

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la technologie

Département : Génie de l'environnement

Mémoire

Présenté pour obtenir le diplôme de master

FILIERE : Génie des procédés.

Spécialité : Gestion des changements environnementaux en méditerranée

Présenté par :

- **MOUNA Romaissa**
- **NAILI Mouna**

Intitulé

**Suivi de la qualité et le mécanisme de fabrication de
couscous industriel : Cas de couscous de la « SARL GERBIOR »**

Soutenu publiquement, le 15 / 06 / 2023, devant le jury composé de :

Mr. Housseem Eddin KARCE	MCB	Univ-BBA	Président
Mr. Ahmed BAHLOUL	Prof	Univ-BBA	Examineur
Mr. Abdelfateh BENMAKHLOUF	MAB	Univ-BBA	Examineur
Mme. Sarra BEKRI	MAB	Univ-BBA	Encadrant

Année Universitaire 2022/2023



Remerciements

Ce travail a été effectué dans le cadre de l'obtention du diplôme de Master système LMD en Génie des procédés à la faculté des sciences et technologie à l'université Mohamed El Bachir El Ibrahimi de Bordj-Bou-Argeridj.

Nous aimerions, tout d'abord remercier chaleureusement notre encadratrice, Mme. **BEKRI Sarra** pour avoir accepté de diriger ce travail. Ses orientations, ses conseils, ses remarques et ses suggestions avisées ont facilité le travail de recherche.

Nos remerciements les membres de jury pour le grand honneur qu'ils nous font en acceptant de juger ce travail : Mr. **BAHLOUL Ahmed** et Mr. **KARCE Housseem Eddin** et Mr. **BENMAKHLOUF Abdelfateh**

Nos remerciements s'adressent aussi à tous les membres de l'unité d'alimentation de SARL GERBIOR de Bordj-Bou-Argeridj ingénieurs et techniciens particulièrement à Mr. **CHENITI Salleh** chef de production, aussi Mme. **KHEDARA Feriel** chef de laboratoire et ses assistants Mr. **MAAZOUZ Saif eddine** et Mr. **BEN DJEDOU Boubaker** pour leur gentillesse, leur aide et contribution à la réalisation de ce travail.

Nos remerciements Mr. **BENWELHA Walid** chef de laboratoire d'hygiène pour son aide tout au long de stage à la Direction de la Santé et de Population de Bordj-Bou-Argeridj. Merci à Mme. **FICHOUCHE Maria** cadre de la DSP d'avoir partagé ses connaissances avec nous, merci pour votre aide et soutien.

Nous tenons à remercier tous ceux ou celles qui nous ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail.



Dédicaces

Nous tenons à remercier, tout d'abord, le bon Dieu, tout puissant, de nous avoir le courage, la force et la patience pour achever ce travail, sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas abouti.

C'est une immense joie, pour nos, de pouvoir dédier ce travail que nous effectué avec tant de ferveur, à nos parents adorés, grandes sources de notre bonheur, pour leur amour inestimable, leur présence, leur sacrifice et toutes les valeurs qu'ils nous inculquées.

A nous sœurs et frères adorées

Randa, jouhaina, Amel, Fatima el zohra, Ghofrane, Mahdi, Oussama

Qui nous toujours aidé pour goûter au bonheur de la réussite et de l'aboutissement d'un long effort.

A nous chères amies

Aicha, Rebh, Chaima pour leurs soutiens et encouragements pour nous.

Nous remerciment vont également à tous ceux qui nous aidé de près ou de loin durant tout nous parcours universitaire et à toute personne qui nos connait.

Mouna et Romaiissa



Résumé

Le couscous est l'un des plats traditionnels les plus célèbres des peuples du grand Maghreb, car il est préparé avec deux matières premières (semoule et de l'eau).

Et tout comme il y a du couscous artisanal, il y a aussi du couscous industriel, qui est beaucoup consommé, et pour cela nous avons voulu étudier les caractérisations physico-chimiques, organoleptiques et microbiologiques de ce produit, ainsi que ses matières premières.

Ce travail vise à évaluer la qualité du couscous industriel "EXTRA Ben Hamadi", tel qu'il a été mis en œuvre au niveau du laboratoire de l'unité de production de couscous industriel

« SARL Gerbior ».

Dans ce contexte plusieurs analyses ont été réalisées qui sont les suivantes :

- Suivi des lignes de production de couscous industriel à toutes les étapes.
- Réalisation d'analyses physico-chimiques sur la matière première où nous obtenons les résultats suivants :

(Taux d'humidité 13,8% et taux de cendres 1,15% teneur en gluten 15% et taille des granulés compris entre 3,36% et 28,53%).

- Effectuer des analyses physico-chimiques de l'eau utilisée dans la fabrication pour éviter tout problème de santé, les résultats étaient les suivants :

(PH 8 et la conductivité 1055 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et le chlorure 389mg/l et la dureté d'eau 320mg/l et le nitrate 2,78mg/l et le nitrite 0,063mg/l).

- Effectuer des analyses bactériologiques qui sont basées seulement sur la recherche des Clostridium sulfite-réducteur, coliforme totaux et fécaux et streptocoque fécaux, nous avons trouvé une absence totale de ces germes.

- Suivi et contrôle de la qualité du couscous industriel "EXTRA Ben Hamadi" et de sa conformité aux normes internationales et locales.

Ces études montrent que la matière première est de bonne qualité, ce qui permet la fabrication d'un produit de qualité supérieure.

Enfin, la comparaison entre nos résultats et les normes de qualité algérienne et internationale indique que c'était aux normes, ce qui signifie une bonne pratique de fabrication de groupe, ce qui justifie sa dominance dans le marché.

Mots clés: Blé dur, semoule, couscous, analyse physico-chimique, analyse microbiologique, contrôle de qualité.

Abstract

Couscous is one of the most famous traditional dishes among the Arab Maghreb people, which can be prepared with two raw materials (semolina and water).

In addition to artisanal couscous, there is also industrial couscous. Due to its widespread consumption, this research aims to study the physico-chemical, organoleptic and microbiological characterizations of this product and its raw materials. This project aims to evaluate the quality of the industrial couscous; and was implemented at the laboratory of the production unit of industrial couscous "SARL Gerbior." In this context, many analyses were done as follows:

-A follow-up of the lines of couscous production with all of its steps.

- A present physicochemical analysis on the raw material where we obtained the following results:

(moisture rate 13,8%, ash 1,15% and gluten content 15%, particle size between 3,36% and 28,53%).

-A present physicochemical analysis of using water in the fabrication of this production to avoid any healthy problems, the results were as follow:

(pH 8 ,conductivity 1055 $\mu\text{s}/\text{cm}$, chloride 389mg/l, water hardness 320mg/l, nitrate 2,78mg/l, and nitrite 0,063mg/l).

- A present bacteriological analysis are based only on search for sulfite-reducing clostridium , total coliform bacteria and faecal , faecal streptococci , where we found a total absence of this bacteria.

-Follow-up and assess the quality of industrial couscous «EXTRA Ben Hamadi", and its compliance with Algerian and international standards indicates.

Results of this study showed that raw material is of good quality which allows manufacture of high quality couscous.

Finally, comparison with Algerian and international standards indicates that there is no difference between them, which mean they are using a good manufacture process from the group, which justify its leading place in the market.

Keywords: Durum wheat, semolina, couscous, physicochemical analysis, bacteriological analysis, quality control.

ملخص

يعتبر الكسكس أحد أشهر الأطباق التقليدية لدى شعوب المغرب العربي، حيث يتم تحضيره بمادتين أوليتين (الدقيق والماء) وكما يوجد كسكس تقليدي يوجد أيضا كسكس صناعي، يتم استهلاكه على نطاق واسع ولهذا أردنا دراسة التحليلات الفيزيوكيميائية، الحسية و الميكروبيولوجية لهذا المنتج وكذلك مواد الأولية.

يهدف هذا العمل الى تقييم جودة الكسكس الصناعي (إكسترا بن حمادي)، حيث تم تنفيذه على مستوى مخبر وحدة إنتاج الكسكس الصناعي "SARL Gerbior" بمؤسسة:

في هذا السياق تم اجراء العديد من التحليلات وهي كالتالي:

- متابعة خطوط إنتاج الكسكس الصناعي بجميع مراحلها.

- إجراء تحاليل فيزيائية كيميائية على المادة الأولية حيث تحصلنا على النتائج التالية:

(معدل الرطوبة % 13,8 و معدل الرماد %1,15 ومحتوى الغلوتين %15 و حجم الحبيبات محصور بين %3,36 و %28,53).

- إجراء تحاليل فيزيائية كيميائية للمياه المستعملة في الصنع لتفادي أي مشاكل صحية وكانت النتائج كالتالي :

(درجة الحموضة 8,0 والموصلية الكهربائية 1055 ميكرو سيمنس والكلووير 389 مغ/ل و عسر المياه 320 مغ/ل

و النترات 2,78 مغ/ل و النتريت 0,063 مغ/ل).

- إجراء تحاليل بكتيريولوجية تعتمد فقط على البحث عن البكتيريا اللاهوائية مختزلة للكبريت، القلونيات والقلونيات البرازية و العقدية البرازية

حيث وجدنا غيابا تاما لهذه البكتيريا

- متابعة ومراقبة نوعية وجودة الكسكس الصناعي "إكسترا بن حمادي" ومدى مطابقته للمعايير الدولية والمحلية.

هذه الدراسات أثبتت ان المادة الأولية ذات نوعية جيدة مما يسمح بصناعة منتج ذو جودة عالية.

أخيرا المقارنة بين النتائج المتحصل عليها ومعايير الجودة الجزائرية والعالمية المعمول بها، أكدت انها مطابقة للمعايير، وهذا يدل على جودة العمل

الصناعي للمجمع وهو ما يبرر هيمنته على السوق

الكلمات المفتاحية: القمح الصلب، السميد، الكسكس، التحاليل الفيزيائية الكيميائية، التحاليل البكتيريولوجية، مراقبة الجودة.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

PREMIERE PARTIE

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1 : GENERALITE SUR LE COUSCOUS

Introduction.....	1
1 Repères historiques.....	3
2 Etymologie du mot couscous.....	4
3 Différent espèce de couscous.....	5
4 La production de couscous.....	5
5 Matières premières utilisées pour fabriquer le couscous.....	6
5.1 La semoule de blé dur	6
5.1.1 Définition.....	6
5.1.2 Types de semoule de blé dur	7
5.1.3 Utilisation de semoule	7
5.2 Eau.....	7
5.2.1 Définition.....	7
5.2.2 La qualité physico-chimique des eaux.....	8
6 Qualités des semoules destinées à la fabrication du couscous.....	8

CHAPITRE2 : LA PRODUCTION ET LA QUALITE DE COUSCOUS

1 Production de couscous.....	10
1.1 Technologie de fabrication du couscous artisanal.....	11
1.1.1 Malaxage	11
1.1.2 Roulage.....	11
1.1.3 Calibrage et recyclage	11
1.1.4 Pré-cuisson	11
1.1.5 Séchage.....	12
1.2 Technologie de production du couscous industriel	13
1.2.1 Hydratation et malaxage.....	13
1.2.2 Roulage.....	13
1.2.3 Pré-cuisson	14
1.2.4 Séchage.....	14
1.2.5 Calibrage	14
1.2.6 Stockage et conditionnement.....	14
2 Notion de la Qualité du couscous.....	15

2.1	Qualité nutritionnelle.....	16
2.2	Qualité hygiénique	16
2.3	Qualités organoleptiques	16
2.3.1	La couleur du couscous	16
2.3.2	Granulométrie des particules.....	17
2.3.3	Forme des particules.....	17
2.4	Qualité culinaire	17

DEUXIEME PARTIE

MATERIEL ET METHODES

1	Objectif de l'étude.....	18
2	Lieu et période du travail.....	18
3	Présentation de l'entreprise : SARL« Gerbior »Groupe Ben hamadi.....	18
4	Matériel.....	20
5	Prélèvement.....	20
6	Suivi la technologie de fabrication et les paramètres de la qualité de couscous « EXTRA » Ben hamadi.....	20
6.1	Technologie de Fabrication du couscous de la ligne ANSELMO.....	20
6.1.1	Réception et stockage :.....	21
6.1.2	Hydratation et malaxage :.....	21
6.1.3	Cuisson :.....	23
6.1.4	Séchage :.....	24
6.1.5	Refroidissement :.....	25
6.1.6	Sélection :.....	25
6.1.7	Conditionnement et stockage :	26
6.2	Procèdes de traitement des eaux destiné à la fabrication de couscous	27
6.2.1	Filtre à sable :	28
6.2.2	Adoucisseur :.....	28
6.2.3	Javellisateur :.....	30
6.2.4	Filtre Charbon actif :	30
6.2.5	Osmoseur :.....	31
2.5	Les Paramètres de qualité.....	32
2.5.1	Les paramètres de qualité de la matière première (la semoule)	32
2.5.1.1	Taux d'affleurement (Granulométrie)	32
2.5.1.2	Teneur en eau (Humidité).....	33
2.5.1.3	Taux de cendre	34
2.5.1.4	Teneur en gluten	36
2.5.2	L'analyse physico-chimique de produit fini (couscous)	36
2.5.2.1	La granulométrie	36
2.5.2.2	Colorimétrie.....	37

2.5.2.3	Détermination de la Teneur en eau (Humidité).....	38
2.5.2.4	Détermination de Taux de cendre.....	39
2.5.3	Paramètres relatifs aux caractéristiques d'eau d'utilisation.....	39
2.5.3.1	Analyse physico-chimique.....	39
2.5.3.1.1	Mesure du pH.....	39
2.5.3.1.2	Mesure de la température (T).....	40
2.5.3.1.3	Mesure de la conductivité électrique.....	41
2.5.3.1.4	Mesure de la turbidité.....	41
2.5.3.1.5	Dosage de la dureté totale ou titre hydrométrique (TH).....	42
2.5.3.1.6	Détermination de la dureté calcique (TH ca).....	43
2.5.3.1.7	Détermination de la dureté magnésienne (TH mg).....	44
2.5.3.1.8	L'alcalinité.....	45
2.5.3.1.9	Titre alcalimétrique (TA).....	45
2.5.3.1.10	Le titre alcalimétrique complet (TAC).....	46
2.5.3.1.11	Dosage des chlorures (Méthode de Mohr).....	46
2.5.3.1.12	Dosage des nitrates (méthode au salicylate de sodium).....	47
2.5.3.1.13	Dosage des ions nitrites par (Méthode au réactif de Zambelli).....	49
2.5.3.2	Les Analyse bactériologique.....	51
2.5.3.2.1	Lieux de réalisation de l'étude.....	51
2.5.3.2.2	Présentation de la Direction de la santé et de la population (DSP) et de laboratoire d'hygiène.....	51
2.5.3.3	Historiques de la DSP.....	51
2.5.3.3.1	Recherche et dénombrement des Coliformes.....	52
2.5.3.3.2	Recherche et dénombrement des streptocoques.....	54
2.5.3.3.3	Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs.....	55
2.5.3.3.4	Recherche et isolement des Salmonelles.....	56

TROISIEME PARTIE :

RESULTATS ET DISCUSSION

1	Résultats et interprétations des analyses de la matière primaire (semoule).....	58
1.1	Répartition granulométrique.....	58
1.2	La teneur en eau.....	59
1.3	Taux de cendre (TC).....	60
1.4	Répartition la teneur en gluten.....	60
2	Résultats et interprétations des analyses physico-chimiques d'eau.....	62
2.1	Détermination du pH.....	63
2.2	Détermination de la température.....	63
2.3	Détermination de la conductivité.....	63
2.4	Détermination de la turbidité.....	64

2.5	Détermination de Titre hydrotimétrique.....	64
2.6	Détermination de la dureté calcique et magnésienne	65
2.7	Détermination de Titre alcalimétrique complet.....	65
2.8	Détermination de la Teneur en chlorures	66
2.9	Détermination des nitrates.....	66
2.10	Détermination des nitrites.....	67
3	Résultats et interprétations des analyses du produit fini (couscous).....	67
3.1	Répartition granulométrique.....	67
3.2	La teneur en eau	68
3.3	Taux de cendre	69
4	Résultat des analyses bactériologiques.....	70
	<i>Conclusion</i>	71

Annexes

Références bibliographique

LISTE DES ABREVIATIONS

AFNOR : Association Française de Normalisation

BCPL : Bouillon (Bromo-Cresol Pourpre Lactose)

CF : Coliforme Fécaux

CH : capacité d'hydratation

CSR : Clostridium Sulfito-Réducteurs

CT : Coliforme Totaux

E .Coli : Escherichia coli

E.D : Eau distillée

EDTA : Ethylène Diamine Tétra Acétique

GH: gluten humide

GS: gluten sec

H% : humidité

NaCl : Chlorure de Sodium

OMS : Organisation Mondiale de La Santé

P.E : Pris d'essai

PH : Potentiel hydrogène

SARL : Société à responsabilité limitée

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

TC : Taux de cendre

TH : Titre hydrotimétrique

Tr/min : Tour pat minute

UFC : Unité Formant Colonie

UTN : Unité Néphélométrie de turbidité

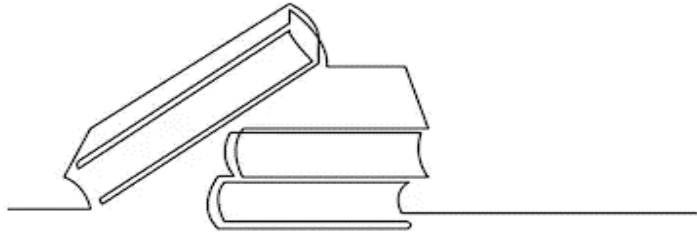
LISTE DES FIGURES

Figure. 1. Fragment de poterie du moyen-âge.....	4
Figure. 2. Diagramme représente la production mondiale de couscous.....	5
Figure. 3. Schéma de fabrication artisanale du couscous.....	12
Figure. 4. Schéma de fabrication industriel du couscous.....	15
Figure. 5. Carte illustrant la localisation de la SARL GERBIOR BBA (Google earth).....	19
Figure. 6. La ligne ANSELMO.....	21
Figure. 7. Silo de la matière première.....	21
Figure. 8. Cyclone de semoule.....	22
Figure. 9. Mélangeuses double.....	22
Figure. 10. Rouleur.....	23
Figure. 11. Système de control étape de hydrations et malaxage.....	23
Figure. 12. Cuiseur.....	24
Figure. 13. Système contrôle étape de cuisson.....	24
Figure. 14. Système contrôle étape de Séchage.....	25
Figure. 15. Refroidisseur.....	25
Figure. 16. Système contrôle étape de refroidissement.....	25
Figure. 17. Planchister.....	26
Figure. 18. Système contrôle étape de sélection.....	26
Figure. 19. Diagramme de traitement des eaux.....	27
Figure. 20. Filtre à sable.....	28
Figure. 21. Adoucisseur.....	29
Figure. 22. Javellisateur.....	30
Figure. 23. Filtre à charbon actif.....	30
Figure. 24. Osmoseur.....	32
Figure. 25. Détermination de granulométrie avec tamiseur.....	33
Figure. 26. Détermination de l'humidité avec dessiccateur halogène.....	34
Figure. 27. Détermination de (TC) avec le four a moufle selon la méthode de référence.....	35
Figure. 28. Détermination des paramètres des semoules avec inframatique.....	36
Figure. 29. Colorimétrie.....	38
Figure. 30. Détermination de l'humidité avec étuve selon la méthode de référence.....	39
Figure. 31. PH mètre.....	40
Figure. 32. Conductimètre.....	41
Figure. 33. Turbidimètre.....	42
Figure. 34. Virage de couleur du rose au bleu pour détermination du TH.....	43
Figure. 35. Virage de couleur au violet pour la détermination du TH ca.....	44
Figure. 36. L'essai de détermination du TA.....	46
Figure. 37. Virage du couleur du jaune vers rouge brique pour la détermination du TAC.....	46
Figure. 38. Virage de la couleur de jaune à la brune pour détermination du Cl ⁻	47
Figure. 39. Image représente le dosage des nitrates NO ₃ ⁻	49
Figure. 40. Image représente le dosage des nitrites NO ₂ ⁻	50
Figure. 41. Carte illustrant la localisation de la DSP (Google MAPS).....	51
Figure. 42. Etapes de réalisation ce Colimétrie.....	53
Figure. 43. Confirmation de présence d'E .coli.....	54
Figure. 44. Etapes de réalisation de Streptométrie.....	54
Figure. 45. Confirmation de présence de Streptocoques fécaux du groupe D.....	55
Figure. 46. Etapes de recherche des anaérobies sulfito-réducteurs.....	56

Figure. 47. Préparation les milieux de culture.....	56
Figure. 48. Etape d'ensemencement sur les milieux sélectifs	57
Figure. 49. Secteur représenter les résultats de Taux d'affleurement de la semoule en %.....	59
Figure. 50. Histogramme représenter les résultats de gluten de semoule moyenne.	61
Figure. 51. La teneur en eau de la semoule moyenne.....	59
Figure. 52. Courbe représenter les résultats de taux de cendre de semoule moyenne.....	60
Figure. 53. Variation de la conductivité des échantillons étudiés.	63
Figure. 54. Variation de la turbidité des échantillons étudiés	64
Figure. 55. Variation du chlorure des échantillons étudiés.	66
Figure. 56. Variation de titre hydrotimétrique des échantillons étudiés.....	64
Figure. 57. Variation de la dureté calcique et magnésienne des échantillons étudiés	65
Figure. 58. Variation de Titre alcalimétrique complet TAC	65
Figure. 59. La variation du nitrate des échantillons étudiés.	66
Figure. 60. La variation du nitrite des échantillons étudiés.....	67
Figure. 61. Secteur représenter les résultats de taux d'affleurement du produit fini.....	68
Figure. 62. Courbe représenter les résultats de taux de cendre du produit fini en %	70
Figure. 63. Courbe représenter les résultats de teneur en eau de couscous moyenne en %.	69
Figure. 64. Virage de milieu de violet au jaune +dégagement de gaz.....	71
Figure. 65. Formation d'un Anneau vert =présent Klebsiella	71
Figure. 66. Absence totale des spores sur Viande fois	71
Figure. 67. Une pastille violette (blanchâtre) dans milieu Eva-litsky au fond du tube (présence de streptocoques fécaux du groupe D).	72
Figure. 68. Trouble microbien +dégagement des gaz dans le milieu Shubert (présence de coliformes fécaux).....	72
Figure. 69. Un trouble microbien accompagné dans le milieu Roth (présences de streptocoques).	72

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau. 1. Les caractéristiques physiques et nutritionnelles pour (100 g) de semoule.....</i>	<i>6</i>
<i>Tableau. 2. Capacité de production de couscous industriel installée dans certains pays</i>	<i>10</i>
<i>Tableau. 3. La granulométrie des semoules utilisées.....</i>	<i>58</i>
<i>Tableau. 4. Les résultats physico-chimiques de l'eau au cours du mois de Mars</i>	<i>62</i>
<i>Tableau. 5. La granulométrie des couscous moyenne.....</i>	<i>68</i>
<i>Tableau 6. les résultats des différentes analyses bactériologiques des échantillons prélevés</i>	<i>71</i>
<i>Tableau. 7. Aspects macroscopiques des salmonelles isolés (photos personnelles)</i>	<i>72</i>



INTRODUCTION

GENERALE

Introduction

Les céréales ont une importance impérative pour les disponibilités nourriture. Elles sont considérées comme une principale source dans la nutrition humaine et animale, directement à travers la consommation des produits céréaliers tel que la semoule, biscuits et pain, farine, pâtes alimentaires, et indirectement à travers la production animale tel que le foin. Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole, leur production arrive jusqu'à deux milliards de tonnes.[1]

Cette matière constitue la première ressource en alimentation humaine et la première source en protéines, elle est aussi riche en gluten.

