

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB – BLIDA**

**FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES**

**DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE  
L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER ACADEMIQUE  
EN SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE**

Filière: Sciences Alimentaires  
Spécialité: Nutrition et contrôle des aliments

**Thème:**

**CARACTERISATIONS NUTRITIONNELLES ET ORGANOLEPTIQUES  
D'UN COUSCOUS D'ORGE ENRICHIS PAR LA CHLORELLE ET SON  
EFFET SUR DES TROUBLES FONCTIONNELS DIGESTIFS**

Présenté par :

**DJAIRENE KHADIDJA**

Devant le jury composé de :

M <sup>me</sup> A. GUENDOZ	Professeur	USDB	Président de jury
M <sup>me</sup> A. DOUMANDJI	Maître de conférences A	USDB	Promotrice
M <sup>me</sup> H. ACHHEB	Maître assistante B	USDB	Examinatrice
M <sup>me</sup> Z. ABDELAOUI	Maître assistante B	USDB	Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE 2011- 2012

## REMERCIEMENTS

Mes remerciements les plus vifs s'adressent à ma promotrice de thèse, M<sup>me</sup> DOUMANDJI AMEL qui m'a accordé l'honneur de diriger ce travail, sa précieuse aide, ses encouragements et ses conseils.

Mes remerciements s'adressent également à M<sup>me</sup> GUENDOZ qui m'a honoré de sa présidence et aux examinatrices M<sup>me</sup> ABDELAOUI et M<sup>me</sup> ACHHEB

Un grand merci à :

M<sup>me</sup> RAMDANE : enseignante à INSFP

Mr DJAMEL : laborantin au niveau de laboratoire d'hygiène

Mr BOUAMRANE : laborantin au niveau d'INSFP

Pour leurs conseils, aides et générosité dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges professionnelles

## DEDICACES

Je dédie ce modeste travail, à mes très chers parents en témoignage de l'amour, du respect et de ma profonde et éternelle gratitude que je leurs porte en ma reconnaissance par leurs soutiens,

À ma sœur : Nassima

À mes tantes et mes oncles

À mes cousins et cousines

À mes meilleurs amis,

Amina, Fouzia, Naima, Djihad, Sihem

Aussi je dédie ce mémoire, à tous mes amis de la promotion 2012 de nutrition et contrôle des aliments, université de BLD

Djairène Khadidja



# Sommaire

## Introduction

### PARTIE I – ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

#### Chapitre I. Le couscous

I.1 Définition et généralités.....	03
I.2 Origine et étymologie.....	03
I.3 Mode de fabrication .....	04
I.4 Qualité technologique et nutritionnelle.....	07
I.5 Qualité culinaire.....	08

#### Chapitre II. L'orge

II.1 Définition et généralités.....	09
II.2 Systématique .....	09
II.3 Structure de la graine d'orge.....	10
II.4 Biologie florale.....	10
II.5 Le cycle de développement de l'orge.....	11
II.6 Différents types d'orge.....	11
II.7 Composition biochimique du grain d'orge.....	11
II.8 Utilisation d'orge.....	15

#### Chapitre III. La chlorelle

III.1 Définition.....	16
III.2 Historique.....	17
III.3 Les dix bonnes raisons pour consommer la chlorelle.....	17
III.4 Composition de la chlorelle.....	19
III.5 Bienfaits de chlorelle pour la santé.....	20
III.6 La chlorelle en pratique.....	20
III.7 Principales propriétés .....	21
III.8 Principaux facteurs actifs.....	23
III.9 Conseils d'utilisation de la chlorelle .....	24

#### Chapitre IV. La constipation et les fibres alimentaires

IV.1. la constipation .....	25
IV.1.1. Personnes à risque .....	25
IV.1.2. Facteurs de risque.....	25
IV.1.3 aspect coprologique des selles en cas d'une constipation.....	26
IV.1.4 recommandations sur le transit intestinal .....	26
IV.2 effets des fibres alimentaires sur la constipation .....	27
IV.2.1 pourquoi manger les fibres ?.....	27
IV.2.2 fibres et digestion .....	27
IV.2.3 les effets des fibres alimentaires végétales.....	28

## **PARTIE II - ETUDE EXPERIMENTALE**

### **Chapitre I. Matériel et méthodes**

I.1 Matériel utilisé.....	29
I.1.1. Matériel végétal.....	29
I.2. Méthodes d'analyses .....	30
I.2.1 objectif et conditions de travail.....	30
I.2.2 préparation de la solution mère .....	30
I.2.3 préparation de la dilution.....	30
I.2.4 Analyses microbiologiques de la chlorelle.....	31
I.2.5 Analyses microbiologiques du couscous d'orge (témoin) et couscous d'orge enrichi .....	36
I.2.6 Analyses Biochimiques .....	37
I.2.7 Analyses Physiques .....	43
I.2.8 Qualité organoleptique.....	47
I.2.9 Qualité nutritionnelle.....	47
I.3. Réalisation d'une étude sur des malades souffrant de troubles digestifs.....	47
I.3.1 objectif de l'étude.....	47
I.3.2 déroulement de l'enquête.....	47

### **Chapitre II. Résultats et discussion**

II.1.Types de couscous obtenus .....	51
II.2. Résultats des analyses microbiologiques .....	52
II.3. Résultats des analyses biochimiques .....	53
II.4. Résultats des Analyses Physiques .....	56
II.5 Résultats de l'étude réalisée .....	61

