de 1000 grains de R1 ne sont pas conformes à la norme tandis que , le PS de BDS, le PMG de BDS et B1, le taux d'humidité, le taux de cendres et la teneur en lipides sont conformes.

Concernant la semoule moyenne de blé dur, nous avons observé que la granulométrie, le taux d'humidité, le taux de cendres et l'acidité grasse sont conformes ce qui renseigne sur la qualité supérieure de cette matière première.

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

Sur le plan physique, la teneur en eau du couscous artisanal est plus élevée que celle de l'industriel ce qui va augmenter la durée de son stockage. La granulométrie des deux couscous est de type moyen.

Sur le plan propriétés culinaires, la qualité des couscous révèle que celles de l'artisanal sont nettement supérieures à celles des couscous industriels. En ce qui concerne le gonflement, il est plus important pour le produit industriel que pour le produit artisanal. Ce paramètre culinaire est négativement corrélé à la granulométrie des grains.

Sur le plan biochimique, le couscous artisanal est meilleur en terme de fraction minérale et matière grasse.

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de process et de chaudière ont révélé que le pH, le titre hydrométrique (TH), le titre alcalimétrique (TA) et (Cl) sont conformes à la norme alors que le titre alcalimétrique complet (TAC) est plus élevé dans l'eau de chaudière par rapport à l'eau de process et également plus élevé que la norme exigée.

Sur le plan microbiologique, les résultats ont montré que tous nos échantillons sont conformes à la norme, ce qui nous a permis de déduire que nos produits sont de bonne qualité hygiénique. Par contre, nous avons constaté que l'eau de process est de qualité microbiologique acceptable, contrairement à l'eau de chaudière qui est de qualité médiocre.

Sur le plan organoleptique, la comparaison entre les deux types de couscous fait ressortir que le couscous artisanal est mieux apprécié par les consommateurs.

Ce travail nous a permis d'avoir une idée sur une partie de la qualité du couscous industriel et celui roulé à la main d'une manière artisanale. Cette qualité dépend d'une production à l'autre, à l'échelle industrielle, de la matière première uniquement. Par contre, pour l'artisanal, la qualité sera fonction du manipulateur et de l'état hygiénique des lieux et ustensiles utilisés.

Références bibliographiques

- Abecassis J. et Feillet P., 1985.** Pureté des semoules de blé dur, taux de cendres et réglementation. industrie des céréales, 36 . PP : 13-18
- Abecassis J.,Chaurand M. et Abbou R.,1996 .** Valeur semoulière des blés durs. In : influence des facteurs génétiques et agro climatiques sur la valeur meunière et semoulière des blés.
- Abecassis J. Chaurand M., 1997.**Appréciation de la valeur d'utilisation du blé dur en semoulerie et pastification. In. Guide pratique d'analyse.Ed. Tec et Doc.APRIA.
- Abecassis J.,Chaurand M.et Laignelet T., 2010.**Couscous, boulgour et polenta: procédés actuels et produits de la transformation industrielle des céréales.
- Abecassis J., Sissons M., Marchylo B. et Carcea M., 2012 .**Durumwheat : Chemistry and technologie . 2nd Ed AACCC International , Inc. USA.
- AFNOR, 1991.** Recueil des normes françaises ; céréales et produits à base de céréales , couscous et spécification n°1 .P :10.
- AFNOR, 1997.**Recueil des normes françaises ; céréales et produits céréaliers .Ed Tec Doc LAVOISIER .Paris .
- Ait-slimane-ait-kaki S., 2008.** Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu , pour la qualité technologique chez le blé dur en Algérie , thèse de doctorat Option : biologie végétale et amélioration de plante , Université de Annaba .p :151.
- Amanialhaili R., 2016.** Physico- chemical analysis of drinking water quality of Arbminch Town .Journal of Environmental and Analytical Toxicology n°6356
- Angar O. et Belhocet L., 2002.** Granulométrie de couscous : relation avec quelques paramètres de fabrication et la qualité culinaire . Mémoire d'ingénieur .DNATAA , Université Mentouri Constantine . P :53.
- Anonyme,2006.** Céréales vires la taille critique, hors série spécial Algérie : DJAZAGRO Mars 2006. P :19.
- Anonyme, 2015.**<http://experteau.com/services> .
- Bar C., 2001.**Contrôle de la qualité des céréales et des protéagineux (guide pratique) .Ed ITCF céréaliers de France ,PP: 58-253
- Barron C., Surget A. etRouau X.,2007.**Relative amounts of tissues in mature wheat (*Triticumaestivum* L.) grain and their carbohydrate and phenolic acid composition. Journal of Cereal Science45, PP:88-96.