Parmi les céréales, le blé dur est la plus consommée au monde, il occupe environ 20 à 30 millions d'hectares dans le monde, repartis dans de nombreux pays, la production mondiale est de 35 millions de tonnes. Les principaux pays producteurs de blé dur sont les pays européens (Russie, France, Ukraine, Allemagne, Espagne et Portugal), Amérique du Nord (Canada, Etats-Unis, Mexique), Moyen-Orient (Turquie, Syrie), Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Libye, Tunisie).[2]

En Algérie, le blé occupe une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Le blé dur est l'une des denrées alimentaires la plus largement cultivée dans la région méditerranéenne et il est la source principale de la semoule pour la production des pâtes alimentaires et couscous, à cet égard l'Algérie importe actuellement environ 5.5 millions de tonnes de blé dur pour répondre à la demande.[3]

On distingue deux espèces de blé : le blé tendre et le blé dur, ce dernier est connu et cultivé pour son grain dur et vitreux. [4]

Le blé dur est principalement utilisé pour faire les semoules. Celles-ci sont utilisées dans la fabrication des pâtes alimentaires (spaghetti, lasagnes, macaroni) dans le monde entier, et de certains autres aliments régionaux, tels que le couscous, le boulgour (burghul), le frekeh, les desserts, le pain et les nouilles. [5]

Les pâtes alimentaires sont des produits de consommation courante. Elles sont largement consommées dans le monde et sont fabriquées à partir de la semoule de blé dur qui semble être la matière première la plus appropriée pour ce type de produit, leur structure est formée par les étapes successives du procédé de fabrication; hydratations, malaxage de la semoule, mise en forme, séchage et cuisson.

Le couscous est l'une des pâtes alimentaires les plus antiques développées par les habitants indigènes (Berbères) de l'Afrique du Nord. Il est issu d'une longue histoire et porteur de signification profonde. [6]

A l'origine, le couscous est fabriqué artisanalement, puis son industrialisation a commencé après l'introduction de minoteries en Algérie par les établissements Maison Ricci à Blida en 1853 et Ferrero à Alger en 1907. [7]

En Algérie, le couscous « traditionnel » commence à être délaissé au profit du couscous « industriel ». Cela est dû à plusieurs raisons sociologiques et économiques à savoir l'activité des femmes en dehors du foyer, la non-maîtrise du geste traditionnel, la disponibilité sur le marché du couscous industriel et le côté pratique des aliments préfabriqués, etc. [8-10]

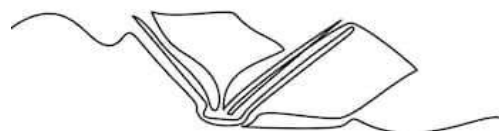
La transformation des particules natives des semoules en couscous englobe un ensemble de traitements physiques tels que le mélange, le roulage, des traitements hydro-thermiques comme l'hydratation, la cuisson à la vapeur et le séchage. Les modifications physicochimiques des matières tout au long de l'agglomération humide confèrent au couscous ses qualités technologiques et organoleptiques. [11]

-C'est dans cette optique que s'insère ce travail de thèse de Master et les objectifs visés sont les suivants :

- Suivi le mécanisme de fabrication de couscous industriel de SARL GERBIOR.
- Evaluer les caractéristiques physico-chimiques, organoleptiques et microbiologiques de la matière première et du produit fini (couscous).
- Contrôler la qualité de couscous industriel.

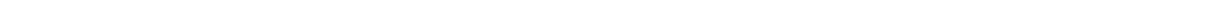
-Ce manuscrit de thèse est divisé en trois parties principales :

- Partie bibliographique : cette partie est composée de deux chapitres, le premier contient des généralités sur le couscous, le deuxième chapitre est consacré à la présentation des procédés de fabrication et les notions de qualité de couscous.
- Partie expérimentale : cette partie est composée de deux volets, le premier présente les étapes de fabrication de couscous industriel SARL GERBIOR et le deuxième présente les outils nécessaires ainsi que les protocoles utilisés pour analyser les différents échantillons de la matière première au produit fini.
- La troisième partie regroupe la présentation des différents résultats obtenus au cours des différentes parties d'étude, leurs analyses et leurs interprétations.



PREMIERE PARTIE :

**SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE**



CHAPITRE 1:
GENERALITE SUR LE
COUSCOUS

1 Repères historiques

Il n'y a pas de référence exacte à l'origine du couscous, mais il est ancien dans la région. L'histoire du couscous, ou du moins du blé, peut commencer au néolithique. Cependant, rouler la semoule et la cuire à la vapeur est un signe de changements significatifs dans la vie humaine en général, donc il y a une progression dans l'art de cuisiner.[12]

Le couscous est « un plat national » dont les origines sont contestées dans de nombreux pays d'Afrique du Nord. Différentes théories sont répandues quant à son origine mais la plus acceptée est celle prouvant son origine berbère.

L'historienne culinaire « Lucie Bolens » avait décrit des potes primitifs de couscous retrouvés dans des tombes qui remontent au règne du roi berbère Massinissa entre 203 et 148 avant Jésus-Christ **Figure. 01**. [13]

Aussi l'historien Algérien « Mubarek el Mili » a mentionné dans son livre de l'Histoire de l'Algérie dans le passé et dans le présent (en arabe), dans le chapitre sur les Berbères qu'un des aliments qu'on leur attribue est le couscous. [14]

D'après ce qui a été mentionné dans les livres d'histoire, le couscous est cuisiné dans de nombreux pays du monde, Harlan Walker (1992) dit que le couscous se trouve en Sicile en Italie, Brésil, Syrie, Palestine et nombreux pays de nord d'Afrique, et mentionné que son histoire ancienne est obscure. [15]

Selon Jean-Baptiste Labat (1728) il y a du couscous au Nigeria et au Mali aussi. [16]

Il est mentionné vers la fin du VIII^e siècle par des auteurs musulmans qui firent l'éloge de ses qualités nutritives et médicales. On la retrouve dans un écrit d'Ibn Khaldoun au XIV^e siècle, lorsqu'il définit le Maghrébin ou les habitants de l'Afrique du Nord, se réfère également à lui comme consommateur de couscous. [12]

En Algérie, Les scientifiques du Centre National de Recherche Préhistorique Anthropologique et Historique ont retrouvé plusieurs couscoussiers dans les tombeaux antiques, dans la région de Tiaret, des plusieurs ustensiles datant du IX^e siècle nécessaire à la préparation du couscous. Et dans la région de Mila, les archéologues découvrent des "matmouras" sorte de cuve antique servant de réserve du surplus de couscous fabriqué pour la saison hivernale durant les anciens temps. [12]

En 2020, l'Unesco; inscrit sur la liste représentative du patrimoine culturel immatériel de l'humanité, que le couscous est un plat aux dimensions symboliques, sociales et culturelles,

toutes associées à la solidarité, la joie, le partage et le vivre ensemble.[17]



Figure. 1. Fragment de poterie du moyen-âge. [18]

2 Etymologie du mot couscous

L'origine du mot couscous à plusieurs hypothèses, selon le dictionnaire arabe;

كَسَكَسَ الشَّيْءَ: دَقَّهُ دَقًّا شَدِيدًا

كُسْكُسُ: (اسم طبخ): طَعَامٌ يُحَضَّرُ مِنْ دَقِيقِ الْقَمَحِ وَالْمَاءِ فَيَصِيرُ حَبَاتٍ دَقِيقَةً، يُنْضَجُ فِي الْكَسْكَاسِ عَلَى الْبُخَارِ، وَيُصَبُّ.

عَلَيْهِ الْمَرْقُ وَاللَّحْمُ وَمُخْتَلِفُ أَنْوَاعِ الْخُضَرَ، الْكَسْكَاسُ بِالضَّمِّ هُوَ نَوْعٌ مِنَ الطَّعَامِ يَصْنَعُ مِنَ الدَّقِيقِ فِي افريقيّا.[19]

Selon le livre «actes onzième congrès international 1897» le couscous est un mot d'origine berbère SKS ; sksou سكسو « couscous ».[20]

On dit aussi, que le mot du couscous n'est pas une expression arabe, c'est juste une onomatopée dont le bruit produit par la vapeur lorsqu'elle passe à travers les trous du récipient et les grumeaux de semoule.[21] Ce mot désignait à l'origine la semoule de blé dur, roulée et cuite à la vapeur, puis, par extension, ce terme s'est appliqué à tous les plats de viandes ou de légumes servis avec cet accompagnement. La place du couscous en Afrique du nord est comparable à celle du riz en Extrême-Orient. Le couscous est constitué de semoule (smid) de trois moutures différentes ; grosse, moyenne et fin, agglomérées à la main dans une bassine large en bois et profonde appelée el "Gassâa". La technique consiste, après avoir versé trois mesures de semoule dans le "Gassâa" et l'avoir aspergée d'eau salée et d'huile, à incorporer la semoule fine peu à peu, en roulant sans cesse et en alternant l'adjonction de semoule grosse d'eau salée et de semoule fine jusqu'à épuisement.

Concrètement, le couscous est d'abord une semoule de blé ou d'orge roulée de façon traditionnelle avec les paumes des mains de femme, bien à plat, dans un récipient plat et doux. La semoule est transformée en graines bien calibrées, parce que passées dans plusieurs tamis qui définissent la taille minimale et maximale, entre 1mm et 1.5 mm (il existe aussi un couscous grossi "bercoukes" plus épais qui a ses conditions et ses traditions).[22]

3 Différent espèce de couscous

On compte plusieurs espèces de couscous; la "berboucha" se prépare avec de la farine brune, le "miedjbour" se fait avec la semoule tirée de la première qualité du froment ou avec de la farine de mouture française, le "mahioér" se préparé avec les mêmes ingrédients que le "miedjbour" seulement le grain en est plus menu, le "mesfoufe" se fait avec la première qualité de froment et le "mezeiit".[23]

En Algérie, le couscous est un élément essentiel de l'identité culturelle algérienne. En effet, sont très diversifiés il existe autant de variantes que de régions, de saisons et des occasions. Il est appelé "seksu" en Kabylie. D'autres régions, dans l'Est de l'Algérie, on le nomme "aberbouch" ou "seksu" ou "taberbouchet" en berbère chaoui, et "berboucha" en arabe. Dans le Nord constantinois, comme à Annaba, Skikda, Jijel (certaines tribus), on dit invariablement "cousksi (kouski)" et "berboucha", à l'Ouest de l'Algérie, on nomme ce plat "ta`aam". [22]

4 La production de couscous

Originaire de la zone du Maghreb, le couscous s'est industrialisé et connaît un développement international. Les capacités installées dans certains pays sont : [24]

- La Tunisie 85 000 t/an
- L'Algérie 70 000 t/ an
- Le Maroc 80 000 t/an
- Le Mauritanie 95 00 t/an
- La France 112 500 t/an
- Italie 14 000 t/an
- USA 11 600 t/an
- Canada 6 300 t/an

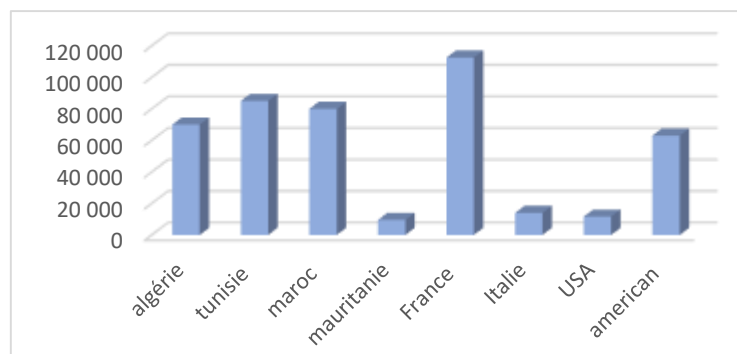


Figure. 2. Diagramme représente la production mondiale de couscous.

5 Matières premières utilisées pour fabriquer le couscous

5.1 La semoule de blé dur

5.1.1 Définition

La semoule est définie comme étant : « le produit obtenu à partir des grains de blé dur par un procédé de mouture au cours duquel le son et le germe sont essentiellement éliminés et le reste est broyé à un degré de finesse adéquat. La semoule est un produit alimentaire plus ou moins granuleux, de couleur ambrée, extrait exclusivement des blés durs par une mouture industrielle spéciale dite de "semoulerie". Elle est reconnue comme substrat principal pour la fabrication des pâtes alimentaires en raison de sa teneur en gluten qui confère aux pâtes (couscous, pâtes alimentaires, ...) des propriétés technologiques et rhéologiques spécifiques, de sa dureté, sa couleur unique, sa flaveur et sa qualité de cuisson.

Selon, le terme semoule désigné le produit issu de la meunerie et obtenu par la mouture grossière de grains humidifiés de céréales notamment de blé dur. Ces semoules sont valorisées généralement dans la fabrication des pâtes alimentaires et des couscous, suivie d'un séchage et d'un tamisage. La semoule est en quelque sorte un produit intermédiaire entre le grain et la farine, dont la granulométrie varie entre 150 et 1000 μm . [25]

Tableau. 1. Les caractéristiques physiques et nutritionnelles pour (100 g) de semoule. [26]

Critères	Moyenne pour 100 g
Eau (humidité)	15.5 %
Protéine	10,7g
Glucides	72,4g
Lipides	0,85g
Cendre	0,88g
Valeur énergétique	340kcal / 1446kJ
Granulométrie	> 500 μm : 0-2% > 390 μm : 21-27 % > 280 μm : 27- 37% > 200 μm : 8-14% > 112 μm : 16-26% < 112 μm : 10-14%

5.1.2 Types de semoule de blé dur

On distingue plusieurs types :

- **Semoules extra (SE)** : ses particules sont fines, le grain à un diamètre compris entre 130 à 183 μ m, cette semoule est orientée vers la fabrication des pâtes alimentaires industrielles
- **Semoules sassées super extra (SSSE)** : de 190 à 550 μ m, destinées à la fabrication des pâtes alimentaires dites supérieures.
- **Semoules grosses moyennes (SGM)** : comprise entre 550 à 900 μ m, cette semoule est généralement vendue en l'état pour l'utilisation ménagère (galette, couscous, biscuit, crêpes etc...).
- **Semoules grosses (SG)** : la dimension des particules est comprise entre 900 à 1100 μ m, cette semoule destinée essentiellement à la fabrication du couscous gros. [25]

5.1.3 Utilisation de semoule

En Algérie, la consommation totale de semoule de blé dur de 4.500.000 quintaux/an environ 1 million quintaux serait consommé sous forme de couscous artisanal soit près de 40 kg/an/habitant. [25]

En Algérie 40 % de blé dur sont destinés pour la fabrication du couscous. Le reste est consommé sous forme des pâtes, du pain et autre, contre 5 % au Maroc et 50 % au Tunisie.

5.2 Eau

5.2.1 Définition

L'eau joue un rôle majeur au cours de la confection de la pâte. C'est un liquide incolore, inodore, agréable au goût, pas d'ammoniac et pas de germes pathogènes. Elle gonfle le grain d'amidon et favorise l'assouplissement et l'allongement du gluten ce qui donne à la pâte ses propriétés de plasticité. Elle fournit aux protéines et enzymes la mobilité nécessaire pour réagir et elle participe elle-même aux réactions.

L'eau de fabrication doit être exempte de matière organique et laisser, après évaporation, un résidu inférieur à 400 ou 500 milligrammes de matières minérales par litre. L'utilisation d'une eau de faible dureté est recommandée. De plus, l'eau doit être tiède et de température ne doit jamais dépasser 35 °C et uniforme tout au long du malaxage, notamment en hiver où la semoule est stockée à l'extérieur.

Les semoules sont hydratées et malaxées de manière à former une pâte qu'est compressée et convoyée par une vis dans un fourreau d'extrusion avant d'être extrudée à travers un moule placé en sortie de vis.

La géométrie des moules et les conditions de découpage sont fixées de manière à donner à la pâte alimentaire le format recherché (spaghetti, macaronis...) ; après mise en forme les pâtes sont séchées.[27]

5.2.2 La qualité physico-chimique des eaux

La qualité physico-chimique des eaux de fabrication industrielle, à l'exception des eaux ayant subi un traitement thermique pour la production d'eau chaude. La température ne doit pas dépasser 25 °C, il est recommandé d'utiliser de l'eau de faible dureté.

Le pH doit être supérieur ou égal à 6.5 unités pH et inférieur ou égal à 9 unités pH. Pour les substances suivantes, les valeurs des concentrations doivent être inférieures ou égales aux valeurs indiquées ci-après :

- Chlorures200 mg/l (Cl).
- Sulfates250 mg /l (SO₄).
- Magnésium.....50mg /l (Mg).
- Sodium.....150mg/L (Na).
- Potassium12mg/L (K).
- Aluminium0.2mg/ L (Al).

6 Qualités des semoules destinées à la fabrication du couscous

Les critères de choix de la semoule destinée à la production diffèrent entre le couscous artisanal et le couscous industriel.

Selon les résultats des enquêtes menées par Yousfi (2002) et Al-Darwish (2003) auprès des ménagères, le choix de la semoule destinée à la fabrication du couscous se fait selon trois critères fondamentaux : la couleur, la granulométrie et la pureté.

- La couleur : la majorité des ménagères, considère que la couleur jaune comme un signe de qualité pour obtenir un couscous de bonne qualité.
- La granulométrie : la plupart des ménagères préfèrent la semoule moyenne pour obtenir un couscous homogène et ne pas avoir beaucoup de pertes au cours du roulage.
- La pureté : ce critère est généralement lié à la présence du son qui est liée au taux de cendres. La teneur en cendres d'une semoule est l'un des critères de sa pureté et donc sa qualité technologique, pour ce critère, les ménagères préfèrent l'utilisation de la

semoule supérieure. En effet, cette catégorie de semoule signifie un taux d'extraction modéré et donc une teneur en cendre faible.[28, 29]

Selon Di Fonzo (1995), la qualité d'une semoule destinée à la fabrication d'un bon couscous est peut être similaire à celle des autres pâtes alimentaires, si ce n'est une granulométrie souvent plus élevée. [30]

Le couscous industriel est préparé à partir d'un mélange d'un tiers de grosse semoule (630 à 800 μm) et deux tiers de fine semoule (250 à 630 μm).[31]

Feillet (1986-2000), résumant les critères de la qualité de la semoule utilisée dans la fabrication des pâtes alimentaires et donc le couscous en:

- Une teneur élevée en caroténoïde associée à des faibles activités lipoxygénase et peroxydase.
- Une absence de points noirs, ces points noirs peuvent être dus à des graines mouchetées ou à des impuretés non éliminées au niveau de la semoulerie.
- Une quantité suffisante de protéine de qualité. [32, 33]

Selon la norme codex (**CODEX STAN 202-1995**), 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). La semoule dite (grosse) est une semoule dont le grain a un diamètre compris entre 475 et 700 μm . La semoule dite fine est une semoule dont le grain a un diamètre compris entre 130 et 183 μm . La semoule dite (grosse-moyenne) est une semoule dont le grain a un diamètre compris entre 183 et 700 μm . [34]

CHAPITRE2 :
LA PRODUCTION ET LA
QUALITE DE COUSCOUS

1 Production de couscous

Le couscous, originaire de l’Afrique du nord (Libye, Tunisie, Algérie et Maroc), est un aliment dont la consommation a largement franchi le continent africain. Dans ces pays, le couscous est fabriqué à base de semoules de blé dur par un procédé industriel ou artisanal, comme il peut être fabriqué avec d’autres céréales. Les processus de fabrication du couscous Algérien, Tunisien et Marocain se ressemblent beaucoup.[31]

Etant un plat traditionnel, le couscous a depuis toujours été fabriqué artisanalement, par les femmes d’Afrique du Nord à la main. Mais depuis 1853, l’idée de fabriqué du couscous a commencé. [35]

Selon Hélène (2010), la préparation industrielle des graines de couscous remonte au 19^{ème} siècle, la société Ricci à Blida en 1853 ou la société Ferrero à Alger en 1907, on commencer à mécaniser une partie du procédé. Cependant, la semoule roulée à la main s'est poursuivie jusqu'au début des années 1950.

En 1953, les frères Ferrero inventent le procédé industriel de fabrication du couscous, qui est encore utilisé aujourd'hui dans les usines des entreprises qui commercialisent le couscous Ferrero. La seule différence est que la fabrication est aujourd'hui gérée par des automates.

Dès 1962, des industriels pied-noir installent leurs unités de production dans la métropole française. Depuis, la production de couscous français a pris encore plus d'importance, compte tenu du nombre croissant de consommateurs maghrébins et du succès des plats traditionnels auprès les français. Dans d'autres pays européens, le couscous a été développé plus tard. [36]

Tableau. 2. Capacité de production de couscous industriel installée dans certains pays.[37]

<i>Pays</i>	<i>Capacité (tonnes/ an)</i>
<i>Tunisie</i>	<i>85000</i>
<i>Algérie</i>	<i>50000 dont 20000 tonnes</i>
<i>Maroc</i>	<i>80000</i>
<i>Mauritanie</i>	<i>9500</i>
<i>France</i>	<i>112 500</i>
<i>Italie</i>	<i>14 000</i>
<i>USA</i>	<i>11 600</i>
<i>Canada</i>	<i>6300</i>

1.1 Technologie de fabrication du couscous artisanal

Le couscous est composé de semoule, d'eau et de sel. Le mélange est hydraté et rouler à la main en utilisant 3 types de tamis. Ensuite, il est précuit et séché sur un linge à l'air libre.

La différence dans le traitement manuel réside uniquement dans la nature du laminage et de pré-cuisson par rapport à la transformation industrielle. [38]

Les étapes de fabrication manuelle du couscous peuvent être divisées en 5 étapes; Malaxage, Roulage, Calibrage et Recyclage, Pré-cuisson et Séchage **Figure. 03**.

1.1.1 Malaxage

Pour le couscous roulé à la main, la semoule utilisée est de la semoule "Grosse" (2/3) à laquelle est ajouté 1/3 de semoule fine arrosée d'un peu d'eau salée et pétrie à la main, puis ajouter la semoule fine pour le séchage. Répétez ces étapes jusqu'à ce que le diamètre souhaité soit obtenu. Le niveau d'hydratation et le temps de mélange de la semoule affecteront la qualité de cuisson et le rendement du couscous, et cela aidera au roulage.

1.1.2 Roulage

Le roulage est l'opération de mise en forme du couscous par l'agglomération des particules de semoules hydratées. Il s'effectue par les mouvements de va et vient de la paume des mains afin d'assurer un bon mélange et favoriser l'absorption de l'eau; avec une addition continue de la semoule fine jusqu'à l'agglomération de la semoule pour faire des particules grosses, homogènes et de forme régulière.

1.1.3 Calibrage et recyclage

Dans cette opération les agglomérats de semoule obtenus lors du roulage subissent un tamisage qui permet la séparation des grosses particules. Ensuite, un autre tamis avec des ouvertures réduites est utilisé pour la calibration à la taille voulue. Pour en finir avec cette étape, un tamisage s'effectue à l'aide d'un tamis à mailles plus fines dans le but de récupérer les particules de couscous humide et éliminer les particules de la semoule non agglomérée.