<b>Conclusion et perspectives .....</b>	<b>64</b>
---	-----------

**Références bibliographiques**

**Annexes**

## Liste des abréviations

ADN :	acide désoxyribonucléique
ARN :	acide ribonucléique
AFNOR :	association française de normalisation
AFSSA :	agence française de la sécurité sanitaire des aliments
AFSSAPS :	agence française de sécurité sanitaire des produits de santé
CGF :	chlorella growth factor
g:	grammes
h :	heure
H :	humidité
HDL :	High Density Lipoprotein
IG :	indice de gonflement
IMPT :	indice de prise de masse par tamisage
ISO :	international standart organisation
Kg :	Kilos grammes
Kj :	Kilos joules
Kcal :	Kilos calories
L :	Litre
LDL :	Low Density Proteins
Min :	minutes
mL :	millilitre
MO :	microorganismes
MS :	matière sèche
NA :	normes Algériennes
NM :	normes Marocaines
OMS :	organisation mondiale de la santé
PE :	prise d'essai
pH :	potentiel hydrogène
PNM	Projet de norme marocaine
r:	rotations
Tc:	taux de cendres
Vf :	viande foie
µm :	micromètres
% :	pourcentage
°C	dergee celsius

## Liste des figures

Figure 1 : schéma de la production industrielle du couscous.....	05
Figure2 : schéma de la production artisanale du couscous d'orge.....	06
Figure3 : les comprimés de chlorelle.....	16
Figure4 : processus de fabrication du couscous d'orge enrichi par la chlorelle.....	29
Figure5 : la semoule d'orge.....	51
Figure 6 :le couscous d'orge.....	51
Figure7: comprimés de chlorelle.....	51
Figure8 : le couscous d'orge enrichi par la chlorelle.....	51
Figure9 : représentation graphique de la granulométrie des deux couscous .....	57
Figure10 : gonflement à froid des échantillons de couscous analysés.....	59
Figure11 : gonflement à chaud des échantillons de couscous analysés.....	59

## Liste des tableaux

Tableau1 : caractéristiques physiques et nutritionnelles de la semoule d'orge .....	15
Tableau 2 :les vitamines ,minéraux et oligoéléments contenus dans 100g de chlorelle ....	19
Tableau3: aspect coprologique des selles en cas d'une constipation.....	26
Tableau4 : type et nombre de germes contaminants la chlorelle.....	52
Tableau5 : type et nombre de germes contaminants le couscous d'orge et le couscous enrichi par la chlorelle.....	52
Tableau6 :taux d'humidité trouvé pour le couscous témoin et couscous enrichi.....	53
Tableau7 :taux de cendres trouvé pour le couscous témoin et couscous enrichi.....	53
Tableau8 :taux de protéines déterminé pour les deux types de couscous.....	54
Tableau9 :taux de glucides déterminé pour les deux types de couscous.....	55
Tableau 10 :taux de lipides déterminé pour les deux types de couscous.....	55
Tableau11:teneur en cellulose retrouvée pour les deux produits analysés.....	56
Tableau 12 :la granulométrie du couscous d'orge et couscous enrichi.....	56
Tableau 13 :pourcentage de la délitescence des produits analysés.....	57
Tableau 14 :la prise en masse du couscous après tamisage.....	58
Tableau 15 :test de cuisson réalisé sur les deux échantillons du couscous.....	60



Tableau 16 :caractéristiques organoleptiques du couscous d’orge enrichi par la chlorelle.	60
Tableau17 :détermination de la valeur énergétique des échantillons étudiés. ....	61
Tableau18 :résultats de la copro-parasitologie des selles avant la prise d’alicament .....	62
Tableau 19 :résultat de la copro-parasitologie des selles après la prise d’alicament.....	63

## Résumé

Ce travail a pour but d'améliorer la qualité nutritionnelle du couscous d'orge par l'ajout d'une algue sous forme de comprimés connue sous le nom Chlorella et étudier son effet sur quelques problèmes digestifs.

Cette algue, est une source idéale de protéines, fibres, vitamines et minéraux. Ces derniers composants sont recommandés particulièrement dans les troubles digestifs.

Les résultats obtenus lors de cette étude montrent que le produit préparé artisanalement (couscous d'orge enrichi par la chlorelle) présente une bonne qualité nutritionnelle (10,33% protéines, 2,1% Lipides, 72,75 % Glucides), technologique et organoleptique.

Pour connaître l'effet des fibres alimentaires de ce couscous sur la constipation accompagnée de ballonnements, une étude sur des personnes présentant une constipation a été effectuée où on a remarqué des modifications positives au niveau de la consistance, couleur et poids.

**Mots clés :** couscous enrichi en chlorelle- qualité nutritionnelle, technologique et organoleptique – Effet anti-constipation.

## ملخص

هذا العمل يهدف اساسا الى تحسين النوعية الغذائية لكسكس الشعير عن طريق اضافة طحلب عل شكل اقراص تحت اسم الكلوريبلا .

هذا الطحلب يحتوي على نسبة عالية من البروتين الياف فيتامينات و املاح معدنية و هذه الاخيرة ينصح استهلاكها في حالة الاضطرابات الهضمية

ان النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة تبرز ان المنتج المحضر بالطريقة التقليدية كسكس الشعير المغتن بالكلوريبلا يحتوي على قيمة غذائية ذات جودة و تكنولوجية

اجريت دراسة على اشخاص يعانون من الامساك لمعرفة تاثير الاياف التي يحتويها هذا الكسكس المحضر على هذا الاضطراب الهضمي اين كانت النتائج معتبرة و ايجابية من ناحية القوام و اللون و الوزن

## كلمات الدلالة

– كسكس الشعير المغتن بالكلوريبلا – النوعية الغذائية و التكنولوجية – مفعول ضد الامساك

## Summary

This work is improve the nutritional quality of barley couscous by y addition of algae in the form of tablets known as chlorella and study its effects on some digestive problems.