Beji-becheur A., 2008.Couscous connexion : l’histoire d’un plat migrant. Session 2.PP :1-17.

Benbelkacem A., Sadli F. et Brinis L., 1995. La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie .CIHEAM , n°22 , PP : 61-65 .

Benlachehab R., 2008. Scores lipidique de certaines plats traditionnels consommés à constantine , thèse de magister , INATAA .Université de Constantine , 175 p .

Berné F.,1991. Traitement des eaux : épuration des eaux résiduaires de raffinage .ed , TECHNIP ,Paris .PP : 5-6

Boucheham N. et ZidouneM.N.,2012.Comparaison entre la qualité du couscous artisanal et industriel.Nutrition & Santé., Vol 01.PP :1-110.

Boulai H., Zaghouane O., El mourid M. et Rezgui S., 2007.Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orges) dans le Maghreb (Algérie, Maroc et Tunisie). Co-edition ITGC/INRA/ICARDA.176 p.

Bourrass L., 2001.Effet de stress hydrique sur le composant de rendement de quelques génotypes de blés durs ,thèse de magister , INA El harrach .

Carbonnelle B., Denis F., Marmonier A., Pinon G. et Vargues R., 1990.Bactériologie médicale technique usuelle. 3^{ème}ed – Paris.

Chaker S., 1995. Linguistique berbère .Etude de syntaxe et de diachronie , Paris / Louvain , Peeters.

CNTRL, 2012. Centre national français de ressources textuelles et lexicales.

Codex Stand 187-1991. Norme codex pour la semoule et la farine de blé dur .

Codex alimentarius 202-1995.Norme codex pour le couscous.PP :1-3.

Cook J., JahsonV.A.et Allan R.E., 1993.Méthode traditionnelles de sélection des plantes : un aperçu historique destine à servir de référence pour l’évaluation du rôle de la biotechnologie moderne .OCDE .PP :39-41.

Dagher S.M., 1991.Traditional food in the Near East,FAO, food and nutrition paper, n°50, Rome. 161p.

- Debbouz A., Dick J.W., et Donnelly B.J., 1994.**Influence of raw material on couscous quality .Cereals food World.n°39 ,PP :231- 236.
- Delarras C., 2007.**Pratique en microbiologie de laboratoire : Recherche de bactéries et de levures – moisissures .Ed . Lavoisier. Paris .P :651
- Delarras C., 2010.** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. 2^{ème} Ed .Lavoisier. Paris.P :92.
- Derouiche M., 2003.**Couscous: Enquête de consommation à Constantine, fabrication artisanale et qualité. Mémoire de Magister. Université MentouriConstantine , Algérie. 125 p.
- Desjardins R., 1997.** Le traitement des eaux. 2^{ème} Ed .Presse inter polytechnique .P : 304.
- FAO, 2007.** Statistical database of the food and agriculture organization of the United Nations.<http://www.fao.org>.
- FeilletP., 1986.** Industrie des pates alimentaires : Technologie de fabrication, qualités des produits finis et des matières premières .Ind.AlimAgric.PP : 979-990.
- Feillet P., 2000.** Le grain de blé : Composition et utilisation.Ed, INRA.Paris .PP : 17-230.
- FredotE., 2005.** Connaissance des aliments . Ed .Lavoisier, Paris .397 p.
- Fredot E., 2012.** Connaissance des aliments .Ed .Lavoisier, Paris .PP 224-229 .
- Godon B.,1978.**Matières minérales de gluten de blé et farine. Bull .ENSMIC .n°238 .PP:33-47.
- Godon B.,1981.** Le pain pour la science ,50.Paris.
- Godon B.,1991.** Biotransformation des produits céréaliers .Ed. Tec et Doc .Lavoisier , Paris .PP :9-24.
- Godon B. et Willm C., 1991.** Les industries de première transformation des céréales .Ed .Tec et Doc .Lavoisier , Paris.
- Godon B. et Loisel w., 1997.** Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. 2^{ème} édition. Lavoisier Tec et Doc, Paris . P: 819