1.1.4 Pré-cuisson

C'est un traitement hydro thermique obligatoire dont le but est de gélatiniser l'amidon (intérêt nutritionnel) et éviter d'autre part l'agglomération des particules de couscous au cours de la réhydratation.

Il consiste à mettre le couscous dans un couscoussier constitué de deux parties : un récipient inférieur contenant de l'eau en ébullition surmonté par un autre récipient (couscoussier dont l'épaisseur est de 13cm) percé de nombreux trous pour faciliter le passage de la vapeur et dans lequel est mis le couscous. La durée de pré-cuisson est de 10min. [28, 39]

1.1.5 Séchage

Le séchage consiste à abaisser le taux d'humidité du couscous de 30% jusqu'à 12 à 15% en fin de séchage de manière à stabiliser le produit fini et à lui assurer une meilleure conservation. Le séchage est réalisé par étalement du couscous sur un linge propre, à une température ambiante et à l'abri des poussières. La durée dépend de la température ambiante et de l'humidité relative.

[28]

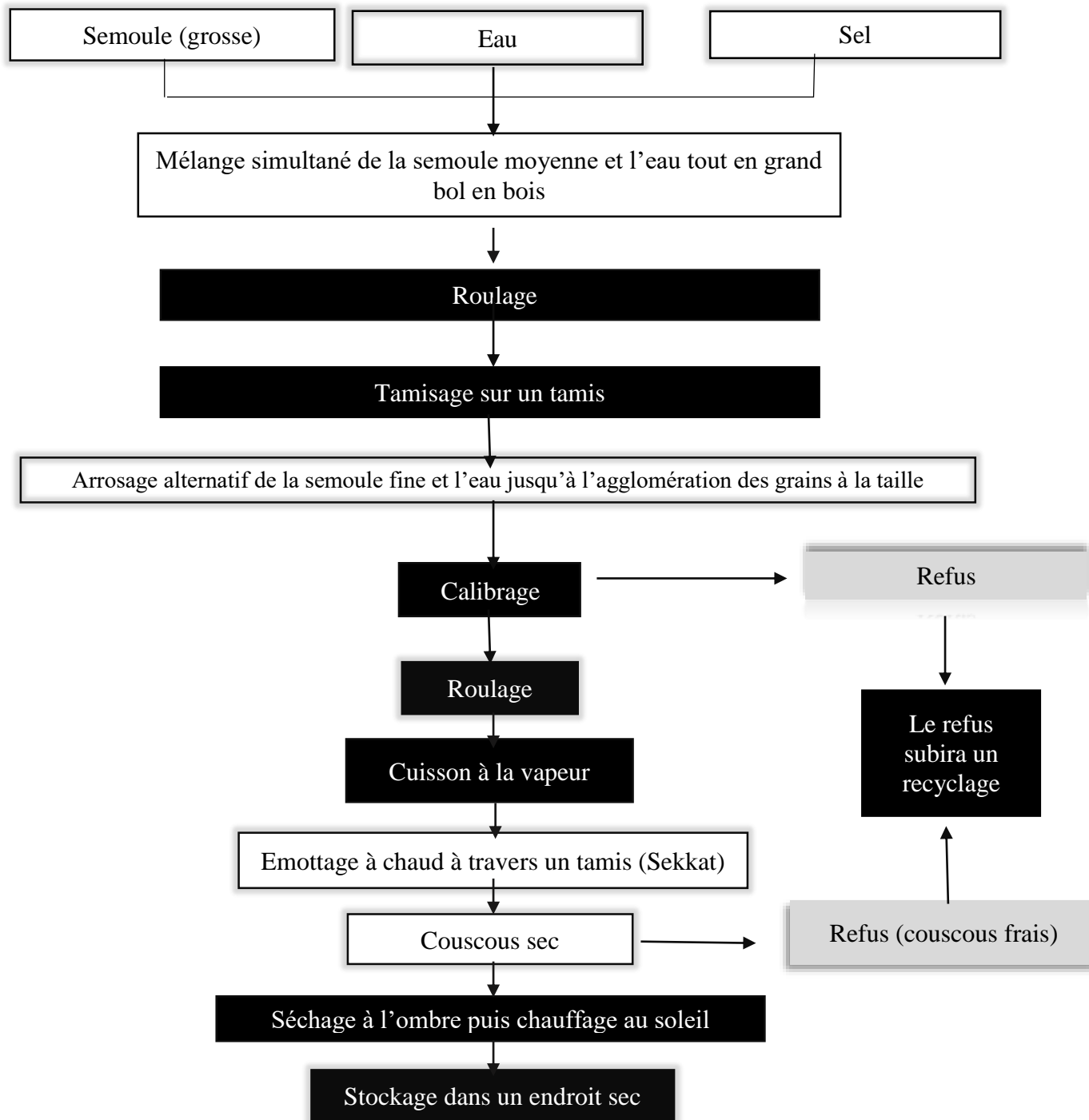


Figure. 3. Schéma de fabrication artisanale du couscous.

1.2 Technologie de production du couscous industriel

Le procédé de fabrication du couscous industriel est inspiré de la méthode manuelle. S'agit-il d'un couscous à base de blé dur ou à base d'orge, les grandes étapes de fabrication sont les mêmes, la seule différence réside dans les températures de pré-cuisson et du séchage, qui seront diminuées dans le cas du couscous d'orge car il est plus sec que le blé dur.

La fabrication du couscous industriel débute par l'hydratation en continu de la semoule, suivie par les étapes de roulage et de cuisson à la vapeur (180 °C pendant 8 min). Après cuisson, le couscous humide subit les étapes de séchage, de refroidissement et de tamisage à l'aide d'un plansichter **Figure. 04**.

1.2.1 Hydratation et malaxage

Le but de cette opération est de préparer et d'amalgamer le mélange eau/semoule et de le rendre apte à la production du couscous, en faisant en sorte que les composants se mélangent de façon constante et dans la proportion préalablement fixées. De semoule de blé dur (100 kg), d'eau (30 L), cette étape dure environ 15 à 25 min.

Cette opération est réalisée dans une presse comportant : un agitateur doseur semoule, une centrifugeuse horizontale, une mélangeuse double et une centrifugeuse verticale. La presse permet le brassage du mélange semoule/eau grâce à une turbine à palettes ayant une grande vitesse (250 tr/min dans la centrifugeuse horizontale et 750 tr/min dans la centrifugeuse verticale). Elle assure l'homogénéité de l'humidification et l'agglomération en petites boulettes.

1.2.2 Roulage

Il a pour but de poursuivre l'agglomération et d'obtenir des particules homogènes de forme régulière. Le roulage de la semoule hydratée se réalise par des tambours de formation ou rouleuse.

Roulage des particules de semoule pour les agglomérer en grains de dimension variable, habituellement comprise entre 500 et 800µm, parfois plus. Cette opération est réalisée dans des cylindres rotatifs (rouleurs) ou de simples plansichters. Les cylindres sont des tambours rotatifs dans lesquels la semoule est roulée par frottement des palettes sur une toile en sens inverse du tambour. Le module a pour fonction de rouler et de tamiser en même temps le produit. Alors que, le plansichter est composé de deux tamis munis d'un mouvement circulaire. Il assure le roulage et le calibrage simultané du produit. [27, 33]

1.2.3 Pré-cuisson

La pré-cuisson consiste en une cuisson à la vapeur d'eau à 180 °C pendant une dizaine de minutes. Ce traitement permet de gélatiniser l'amidon afin de rendre le produit digestible et de lui conférer sa capacité de gonflement lors de son utilisation finale. [39]

1.2.4 Séchage

Le séchage est l'un des principes généraux sur lesquels est basée la conservation du couscous. En effet, c'est la phase la plus importante et la plus délicate de la fabrication après l'étape de roulage.

Le Séchage s'effectue à 50-70 °C pendant 1 à 2 heures pour atteindre une humidité finale de 12-14 %, et il joue un rôle important dans les caractéristiques organoleptiques du produit fini.

1.2.5 Calibrage

C'est la phase qui permet de classer les différents types de couscous. Ce dernier passe dans un plansichter muni de plusieurs tamis d'ouverture de mailles différentes, permettent ainsi le classement des particules de couscous selon leurs dimensions. Les fines particules sont retournées à travers un canal vers le début de la chaîne pour être recyclées (au niveau de la mélangeuse). Les grosses particules et les boules vont être broyées puis retournés vers la chaîne au niveau des séchoirs. [10]

1.2.6 Stockage et conditionnement

Les particules de couscous de calibrage désiré et d'aspect régulier seront acheminées vers les silos de stockage et emballées d'une manière hygiénique dans les emballages (sachet) puis dans des cartons.

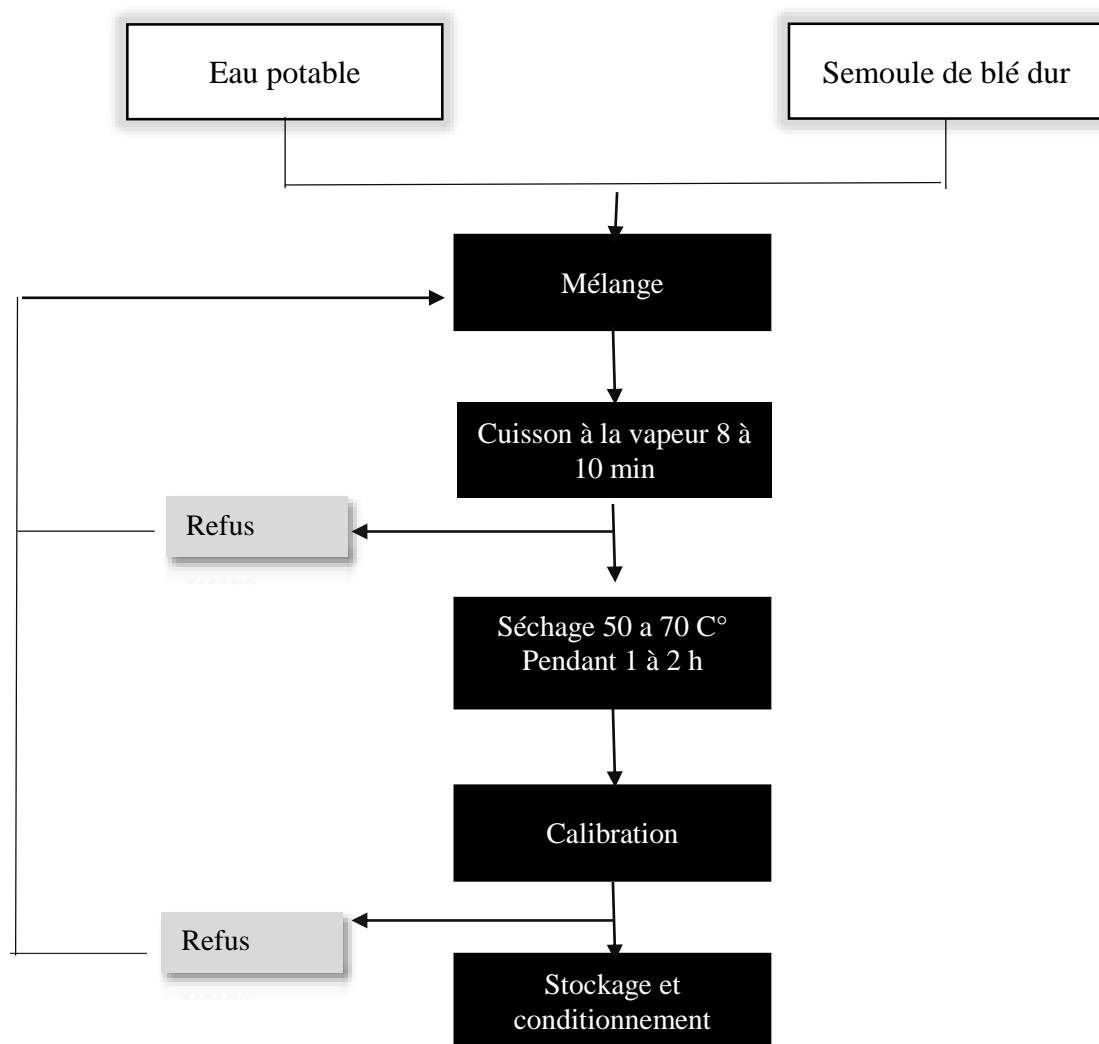


Figure. 4. Schéma de fabrication industriel du couscous.

2 Notion de la Qualité du couscous

Les critères retenus pour l'appréciation de la qualité étaient : granulométrie du couscous, couleur, texture, gonflement après réhydratation. [30]

Selon Kaup et Walker (1986), Un couscous de bonne qualité doit avoir;

- Des grains de couleur jaune, les grains de couscous doivent être intègres et individualisée et contenant le moins possible de débris de son. [7]
- Des grains qui conservent leur intégrité au cours de leur cuisson à la vapeur et au moment de leur mélange à la sauce.
- Des grains doivent avoir une grande capacité d'absorption et garder leur intégrité après cuisson à la vapeur ou addition de sauce.
- Des grains qui ne collent pas entre eux.

Guezlane (1993) a défini la qualité du couscous comme étant des grains de granulométrie régulière et homogène. [40]

A l'état sec, il doit être de couleur jaune ambrée, possédant une capacité d'absorption suffisante et dont les grains doivent rester bien individualisés sans déliter ni se coller entre eux après cuisson. Les ménagères préfèrent un produit de granulométrie moyenne et homogène, de forme arrondie et de couleur jaune clair ou ambrée.

2.1 Qualité nutritionnelle

La qualité nutritionnelle d'un aliment dépend de sa composition mais également des conditions dans lesquelles il est préparé et consommé. [29] Il dépend aussi essentiellement de la matière première dont il est issu. De ce fait, les potentiels en nutriments de ce produit sont identiques à ceux des semoules utilisées. Le couscous est considéré comme un aliment énergétique avec un apport protéique non négligeable. [32, 41]

Le mode de cuisson du couscous (cuisson à la vapeur) préserve sa qualité nutritionnelle [42], car les pertes des composés hydrosolubles de l'aliment sont moindres que dans tous les systèmes de cuisson dans l'eau [43], ainsi qu'un traitement à faible humidité peut induire à la formation d'un réseau protéique stable sans que l'amidon soit dégradé. [44]

2.2 Qualité hygiénique

Selon le codex alimentaires (**norme de codex 202-1995**), le couscous doit être exempt de microorganismes susceptibles de se développer dans le produit dans des conditions normales d'entreposage et ne doit contenir aucune substance provenant de microorganismes en quantités pouvant présenter un risque pour la santé. Par analogie aux pâtes alimentaires, on peut considérer la qualité hygiénique du couscous comme excellente, si on respecte strictement les conditions d'hygiène au cours de la fabrication notamment lors de pré-cuisson et le séchage.[45]

2.3 Qualités organoleptiques

Selon Guezlane (1993), le couscous de "bonne qualité" est un produit jaune ambré, d'une capacité d'absorption d'eau élevée, ses grains restent individualisés et fermes une fois hydratés. La qualité organoleptique du couscous regroupe la qualité commerciale qui concerne l'aspect du couscous (couleur, granulométrie, forme des particules, etc.). [40]

Les caractéristiques organoleptiques du couscous sont;

2.3.1 La couleur du couscous

Les grains de couscous sont caractérisés par une couleur jaune-claire. Et plus précisément, la

couleur jaune des pâtes alimentaires, faites à partir de la semoule de blé dur, est due à la présence de la lutéine de caroténoïdes, la couleur des grains de couscous dépend en grande partie de la couleur initiale de la semoule de blé dur. [46] Elle se traduit dans l'apparence du produit fini par une teinte claire et une couleur jaune ambré. Selon Guezlane (1993), la coloration du couscous à l'état sec constitue un des critères d'achat. [40]

2.3.2 Granulométrie des particules

Le codex alimentaires (**norme de codex 202-1995**) indique que la granulométrie de couscous doit être comprise entre 630 et 2000 μm . Le couscous industriel est habituellement vendu sous trois types différents selon la taille de grain (fin, moyen et gros). [34]

2.3.3 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 clair. [29]

Debbouz et Donnelly (1996) ont indiqué que les grains de couscous sont des particules plus ou moins régulières, avec une forme homogène, sphérique et de surface lisse. [47]

2.4 Qualité culinaire

La qualité culinaire du couscous est appréciée par sa tenue à la cuisson : les caractéristiques jugées sont l'hydratation (gonflement des grains de couscous), l'état de surface non collant, la délitescence et la fermeté. [31]

- Le gonflement : Il représente la capacité d'absorption d'eau par les granules de couscous au cours de la cuisson. Des valeurs élevées du gonflement du couscous renseignent sur la qualité de celui-ci. [48]
- Le collant : Cela correspond au pourcentage de prise en masse de couscous qui forme des gros agglomérats ($> 3 \text{ mm}$). [45]

D'après Ounane et al (2006), de faibles valeurs de prise en masse et donc du collant sont des indicateurs sur la haute qualité des couscous. [48]

- La délitescence : Correspond à l'aptitude des particules de couscous à conserver leur intégrité durant et après cuisson. D'après Ounane et al (2006), des couscous qui se délitent peu, sont des produits de très bonne qualité. [48]
- La fermeté : définie, selon la norme ISO 4120, comme étant la résistance au cisaillement des pâtes entre les dents et à l'écrasement entre la langue et le palais.



DEUXIEME PARTIE

MATERIEL ET

METHODE

1 Objectif de l'étude

L'objectif initial de notre étude consistait sur les caractéristiques physico-chimique, organoleptique et microbiologique de couscous.

On a envisagé de tester plusieurs paramètres qui sont :

Relatifs aux caractéristiques physico-chimique et technologiques de la matière première (la semoule) : granulométrie, humidité et indice de gluten...etc.

Relatifs aux caractéristiques physico-chimiques et technologiques du produit fini (le couscous) : humidité, taux de cendre...etc.

Relatifs aux caractéristiques physico-chimiques et microbiologique de l'eau utilisé de fabrication : Potentiel hydrogène, conductivité ... etc.

2 Lieu et période du travail

Cette recherche a été effectuée au niveau du SARL« Gerbior », Groupe Ben hamadi, où nous avons suivi le procédé de transformation de la semoule en couscous, et celui de la fabrication du couscous industriel (EXTRA).

Ainsi qu'au niveau du laboratoire de l'industrie, nous avons effectués les analyses physico-chimiques (teneur en eau et taux de cendre) sur la matière première (semoule) et le produit fini (couscous), et les analyses microbiologique au niveau du laboratoire de laboratoire d'hygiène de la DSP.

En addition, nous avons fait les analyses physico-chimiques et microbiologiques d'eau de la fabrication au niveau du laboratoire d'hygiène de la DSP (Direction de la santé et de la population).

Le présent travail a été réalisé durant la période allant de 02/03/2023 jusqu'au 15 /05/2023.

3 Présentation de l'entreprise :

SARL« Gerbior »Groupe Ben hamadi

Cette étude est réalisée au niveau de laboratoire de recherches et de contrôle de qualité qui se situe à lachbour, Bordj Bou Arreridj, Algérie.

SARL « Gerbior » (groupe ben hamadi)- Bordj Bou Arreridj crée en 2018, est spécialisé principalement dans la production des pates alimentaire sèches et du couscous à cause de leur grande utilisation en Algérie.

Dans le cadre d'une démarche de gestion de la qualité, afin d'assurer la sécurité et la qualité de ses produits, « Gerbior » est équipé d'un laboratoire d'auto contrôle pour faire en sorte que a toutes les étapes depuis les matières premières jusqu' au produits finis répondent aux :

- Prescriptions réglementaires relatives à la sécurité alimentaire.
- Prescriptions réglementaires relatives à la qualité des produits.

Ces missions principales sont :

- Réalisation régulière et systématique des analyses physico-chimiques pour vérifier les critères liés à la qualité.
- Transmission des résultats d'analyse aux spécialistes de production.

Localisation de la SARL GERBIOR : Rue national N05, Lachbour, El Achir.

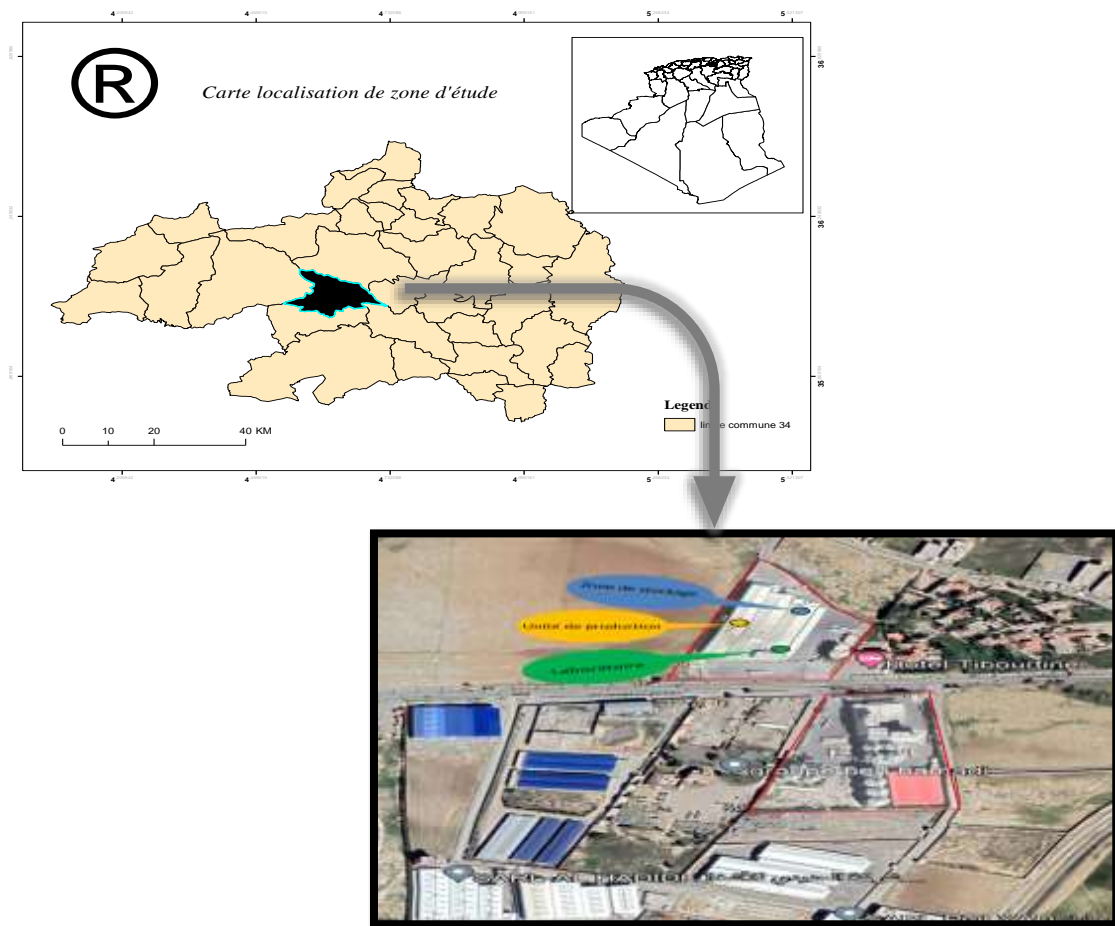


Figure. 5. Carte illustrant la localisation de la SARL GERBIOR BBA (Google earth).