This alga is an ideal source of protein, fibre, vitamins and minerals, these components are particularly recommended in digestive disorders.

This obtained results in this study show that the product traditionally prepared (barley couscous enriched with chlorella) has good nutritional quality (10.33% protein, 72.75% carbohydrate, 2.1% fat), technological and organoleptic.

To know the fibre effect of this couscous on the constipation accompanied with bloating, a study of people with constipation was performed, when the results are significant (positive modification of consistency, colour and weight).

**Key words:** barley couscous enriched with chlorella, nutritional quality, quality technological and organoleptic, and effect against constipation

## Introduction

Le couscous constitue une symbolique gastronomique dans la tradition algérienne et maghrébine .C' est le plat du partage ,donc l'hospitalité et de la générosité .Il représente un aliment de base et un plat national dans plusieurs pays comme la Tunisie ,la Libye, l'Algérie et le Maroc .Il trouve ces racines chez les berbères .Les anciennes traces de fabrication (sorte de couscoussier) ont été trouvées en Kabylie.

Il fait partie de la vie quotidienne et religieuse et accompagne tous les grands évènements de la vie. Sa préparation et sa dégustation sont toujours une fête. **(Anonyme1)** .

Les nombreuses qualités diététiques de l'orge sont reconnues et sont aujourd'hui à l'origine d'un véritable engouement pour les produits dérivés de cette céréale.

Les instituts de nutrition révèlent les bienfaits des fibres et de l'amidon résistant contenus dans les céréales et notamment dans l'orge qui présente cette fonction régulatrice sur la glycémie(où la présence des fibres diminue l'indice glycémique), la fonction intestinale et le cholestérol sanguin **(Anonyme 3, 2005)**.

Cette étude vise à :

- apprécier la valeur nutritionnelle du couscous enrichi par la chlorelle.
- connaître les effets de la chlorelle sur le transit intestinale.
- évaluer la qualité microbiologique, physicochimique et organoleptique d'un couscous d'orge enrichi.

Ce mémoire est constitué de 3parties :

La première partie est une étude bibliographique indiquant des généralités sur le couscous, l'orge, la chlorelle et leur effet sur la constipation.

La deuxième partie décrit l'ensemble des moyens expérimentaux utilisés lors de ce travail et qui comporte deux étapes :

- La première concerne le matériel utilisé et les méthodes analytiques suivies.
- La deuxième étape repose sur l'évaluation de la qualité du couscous d'orge (microbiologique, physico-chimique, et organoleptique) et une étude nutritionnelle.

Une petite étude sur des troubles digestifs a été réalisée pour apprécier l'effet de notre aliment enrichi considéré comme un alicament sur les malades concernés.

En fin une conclusion générale sur l'ensemble des analyses microbiologiques, nutritionnelles et technologiques avec propositions de perspectives industrielles pour la culture de la chlorelle et son incorporation dans d'autres produits alimentaires.

## **Chapitre I .Le couscous**

### **I.1.Définition et généralités**

Le couscous est un plat national algérien, aliment constitué de protéines, fibres, phosphore, glucides et de vitamines. Il est pauvre en lipides et en sodium. Il est composé de semoule de blé dur auquel est ajoutée l'eau potable et du sel. (**ALIOUANE et MOHAMMEDI, 2006**).

En ajoutant quelques plantes ou en changeant le type de céréales utilisées, on obtient des différents types de couscous comme le couscous de mil, couscous de sorgho, couscous à la lavande sauvage (HAMMAMA) et le couscous d'orge ...etc.

### **I.2.Origine et étymologie**

Le thème couscous serait dérivé de l'arabe classique kouskous (**ALIOUANE et MOHAMMEDI ,2006**), et selon une étymologie avancée par **SALEM CHAKER** le mot couscous provient du berbère dont la forme de base est « k'seksu » qui désigne à la fois la semoule de céréale utilisée et le plat populaire dont elle est l'ingrédient de base. Le nom « couscous » a été donné à la préparation faite autrefois traditionnellement dans un plat en terre.

Certains pensent qu'il provient d'une onomatopée faisant référence au souffle et au cliquetis des grains de semoule quand on les roule sous la main. D'autres, sont d'avis qu'il pourrait être dérivé de l'arabe classique « kaskasah » qui signifie « broyer, piler », de l'arabe « kiskis » désignant la marmite à vapeur utilisée pour sa cuisson ou encore du son émi par la vapeur durant sa cuisson.

L'expansion du couscous s'effectua à partir du XI siècle grâce au développement commercial de cette région, et en particulier le développement des cultures de blé apporté par les conquêtes arabo-musulmanes. Sous l'Empire Romain, le blé est essentiellement cultivé dans les colonies d'Afrique du Nord, du Proche Orient et en Sicile. Ces régions font office de greniers nourriciers. (**ANONYME 1**).

### **I.3.Mode de fabrication**

C'est dans cette Afrique du Nord qu'il y a près de deux mille ans, les Berbères inventèrent une façon originale de préparer la semoule de blé : en la roulant, légèrement humidifiée, en petits grains sphériques et succulents, légers, parfumés et nourrissants, donnant à la cuisson une masse floconneuse. Ni dans le monde antique, ni dans le monde arabe oriental on n'a connaissance de cette manière de traiter le grain. Le couscous fut la préparation céréalière de base des Berbères avant même l'arrivée des populations arabes. D'orge ou de blé, il fut alors certainement plus important que le pain. (ANNIE, 2001).