Godon B., et Willm C., 1998. Les industries de première transformation des céréales .Ed .Tec et Doc .Lavoisier, Paris .P :62-355

Guezlane L.,Selslet-Attou G. et Senator A., 1986. Etude comparée de couscous de fabrication industriel et artisanal ,Industrie des céréales .n°43 .PP :25-29.

Guezlane L. et Abecassis J., 1991. Méthodes d'appréciation de la qualité culinaire du couscous de blé dur,IAA.n°11.PP :966-971.

Guezlane L.,1993. Mise au point des méthodes de caractérisation et étude des modifications physico-chimique sous l'effet des traitements hydrothermiques en vue d'optimiser la qualité du couscous de blé dur . Thèse de Doctorat d'état. INA, El Harrach .Algérie . P:89.

Guezlane L., Colonna P. et Abecassis J.,1998. Effet de traitement hydrométrique du couscous de blé dur sur les modifications physiques de l'amidon. Annales de l'INA .El Harrach.Vol .19 n°1 et 2.PP: 62-71.

Guiseppe F. et Lintas C.,1988.Durum wheat: chemistry and technology.American Association of cereal chemists, Inc .Monosota , USA.P :332.

Hebrard A., OulhnaD.,Galet L., Fages J., Samson M.F., Morel M.H. et Abecassis J.,2001.Etude morphologique et structurale des semoules du blé dur : propriétés d'hydratation et d'agglomération. Ed. Tec et Doc . Lavoisier.

Hebrard A.,2002.Granulation de semoules de blé dur. phDthesis , ENSA Montpellier.

Hebrard A., Oulahna D., Gali L.,Cuq B., Abecassis J. et Fages J.,2003. Hydration properties of durum wheat semolina influence of particle size and temperature. Powder Technology .Vol.130. PP: 211-218.

Hervieu B., Capone R. et Abis S.,2006. The challenge posed by the cereals sector in the Mediterranean .CIHEAM, n°9 .P:14.

Jeantet R., Croguennec T., Schuck P.et Brulé G., 2007. Sciences des aliments : biochimie – microbiologie – procédés – produits ,Vol 2 technologie des produits alimentaire . Ed . Tec et Doc , Lavoisier .Paris .PP :140-181.

Joffin C. et Joffin J.N.,1985. Microbiologie alimentaire .Ed, Centre régional de documentation pédagogique. P : 174.

JORA : Journal officiel Algérien .

JORF,2012. Journal officiel Français n°5912du janvier 2012.

Josse R.G., Yovo P.D., Sagbo E., Dalohoun K.G., Fatombi J. et Topanou N.,2011. Etude de la production de vapeur alimentaire à la société Beninoise des Brasseries (SOBEBRA).Int.J.Biol.Chem.Sci .P :463.

Kent N., Evers A., 1994. Technology of cereals.edPergamon Press Ltd.

Lampereur I., Chaurand M., Abecassis J. et Autan J.C., 1997.Valeur semoulière des blés durs (*TriticumDurumDesf.*) : Influence de la taille des grains, industrie des céréales, n°104. PP :13-20.

Larousse gastronomique,1948. Larousse gastronomique , 1948 .Ed .Courtine , la rousse ,Paris .P:1142.