4 Matériel

Au cours de la réalisation de notre étude au niveau de laboratoire de GERBIOR, nous avons utilisé :

- Matière première (semoule)

Les analyses apportées sur des échantillons de semoule moyenne supérieure issue de blé dur, cette semoule est issue du moulin GERBIOR (BEN HAMADI, Bordj Bou-Argeridj).

Les échantillons sont conditionnés dans des sacs en fibres synthétiques de 25 kg et conservés à une température ambiante dans un endroit sec.

- Produit fini (couscous)

Les analyses ont été réalisées sur les différentes variétés de couscous produites.

- L'eau de fabrication

L'eau utilisée pour la fabrication des pâtes alimentaires est une eau de pH =6.5-8.5.

5 Prélèvement

- Le prélèvement des semoules a été effectué manuellement à partir du moulin (environ 500g par jour).
- Le prélèvement du couscous a été effectué manuellement à partir de la sélection (dernière étape de fabrication), nous avons prélevés 50g du produit fini chaque heure.
- Les échantillons ont été prélevés à partir de différents points d'unité de traitement de l'eau (bâche à eau, adoucisseur, osmoseur), Pour faciliter les prélèvements et éviter tout type de contamination, il est souhaitable d'utiliser des flacons en verre.

6 Suivi la technologie de fabrication et les paramètres de la qualité de couscous « EXTRA » Ben hamadi

6.1 Technologie de Fabrication du couscous de la ligne ANSELMO

La fabrication industrielle de couscous passe par des étapes qui sont généralement similaires pour tous les procédés : hydratation et malaxage, roulage et tamisage, pré-cuisson, séchage, refroidissement et finalement calibrage. Les paramètres de ces étapes diffèrent d'un procédé à l'autre ce qui donne des produits finis de qualité différente. Alors, il nous a apparu utile de décrire les procédés de fabrication de nos échantillons.

La ligne ANSELMO est une ligne de production du couscous Italienne créée en 2011, elle

contient 1 seul groupe de fabrication qui possède : un doseur, une mélangeuse (cuve double) et un rouleur. Cette ligne comporte aussi un cuiseur, deux séchoirs 1 et 2, un refroidisseur, et quatre planchisters.



Figure. 6. La ligne ANSELMO.

6.1.1 Réception et stockage :

La semoule provient du moulin par des citernes alimentaire d'une capacité 250 quintaux et placée à l'intérieur des silos, il y a sept silos chacune d'une capacité de 600 quintaux a température normale, ces silos ont des capteurs qui vibrent lorsque la matière première est terminée pour être remplie a nouveau ou nettoyée.



Figure. 7. Silo de la matière première

6.1.2 Hydratation et malaxage :

Le but de cette opération est amalgamer le mélange (eau / semoule) et le rendre apte à la production du couscous, en remarque en sorte que les composants est mélangé de façon constante et dans les proportions préalablement fixées, cela grâce aux équipements suivant :

- Cyclone de semoule : la semoule transférée de silos vers le cyclone qui est un petit réservoir de semoule d'une capacité trois quintaux puis au doseur de semoule qui dose environ 1850 kg/h de semoule, un doseur d'eau douce de débits réglable environ 33.5 %, placés au-dessus de la mélangeuse centrifuge.



Figure. 8. Cyclone de semoule.

- Mélangeuses double : la semoule passe dans la première mélangeuse où elle est mouillée avec de l'eau à une vitesse 65%, ce mélange passe ensuite dans la deuxième mélangeuse pour mélanger bien à une vitesse 70%, ce dernier sort directement vers le rouleur.



Figure. 9. Mélangeuses double.

- Rouleur : C'est une grille avec différents ouvertures de mails qui fait 16 tours par minute et qui travaille par gravité.

Le mélange de la semoule et d'eau passe à travers le rouleur pour être formé en granules de différentes tailles, en boules et en fines humides.

Les fines humides sont transportées par un tapis vers la mélangeuse, les boules passent dans un moteur éclateur puis dans la mélangeuse, tandis que les bonnes granules sont transportées par le tapis convoyeur vers le cuiseur.

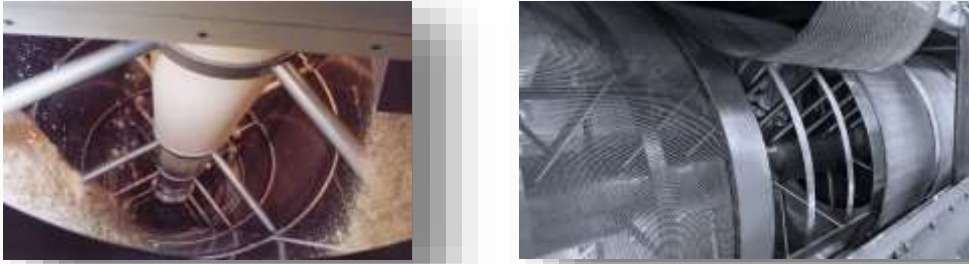


Figure. 10. Rouleur.

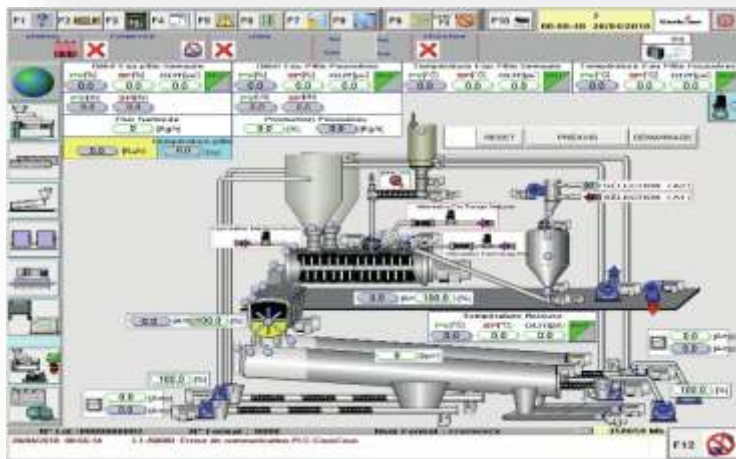


Figure. 11. Système de control étape de hydrations et malaxage.

6.1.3 Cuisson :

Le produit, quand il arrive dans le cuiseur, tombe sur un tapis en inox alimentaire, puis vient égaliser tout de suite pour créer une couche homogène en hauteur qui garantit une cuisson uniforme.

Pour toute la longueur de la machine il y a des électrovannes de vapeur, ces derniers font entrer la vapeur à l'intérieur du chambre et enroulent complètement le produit, le couscous cuit à la vapeur (102 °C à 108 °C).

Il existe un capteur de niveau qui détecte l'épaisseur de la couche de produit (environ 10 cm) et envoie un signal à la salle de contrôle lorsque la vitesse de tapis est modifiée.

A la sortie de la chambre de cuisson le produit rencontre un système de casse grumeaux que le sépare; dans la phase suivante il tombe dans un circuit de transport en dépression qui récupéré le produit et l'envoie vers le séchoir. La partie du produit qui n'est pas désengrenée au mieux est sélectionnée de nouveau et les particules trop grosses sont insérées encore dans le système pour être broyées avec un cribleur jusqu'à ce qu'elles rejoignent la taille de granulés de couscous finaux sans se désagréger. Ce processus prend 30 minutes à une vitesse 37 %.



Figure. 12. Cuiseur

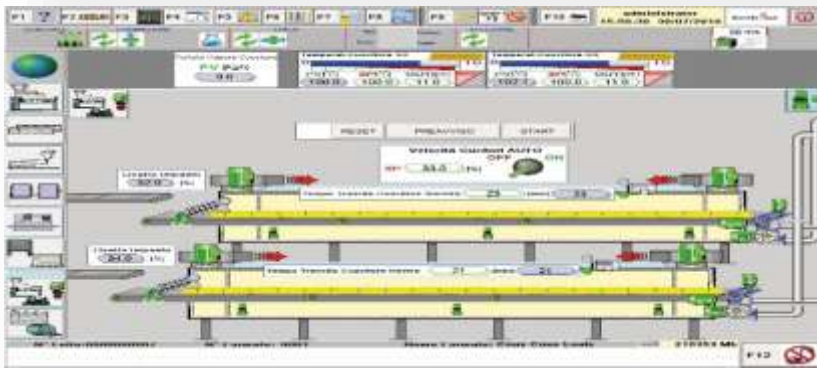


Figure. 13. Système contrôle étape de cuisson.

6.1.4 Séchage :

Le séchoir rotatif est une structure solide et robuste qui a la fonction de sécher le produit.

- Séchoir 1 ou rotante 1

Le couscous est séché à l'air chaud (105 °C à 110 °C) pendant 30 min environ, le séchoir 1 ramène l'humidité à 14% environ.

- Séchoir 2 ou rotante 2

Le couscous subit un deuxième séchage dans le séchoir 2 à l'air chaud pendant 20 min (Zone N°1 = 105 °C, zone N°2 = 103 °C). Le séchoir 2 ramène l'humidité à 12% environ.

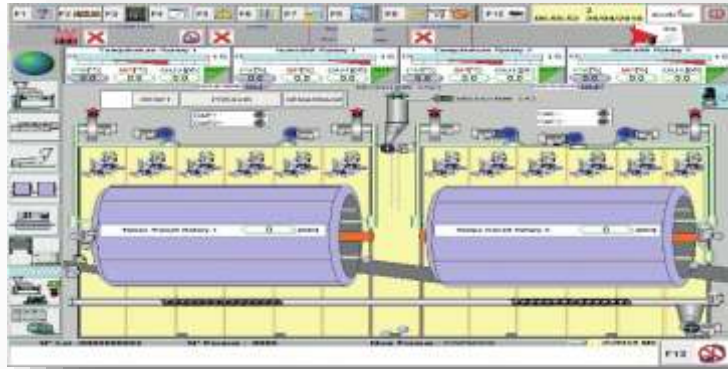


Figure. 14. Système contrôle étape de Séchage.

6.1.5 Refroidissement :

Le couscous sec passe pendant 160 secondes dans un refroidisseur équipé par une ventilation pour ramener les grains à température ambiante.



Figure. 15. Refroidisseur.

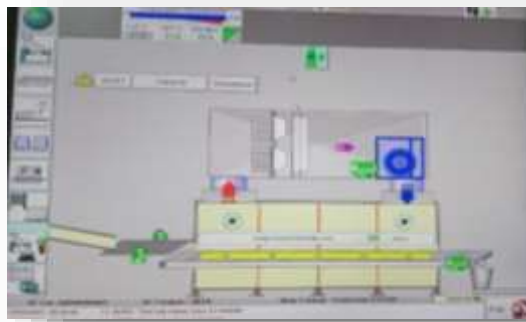


Figure. 16. Système contrôle étape de refroidissement.

6.1.6 Sélection :

Planchister 1

Le planchister 1 est équipé d'une série des tamis avec différentes ouverture de mails.

Le couscous passe alors à travers des tamis qui permettent de séparer les boules et le couscous gros, très gros, déchets

Planchister 2

Le planchister 2 contient des tamis pour séparer le couscous moyen, le couscous fin et les fines sèches.



Figure. 17. Planchister.

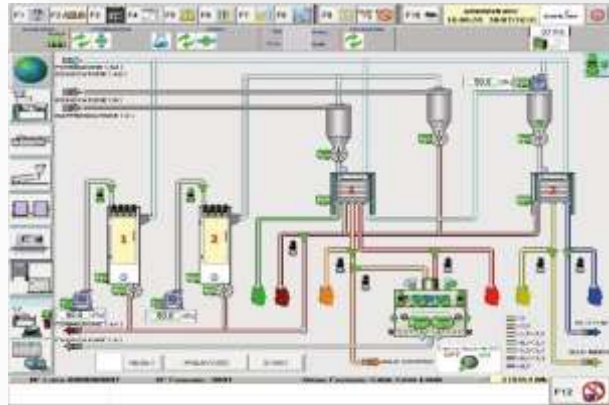


Figure. 18. Système contrôle étape de sélection.

Le couscous moyen est stocké dans les silos de stockage n°4, n°5 et n°6.

Le couscous fin passe dans le silo n° 1 et n°2.

Le couscous gros est stocké dans le silo n°3.

Les fines sèches ce stockent dans le dépôt des fines sèches.

Les boules passent dans un broyeur puis dans le séchoir 1.

6.1.7 Conditionnement et stockage :

A l'utilisation d'une machine de système d'emballage de type Ricciarelli, contient un détecteur de fer qui détecte le plus petit morceau de fer à l'intérieur des paquets et envoie un signal à la salle de contrôle pour qu'il l'élimine, aussi un détecteur des poids pour régler les dimensions des paquets.

Le couscous industriel est généralement emballé dans des paquets en plastique de 1kg et 500g puis stocké dans des endroits secs à température ambiante.

6.2 Procèdes de traitement des eaux destiné à la fabrication de couscous

Premièrement, l'eau brute est alors stockée dans un réservoir d'eau, pour améliorer la qualité de l'eau, il faut effectuer des procédés de traitement.

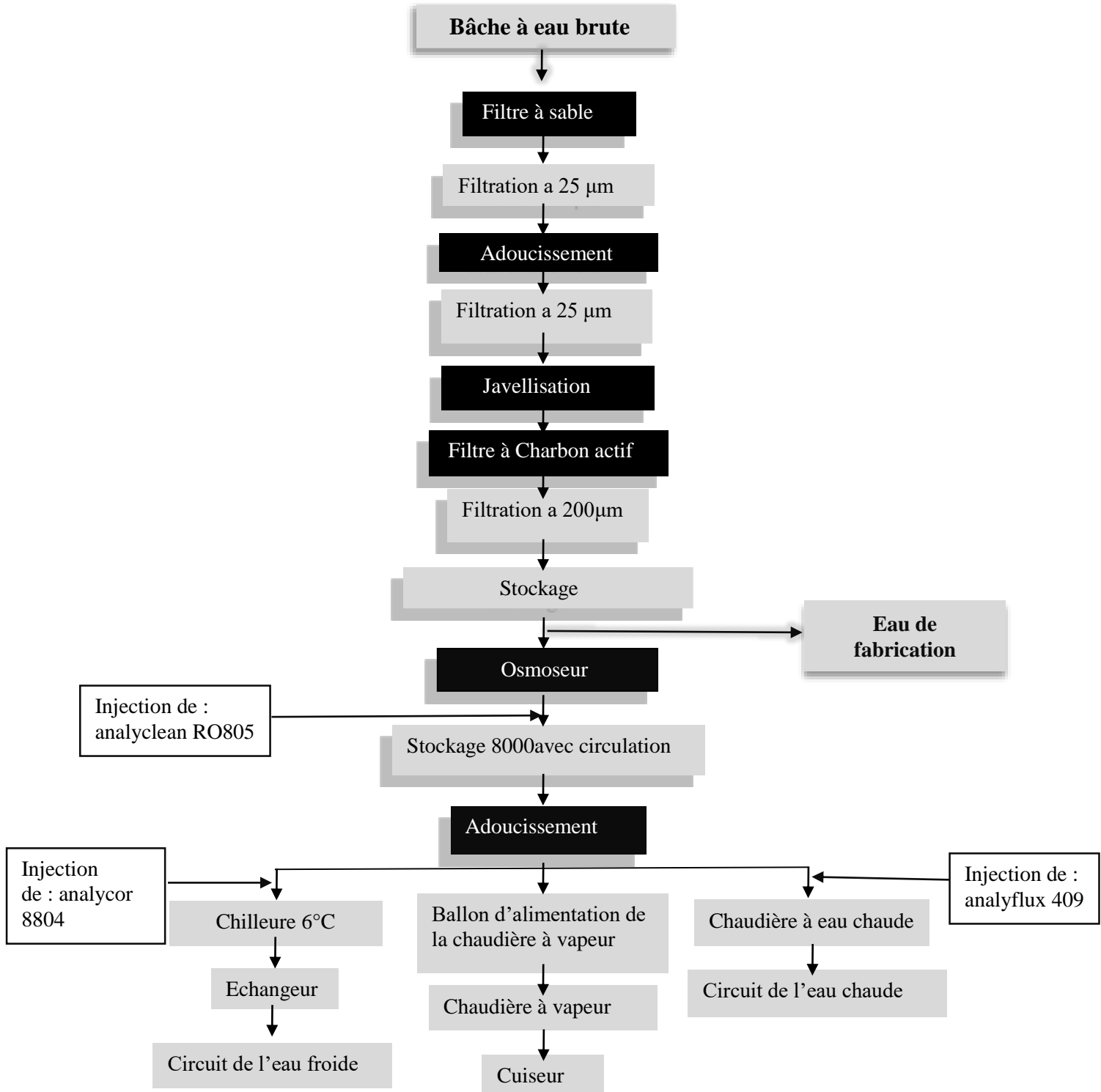


Figure. 19. Diagramme de traitement des eaux.

L'unité contient les appareilles de traitement suivantes ;

- Filtre à sable.
- Adoucisseur.
- Javellisateur.
- Filtre à charbon.
- Osmoseur.

6.2.1 Filtre à sable :

Le filtre à sable c'est un bain composite des couches du sable à l'intérieur, le principe est d'éliminer les matières grosses et les matières en suspension et colloïdes.

Ce phénomène appelé le prétraitement avant le traitement d'eau par d'autres systèmes. La filtration sur sables c'est un procédé très efficace pour l'abattement de MES et autres polluants. Pendant que les eaux cheminent de bas en haut à travers le lit de sable, les matières solides sont retenues par le sable du filtre.

Une fois le sable chargé en MES et encrassé, la filtration est arrêtée pendant une certaine période (environ 20 à 30 minutes) et le lit de sable est lavé pendant cette période par envoi à contrecourant d'eau filtrée.



Figure. 20. Filtre à sable.

6.2.2 Adoucisseur :

Tous les adoucisseurs au sel fonctionnent avec une résine échangeuse chargée en sel, c'est-à-dire du chlorure de sodium. Lors du passage de l'eau dans la résine, celle-ci échange le calcium et le magnésium responsable du calcaire contre du sodium contenu dans le sel. À l'entrée, l'eau est riche en calcium et en magnésium; c'est une eau dure. À la sortie, elle est riche en sodium; c'est une eau douce.

L'adoucisseur au sel est un dispositif composé de 3 parties :

- Un bac à saumure contenant de l'eau et du sel.
- Une bonbonne de résine échangeuse.
- Un boîtier qui pilote le système.

L'appareil est raccordé aux eaux usées, lorsque l'eau arrive dans le dispositif, elle passe dans la résine. Le calcium et le magnésium sont échangés contre le sodium et l'eau remonte pour ressortir adoucie.

Et quand il n'y a plus de sodium sur la résine, Il faut la régénérer.

Il y a deux étapes :

- Tout d'abord le lavage de la résine pour éliminer le calcium et magnésium ainsi que le chlorure puisque ce dernier n'est pas échangé. Ces éléments sont rejetés au réseau d'eaux usées.
- La deuxième étape consiste à recharger la résine en sel contenu dans le bac à saumure.

Les inconvénients :

- La première étape de régénération de la résine entraîne inévitablement une surconsommation d'eau.
- L'eau en sortie de robinet est dénaturée puisqu'elle est appauvrie en calcium et magnésium et enrichie en sodium, ce qui lui procure un goût sodé.
- L'eau rejetée au tout à l'égout contient une forte concentration de chlorure néfaste pour l'environnement.
- Un risque bactérien existe par stagnation de l'eau dans le lit de résine.
- Enfin une eau trop douce abîme les canalisations et a un effet corrosif.



Figure. 21. Adoucisseur.

6.2.3 Javellisateur :

Une pompe doseuse permet d'injecter le chlore dans une conduite selon un volume défini et un temps défini. La chloration est un moyen pour désinfecter l'eau en vue de la rendre potable. Il consiste à introduire des produits chlorés dans de l'eau pour tuer les micro-organismes qu'elle contient.



Figure. 22. Javellisateur.

6.2.4 Filtre Charbon actif :

Le charbon actif est un produit naturel à base de charbon organique, la capacité du charbon actif est extrêmement grande en raison de la très grande surface de contact dans la structure interne des pores, la surface peut atteindre plus de 2000 m² par gramme de charbon actif, les filtres au charbon actif sont utilisés pour éliminer les éléments suivants :

- Matière organique
- Hydrogène carboné
- Chlore
- Goût et odeur



Figure. 23. Filtre à charbon actif.

6.2.5 Osmoseur :

Un osmoseur d'eau est un système de filtration de l'eau qui utilise une technique appelée osmose inverse pour éliminer les contaminants de l'eau.

L'osmose inverse est donc un processus qui utilise une membrane semi-perméable pour filtrer les molécules d'eau, tout en rejetant les impuretés, les sels et les minéraux indésirables. Le processus d'osmose inverse consiste à appliquer une pression sur l'eau brute, généralement à l'aide d'une pompe, pour la forcer à travers une membrane semi-perméable. Cette membrane ne permettra pas aux molécules de sel, de bactéries, de virus, de produits chimiques et d'autres contaminants de passer à travers elle. L'eau pure et propre est collectée de l'autre côté de la membrane, tandis que les contaminants sont rejetés dans un autre réservoir. Le principe d'osmose inverse c'est l'élimination de tous les sels minéraux pour rendre une eau très pure de moins concentré par pression osmotique, se fait à travers membrane osmose inverse.

Fonctionnement d'osmoseur ; Un osmoseur d'eau comporte généralement 3 cartouches de filtration.

- Préfiltration

Avant que l'eau ne passe à travers la membrane d'osmose inverse, elle passe d'abord par un ou plusieurs filtres de prétraitement. Ces filtres d'une porosité de 5 à 10 μm éliminent les impuretés grossières telles que le sable, la saleté, la rouille et d'autres particules.

- Osmose inverse

L'eau préfiltrée est ensuite forcée à travers une membrane semi-perméable sous haute pression. Cette membrane est si fine qu'elle ne laisse passer que des molécules d'eau et bloque les impuretés telles que les sels, les minéraux, les métaux lourds et les produits chimiques. Cette étape permet de produire de l'eau très pure.

- Post-filtration

Après avoir traversé la membrane d'osmose inverse, l'eau passe par un ou plusieurs filtres de post-traitement pour éliminer les odeurs et améliorer le goût de l'eau.



Figure. 24. Osmoseur.

2.5 Les Paramètres de qualité

2.5.1 Les paramètres de qualité de la matière première (la semoule)

2.5.1.1 Taux d'affleurement (Granulométrie)

La granulométrie est la mesure de la taille des particules élémentaires qui constituent l'ensemble des grains de substances diverses, telles que : semoule, couscous, et la définition des fréquences statistiques des différentes tailles de grains dans l'ensemble étudié.

- **Principe :**

Pour la semoule, elle est déterminée par le tamisage de 100 g de semoule moyen par un tamiseur de type RETSCH (capacité maximale : 200 tour/min) pendant 10 minutes, d'une succession de tamis mobiles dont les ouvertures des mailles sont décroissantes.

- **Appareillage :**

-Tamiseur de type RETSCH.

-Des tamis dont les ouvertures des mailles sont de 630 μ m, 500 μ m, 450 μ m, 355 μ m, 250 μ m, 150 μ m.

-Balance analytique.

- **Mode opératoire :**

- Pesés 100 gramme de matière première (semoule)
- Puis tamisé pendant 10 minutes par un tamiseur, contenant différents tamis classés selon l'ordre décroissant des ouvertures des mailles comme suit :

(630 μ m, 500 μ m, 450 μ m, 355 μ m, 250 μ m, 150 μ m).

- Pesé le refus de chaque tamis.