#### **I.3.1 Vue générale sur la production industrielle du couscous**

La fabrication industrielle du couscous est tirée de la méthode artisanale, elle débute par un mélange entre la semoule et l'eau suivi du roulage qui se réalise dans le groupe de fabrication, ensuite les grains formés vont passer dans un cuiseur ou ils seront précuits et séchés.

Pour finir le couscous va être tamisé afin de le conditionner en fonction de la taille des grains formés en couscous à grain fin, moyen et gros ,comme le montre le schéma suivant :



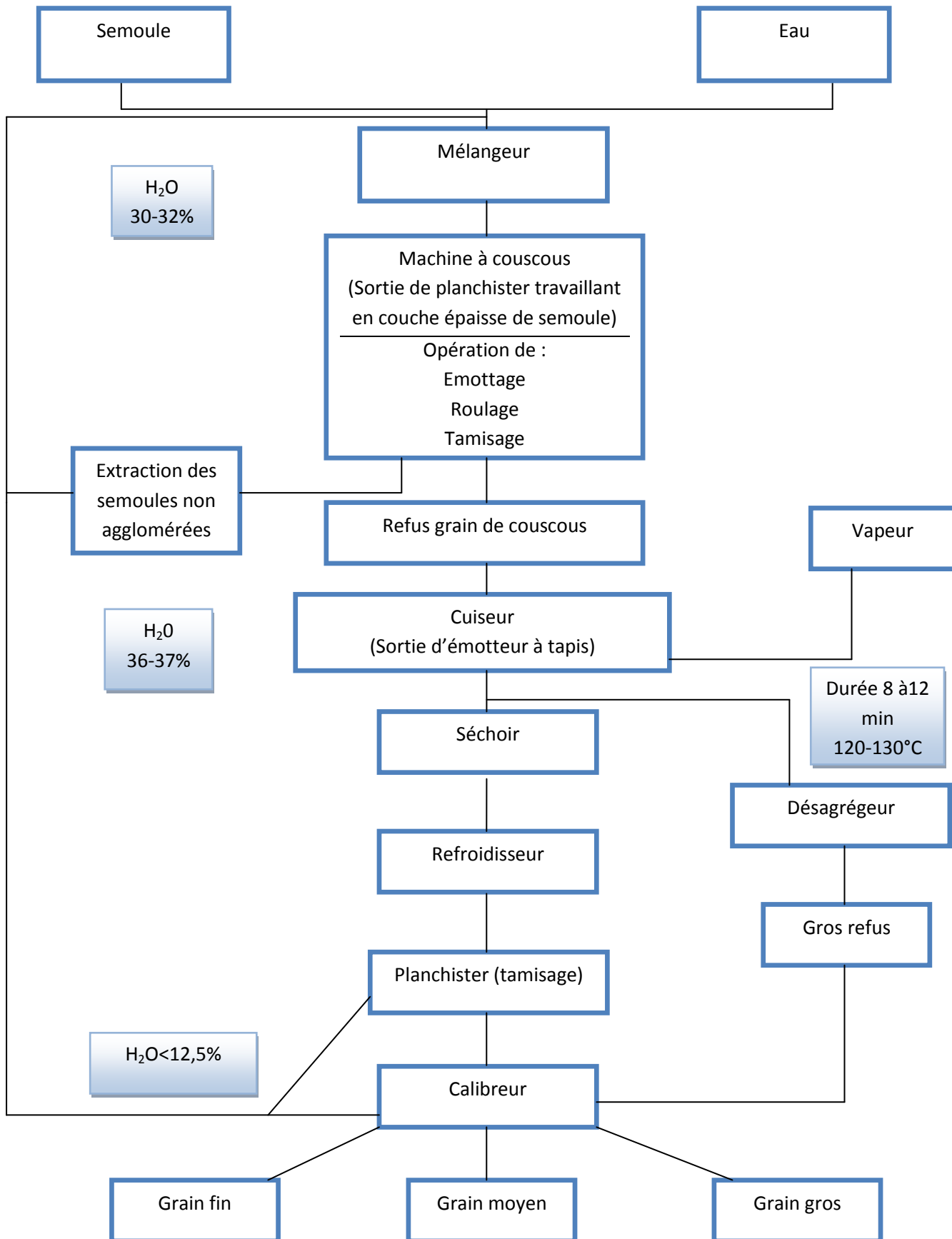


Figure 1 : schéma de la production industrielle du couscous

### I.3.2 Vue générale sur la production artisanale du couscous d'orge

Le couscous est fabriqué par une semoule d'orge grosse et semoule d'orge fine et on suit les différentes étapes suivantes :