Madr, 2011. Bulletin statistique de la campagne 2009-2010 .Ministère de l'agriculture et de développement rural .P :23 .

Matsuo R. et Dexter J.E.,1980.Relationship between some durum wheat physical characteristics and semolina milling properties .Canadian journal of plant science n°60. PP:49-53.

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 science alimentaire .option Technologie alimentaire ,INTAA . Université de Constantine .PP :117..

Ounane G., Cuq B., Abecassis J.,Yesli A.et Ounane S.M.,2006. Effect of physicochemical characteristics and lipid distribution in Algerian durum wheat semolina on the technological quality of couscous .Cereal Chem n°83 .PP:377-384

Oussinault,1993 : Adaptation du blé dur (*triticumdurumdesf*) dans les conditions des hautes plaines constantinoises. Thèse de Doctorat . Option : Biologie végétale et Améliorationdes plantes , Université Badji Mokhtar - Annaba .

Pena R.J. et Pfeiffer W.H., 2005. Breeding methodologies and strategies for durum wheat quality improvement .food product press .PP:663-686.

Prats H.,1960. Vers une classification des graminées . Revue d'Agrostologue .Bull. Soc . Bot .France .PP :32-79.

Reis D., Vian B. et Bajon C.,2006. Fibre dans l'alimentation. Ed .Belin . P : 351.

Richard N ,2016. Manuel de microbiologie appliquée a l'usage des techniciens de l'agro-alimentaires et des laboratoires . Ed. LEXITIS. Paris. PP : 149-151.

Rodier J., Legube B., Merlet N. et Coll.,2009. L'analyse de l'eau .9^{ème}ed .DUNOD . P : 106 .

Scotti G., 1984. Analyse physique des grains .In Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales Godon B. et Loisel W .Lavoisier . Tec et Doc .Paris .P :685.

SELSELET A., 1991. Technologie des céréales et produits céréaliers. Institut de technologie agricole de Mostaganem, P : 147 .

Senator A., 1983. Contribution à l'étude de la valeur couscoussière : comparaison entre deux processus de fabrication. Mémoire d'Ingénieur. INA El Harrach.

Surget A. et Barron C.,2005. Histologie du grain de blé. Industrie des céréales.PP: 3-7.

Yettou N.,1998. Les méthodes instrumentales d'appréciation de la qualité culinaire du couscous de blé dur .mémoire de Magister .INA El Harrach.

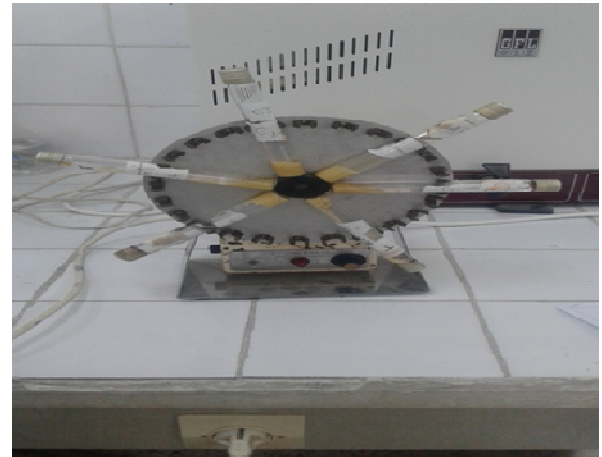
Yousfi L., 1983. Etude de la stabilité de la qualité de couscous industriel. Mémoire d'Ingénieur .INA, El Harrach.