Figure. 25. Détermination de granulométrie avec tamiseur

- **Expression des résultats :**

Les refus obtenus sont pesés et les résultats sont exprimés en pourcentage.

$$TA(\%) = M_0/M_1 \times 100$$

M₀ : masse de refus (g).

M₁ : masse de l'échantillon en (g).

TA : taux d'affleurement.

2.5.1.2 Teneur en eau (Humidité)

(Selon le journal officiel N°08/2013), l'humidité (H) est la perte de masse exprimée en pourcentage, subie par le produit dans les conditions spécifiées dans la présente méthode. La perte de masse observée est équivalente à la quantité d'eau présente dans le produit.

- **Principe :**

Ce dosage consiste à un séchage dans un METTLER TOLEDO (humidimètre) d'une prise d'essai de 5g à une température comprise entre 130 °C et 133 °C durant 15 minutes.

- **Appareillage :**

-Broyeur

-Dessiccateur halogène (Humidimètre).

-Spatule

- **Mode opératoire :**

La mesure est faite par séchage à 130 °C par un dessiccateur halogène, selon le principe thermogravimétrique à pression atmosphérique.

La mesure de la teneur en eau est réalisée par la méthode suivante :

-Prendre 5g du produit dispersée dans le porte échantillon d'un humidimètre réglé à une température de 130 °C, pendant 15 min.



Figure. 26. Détermination de l'humidité avec dessiccateur halogène.

- **Expression des résultats**

Les résultats des analyses sont obtenus par une lecture directe sur l'appareil; ils sont exprimés en pourcentage de masse.

2.5.1.3 Taux de cendre

Résidu obtenu après incinération à 900 °C dans les conditions décrites dans la présente méthode et exprimée en % en masse par rapport à la matière sèche.

- **Principe :**

Le principe repose sur l'incinération d'une prise d'essai dans une atmosphère oxydante à une température de 900 °C +/- 25°C jusqu'à combustion complète de la matière organique, la teneur en cendres est déterminée par la pesée du résidu.

- **Appareillage :**

- Four électrique à moufle réglable à la température de 900 °C.
- Balance analytique de précision.
- Nacelle en quartz.
- Broyeur.
- Appareil à refroidissement (Dessiccateur).
- Plaque unie thermorésistante.
- Pince en acier inoxydable.
- Réactifs ; éthanol 95%.

- **Mode opératoire :**

- ✚ Chauffer durant environ 15 min les nacelles dans le four réglé à 900 °C +/- 25 °C, pour absorber l'humidité des coupelles (séchage).

- ✚ Laisser ensuite refroidir à la température ambiante dans l'appareil de refroidissement pendant une heure.
- ✚ Peser dans une nacelle préalablement tarée 5 grammes de l'échantillon (semoule) et répartir la matière en une couche d'épaisseur uniforme sans tasser.
- ✚ Humecter la prise d'essai dans la nacelle immédiatement avant la pré-incinération au moyen de 1 à 2 ml d'éthanol.
- ✚ Placer la nacelle et son contenu à l'entrée du four ouvert préalablement chauffé à 900 °C +/- 25 °C, à l'aide d'une pince en prenant soin de ne pas toucher le contenu de la nacelle jusqu'à ce que la matière s'enflamme.
- ✚ La nacelle ne doit pas toucher les parois du four.
- ✚ Fermer la porte du four et suivre l'incinération pendant 3h à 3h 15min jusqu'à la disparition des particules charbon.
- ✚ Retirer progressivement la nacelle du four, et la mettre à refroidir sur la plaque thermorésistante pendant une minute puis dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante (une heure environ).
- ✚ Peser rapidement chaque nacelle afin qu'elle n'absorbe pas l'humidité de l'atmosphère.



Figure. 27. Détermination de (TC) avec le four à moufle selon la méthode de référence.

- **Expression des résultats :**

Le taux de cendre est exprimé en pourcentage de masse rapporté à la matière sèche, il est calculé selon la formule suivante :

$$C(\%) = (m_3 - m_1) / m_2 \times (100/100-H).$$

m₁ : poids de la nacelle vide.

m₂ : poids de la nacelle + 5 gramme (a prise d'essai avant incinération).

m₃ : poids de la nacelle + cendre (la prise d'essai après incinération).

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

C : taux de cendre.

2.5.1.4 Teneur en gluten

Le gluten est la fraction des protéines insoluble dans une solution saline ; il est le responsable majeur de la qualité rhéologique des pâtes. Le dosage de gluten repose sur son insolubilité dans l'eau chargé de sels, l'extraction est réalisée par la méthode manuelle.

- **Principe**

Préparation d'une pâte au moyen d'un échantillon de semoule ou farine et d'une solution NaCl (2.5%). L'isolement du gluten humide par lixiviation de cette pâte avec la solution de chlorure de sodium, puis essorage et pesage du produit obtenu. La totalité du gluten obtenu est le gluten humide, le gluten index correspond au rapport entre le gluten n'ayant pas traversé la grille et celui qui l'a traversé, le gluten sec est obtenu après élimination de l'eau à l'aide du « Glutork ».

Remarque

Il y a une autre méthode pour déterminer tous les paramètres de manière rapide à savoir : Inframatique IM 9500 de type Perten, qui donne directement les valeurs de l'échantillon analysé (semoule) en moins de 30 secondes.

Le principe de l'inframatique IM 9500 utilise la technologie proche infrarouge par transmission pour analyser les échantillons.



Figure. 28. Détermination des paramètres des semoules avec inframatique.

2.5.2 L'analyse physico-chimique de produit fini (couscous)

2.5.2.1 La granulométrie

La granulométrie du couscous est une opération de classement dimensionnel des granules selon leurs tailles, par présentation sur des surfaces perforées qui laissent passer de granules de dimensions inférieures aux dimensions des perforations tandis que les grains de dimensions supérieures sont retenus.[49]

- **Principe :**

Le but c'est déterminer l'homogénéité du couscous et la taille des grains formés. Les tamis

utilisés sont différents de ceux des semoules, et les ouvertures des mailles sont respectivement les suivant (de haut en bas) :

1700 μm , 1400 μm , 1250 μm , 1000 μm , 800 μm

- **Mode opératoire :**

- Pesage de 100 gramme d'échantillon.
- Déposé la prise sur le tamis supérieur.
- Placer les tamis sur le tamiseur (appareille qui exerce des mouvements circulaires vibratoires et uniformes, dont la vitesse est de 80 tr/min pendant 15 min.
- Pesage le refus de chaque tamis.

- **Expression des résultats :**

Les refus obtenus sont pesées et les résultats sont exprimés en pourcentage.

2.5.2.2 Colorimétrie

La coloration est l'un des critères d'achat du couscous, car les consommateurs apprécient des produits clairs peu bruns et de coloration jaune. [50]

- **Principe :**

La détermination des différents indices de couleur : Indice de clarté l^* , indice de brun a^* , indice de jaune b^* , est utilisé pour le contrôle de la semoule, couscous et pâtes alimentaires.

- **Appareillage :**

- Prise d'essai.
- Spectrocolorimètre.
- Un verre.
- Broyeur.
- Tube de projection lumineuse.

- **Mode opératoire :**

Le test de coloration est effectué à l'aide du Spectrocolorimètre en respectant les étapes suivantes :

- Allumer le colorimètre.
- Remplir le verre par l'échantillon.
- Mettre le Spectrocolorimètre sur le verre qui contient la prise d'essai.
- Mettre la tête de mesure à la verticale au-dessus de l'échantillon.
- Appuyer sur la touche Mesure/entre, dès que le voyant prêt est allumé et ne pas bouger la tête pendant la mesure, lire directement le résultat sur l'écran LCD du colorimètre.

- **Expression des résultats :**

La colorimétrie détermine 3 indices qui sont les suivants :

L* : indice de clarté.

A* : indice de brun.

B* : indice de jaune.



Figure. 29. Colorimétrie.

2.5.2.3 Détermination de la Teneur en eau (Humidité)

Elle est effectuée selon la méthode normalisée en Algérie, NA /1133/1990.

- **Principe**

La méthode de référence pratique consiste en un étuvage à pression atmosphérique, à une température de 130-133 °C, dans une condition opératoire définie. La perte de masse observée est équivalente à la quantité d'eau présente dans le produit.

- **Appareillage**

-Des capsules.

-Dessiccateur pour absorber l'humidité.

-Etuve de type FN400.

-Pince.

-Balance analytique.

- **Mode opératoire**

- Peser 5 gramme de l'échantillon dans une nacelle préalablement séchée.
- Les capsules doivent être manipulées à l'aide d'une pince
- Introduire les nacelles dans l'étuve FN400, une fois à la température 130 °C, est atteinte, laisser les durant 2 heures.
- Retirer les nacelles de l'étuve et laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Quand les capsules atteignent la température de laboratoire, peser les capsules.



Figure. 30. Détermination de l'humidité avec étuve selon la méthode de référence.

- **Expression des résultats :**

La teneur en eau ou humidité relative peut être évaluée par la formule suivante :

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

H% : teneur en eau ou l'humidité de pris d'essai.

m₀ : masse en gramme de la nacelle et son couvercle vide.

m₁ : poids de la pris d'essai avant étuvage.

m₂ : masse en gramme de la nacelle et son couvercle et la prise d'essai après étuvage.

La teneur en matière sèche obtenue par la formule suivante :

$$MS = 100 - H\%$$

2.5.2.4 Détermination de Taux de cendre

La détermination de la teneur en eau pour le produit fini (couscous) et la même pour la semoule précédemment cité, sauf que l'échantillon de couscous est broyée préalablement.

2.5.3 Paramètres relatifs aux caractéristiques d'eau d'utilisation

2.5.3.1 Analyse physico-chimique

2.5.3.1.1 Mesure du pH

- **Définition :**

Le potentiel hydrogène plus connu sous le nom du pH est la valeur qui détermine si une substance est acide, neutre ou base. Il est calculé à partir du nombre d'ions d'hydrogène présents, le pH d'une solution aqueuse varie de 0 à 14, un pH de 7 signifie que la solution est neutre, un pH inférieur à 7 indique que la solution est acide, un pH supérieur à 7 indique que la solution est basique. Une solution est neutre lorsqu'il y'a autant de H₃O⁺ que de OH⁻.

- **Principe :**

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène [H⁺] présents dans l'eau ou les solutions, il caractérise aussi la notion d'acidité ou de basicité d'une eau.

- Appareil : pH mètre
- Electrode : Electrode de pH combinée
- Réactifs :

Tampon pH = 9

Tampon pH = 7

Tampon pH = 4

- **Mode opératoire :**
 - Allumer le pH mètre.
 - Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
 - Régler l'agitation à faible vitesse.
 - Prendre environ 100 ml d'eau à analyser.
 - Mettre un agitateur avec une faible agitation.
 - Tremper l'électrode dans le bêcher (3cm) contenant l'échantillon de l'eau analyser dont la température doit être 20 °C.
 - Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation.
 - à chaque détermination de pH retirer l'électrode, rincer avec l'eau distillée et sécher.

Lecteur de résultat: la valeur est celle indiquée sur le pH-mètre.



Figure. 31. PH mètre

2.5.3.1.2 Mesure de la température (T)

- **Principe :**

Les mesures de la température de l'eau sur le lieu de prélèvement de l'échantillon sont une partie intégrante de l'analyse des eaux, car de cette température dépendent la solubilité du gaz et la vitesse de la réaction de l'eau.

- **Appareillage :**

La température est mesurée au même temps avec le pH par le pH mètre.

2.5.3.1.3 Mesure de la conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Le résultat de conductivité est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

- **Principe :**

La conductivité est liée à la présence d'ions en solution, elle augmentant avec la température et la concentration en sels dissous.

- **Appareillage :**

- Conductimètre à électrode.
- Récipient contenant l'eau à analyser.

- **Mode opératoire :**

- Rincer la verrerie avant l'usage avec de l'eau distillée.
- Allumer le conductimètre.
- Rincer la sonde à conductimètre d'abord avec de l'eau distillée.
- Prendre environ 100ml d'eau à analyser, dans un bécher.
- Tremper l'électrode de conductimètre dans le bécher.
- Il faut attendre la stabilisation de la lecture avant de prendre la valeur.

Expression des résultats :

Le résultat est donné directement sur l'appareil en $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Figure. 32. Conductimètre.

2.5.3.1.4 Mesure de la turbidité

La turbidité désigne la teneur d'un fluide en matières qui le troublent. Dans les cours d'eau elle est généralement causée par des matières en suspension et des particules colloïdales qui absorbent, diffusent et/ou réfléchissent la lumière.

- **Principe :**

Un liquide trouble s'éclaire vivement lorsqu'il est traversé par un faisceau lumineux, c'est le

phénomène dit Tyndall due aux particules insolubles en suspension diffusant latéralement une partie des rayons lumineux.

- **Appareillage :**

- Turbidimètre

- Cuve stérile.

- **Mode opératoire :**

- Appareil à 0 avant l'utilisation.
- Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique, avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure.
- Placer la cuvette dans le turbidimètre.
- Effectuer rapidement la mesure.



Figure. 33. Turbidimètre

- **Expression des résultats**

La mesure est obtenue directement en NTU.

2.5.3.1.5 Dosage de la dureté totale ou titre hydrométrique (TH)

Méthode par complexométrie (EDTA)

- **Définition :**

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques, à l'exception de ceux des métaux alcalins (Na^+ , K^+), dans la plupart des cas, la dureté désigne la somme des cations alcalino-terreux (calcium Ca^{2+} , et magnésium Mg^{2+}) dans l'eau

On peut distinguer différents types de dureté :

- Dureté totale
- Dureté calcique
- Dureté magnésienne

- **Principe :**

Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène-diamine tétra acétique (EDTA).

La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation de magnésium permet de doser la somme des ions calcium et magnésium.

- **Réactifs :**

- Indicateur noir d'eriochrome T (NET).
- Solution d'EDTA (3,725g d'EDTA solide dans 1000ml eau distillée)
- Solution tampon.

- **Mode opératoire :**

- Prélever 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de solution tampon (pH = 9,5 - 10), et 2 à 3 gouttes d'indicateur coloré.
- Verser la solution d'EDTA (0.02N) jusqu'au virage du rouge vineux vers bleu vert.

- **Expression des résultats :**

$$\text{TH total (mg/l): } C_1.V_1=C_2.V_2$$

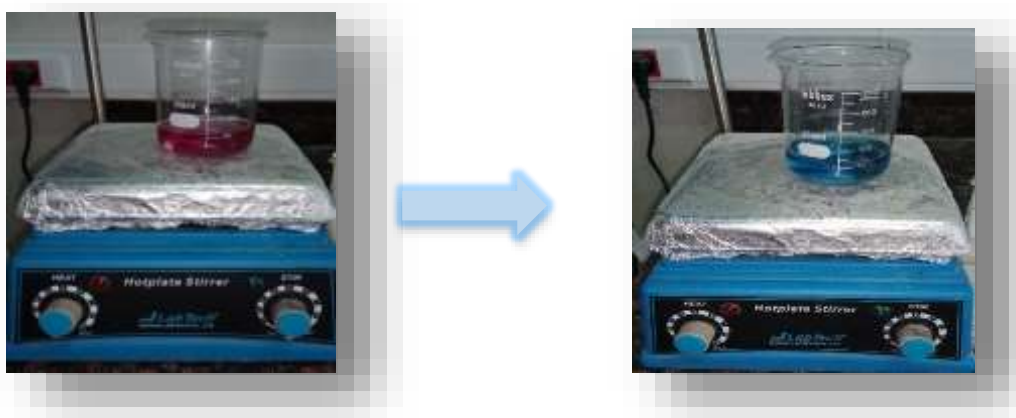


Figure. 34. Virage de couleur du rose au bleu pour détermination du TH

2.5.3.1.6 Détermination de la dureté calcique (TH ca)

- **Principe :**

Le calcium est dosé avec une solution aqueuse d'EDTA à pH compris entre 12-13, ce dosage se fait en présence de MUREXIDE, l'EDTA réagit tout d'abord avec les ions de calciums libres, puis avec les ions calcium combiné avec indicateur.

- **Réactifs :**

- Solution d'EDTA N/50 : (3,725g d'EDTA dans 1000ml eau distillée).

-Solution d'hydroxyde de sodium NaOH 2N (80g NaOH dans 1000ml eau distillée).

-Indicateur coloré MUREXIDE.

- **Mode opératoire :**

- Prélever 50ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 250ml.
- Ajouter un volume d'une solution d'hydroxyde de sodium à 0,1 mol/L a un pH ≥ 12).
- Ajouter une petite pointe de spatule de MURIXIDE (la solution se colore en rouge).
- Faire le titrage avec l'EDTA jusque au virage (violet).

- **Expression des résultats :**

$$\text{TH ca (mg/l): } C_1.V_1=C_2.V_2$$



Figure. 35. Virage de couleur au violet pour la détermination du TH ca

2.5.3.1.7 Détermination de la dureté magnésienne (TH mg)

- **Principe :**

Reflète la teneur en magnésium de l'eau ; déterminé par la différence entre dureté totale et dureté calcique.

- **Réactifs :**

-Solution d'EDTA N/50 (3,725g EDTA dans 1000ml E.D).

-Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH₄OH) pH=10,1.

- Noire eriochrome T (NET).

- **Mode opératoire :**

- Prendre 50ml d'eau à analyser et placer dans un erlenmeyer de 250ml.
- Ajouter 2ml de solution hydroxyde d'ammonium (NH₄OH) à 2%.
- Agiter et attendre quelques minutes.
- Ajouter dans l'erlenmeyer 3ml de tampon a pH=10.
- Ajouter un petit point de spatule noir eriochrome T.
- Faire le titrage avec l'EDTA jusque au virage (bleu).

- **Expression des résultats :**

$$\text{TH mg (mg/l)}: C_1.V_1=C_2.V_2$$

2.5.3.1.8 L'alcalinité

- **Définition :**

Ce titre est la teneur de l'eau en alcalis libres : carbonates et bicarbonates d'une manière générale. Il mesure l'ensemble des ions faibles à savoir les hydroxydes, les carbonates et les hydrogénocarbonates. On distingue deux titres qui sont le titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC).

- **Principe :**

La détermination de l'alcalinité est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré. L'unité utilisée est le degré français ($1^\circ\text{f} = 10 \text{ mg. L}^{-1}$).

Remarque:

Le TA et le TAC sont mesurés successivement sur un même échantillon, les deux méthodes de dosage seront présentées en même temps.

- **Réactifs :**

-Indicateur phénol phtaléine.

-Indicateur méthyle d'orange.

-Acide chlorhydrique HCl de 0.02N.

2.5.3.1.9 Titre alcalimétrique (TA)

- **Mode opératoire**

- Prélever 100ml d'eau à analyser dans une fiole conique.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de phénol phtaléine (Une coloration rose).
- Titrer avec l'acide chlorhydrique de 0.02N (une décoloration complète dont le pH =8,3 donc TA= 0).



Figure. 36. L'essai de détermination du TA.

2.5.3.1.10 Le titre alcalimétrique complet (TAC)

- **Mode opératoire :**
 - Utiliser l'échantillon traité précédemment.
 - Ajouter 2 à 3 gouttes de méthyle d'orange (une coloration jaune).
 - Titrer de nouveau avec le même acide jusqu'à l'apparition de la couleur rouge brique (pH 4,5).
- **Expression des résultats :**

$$\text{TAC: } C_1.V_1=C_2.V_2$$



Figure. 37. Virage du couleur du jaune vers rouge brique pour la détermination du TAC.

2.5.3.1.11 Dosage des chlorures (Méthode de Mohr)

- **Principe :**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrates d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

- **Appareillage :**

- Erlenmeyer.
- Pipettes graduée 5,10, et 25 ml.
- Burette 25 ml.

- **Réactifs :**

- Acide nitrique pur HNO_3 (liquide).
- Carbonate de calcium pur CaCO_3 (solide).
- Solution de nitrate d'argent AgNO_3 à 0.01N (1,6987 g d' AgNO_3 dans 100ml E.D).
- Solution de chromate de potassium à 10% (10g de K_2CrO_4 dans 100ml E.D).

- **Mode opératoire :**

- Introduire 100 ml d'eau à analyser préalablement filtrée, dans un erlenmeyer de 250 ml
- Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur.
- Une pincée de carbonate de calcium (CaCO_3).
- Ajouter 2 à 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10%.
- Verser au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 min.



Figure. 38. Virage de la couleur de jaune à la brune pour détermination du Cl^-

- **Expression des résultats :**

La teneur en chlorure exprimé en mg de Cl^- est donnée par la formule :

$$C = V \cdot 10 \cdot 3.35$$

2.5.3.1.12 Dosage des nitrates (méthode au salicylate de sodium)

- **Principe :**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du *p*-nitrososylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

- **Réactifs :**

- Solution de salicylate de sodium à 0,5% (0.5g de salicylate de sodium dans 100ml E.D).
- Solution d'hydroxyde de sodium à 30% (30g de NaOH dans 100ml E.D).

- Solution de tartrate double de sodium et de potassium :

- ✓ 400g hydroxyde de sodium NaOH.
- ✓ 60g Tartrate de sodium et de potassium.
- ✓ 1000ml E.D.

- Acide sulfurique (H₂SO₄) concentré.

-solution mère étalon d'azote nitrique à 0,1 g/l.

- ✓ 0.722g Nitrate de potassium anhydre.
- ✓ 1ml de chloroforme.
- ✓ 1000 ml eau distillée.

-Solution fille étalon d'azote nitrique à 0.005 g/l.

Amener 50ml de la solution mère a 1000ml avec E.D.

• **Appareillage :**

- Balance analytique de laboratoire.
- fioles de 100 ml.
- tube à essai: 15 ml.
- Micropipette.
- Pipettes 10 ml, 5 ml, 2 ml, 1 ml et poires à pipete.
- Etuve ou bain marie pour séchage.
- Spectrophotomètre UV-Visible à longueur d'onde de 420 nm.

• **Mode opératoire :**

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75-88 °C. (ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml d'H₂SO₄.
- Laisser reposer 10 min.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium.
- Faire la lecture au spectromètre UV-Visible.

• **Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 420 nm.

Pour détermine les concentrations de notre échantillon en utilise la formule suivant :

Loi de Beer-Lambert : $A = K * C$

A : Absorbance (sans unité)

K : Coef de proportionnalité ($l.mol^{-1}$)

C : Concentration ($l.mol^{-1}$)



Figure. 39. Image représente le dosage des nitrates NO_3^-

2.5.3.1.13 Dosage des ions nitrites par (Méthode au réactif de Zambelli)

- **Principe :**

L'acide sulfanilique, en milieu chlorhydrique en présence d'ion ammonium et de phénol, forme avec les ions NO_2^- un complexe coloré jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrite.

- **Réactif :**

-Ammoniaque pur NH_4OH ($d=0.925$)

-Réactif de ZAMBELLI

-260ml Acide chlorhydrique pur HCl ($d= 1,19$).

-5g Acide sulfanilique.

-7,5 Phénol cristallisé (C_6H_5OH).

-135g chlorure d'ammonium (NH_4Cl).

-625ml E.D.

-Solution mère étalon de NO_2^- à 0.23 g/l

-0,345g Nitrite de sodium ($NaNO_2$).

-1000ml E.D.

-Solution fille étalon d'ion NO_2^- à 0.0023 g/l.