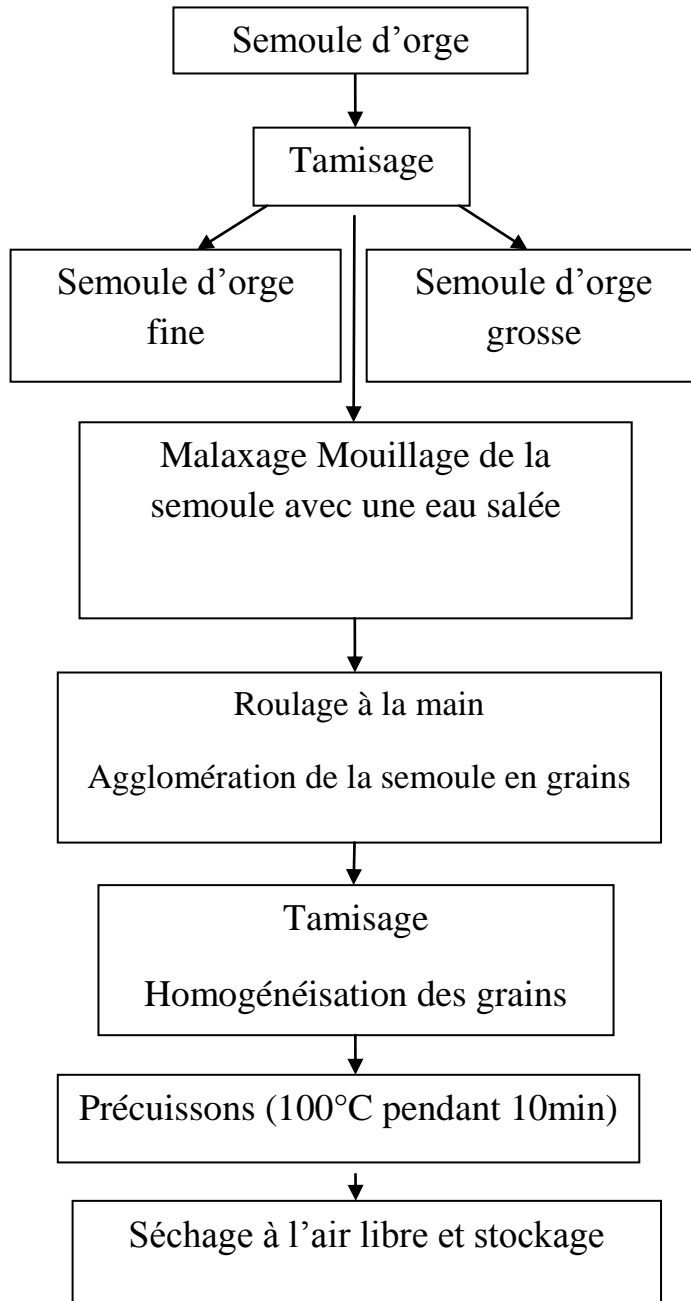


Figure2 : schéma de la production artisanale du couscous d'orge.

Les étapes de la fabrication artisanale du couscous.

### **1. Roulage**

Dans une jatte en aluminium ou en bois ,on verse une quantité de semoule grosse ,qu'on humecte progressivement avec de l'eau salée .avec les mains ouvertes ,paumes vers le bas ,on fait des mouvements de va –et –vient ,afin d'assurer un bon mélange et favoriser l'absorption d'eau par les particules de semoule qui commencent à gonfler et s'adhérer les unes aux autres et c'est le début de la grenaison .On ajoute progressivement de la semoule fine jusqu'à l'obtention de la granulation voulue .

### **2. Tamisage**

Pour assurer l'homogénéité du produit fini, un double tamisage est nécessaire. Le premier tamisage (tamis ouvert) permet d'éliminer les gros grumeaux. Le choix des ouvertures des mailles du tamis est déterminé par la granulométrie recherchée. Le deuxième tamisage (tamis fermé) assure l'élimination des fines particules de semoules non prises en masse et qui seront recyclées.

### **3. Pré-cuisson**

Le couscous tamisé est mis dans une passoire en aluminium d'un couscoussière contenant de l'eau portée à l'ébullition. Le temps nécessaire à la pré-cuisson à la vapeur varie en fonction de la granulométrie .Traditionnellement, on arrête cette phase quand le couscous se désagrège entre les doigts sans former de pâte.

### **4. Séchage**

Le couscous est bien étalé sur un linge propre, à la température ambiante et à l'abri des poussières .Le séchage du couscous s'effectue progressivement (le temps est en fonction de la température ambiante et de l'humidité relative de l'air). (YETTOU ,1998)

## **I.4 La qualité technologique et nutritionnelle**

La qualité est un concept subjectif. D'une manière générale, un produit de qualité doit être adapté aux habitudes de consommation, être non nocif pour la santé du consommateur et répondre à des normes de qualité prédéfinies dans le pays où il sera commercialisé.

On s'intéresse ici aux normes de qualité au sens large, c'est-à-dire recouvrant l'ensemble des dimensions de la qualité :

- **qualité sanitaire** et d'hygiène (qualité hygiénique selon le *Codex Alimentarius*) : salubrité, innocuité des aliments. Il s'agit d'éviter les risques de contamination microbiologiques et chimiques.
- **qualité organoleptique** (qualité sensorielle selon le *Codex Alimentarius*) : couleur, forme, goût.
- **qualité technique** (qualité technologique selon le *Codex Alimentarius*) : calibre, dommages externes.
- **qualité nutritionnelle** (selon le *Codex Alimentarius*) : valeur nutritive du produit : (ARLENE et al., 2009).

### **I.5.La qualité culinaire du couscous**

La qualité culinaire est mesurée par l'indice de prise de masse, la délitescence (KHERRIF, 1996), et la notion de la cuisson du couscous regroupe quatre paramètres à savoir le temps de cuisson, le gonflement, le collant et la perte de cuisson dans l'eau de cuisson. (MENNIS et SEFRANI, 2010).

## Chapitre II .L'orge

### II.1 Définition et généralités

L'orge est la deuxième céréale cultivée juste après le blé. Elle occupe plus de 40% de superficie emblavée en céréales, et assure environ 45% de la production de céréales, soit plus de 2 millions de tonnes annuellement.