Annexe I

Matériel utilisé au laboratoire de PFE



Centrifugeuse



Agitateur magnétique



Burette



Balance



Appareil Soxhlet



Chauffe – ballon

Matériel utilisé au laboratoire « AMOR »



Etuve



Etuve multicellulaire



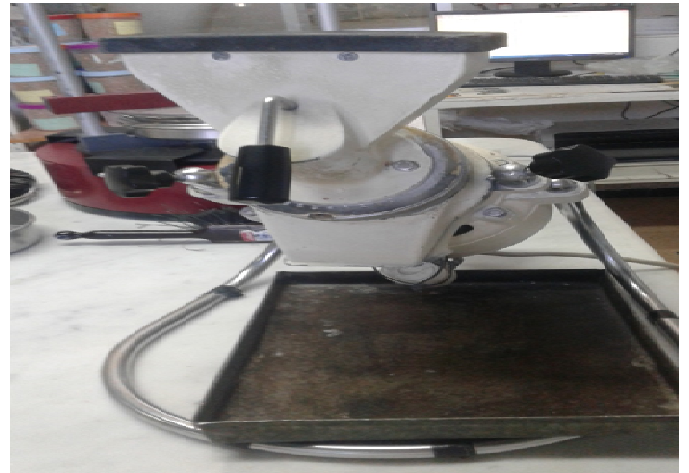
Balances



Four à moufle



Rotteà choc



Broyeur



Tamiseur



Nilma - litre



Dessiccateur



Infraneo

Annexe II

Consommable et verrerie :

- ✓ Sachets stériles
- ✓ Capsules métalliques
- ✓ Spatule
- ✓ Nacelles
- ✓ Pince en acier
- ✓ Epprouvettes graduées
- ✓ Entonnoirs en plastique et en verre
- ✓ Flacons en verre
- ✓ Pro-pipette
- ✓ Fiole jaugée de 25 ml
- ✓ Tubes à essais
- ✓ Seringues
- ✓ Portoirs
- ✓ Boîtes de Petri
- ✓ Pipettes pasteur
- ✓ Béchers
- ✓ Pipettes graduées
- ✓ Erlenmeyers
- ✓ Godets de 50 ml
- ✓ Ballons
- ✓ Ballons à vice
- ✓ Cartouche à extraction

Annexe III

Produits et réactifs

- ✓ Réactifs de kovacs
- ✓ Sulfite de sodium
- ✓ Alun de fer
- ✓ Liqueur alcalimétrique (H_2SO_4) N/50
- ✓ Phénophtaléine
- ✓ Hélianthine
- ✓ Liqueur argentimétrique (AgNO_3) N/50
- ✓ Indicateur pour chlorures
- ✓ Liqueur complexo-métrique (EDTA) N/50
- ✓ Noir Eriochrome T (NET)
- ✓ Tampon K10
- ✓ Pastilles de soude
- ✓ Indicateur coloré dosage du calcium
- ✓ HACH (sulfite 1, 2, 3)
- ✓ Kit phosphates 2-20 mg / l PO_4^{3-}
- ✓ Hydroxyde de sodium (Na OH)
- ✓ Ethanol
- ✓ Ether de pétrole

Annexe IV

Composition des milieux de cultures utilisés :

❖ Eau Tryptone-Sel (TSE) :

Ingrédients en gramme pour un litre d'eau distillée :

- ✓ Tryptone 1,0 g
- ✓ Chlorure de sodium 8,5 g
- ✓ pH final à 25°C : $7,0 \pm 0,2$.

❖ Milieu Oxytétracycline Gélose Agar (OGA) :

Ingrédients en gramme pour un litre d'eau distillée :

Milieu de base :

- ✓ Extrait de levure 5,00g
- ✓ Glucose 20,00g
- ✓ Agar 12,00g

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

- ✓ Oxytétracycline 0,10g
- ✓ pH final à 25°C : $7,0 \pm 0,2$

❖ Milieu Agar viande foie (VF) :

Ingrédients en gramme pour un litre d'eau distillée : Base viande foie 20g

- ✓ Peptone viande foie 30,00g
- ✓ Glucose 2,00g
- ✓ Amidon soluble 2,00g
- ✓ Sulfite de sodium 2,50g
- ✓ Citrate de ferrique ammoniacal 0,50g
- ✓ Agar 11,00g
- ✓ pH final à 25°C : $7,6 \pm 0,2$