- **Appareillage :**

- Fioles jaugées 100 ml.
- Éprouvettes: 500 ml, 1000 ml, 25 ml, et 10 ml.
- Pipettes 10 ml, 5 ml, 2 ml.
- Tube à essai 15 ml.
- Micropipette.
- Bain-marie, balance analytique, agitateur, béchers.

- **Mode opératoire :**

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 ml de réactif de ZAMBALLI.
- Attendre 10 minutes.
- Puis ajouter 2 ml d'ammoniaque pur.
- Faire la lecture au spectromètre UV-Visible.

- **Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 435 nm.

Pour déterminer les concentrations de notre échantillon on utilise la formule suivante :

Loi de Beer-Lambert : $A = K * C$

A : Absorbance (sans unité)

K : Coef de proportionnalité ($l \cdot mol^{-1}$)

C : Concentration ($l \cdot mol^{-1}$)



Figure. 40. Image représente le dosage des nitrites NO_2^-

2.5.3.2 Les Analyse bactériologique

2.5.3.2.1 Lieux de réalisation de l'étude

Cette étude a été réalisée conjointement dans les laboratoires suivants :

Laboratoire d'hygiène relevant de la direction de la santé et de la population de la wilaya de Bordj-Bou-Argeridj (décrit ci-dessous).

2.5.3.2.2 Présentation de la Direction de la santé et de la population (DSP) et de laboratoire d'hygiène

Localisation de la DSP : Rue Dr Frantz fanon (chef de Wilaya) Bordj-Bou-Argeridj.



Figure. 41. Carte illustrant la localisation de la DSP (Google MAPS).

2.5.3.3 Historiques de la DSP

- Date de création de la DSP : Décret présidentiel n° 267 du 15 juillet 1997.
- Histoire de création de laboratoire d'hygiène de la DSP : à l'époque de la révolution algérienne l'endroit était un service de pédiatrie, c'est après l'indépendance et l'annonce de Bordj-Bou-Argeridj comme Wilaya que la DSP et le laboratoire d'hygiène et d'analyses d'eau pour les bureaux d'hygiène de la Wilaya ont été créés. Avant les analyses se font à Constantine.
- Mission de la DSP : la lutte contre les maladies transmissibles et les intoxications alimentaires et l'analyse bactériologique des eaux.
- Plan de charge de la DSP :
 Nombre de communes gérées : 34.
 Nombre d'analyse annuel :
 •2019 : 595 analyses.

•2020 : 333 analyses.

•2021 : 451 analyses.

Pour déterminer la qualité de l'eau il faut effectuer des analyses bactériologiques. Les germes ou les bactéries jouant un rôle pathogène ou d'indicateur pour déterminer la qualité d'eau.

Au niveau du laboratoire d'hygiène de la DSP les résultats des analyses bactériologiques obtenues sont comparés avec les normes mentionnées dans le journal officiel. Les paramètres bactériologiques mesurés sont :

Coliformes totaux.

Escherichia coli.

Les Streptocoques

Salmonella sp.

Clostridium sulfito réducteur.

2.5.3.3.1 Recherche et dénombrement des Coliformes

Les coliformes se présentent sous forme de *Bacilles* Gram négatifs (BGN), non sporulés, oxydase négative, aéro-anaérobies facultatifs, capables de croître en présence de sels biliaries et capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz, en 24 à 48 heures à 37°C.

La recherche et dénombrement des Coliformes peuvent se faire selon deux techniques [51] :

A. Technique en milieu liquide : technique du NPP.

B. Technique en milieu solide : technique sur membrane filtrante.

A-Technique en milieu liquide sur BCPL

La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- ✚ le test de présomption : réservé à la recherche des Coliformes totaux.
- ✚ le test de confirmation : encore appelé test de Mac Kenzie et réservé à la Recherche des Coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

Test de présomptif

A partir de l'eau à analyser, on ensemence aseptiquement:

- 3 tubes de 10 ml de milieu Bouillon Lactosé au Bromo Crésol Pourpre (BCPL) D/C (double concentration), munis d'une cloche de Durham avec 10 ml d'eau à analyser.
- 3 tubes de 10 ml de BCPL S/C (simple concentration), munis d'une cloche de Durham avec 1 ml d'eau à analyser.
- 3 tubes de 10 ml de BCPL S/C (simple concentration), munis d'une cloche de Durham avec 0,1 ml d'eau à analyser.

- On agite pour homogénéiser tout en vidant l'air dans la cloche et on place les tubes dans une étuve à 37 °C pendant 48 heures.
- Après incubation, les tubes considérés comme positifs présentent à la fois:
 - ❖ Un trouble microbien.
 - ❖ Un virage du milieu du violet au jaune et un dégagement de gaz dans la cloche (ce constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).
- Noter le nombre final des tubes positifs dans chaque série selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP.

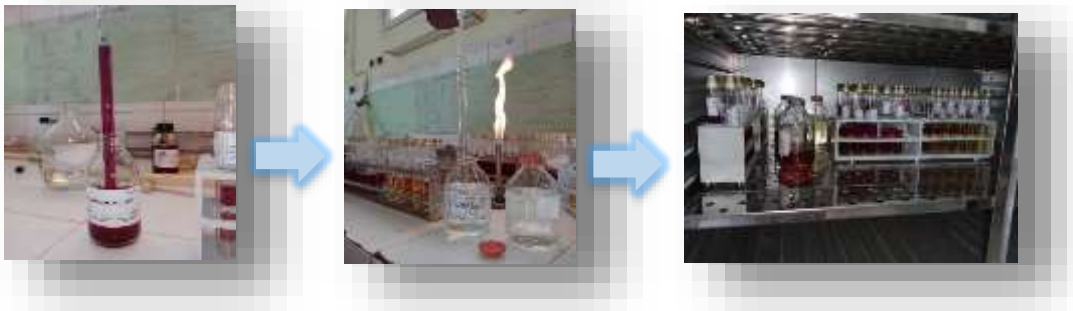


Figure. 42. Etapes de réalisation de la Colimétrie.

Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la recherche de coliformes fécaux parmi lesquels on appréhende surtout la présence d'*Escherichia coli*.

- Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des Coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage, dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.
- L'incubation se fait cette fois-ci à 44 °C pendant 24 heures.

Seront considérés comme positif ; les tubes présentant à la fois :

- ❖ Un dégagement gazeux.
- ❖ Un anneau rouge ou rose en surface, témoin de la production d'Indole par *Escherichia coli* après addition de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs



Figure. 43. Confirmation de présence d'E .coli

2.5.3.3.2 Recherche et dénombrement des streptocoques

Sur milieux liquide (méthode NPP.)

Test de présomption

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu Rothe D/C (double concentration).
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C (simple concentration).
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C (simple concentration).
- L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Les résultats Seront considérés comme positifs, les tubes présentant:

- ❖ un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu pendant cette période est présumé contenir un streptocoque fécal.

Lecture: La lecture finale se fait selon les déterminations de la table de Mac Grady NPP.

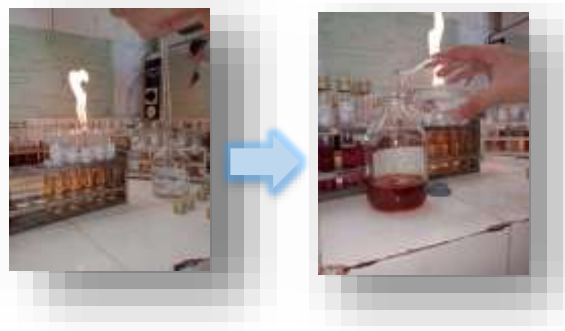


Figure. 44. Etapes de réalisation de Streptométrie.

Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur l'affirmation des Streptocoque fécaux.

- ✚ Les tubes de Rothe positifs, après l'agitation, prélevée de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette pasteur, font l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu Eva Litsky.

✚ L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 heures.

Lecture

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- ❖ Un trouble microbien.
- ❖ Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.



Figure. 45. Confirmation de présence de Streptocoques fécaux du groupe D.

2.5.3.3.3 Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs.

Ce sont des bactéries très répandues dans la nature, elles se trouvent dans les intestins des animaux, elles peuvent provoquer des maladies mortelles. La plupart des espèces de Clostridium sont des bactéries telluriques, mais sont également isolées dans l'intestin et les selles de l'homme et de divers animaux. [52]

- **Mode Opérateur :**

A partir de l'eau à analyser :

- 1- Prendre environ 5 ml dans quatre tubes stérile.
- 2- Préparé pour les quatre tubes un chauffage à 80 °C, pendant 15 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.
- 3- Refroidissement brutal sous l'eau de robinet (choc thermique qui a pour but d'éliminer la forme végétative et reste seulement la forme sporulée des bactéries Sulfito-Réducteurs).
- 4-Ajouter environ 18 ml de gélose Viande Foie.
- 5-Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène, laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incubé à 37 °C, pendant 24 à 48 heures.



Figure. 46. Etapes de recherche des anaérobies sulfito-réducteurs.

Lecture

Après la période d'incubation ; sera considéré comme positif, les tubes contenant de grosses colonies noires (des spores), qui s'accorde au *Clostridium sulfito-réducteur*.

2.5.3.3.4 Recherche et isolement des Salmonelles

La recherche des salmonelles comporte plusieurs étapes :

- ✚ Un pré-enrichissement: il permet à la bactérie fragilisée de croître.
- ✚ Un enrichissement: sur un milieu sélectif liquide du fait de leur rareté et de l'endommagement des cellules sur bouillon de sélénite de sodium cystine.
- ✚ Un isolement et identification: effectué sur un milieu gélosé sélectif SS (*Salmonella-Shigella*).

- **Mode opératoire :**

1 jour : pré-enrichissement :

S'effectue sur le milieu Sélénite Cystéine D/C (SFB).

- 100ml d'eau à analyser dans 100ml de SFB.
- Incubation à 37 °C pendant 24 heures.



Figure. 47. Préparation les milieux de culture

2^e jour : enrichissement et isolement :

A partir du bouillon d'enrichissement, effectuer :

- un isolement sur une gélose Hektoen.
- Incubation à 37 °C pendant 24 heures à 48 heures.



Figure. 48. Etape d'ensemencement sur les milieux sélectifs

3^e jour : L'identification :

Lecteur: Après la période d'incubation sera considérée comme positive les boîtes contenant des colonies gris bleue à centre noir.



TROISIEME PARTIE :
RESULTATS ET
DISCUSSION

Dans ce chapitre nous présenterons les résultats d’analyses organoleptiques, physico-chimiques et microbiologiques obtenus et leurs interprétations.

1 Résultats et interprétations des analyses de la matière primaire (semoule)

1.1 Répartition granulométrique

La distribution granulométrique de la semoule est un facteur important du fait elle influe sur la qualité du produit fini.

Nous représentons les résultats de la granulométrie de semoule utilisée pour la fabrication dans le tableau suivant.

Tableau. 3. La granulométrie des semoules utilisées

TAMIS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	NORME INTERIEURE
Refus 630µm en %	7,17	6,46	5,53	6 ,83	8,94	7,84	7,64	3,53	4,47	8,29	≤10
Refus 500 µm en %	27,07	26 ,40	28 ,04	21 ,53	31,97	24,71	26,08	30,91	36 ,45	32,16	[20-30]
Refus 450 µm en %	18,46	18,13	20, 35	16,52	16,48	17 ,53	17 ,00	23 ,02	21,52	19,16	[15-20]
Refus 355 µm en %	19,51	20,03	19,64	19,25	16,80	1,87	19,38	13,63	14, 32	20,43	[15-20]
Refus 250 µm en %	24,02	24,52	22,50	28,45	22,47	26,70	25 ,28	23,60	18,53	17,56	[15-25]
Refus 150 µm en %	2,95	3,34	3 ,20	3,46	2,78	3,33	4 ,43	4,58	3,60	1 ,69	≤3

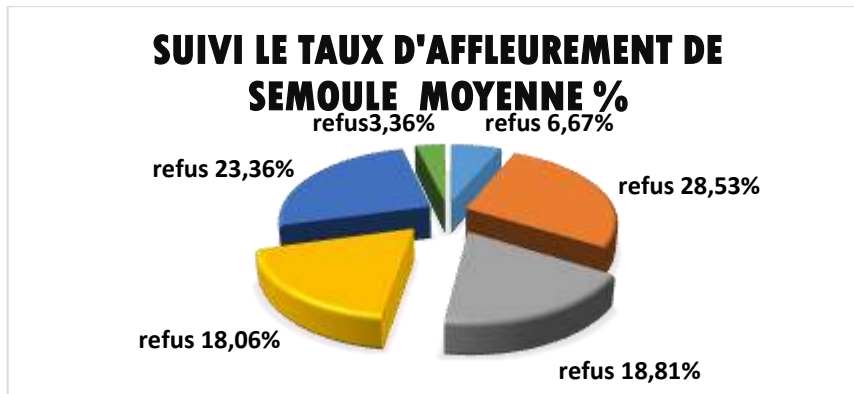


Figure. 49. Secteur représenter les résultats de Taux d'affleurement de la semoule en %

La semoule supérieure de blé dur à une granulométrie plus ou moins homogène, la taille des particules des semoules de blé varie entre 630 μm et 150 μm .

Selon la norme de CODEX alimentaire (FAO ,1995), les semoules supérieures de blé dur utilisées dans la fabrication de couscous sont en général d'une granulométrie varie entre [183-480] μm .

D'après ces résultats, nous pouvons partager les particules de semoule comme suit :

6,67% des particules de granulométrie 630 μm , 28,53% celle l'ordre de 500 μm , 18,81% celles de diamètre 450 μm , 18,06% et 23,36 % de la semoule sont particules de diamètre 355 et 250 μm , et enfin 3,36% celles l'ordre de 150 μm .

A partir des résultats présentés dans le Tableau 03, on remarque que le refus de chaque tamis est proche de la norme, donc cette semoule est propice pour la fabrication du couscous Ben Hamadi.

1.2 La teneur en eau

La détermination de la teneur en eau de la semoule est très importante dans la conservation et le stockage, aussi elle conditionne la précision des divers résultats analytiques rapportés à la matière sèche.

Les résultats d'analyse de la teneur en eau sont illustrés dans la figure suivante :

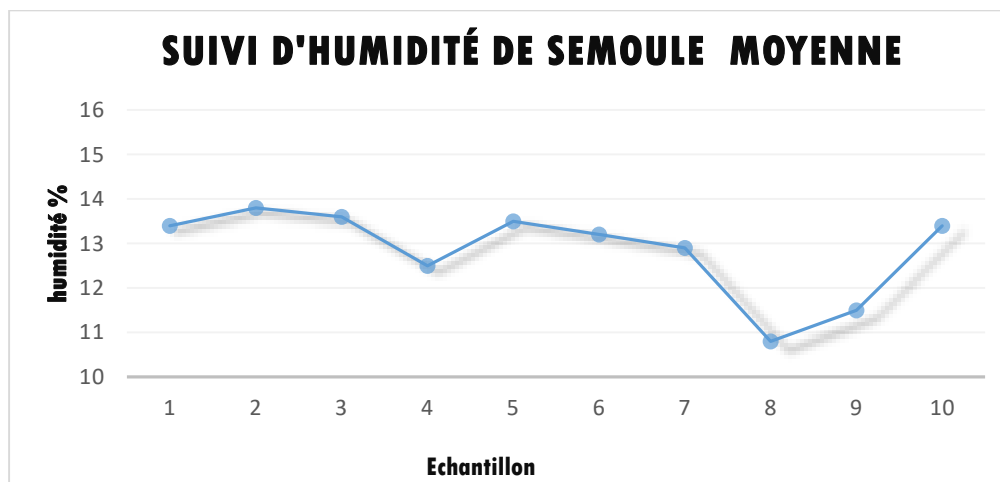


Figure. 50. La teneur en eau de la semoule moyenne.

D'après les résultats obtenus, la teneur en eau de l'ensemble des échantillons de semoule est comprise entre 10,8 et 13,8%, ou la plus basse valeur était trouvé pour l'échantillon N°08 et la plus élevé trouvé pour l'échantillon N°02, ces valeurs n'excèdent pas 14,5% (valeur notée par la norme de CODEX alimentaire) et les normes algérienne ($\leq 14,5\%$, selon JORADP N°55/1997). Cela peut signifier que la semoule peut être stockée sans aucun risque d'endommagement.

1.3 Taux de cendre(TC)

La pureté de la semoule se juge d'après sa teneur en résidus minéraux, après l'incinération, les résidus se retrouvent sous la forme de cendre, la détermination de ce paramètre offre la possibilité de connaître la teneur en matière minérale globale.

Les résultats de taux de cendre obtenus sont représentés dans la figure suivante :

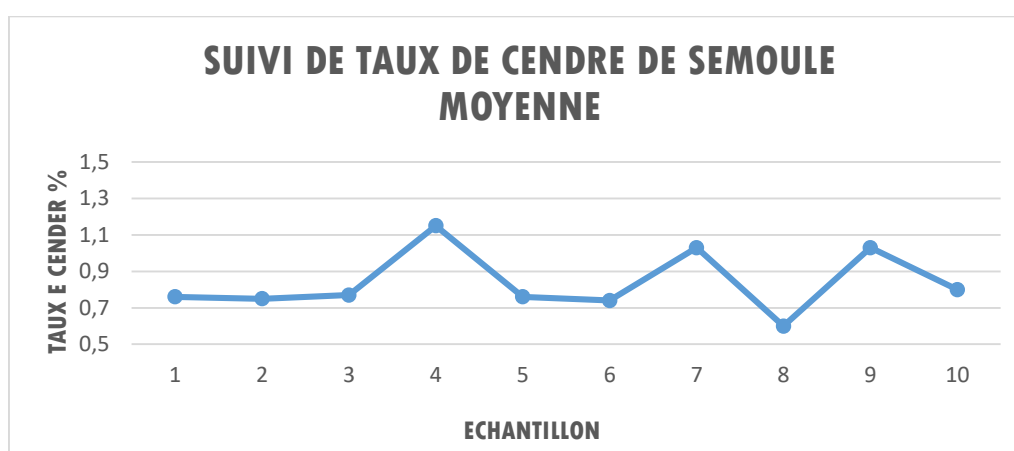


Figure. 51. Courbe représenter les résultats de taux de cendre de semoule moyenne.

D'après les résultats obtenus, la majorité des valeurs de TC sont comprises entre 0,6 et 1,15% (MS), elle se classe dans l'intervalle des semoules du premier choix ($< 1,1\%$ MS), et légèrement supérieure à la norme algérienne $\leq 0,90\% \pm 0,02$ (JORADP N°55/1997), le cas des échantillons qui dépassent la norme, seront destiner à la fabrication des couscous du deuxième choix.

1.4 Répartition la teneur en gluten

La teneur en gluten des semoules exerce une influence considérable sur les propriétés viscoélastique des semoules et sur la qualité du produit fini.

La semoule utilisée dans la fabrication de couscous contient entre 8,9 et $15 \pm 0,05\%$ (MS) de gluten sec, comme indiqué dans la figure suivante :

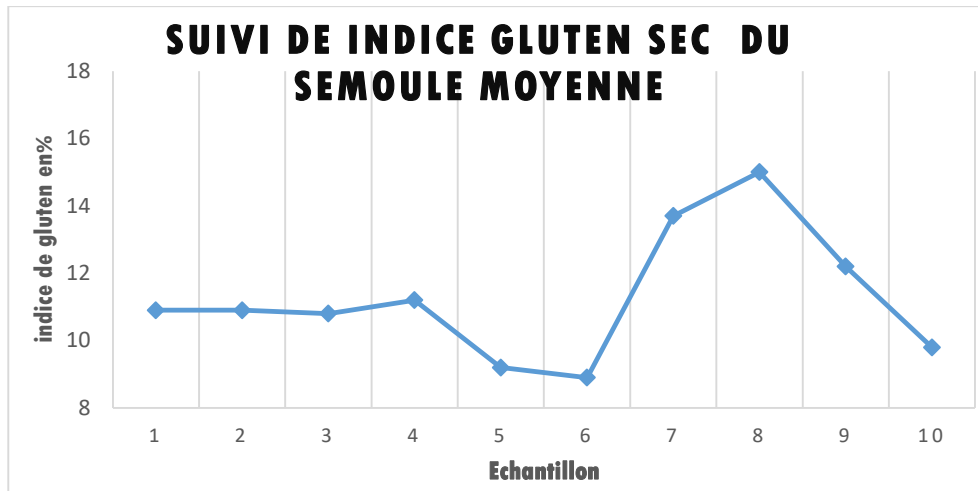


Figure. 52. Histogramme représenter les résultats de gluten de semoule moyenne.

D'après les résultats constatons, la teneur en gluten des échantillons analysés est conforme à la norme algérienne 16%, donc on peut dire que la semoule est riche en gluten ce qui la rendre une matière première de choix pour la fabrication de couscous de bonne qualité culinaire aussi de bonne propriétés rhéologique.

2 Résultats et interprétations des analyses physico-chimiques d'eau

Les analyses physico-chimiques de l'eau jouent un rôle important dans la détermination de sa qualité, pour destinée à la fabrication.

Notre stage dans l'entreprise de la SARL GERBIOR s'est déroulé sur une période entre le mois de Mars et le mois de Mai. Donc nous présentons les résultats des analyses physico-chimiques de mois de Mars, montrés ci-après dans le tableau ci-dessous, avec les valeurs des normes Algériennes.

Tableau. 4. Les résultats physico-chimiques de l'eau au cours du mois de Mars

Les paramètres	Unité	Eau de bâche à eau	Eau d'adoucesseur	Eau osmoséé	Les normes Algériennes
Facteurs Organoleptiques					
odeur		Indore	Inodore	Indore	/
couleur		Incolore	Incolore	Incolore	/
Facteurs physico- chimiques					
Température	(°C)	22 ,1	22,7	22 ,5	<25
pH	Unité pH	7,6	7,9	8,0	≥ 6,5 et ≤ 9
Turbidité	NTU	1	4,49	0,97	< 5
Conductivité	(μ s/cm)	763	1035	1055	< 2800
Chlorures (Cl ⁻)	(mg/l)	395 ,97	279,91	389,79	<500
La dureté totale (TH)	(mg/l)	180	204	320	< 500
Calcium (Ca ²⁺)	(mg/l)	66.4	14.4	30.4	< 100
Magnésium (Mg ²⁺)	(mg/l)	3.36	40.32	58.56	< 100
Titre Alcalimétrique (TA)	(°f)	00	00	00	-
Titre alcalimétrique complet (TAC)	(°f)	25	35	16 ,39	≤12
Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	(°f)	305	427	200	< 500
Nitrate (NO ₃ ⁻)	(mg/l)	1.127	18.66	2.78	< 50
Nitrite (NO ₂ ⁻)	(mg/l)	0,158	0,637	0,053	< 0,2

2.1 Détermination du pH

Le pH de l'eau prélevée sur les points d'étude était compris entre 7,6 (Bâche à eau) et 8,0 (Eau osmosée), soit un pH neutre est conforme aux normes fixées par l'Algérie, indiquant un pH dans l'intervalle de 6.5 à 8.5.

2.2 Détermination de la température

Les températures enregistrées dans les échantillons étudiés étaient très similaires, durant le mois de Mars, varient entre 22,1 et 22,7 °C pour l'eau de bâche à eau, adoucisseur et l'eau osmosée.

Les directives de la commission des communautés européennes, ainsi que la réglementation algérienne fixent la température de l'eau potable à 25 °C, ce qui nous permet de dire que nos échantillons d'eau sont conformes à la norme.