De plus en plus de produits alimentaires intègrent dans leurs formulations des fibres, et pour cause, ces composés associent propriétés technologiques et intérêts nutritionnels. Malgré le fait qu'elles ne nous fournissent ni calories ni éléments de construction, les fibres alimentaires indigestibles n'en jouent pas moins un rôle essentiel dans notre alimentation.

Les fibres alimentaires sont complexes et mal définies dans la littérature, mais généralement les fibres regroupent les fibres solubles et insolubles (la cellulose, l'hémicellulose, la lignine) et parfois l'amidon résistant. Ces composés préviennent plusieurs problèmes de santé tels la constipation, la diverticulite, l'appendicite, le diabète, l'obésité, le cancer du gros intestin, les maladies cardiovasculaires ... etc.

Au début du XXème siècle, l'alimentation apportait une quantité de fibres suffisante.

L'arrivée des produits raffinés ainsi que la modification des habitudes alimentaires ont progressivement diminué leur apport. La recommandation du conseil national de la nutrition pour l'apport total en fibres alimentaires est de 35g par jour. Cette quantité est nécessaire pour être associée à une amélioration des fonctions intestinales et pour réduire le risque de pathologies cardiovasculaires d'obésité et de certains types de cancer, et même d'infections et de pathologies inflammatoires (**KALLACHE et MAZIGHI, 2010**).

### II.2 .Systématique

Selon (**JESTIN, 1992 in AKROUR et BOUCHEKKLOUT**).

- Familles : Poacées.
- Sous famille : Festuciodées.
- GENRE : *Hordeum*.
- Espèce : *Hordeum vulgare* L.

### II.3 Structure de graine d'orge

L'orge commune (*Hordeum vulgare*) est une céréale à paille, dont l'épi, inflorescence terminale blanche et barbue, peut être selon les variétés à six rangs ou à deux rangs (ADRIEN et PAULINE, 2005).

La structure du grain de toutes les céréales est assez semblable. Il est constitué de 3 parties : l'enveloppe, le germe et l'albumen. Le grain de l'orge comprend les parties suivantes :

- **L'enveloppe :**

14 à 16% du grain .Elle est constituée de l'extérieur vers l'intérieur par :

- Le péricarpe, paroi de l'ovaire, est un tissu mort.
- Le tégument : enveloppe de la graine.
- L'assise protéique : première couche de cellules de l'endosperme.

- **Le germe :**

2,5 à 3% du grain. Il comprend l'embryon et le cotylédon qui l'entoure. L'embryon est riche en protéines, le cotylédon en lipides.

- **L'albumen ou amande du grain :**

C'est de l'amidon enchâssé dans le gluten. Le gluten est la structure protéique de l'amande. L'albumen est soudé à l'assise protéique de l'enveloppe et donne la farine. (ADRIEN et PAULINE, 2005).

### II.4 La biologie florale

Lors de la floraison de l'orge, la maturité des organes mâles et femelles est sensiblement asynchrone. L'orge cultivée est une espèce nettement autogame. (GALLAIS et BANNEROT, 1992).

## II.5 Le cycle de développement de l'orge

Le cycle de développement est une série d'étapes séparées par des stades repères, permettant de diviser en deux périodes la vie de l'orge (SOLTNER, 1992).

- La période végétative : durant laquelle la plante ne différencie que des feuilles et des racines.
- La période reproductrice : dominée par l'apparition de l'épi et la formation du grain.

## II.6 .Les différents types d'orge

Les orges sont classées en quatre catégories établies à partir de deux caractéristiques morphologiques du grain :

-la longueur des poils de la baguette.

-la denticulation des nervures latérales dorsales de la glumelle inférieure.(GODON et LOISEL ,1997 ).

- **longueur des poils de la baguette :**

La baguette ou rachillet est insérée à la base du grain sur la face ventrale, elle est logée dans le sillon. la baguette a une pilosité plus ou moins abondante, pouvant être répartie différemment suivant les variétés.

Dans la pratique de la définition du type du grain, seule la forme des poils est retenue. On distingue les baguettes poils longs et droits et la baguette poils courts et frisés.

Ce caractère est génétiquement très stable.

L'observation se fait à l'œil nu ou à l'aide d'une loupe. (GODON et LOISEL ,1997).

- **Denticulation des nervures latérales dorsales de la glumelle inférieure :**

Il s'agit d'observer la présence d'épines sur la partie supérieure des deux nervures dorsales situées de chaque côté de la nervure médiane, sur la face dorsale du grain.

Ce caractère présente une bonne stabilité.

Il doit être observé à la loupe. (GODON et LOISEL, 1997).

## II.7. Composition biochimique du grain d'orge

Un grain d'orge est constitué de 78% à 83% de glucides, dont 60% à 64% d'amidon et un peu de sucres simples comme le glucose ou le fructose (0,4% à 2,9%). Il contient 8% à

15% de protéines, avec un contenu toutefois limité en lysine (un acide aminé essentiel), ce qui en fait une protéine incomplète. L'orge renferme 2% à 3% de lipides, dont le tiers environ est situé dans le germe (**BOUZERZOUR, 2002**).

- **les glucides**

Les glucides représentent environ 80% de la matière sèche des graines et sont constitués essentiellement d'amidon. Il constitue la principale source d'énergie dans les grains d'orge. (**ADRIEN et PAULINE, 2005**) .

- **Les lipides**

Les lipides de l'orge sont des triglycérides, ce qui les caractérise, c'est l'importance des acides gras polyinsaturés comme l'acide linoléique qui représente plus de 50 % de la totalité des lipides (**ADRIEN et PAULINE, 2005**) .