❖ Milieu BCPL (Bouillon lactose au pourpre de Bromocrésol) :

• Bouillon Double Concentration (D/C)

- ✓ Extrait de viande de bœuf 6g
- ✓ Peptone 10g
- ✓ Lactose 10g
- ✓ Pourpre de bromocrésol 0,06g

✓ Eau distillée 1000ml

• **Simple Concentration (S/C)**

- ✓ Extrait de viande de bœuf 3g
- ✓ Peptone 5g
- ✓ Lactose 5g
- ✓ Pourpre de bromocrésol 0.03g
- ✓ Eau distillée 1000ml
- ✓ pH 7

❖ **Milieu Roth**

• **Double Concentration (D/C):**

- ✓ Tryptone 40g
- ✓ Glucose 10g
- ✓ Phosphate bipotassique 5.4g
- ✓ Chlorure de sodium 10g
- ✓ Phosphate monopotassique 5.4g
- ✓ Azide de sodium 0.4g
- ✓ Eau concentration distillée 1000ml

• **Simple Concentration (S/C):**

- ✓ Tryptone 20g
- ✓ Glucose 5g
- ✓ Chlorure de sodium 5g
- ✓ Phosphate mono potassique 207g
- ✓ Azide de sodium 0.2g
- ✓ Eau distillée 1000ml
- ✓ pH 6.8-7

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

Pour un litre d'eau distillée ou déminéralisée.

- ✓ Peptone de viande 10,00g
- ✓ Phosphate mono-potassique 2,70g
- ✓ Peptone de caséine 10,00g
- ✓ Chlorure de sodium 5,00g
- ✓ Glucose 5,00g
- ✓ Azide de sodium 0,30g
- ✓ Phosphate dipotassique 2,70g
- ✓ Ethyl violet 0,0005 g
- ✓ pH final à 25°C : 7,0 ± 0,2

❖ **Milieu TGEA (gélosetryptoneglucose Extrait de levure)**

- ✓ Tryptone 5g
- ✓ Glucose 1g
- ✓ Extrait de levure 25g
- ✓ Gélose 15g

- ✓ Eau distillée 1000ml
- ✓ pH 7

❖ **Milieu Schubert:**

- ✓ Tryptone 20g
- ✓ Glycose 5g
- ✓ Chlorure de sodium 5g
- ✓ Phosphate mono potassique 0.3g
- ✓ Azide de sodium 3g
- ✓ Solution d'éthyle violet 5ml
- ✓ Eau distillée 1000ml

Annexe V

Tableau NPP

1 X 50 ml	5 X 10 ml	5 X 1 ml	Nombre caractéristique	Limites de confiance	
				Inférieure	Supérieure
0	0	0	<1		
0	0	1	1	<0,5	4
0	0	2	2	<0,5	6
0	1	0	1	<0,5	4
0	1	1	2	<0,5	6
0	1	2	3	<0,5	8
0	2	0	2	<0,5	6
0	2	1	3	<0,5	8
0	2	2	4	<0,5	11
0	3	0	3	<0,5	8
0	3	1	5	<0,5	13
0	4	0	5	<0,5	13
1	0	0	1	<0,5	4
1	0	1	3	<0,5	8
1	0	2	4	<0,5	11
1	0	3	6	<0,5	15
1	1	0	3	<0,5	8
1	1	1	5	<0,5	13
1	1	2	7	1	17
1	1	3	9	2	21
1	2	0	5	<0,5	13
1	2	1	7	1	17
1	2	2	10	3	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	2	19
1	3	1	11	3	26
1	3	2	14	4	34
1	3	3	18	5	53
1	3	4	21	6	66
1	4	0	13	4	31
1	4	1	17	5	47
1	4	2	22	7	59
1	4	3	28	9	85
1	4	4	35	12	100
1	4	5	43	15	120
1	5	0	24	8	75
1	5	1	35	12	100
1	5	2	54	18	140
1	5	3	92	27	220
1	5	4	160	39	450
1	5	5	>240		