2.3 Détermination de la conductivité

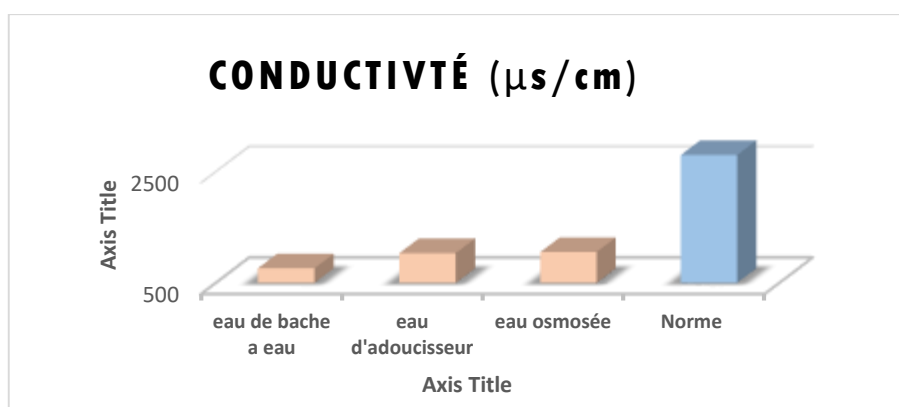


Figure. 53. Variation de la conductivité des échantillons étudiés.

La quasi-totalité des échantillons présentaient des valeurs de conductivité inférieures à la valeur maximale recommandée par la norme algérienne. La conductivité oscille entre 763 µs/cm et 1055µs/cm dont le maximum est enregistré au niveau d'eau osmosée et le minimum au niveau de Bâche à eau.

2.4 Détermination de la turbidité

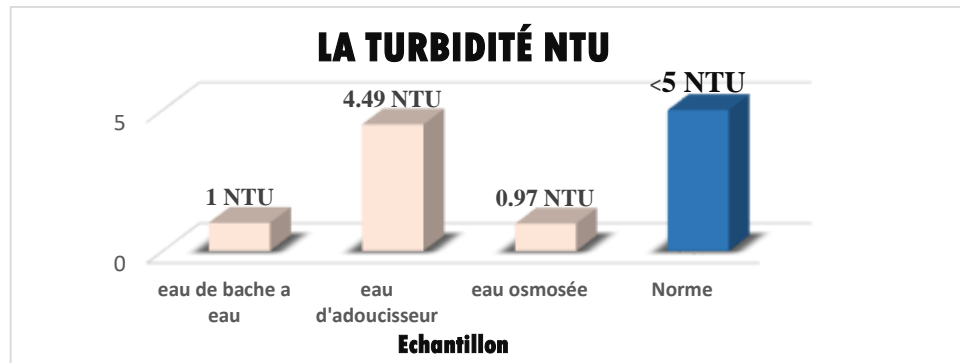


Figure. 54. Variation de la turbidité des échantillons étudiés

L'analyse de la turbidité a montré que les valeurs moyennes de la turbidité dans les différents points compris entre 0,97 (NTU) et 4,49 (NTU) pour l'eau osmosée et l'eau d'adoucisseur respectivement

On constate des résultats inférieurs à la valeur maximale tolérée par l'OMS et la norme algérienne qui est de 5 NTU.

2.5 Détermination de Titre hydrotimétrique

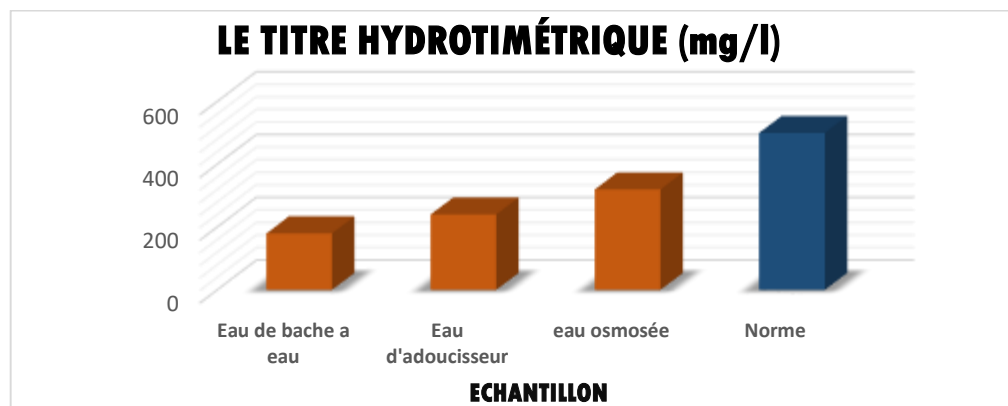


Figure. 55. Variation de titre hydrotimétrique des échantillons étudiés

Les valeurs du la dureté total sont 180 mg/l pour l'eau de bêche, 204 mg/l pour l'eau d'adoucisseur et 320 mg/l pour l'eau osmosée, ces valeurs sont donc largement inférieures à la norme algérienne fixée à 500mg/l.

Si on sait que le TH de l'eau, est le taux qui mesure sa minéralisation ou sa concentration en sels minéraux, à savoir en potassium, magnésium et calcium.

2.6 Détermination de la dureté calcique et magnésienne

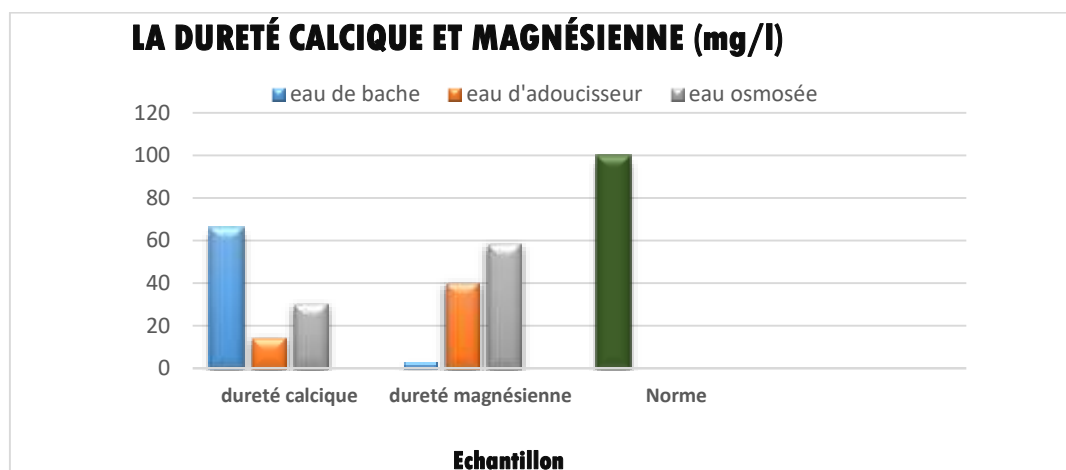


Figure. 56. Variation de la dureté calcique et magnésienne des échantillons étudiés

D'après les résultats obtenus, pour les concentrations de calcium sont de 66,4 mg/l pour l'eau de bache, 14,4mg/l et 30,4mg/l pour l'eau d'adoucisseur et l'eau osmosée.

Par contre, les résultats de magnésium sont variés de 3,36 mg/l pour l'eau de bache, 40,32 mg/l pour l'eau d'adoucisseur et 58,56 mg/l pour l'eau osmosée.

Toutefois, les valeurs enregistrées respectent les normes algériennes recommandées pour l'eau potable, fixées à une limite de < 100 mg/l.

2.7 Détermination de Titre alcalimétrique complet

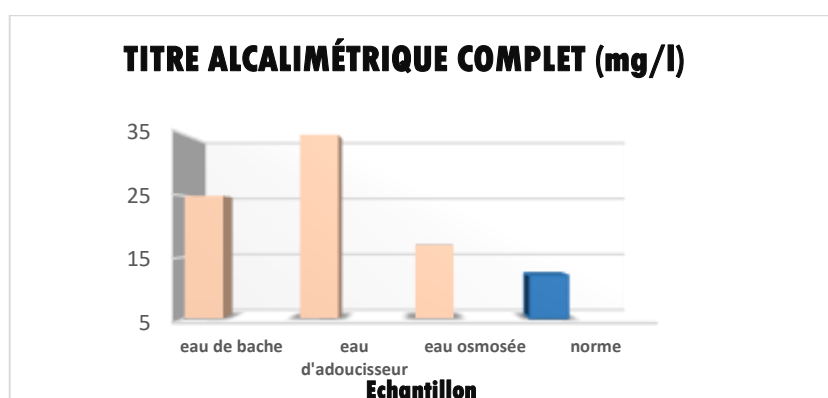


Figure. 57. Variation de Titre alcalimétrique complet TAC

On observe que tous les valeurs du (TAC) obtenues sont de 25 °f, 35 °f et 16,39 °f pour l'eau de bache, l'eau d'adoucisseur, l'eau osmosée, respectivement. Ces valeurs dépassent la norme algérienne fixée de 12 °f.

Le TAC permet de connaître les teneurs en hydroxyde, carbonates et hydrogénocarbonates contenu

dans l'eau.

La détermination de TAC et TA est très importante puisqu'elle permette de tester le bon fonctionnement de la purge.

2.8 Détermination de la Teneur en chlorures

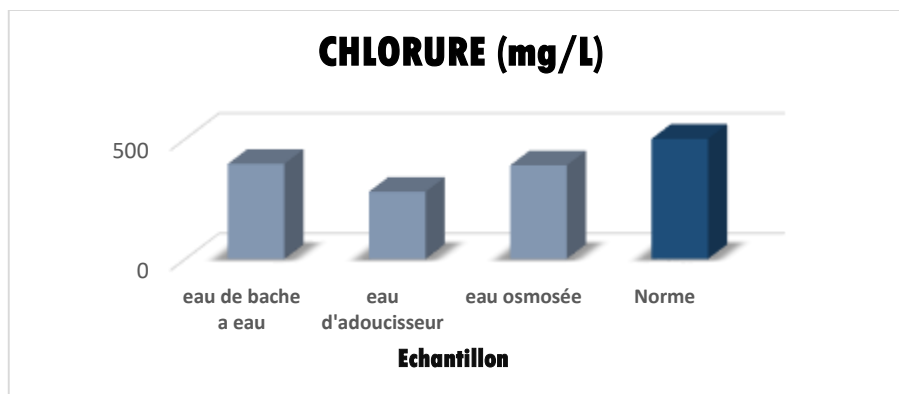


Figure. 58. Variation du chlorure des échantillons étudiés.

Les chlorures ne sont pas dangereux pour la santé mais peuvent donner à l'eau un goût fort et désagréable, les chlorures peuvent rendre l'eau corrosive et peuvent attaquer le béton et contenir des traces métaux indésirables dans l'eau.

D'après les résultats obtenus pour la concentration de chlorure qui sont de 395,97 mg/l pour l'eau de bache, 279,91mg/l et 389,79 mg/l pour l'eau d'adoucesseur et l'eau osmosée, ces valeurs sont inférieures à la norme algérienne fixée à 600mg/l pour l'eau brute, et 500mg/l pour l'eau osmosée donc elles sont conforme.

2.9 Détermination des nitrates

Les nitrates et les nitrites sont considérés comme le principal facteur de pollution de l'eau potable, ainsi que des eaux usées et des eaux souterraines, en raison de leur stabilité dans l'environnement.

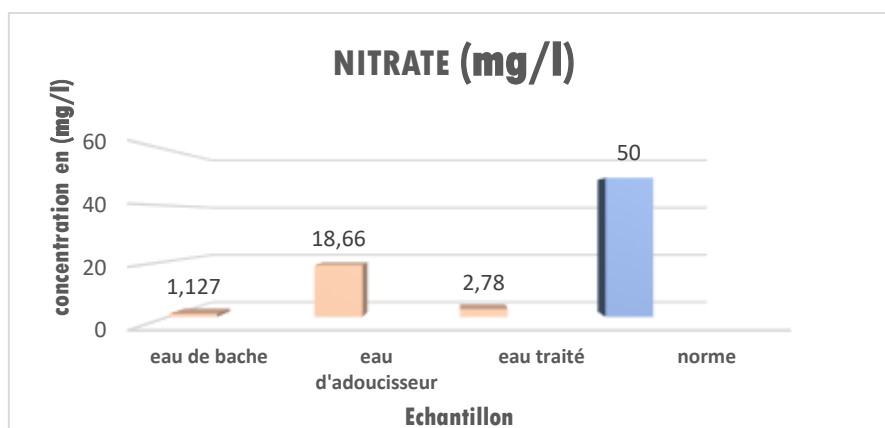


Figure. 59. La variation du nitrate des échantillons étudiés.

Les nitrates représentent la forme azoté souvent la plus présente dans les eaux naturelles, les résultats de nitrates sont variés de 1.127 mg/l pour l'eau de bache, 18.66 mg/l pour l'eau d'adoucisseur et 2.78 mg/l pour l'eau osmosée.

Donc les résultats ne dépassent pas la norme algérienne fixée à 50mg/l.

2.10 Détermination des nitrites

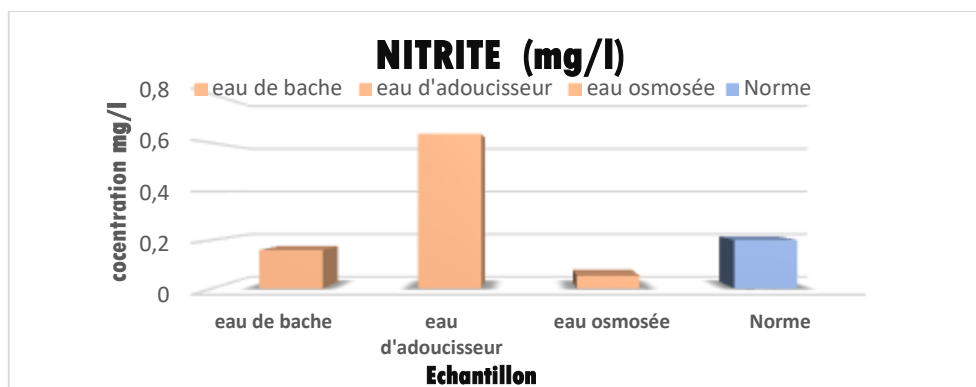


Figure. 60. La variation du nitrite des échantillons étudiés

Les nitrites résultent de la réaction de nitrification des nitrates.

D'après les résultats de l'analyse présentée, la concentration des nitrites oscille entre 0.158 à 0.637mg/l pour l'eau de bache et l'eau d'adoucisseur respectivement, qui sont des valeurs très forts par rapport à la valeur maximale admissible en nitrites indiquée par la norme Algérienne qui est fixé à < 0,2 mg/l comme teneur limite, par contre la teneur en cet ion est faible au niveau de l'eau osmosée 0.053mg/l, donc elle est conforme à la norme.

3 Résultats et interprétations des analyses du produit fini (couscous)

3.1 Répartition granulométrique

La granulométrie du couscous et son homogénéité sont considérées parmi les paramètres essentiels qui définissent sa qualité, ainsi elle a un effet évident sur sa qualité culinaire.

Selon Le CODEX alimentaire (STAN 202-1995), pour obtenir un produit de granule homogène et non collant il doit répondre aux normes suivantes :

- Couscous moyenne : 75% de la quantité reste entre les tamis de 1400 et 900 μm , et le passant ne dépasse pas 75%.

Les résultats de la granulométrie de couscous sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau. 5. La granulométrie des couscous moyenne

TAMIS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	NORME INTERIEURE
Refus1700 µm en%	1,22	02,29	1,5	2,24	1,68	2,31	1,82	1,91	1,76	1,75	<5%
Refus1400 µm en%	19,03	27,71	21,02	24,73	23,52	25,18	25,14	22,36	21,88	26,54	[20-30]
Refus1250 µm en%	16,77	21,17	20,00	22,04	17,74	19,94	19,94	19,12	19,17	20,60	[18-22]
Refus1000 µm en%	41,15	36,11	40,77	36,48	41,57	39,69	39,96	41,49	37,87	37,79	[35-45]
Refus800 µm en%	20,02	12,41	15,58	14,49	15,13	12,79	14,53	14,74	18,81	12,33	[10-20]

D'après ces résultats nous pouvons partager les particules de couscous comme suit :

1,84% des particules de granulométrie 1700 µm, 23,73% celle de l'ordre de 1400 µm, 19,64% celle de diamètre 1250 µm, 39,26% de couscous son particules de diamètre 1000 µm, et enfin 15,08% celle de l'ordre de 800 µm.

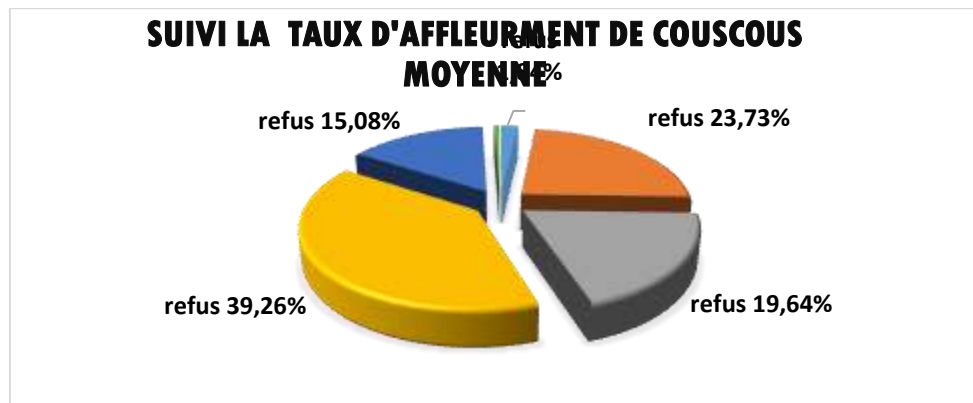


Figure. 61. Secteur représenter les résultats de taux d'affleurement du produit fini

A partir les résultats obtenus, pour le couscous moyenne la somme du refus entre les tamis 1400 et 900 µm, est très proche à 82%, en fin le couscous Ben Hamadi est conforme à la norme, donc ce produit est propice pour la consommation.

3.2 La teneur en eau

Les résultats relatifs à l'humidité des couscous moyen fabriqués à la base de semoule moyenne et prélevées à la dernière étape de la chaîne de fabrication, sont représentés dans la figure suivante :

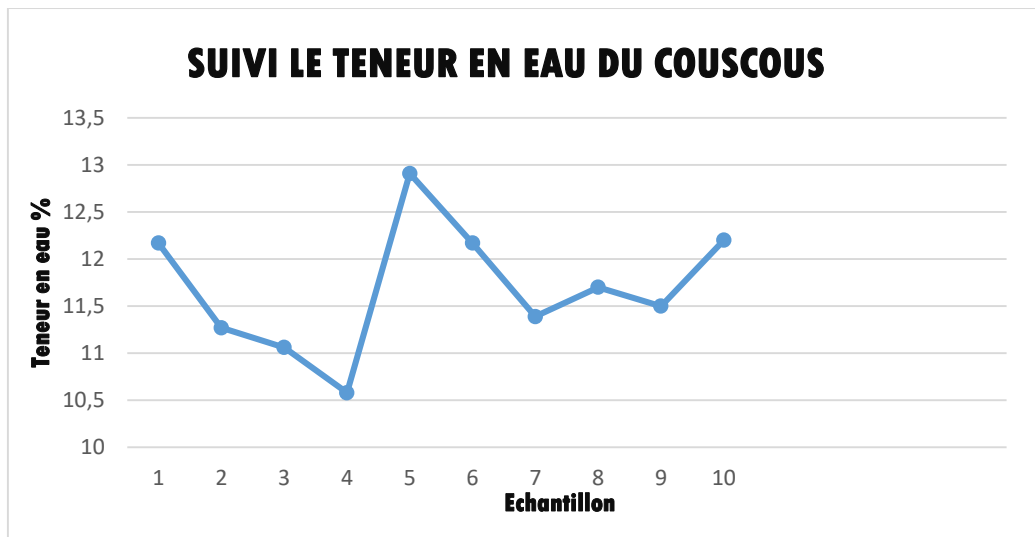


Figure. 62. Courbe représenter les résultats de teneur en eau de couscous moyenne en %.

L'humidité permet de diminuer les risques d'altération lors du conditionnement et du stockage, car ce paramètre est un facteur essentiel dans la prolifération des micro-organismes, que l'eau représente un milieu favorable pour leur croissance.

Les résultats obtenus montrent que la teneur en eau de l'ensemble des échantillons de couscous est comprise entre 10,5% et 13%, (échantillon N°5 montre une teneur maximale) ces valeurs n'excèdent pas (H=13,5 %) valeur notée par la norme du CODEX alimentaire (STAN 202-1995), aussi nous constatons que nos résultats sont légèrement semblables à la norme algérienne (N.A.6396) (11,5-12,5), la teneur en eau détermine le bénéfice de l'étape de séchage pour l'obtention d'un produit sec pour un bon stockage de longue durée.

Ces résultats obtenus reflètent d'une part que ces taux sont parfaitement convenables pour la conservation et d'autre part ils témoignent du bon fonctionnement du système de séchage, qui est une opération plus importante et la plus délicate de la fabrication à cause de leurs effets sur la texture et le développement du goût.

3.3 Taux de cendre

Les résultats de taux de cendre sont représentés dans la figure suivante :

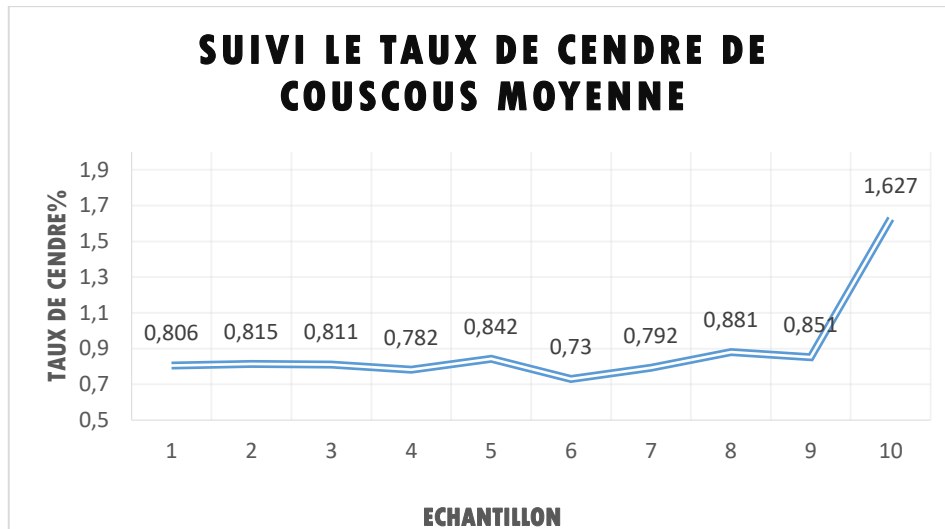


Figure. 63. Courbe représenter les résultats de taux de cendre du produit fini en %

Les résultats obtenus, ont montré que le taux de cendre de l'ensemble des échantillons de semoule est compris entre 0,73 et 1,62%, ou la plus basse valeur était dans l'échantillon N°06 et la plus élevée dans l'échantillon N°10.

Les dix échantillons du couscous ont une teneur en cendre inférieure à celle donnée par la FAO (1991) (cendre =1,2%), ainsi sont inférieure à la valeur de 0,90% indiqué par le CODEX alimentaire (STAN 202-1995)

Le taux de cendre dans le couscous est supérieur par rapport à la semoule, car le couscous accepte les matières minérales à partir de l'eau qui est utilisé durant la fabrication de ce produit. Donc la valeur élevée de l'échantillon N°10 n'affecte pas la qualité du produit fini, ou il classe le couscous au deuxième choix.