L'orge a une teneur en matières grasses moins élevée que celle du maïs, du sorgho ou de l'avoine. Les teneurs moyennes observées varient de 1.5 à 2.5%, sa teneur en acide linoléique est nettement inférieure à celle du maïs et à celle d'autres céréales. Un apport complémentaire de cet acide gras essentiel dans les aliments à la base d'orge est parfois recommandé. (**KALLACHE et MAZIGHI, 2010**).

- **Les protéines**

Les protéines ne sont pas réparties de façon uniforme dans le grain. Ainsi, la couche à aleurone est constituée de 30 à de 35 %, le germe de 35 à 45% alors que le péricarpe ne contient que 6 à 7% de protéines et le centre de l'albumen amylicé 6 à 9 % seulement. Mais globalement, et compte tenu de l'importance pondérale relative de ces différents tissus, 87% des protéines se trouvent dans l'albumen et la couche d'aleurone. (**ADRIEN et PAULINE, 2005**) .

L'orge demeure une céréale relativement pauvre en protéines par rapport au blé mais sa teneur reste supérieure à celle du maïs.

La teneur en protéines est influencée par la variété. Les protéines de l'orge présentent un profil en acides aminés mieux adapté aux besoins des animaux que celui du maïs ou du blé. (**ADRIEN et PAULINE, 2005**) .



- **Les sels minéraux**

On les trouve principalement dans le tégument, où ils sont complexés par l'acide phytique, ce qui diminue ainsi leur disponibilité nutritionnelle. (**KALLACHE et MAZIGHI, 2010**).

Les teneurs en calcium et en sodium sont légèrement supérieures à celle du maïs. L'orge demeure une céréale relativement pauvre en ces éléments. (**KALLACHE et MAZIGHI, 2010**).

- **Les fibres alimentaires**

Les fibres alimentaires correspondent aux fibres de cellulose, d'hémicellulose, et de lignine. Ces fibres alimentaires se trouvent dans le tégument ; elles favorisent le transit intestinal. (**KALLACHE et MAZIGHI, 2010**).

- **Lignine**

C'est une fibre dure qui entoure les parois végétales ; ce qui confère à ces dernières une rigidité et une bonne résistance à la compression. (**KALLACHE et MAZIGHI, 2010**).

- **Antioxydant**

Les antioxydants sont des composés qui réduisent les dommages causés par les radicaux libres dans le corps. Ces derniers sont des molécules très réactives qui seraient impliqués dans l'apparition des maladies cardiovasculaires, de certains cancers et d'autres maladies liées au vieillissement (**BOUZERZOUR ,2002**). On trouve les antioxydants suivants dans l'orge :

- **Tocotriénols (vitamine E)**

L'orge contient toutes les variantes différentes de la vitamine E, pour un total d'environ 75 mg/kg. Parmi ces divers composés, la plus grande proportion (environ 80 %) est constituée de tocotriénols, des antioxydants qui pourraient être plus puissants que les tocophérols (une forme de vitamine E).

○ **Composés phénoliques (flavanols)**

L'orge contient plusieurs composés phénoliques, un autre type d'antioxydants. On en retrouve également dans le malt provenant de l'orge. Ainsi que dans le thé fait à partir de grains l'orge. Parmi ces divers composés, les flavanols (appartenants à la famille des flavonoïdes) seraient ceux qui se trouvent en plus grande proportion dans les grains d'orge, pouvant atteindre une quantité totale d'environ 225µg/g selon la variété du grain. **(KALLACHE et MAZIGHI, 2010).**

• **Gluten**

Le gluten est le complexe protéique élastique qui reste après l'extraction de l'amidon du blé et autres céréales comme l'orge, le seigle et l'avoine. Cette substance a pour rôle de lier les ingrédients entre eux pour leur donner une texture moelleuse.

La maladie cœliaque se traduit par plusieurs symptômes invalidants, mais un régime alimentaire approprié sans gluten peut permettre un rétablissement complet.

L'intolérance au gluten pour le blé se porte plus spécifiquement sur une fraction du gluten : la gliadine. Dans le cas de l'orge, l'intolérance concerne l'hordéine. Pour le seigle c'est la sécaline qui est toxique. **(KALLACHE et MAZIGHI, 2010).**

Tableau 1: Caractéristiques physiques et nutritionnelles de la semoule d'orge pour 100g **(GLOUCHKOFF ,2010)**

<b>Composants</b>	<b>Pourcentage</b>
Humidité	Max. 15%
Glucides	64-68g
Dont sucres totaux	2-2.5g
Protéines	9-11 g
Lipides	1,6g
Dont acide gras saturé	0.3-0.35g
‣ Acides Gras MonoInsaturés	0.21 g
‣ Acides Gras PolyInsaturés	0.77 g
‣ Acide Oleïque :	0.17 g
‣ Acide Linoléique	0.7 g
‣ Acide α-Linolénique :	0.08 g
Fibres	10,1g
Cendres	0.95-1.15g
Sodium	2.4-3mg
Valeur énergétique	374 ,68Kcal

Plus autres éléments tels que les vitamines et minéraux :

- Calcium : 32 mg
- Fer : 2.68 mg
- Magnésium : 96 mg
- Phosphore : 296 mg
- Potassium : 309 mg
- Vitamine K : 2.2 µg
- Vitamine B1 : 0.37 mg
- Vitamine B5 : 0.15 mg
- Vitamine B6 : 0.4 mg
- Vitamine B12 : 0 µg