4 Résultat des analyses bactériologiques

Lorsqu'il s'agit d'approvisionnement en eau potable, les paramètres microbiologiques sont les premières considérations, car ils peuvent affecter directement la santé des consommateurs.

Les résultats des analyses bactériologiques des différents points de prélèvement de l'eau sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau. 6. les résultats des différentes analyses bactériologiques des échantillons prélevés

<i>Date</i>	Type de prélèvement	CT	CF	SD	ASR	SAL	Unité
<i>14/03/2023</i>	Eau de bêche à eau	41	-	2	0/20ml	Absence	NPP/100ml
<i>14/03/2023</i>	Eau d'adoucisseur	9	-	1	0/20ml	Absence	NPP/100ml
<i>14/03/2023</i>	Eau osmosée	0	-	0	0/20ml	Absence	NPP/100ml
<i>18/04/2023</i>	Eau da bêche à eau	15	-	3	0/20ml	Absence	NPP/100ml
<i>18/04/2023</i>	Eau d'adoucisseur	11	-	1	0/20ml	Absence	NPP/100ml
<i>18/04/2023</i>	Eau osmosée	0	-	0	0/20ml	Absence	NPP/100ml

[**CT/CF** : coliforme totaux/fécaux, **SD** : streptocoque de groupe D, **ASR** : Anaérobies sulfito-réducteurs, **SAL** : salmonelles]



Figure. 64. Virage de milieu de violet au jaune +dégagement de gaz.



Figure. 65. Formation d'un Anneau vert =présent Klebsiella



Figure. 66. Absence totale des spores sur Viande fois



Figure. 67. Une pastille violette (blanchâtre) dans milieu Eva-litsky au fond du tube (présence de streptocoques fécaux du groupe D).





Figure. 68. Trouble microbien +dégagement des gaz dans le milieu Shubert (présence de coliformes fécaux).



Figure. 69. Un trouble microbien accompagné dans le milieu Roth (présences de streptocoques).

Tableau. 7. Aspects macroscopiques des salmonelles isolés (photos personnelles)

Aspects macroscopiques des colonies	Milieu de culture	Observation microscopique des colonies
	Hektoen	Des petites colonies lisses, irrégulières, pigmentées en rouge ou jaune orangé avec précipités biliaries autour des colonies
	Hektoen	Virage de milieu du vert au rouge ou jaune orangé Veut dire Acidification de milieu par Klepsiella

Discussion

Les analyses bactériologique, notamment le dénombrement des bactéries indicatrice de contamination fécales (Coliformes), permettre d'évaluer la qualité des eaux et/ou l'origine des pollutions.[53, 54]

En addition, l'analyse de nos échantillons a révélé l'absence des indicateurs des contaminations anciennes (SD, ASR), et récentes (CT, CF, E .Coli), sur les trois prélèvements des échantillons, parce que la présence de ces indicateur a des taux élevés est dangereuse pour la santé de la population.

La réglementation algérienne exclue impérativement la présence des coliformes totaux et des coliformes fécaux aussi les streptocoques fécaux dans 100 ml.

Dans notre résultat obtenu, on ne constate que les analyses de 14/03/2023 et 18/04/2023:

on remarque que l'eau de bâche a eau et d'adoucesseur sont peu chargés en Germe de coliformes totaux, et de Streptocoques par rapport à la réglementation algérienne, cela est due au fait que la bâche a eau et l'adoucesseur sont les premiers point de prélèvement sachant que la source d'eau de ces derniers (bâche a eau et adoucesseur) est les puits et que ces sont les plus susceptibles à être contaminé par les infiltrations d'eau surtout après les périodes de pluie et les bactéries du sol.

Par contre, on remarque une absence totale de ces germes dans l'eau osmosée cela indique que la qualité de l'eau est bonne.

D'autre part, on remarque l'absence totale des spores sur VF dans notre échantillon analysé, puisque la présence de spores de bactéries anaérobies sulfito-réductures dans l'eau nous fait pensez à une contamination fécale, en l'absence de coliformes, la contamination fécale périmée, ils sont très persistants et leur présence est un bon indicateurs de vulnérabilité des aquifères et puits.

D'après les résultats de nos échantillons d'analyses comparées avec les normes nationales, nous pouvons conclure que l'eau utilisée à la fabrication est de bonne qualité microbienne.



CONCLUSION

Conclusion

Le but de ce travail porte sur l'étude des caractérisations physico-chimiques, organoleptiques et microbiologiques des couscous industrielles produites par «SARL GERBIOR» groupe Ben Hamadi, aussi leur matière première afin d'apprécier leur qualité et leur conformité.

Les résultats de taux d'affleurement (granulométrie) de la matière première (semoule moyenne) obtenus, se situe constamment dans l'intervalle [150 ; 630 μm], ce que montre une bonne maîtrise du diagramme de mouture et que la semoule utilisée dans le procès de la fabrication est de granulométrie homogène.

Par ailleurs, les résultats de teneur en gluten varie entre 8,9 et 15% est conforme à la norme, cela est dû à la qualité du blé réceptionné.

La teneur d'eau de la matière première est conforme aux normes, il varie entre 10,8 et 13,8% ce qui permettra un bon conditionnement et un bon stockage du produit élaboré.

Pour le taux de cendre obtenus, les valeurs compris entre 0,6 et 1,15% (MS), il est donc conforme aux normes ($0,09 \pm 0,02$), cela reflète une bonne maîtrise du diagramme de la mouture.

Concernant les résultats de l'humidité relative au produit fini, ils sont pareillement conformes aux normes en vigueur, ils varient de 10,5 à 13%.

Les résultats obtenus dans notre étude, concernant le taux de cendre varient entre 0,73 et 1,62%, il est augmenté avec l'augmentation de la granulométrie et il est nettement supérieur à celui de la matière première.

A partir nos résultats obtenus, pour la granulométrie, le couscous moyen se situe consommation dans l'intervalle [1700 ; 800 μm], le couscous Ben Hamadi est conforme à la norme, donc ce produit est propice pour la consommation.

Concernant les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau ont a trouvé que :

- Les paramètres liés à la composition naturelle de l'eau, comme la température, le pH, le calcium, le magnésium et les chlorures, ne dépassent pas la norme algérienne.
- Pour les paramètres indésirables comme les nitrates, les nitrites, les valeurs obtenues sont dans les normes de l'eau potable, donc l'eau osmosée n'est pas polluée.

Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré que les caractéristiques physico-chimiques de l'eau sont dans les intervalles des normes national et internationales retenues pour l'eau.

Concernent les analyse microbiologique effectuées sur les prélèvements de notre échantillons de l'eau de fabrication ont révélé une absence totale des germes pathogène et des germes de contamination fécale : coliforme totaux/fécaux, streptocoque fécaux, ainsi que les anaérobies sulfite-réducteur.

A la lumière des résultats obtenus au cours de ce modeste travail, nous pouvons conclure que l'ensemble des résultats d'analyse physico-chimiques des matières première et des produits fini sont conformes aux normes exigées.

Ainsi, L'analyse de l'eau reste toujours nécessaire pour protéger le consommateur de ce produit ainsi pour protéger les équipements de la ligne de production.

ANNEXES

Quelques Définitions

Le Néolithique : succédant au Paléolithique et au Mésolithique, est une période de la Préhistoire marquée par de profondes mutations techniques et sociales, liées à l'adoption par les groupes humains d'un modèle de subsistance fondé sur l'agriculture et l'élevage, impliquant le plus souvent une sédentarisation. Les principales innovations techniques sont la généralisation de l'outillage en pierre polie, la poterie, ainsi que le développement de l'architecture. La néolithisation est toutefois un phénomène progressif, survenu à des dates différentes selon les régions. Le Néolithique débute au Proche-Orient vers 9 000 ans av. J.-C. dans le Croissant fertile, et atteint l'Europe vers 7 000 ans av. J.-C. Il prend fin avec la généralisation de la métallurgie du bronze et l'invention de l'écriture, à partir de 3 300 ans av. J.-C.

Le folklore : c'est l'ensemble des productions collectives émanant d'un peuple et se transmettant d'une génération à l'autre par voie orale et par imitation. Ces arts et traditions populaires comprennent la culture littéraire, figurative, et matérielle

L'Unesco : est l'organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture. L'Unesco cherche à instaurer la paix par la coopération internationale en matière d'éducation, de science et de culture. Les programmes de l'Unesco contribuent à la réalisation des objectifs de développement durable définis dans l'agenda 2030 adopté par l'assemblée générale des nations unies en 2015.

ANSELMO : groupe spécialisé dans l'industrie agroalimentaire, Anselmo Group s'est donné la mission d'être le fournisseur de référence pour les plus importants producteurs de pâtes sèches au niveau mondial, fournit notamment :

-Des lignes automatiques et semi-automatiques pour la production de pâtes longues, courtes, spéciales et nids.

-Lignes automatiques pour la production de couscous, jusqu'à 3000 kg/heure.

1 : Centrifugeuse pour hydratation homogène ; 2 : Mélangeuse ; 3 : Rouleuse ; 4 : Cuiseur à la vapeur d'eau ; 5 : sécheur (rotante) ; 6 : refroidisseur vibrant.

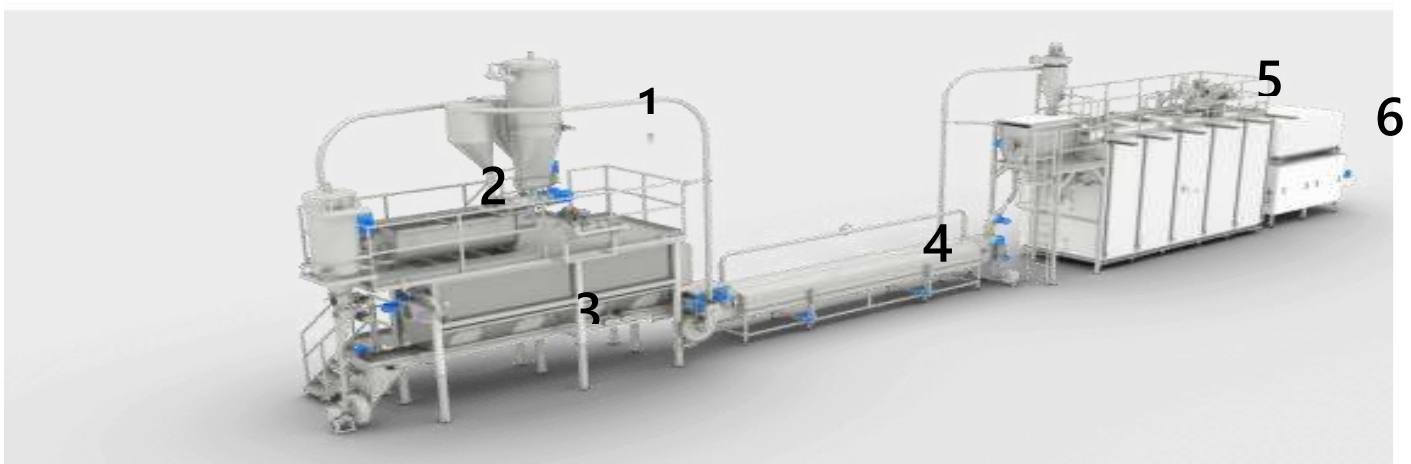







Figure. Ligne d'ANSELMO pour la fabrication du couscous

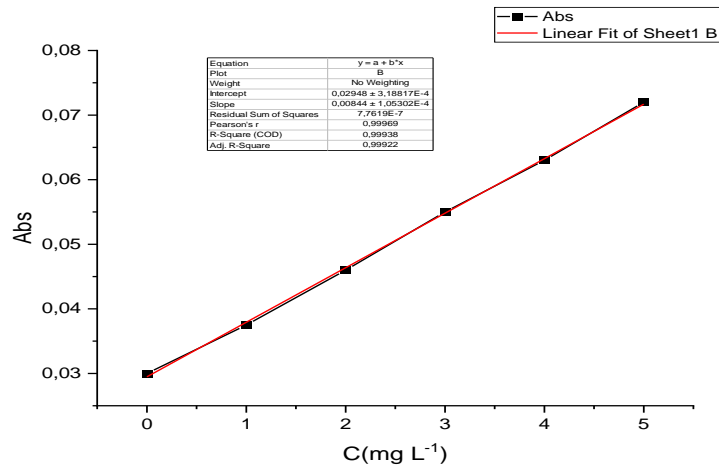
<i>Le nom d'appareille</i>	<i>La figure</i>
<i>Conductimètre</i>	
<i>pH mètre</i>	
<i>Broyeur</i>	
<i>Etuve</i>	

<p><i>Four a moufle</i></p>	
<p><i>Dessiccateur</i></p>	
<p><i>Incubateur bactériologique</i></p>	
<p><i>Dessiccateur halogène.</i></p>	
<p><i>Tamiseur</i></p>	

Les tableaux des résultats

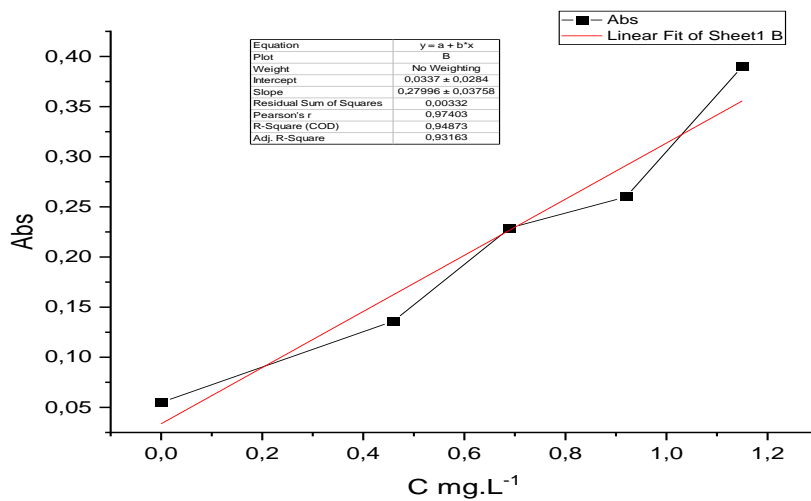
Courbe d'étalonnage de Nitrate

C mg.L-1	Abs
0	0,03
1	0,0375
2	0,046
3	0,055
4	0,063
5	0,071



Courbe d'étalonnage de Nitrite

C mg.L-1	Abs
0	0,055
0,46	0,136
0,69	0,229
0,92	0,26
1,15	0,39



Référence bibliographique

Références

1. Mbarek, K.B. and M. Boubaker, *Manuel de grandes cultures-Les céréales*. 2017: Éditions universitaires européennes.
 2. Bozzini, A., *Origin, distribution, and production of durum wheat in the world*. Durum wheat: chemistry and technology, 1988: p. 1-16.
 3. Wrigley, C., I. Batey, and D. Miskelly, *Cereal grains: assessing and managing quality*. 2017.
 4. Kellou, R., *Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité Quali-Méditerranée: le cas des coopératives Sud Céréales, Groupe coopératif occitan et Audecoop*. 2008: CIHEAM-IAM Montpellier.
 5. FAO, O., *Codex Alimentarius—céréales, légumes secs, légumineuses et matières protéiques végétales*. Food and Agriculture Organization and World Health Organization, available at: www.fao.org/3/a-a1392f.pdf, 2007.
 6. Williams, P., et al., *Durum wheat quality evaluation at ICARDA*. Barley, Wheat and Triticale Newsletter, 1984.
 7. Kaup, S. and C. Walker, *Couscous in North Africa*. Cereal foods world (USA), 1986.
 8. Beji-Becheur, A. and N. Ozcaglar-Toulouse, *Couscous connexion: l'histoire d'un plat migrant*. 13èmes Journées de Recherche en Marketing de Bourgogne, 2008.
 9. Barboff, M., *Couscous de blé et semoule de maïs au Portugal*. Couscous, boulgour et polenta: transformer et consommer les céréales dans le monde, 2010: p. 47.
 10. Ghezlane, L., M.H. Morel, and J. Abecassis, *Effet des traitements hydrothermiques du couscous de blé dur sur le comportement des protéines*. 1998.
 11. Galiba, M., et al., *The Preparation of Sorghum and Millet Couscous in West-Africa*. Cereal foods world, 1987. **32**(12): p. 878-&.
 12. GALLEZE, O., *LE COUSCOUS: SA PLACE ET SON ROLE DANS LA VIE SOCIALE*. 2018.
 13. Benameur, K.M., *Abécédaire de l'Algérie: Des femmes, des hommes et des lieux*. 2022: Les Éditions du Net.
 14. Mili, M.e., *L'Histoire de l'Algérie dans le passé et dans le présent*. Fondation nationale du livre, Algérie, 1929: p. 108.
 15. Walker, H. *Oxford symposium on food and cookery 1991: Public Eating: Proceedings*. 1992. Oxford Symposium.
 16. Labat, J.-B., *Nouvelle relation de l'Afrique occidentale*. Vol. 5. 1728: Chez Guillaume Cavelier.
 17. UNESCO,
https://www.unesco.org/fr/search?category=Nom&text=couscous+&sort_by=search_api_relevance.
 18. Nasica, E. and D. Dufour, *Incertitude, rationalité et confiance dans les choix d'investissement: une analyse de la relation entre marchés financiers et capital-risque*. Revue d'économie industrielle, 2007(119): p. 103-124.
 19. Dictionnaire, <https://www.almaany.com/ar/dict/ar-ar/%D9%83%D8%B3%D9%83%D8%B3/>.
 20. Laroux, E., *Actes De l'Onzieme Congres International Des Orientalistes*. 1897. **4**: p. 169.
 21. Algérien, P.C.i., <https://www.cnrpah.org/pci-bnd/index.php/9-photos/2-le-couscous-sa-place-et-son-role-dans-la-vie-sociale>.
 22. Alloui Karima Assasla Amira, N.A., *Enquête De Consommation Du Couscous Dans La Ville De Guelma Et Etude De Sa Qualité Technologique*. 2013.
 23. Bekhouche, F., R. Merabti, and J.-D. Bailly, "Lemzeiet": *Traditional couscous manufacture from fermented wheat (Algeria): process and technological and nutritional quality*. African Journal of Food Science and Technology, 2013. **4**(8): p. 167-175.
 24. *Cahier du CEPI N° 23 Etude de positionnement stratégique de la branche « PATES ALIMENTAIRES ET COUSCOUS »*
<http://www.tunisieindustrie.nat.tn/fr/download/CEPI/IAA08.pdf>.
 25. Guezlane, L., G. Selselet-Attou, and A. Senator, *Etude comparée du couscous de fabrication industrielle et artisanale*. Ind. Céréale, 1986. **43**: p. 25-29.
 26. Souci, S., N. Fachmann, and Kraut, *La composition des aliments*. . Tableau des valeurs
-

- nutritives. Ed: BORDAS. France, 1994: p. 555.
27. AYMEN, M., *Enquête de consommation du couscous dans la ville de Mostaganem et étude de sa qualité technologique*. 2022.
 28. Yousfi, L., *Influence des conditions de fabrication sur la qualité du couscous industriel et artisanal*. Thèse de Magister, DNATAA, Université de Constantine, 2002: p. 141.
 29. Derouiche, M., *Couscous: Enquête de Consommation a Constantine, Fabrication Artisanale et Qualité*. Mémoire de Magister. Université Mentouri Constantine. Algérie, 2003.
 30. Di Fonzo, N., F. Kaan, and M. Nachit, *Durum wheat quality in the Mediterranean region*. agris.fao.org, 1995.
 31. Boudreau, A. and G. Ménard, *Le Blé: éléments fondamentaux et transformation*. 1992: Presses Université Laval.
 32. Feillet, P., *L'industrie des pâtes alimentaires: technologies de fabrication, qualité des produits finis et des matières premières*. Industries Alimentaires et Agricoles, 1986(10): p. 979-989.
 33. Feillet, P., *Le grain de blé: composition et utilisation*. 2000: Editions Quae.
 34. Codex and alimentaires, *Norme codex pour le couscous*. Norme codex 202, 1995: p. 1-3.
 35. Desousa, *Le couscous; tradition et modernité*. Agro-Ligne, 2001. **16**: p. 32-35.
 36. Franconie, H., M. Chastanet, and F. Sigaut, *Couscous, boulgour et polenta*. Transformer et consommer les céréales dans le monde. Paris: Karthala, 2010.
 37. LAOUADI, A. and F. MERZOUK, *L'incorporation de poudre des feuilles d'Urtica dioica L sur les qualités nutritionnelles, organoleptiques et technologiques du couscous artisanal*. 2020.
 38. Dagher, S.M., *Traditional foods in the Near East*. 1991.
 39. Namoune, H. and L. Mezroua, *Etude de la qualité culinaire de quelques couscous industriels et artisanaux et effet d'adjonction de la matière grasse durant la cuisson*. 2017.
 40. GUEZLANE, L., *Mise au point de méthodes de caractérisation et étude des modifications physico-chimiques sous l'effet des traitements hydrothermiques en vue d'optimiser la qualité du couscous de blé dur*. 1993, INA.
 41. Apfelbaum, M., L. Perlemuter, and P. Nillus, *Dictionnaire pratique de diététique et de nutrition*. 1981.
 42. Tremoliers, J., et al., *Annuel d'alimentation humaine. Tome I: les bases de l'alimentation*. FSF. 97ème édition, 1980.
 43. Cuq, J. and S. Guilbert, *Cuisson et conservation des aliments*. 1992.
 44. Abecassis, J., M.F. Gauttier, and J. Autran, *La filière blé dur-pâtes alimentaires: apports complémentaires de la technologie et de la génétique dans l'amélioration de la qualité*. Industries alimentaires et agricoles, 1990. **107**(6): p. 475-482.
 45. YETTOU N, N., et al., *Détermination des caractéristiques viscoélastiques du couscous cuit au moyen du viscoélastographe Chopin*. Industries alimentaires et agricoles, 1997. **114**(12): p. 844-847.
 46. Debbouz, A., J. Dick, and B. Donnelly, *Influence of raw material on couscous quality*. Cereal foods world (USA), 1994.
 47. Debbouz, A. and B. Donnelly, *Process effect on couscous quality*. Cereal chemistry (USA), 1996.
 48. Ounane, G., et al., *Effects of physicochemical characteristics and lipid distribution in Algerian durum wheat semolinas on the technological quality of couscous*. Cereal chemistry, 2006. **83**(4): p. 377-384.
 49. Linden, G. and D. Lorient, *Biochimie agro-industrielle*. 1994: Masson.
 50. Khendek and Guezlane, *Rôle de mono-glycérides dans l'expression de la qualité technologique du couscous industriel du blé dur*. Céréaliculture, 1994. **32**: p. 10-14.
 51. Rodier, J., C. Geoffray, and L. Rodi, *L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer: chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie*. 1984.
 52. Leclerc, H., et al., *Microbiologie appliquée*. 1977: Doin.
 53. Guiraud, J., *Microbiologie Alimentaire. Edition DUNOD. Paris. Pp: 136-139*. 2003, H.
 54. Habiba, B.A. and M. Ferial, *Mémoire de fin d'études. Analyse Des Modes De Défaillance, De Leurs Effets Et De Leurs Criticité (Amdec) Du Bras De Chargement Pétrolier Et Proposition D'une Gamme De Révision Générale*, Université De Bejaia, 2000. **2001**.
-