## **II.8 .Utilisation de l'orge**

L'orge fut utilisée pour la farine d'orge en complément de la farine de froment pour la fabrication du pain quand le blé manquait. Elle se retrouve encore de nos jours dans la cuisine sous forme de grains, de gruaux ou de flocons. On la prépare pour des soupes, des crèmes et des décoctions mais aussi ce qui est le plus surprenant pour du café sans caféine. L'orge décortiquée peut être utilisée seule (comme le riz) accompagnée d'ail, d'épices ou en accompagnement d'un plat de légumes. L'orge entre dans la composition en pâtisserie du célèbre sucre d'orge tant apprécié des petits et grands! L'orge peut être également consommée par les nourrissons puisqu'elle a de nombreuses vertus en contenant du phosphore, du calcium, du fer, du potassium, du magnésium, des glucides complexes, des minéraux et de nombreuses vitamines (B1, B2, PP)et de la provitamine A. De plus, cette céréale réduit le risque d'hypotension, d'affections pulmonaires, d'entérites et de diarrhées. (GLOUCHKOFF, 2010).

## Chapitre III : La chlorelle

### III.1 Définition

La *chlorella*, ou chlorelle, ou *Chlorella pyrenoidosa*, *Chlorella vulgaris*, *Chlorella ellipsoides*... C'est une algue de structure unicellulaire, microscopique, d'eau douce. Elle doit son nom à la prodigieuse quantité de chlorophylle qu'elle contient (2 à 4 %). Elle est également surnommée : "Joyau vert" ou "Magicien vert". Cette algue sphérique mesure entre 2 et 8 microns (à peu près le même diamètre qu'un globule blanc) et possède un noyau bien spécifique et une membrane cellulosique. Elle fait partie des chlorophytes, ou algues vertes, de la classe des Chlorophycées. Elle est présente dans le monde entier car elle s'adapte à tous les climats. La *chlorella* pousse partout dans les retenues d'eaux douces. Peu connue en Europe, elle est par contre très appréciée au Japon et utilisée dans les hôpitaux depuis plus de 40 ans. Son utilisation se répand mondialement du fait de sa réputation. (ANONYME7, 2012)

- **La biomasse extraite du milieu liquide est séchée avec précaution.**

La *Chlorella* se développe par division cellulaire dans son milieu de culture dont la composition et la pureté sont parfaitement contrôlées.

Lorsque la concentration est jugée optimale, une quantité de biomasse est extraite. Elle est alors séparée de son milieu liquide par centrifugation puis séchée avec précaution dans un dessiccateur de façon à préserver l'intégrité de tous les composants de l'algue.

Elle est conditionnée sous forme de poudre et de comprimés. Le système est entièrement automatisé. (STEINBERG, 2009).



Figure 3: les comprimés de chlorelle

## III.2 Historique

La *chlorella*, un des plus anciens organismes vivants, qui serait apparu sur terre, il y a environ 3 milliards d'années est parvenu jusqu'à nous sans être modifié. Du fait de sa dimension microscopique, cette algue ne fut découverte que vers 1890 grâce au développement du microscope par un biologiste hollandais Martinus Willem Beijerinck (1851-1971).

Les premières cultures destinées à des fins nutritionnelles datent de 1955 au Japon, pays traditionnellement consommateur d'algues marines. Les Japonais demeurent les principaux consommateurs de *chlorella* (plus de 1500 tonnes par an). Au lendemain de la seconde guerre mondiale, les pays industrialisés et l'Institut américain, la Rockefeller Foundation entreprennent des recherches sur la multiplication et la production d'un aliment hautement nutritif destiné à combattre la malnutrition. De très nombreuses plantes furent étudiées. Les Japonais optèrent pour la *chlorella*. Ils recherchèrent les meilleurs procédés pour exploiter cette algue qu'ils développèrent et se mirent à en consommer en l'intégrant dans des boissons et aliments tout d'abord destinés aux écoles et aux militaires. (ANONYME7, 2012).

## III.3 Les dix bonnes raisons pour consommer la chlorelle

Si la *Chlorella* a été utilisée depuis 50 années par les japonais, qui la classent comme un aliment fonctionnel bénéfique pour la santé, c'est d'abord grâce à sa richesse.

### III.3.1. Un cocktail de bons nutriments

Elle contient 19 acides aminés, toutes les vitamines principales à part la vitamine D, tous les minéraux classiques et suffisamment de bêta-carotène et d'xanthophylle pour la rendre un antioxydant puissant. C'est la plante la plus riche sur terre en chlorophylle (quatre fois plus que la Spiruline, les épinards et les orties) .En plus, elle contient 60% de protéine végétale, une bonne dose de vitamine B12, ce que recherche les végétariens, et une forte concentration en acide alpha linoléique, un acide gras oméga-3 courte chaîne.

### III.3.2. Source de vitamines et minéraux utiles

Dans une dose de 3 grammes il y a :

- Autant de vitamine C que dans une orange

- L'apport AJR de lutéine, un pigment qui protège les yeux contre la formation des cataractes
- Un bon apport en fer, très bio disponible grâce à la présence naturelle de la vitamine C et de la chlorophylle, qui aident à son assimilation.
- Beaucoup de phosphore, un minéral essentiel pour la fixation du calcium, dont la *chlorella* est aussi bien fournie.

### **III.3.3. Régénérateur cellulaire**

Dans la *chlorella* il existe une hormone de croissance naturelle qui stimule la régénération cellulaire. Une fois que nous avons atteint notre croissance maximale, cette hormone continue à stimuler la régénération des cellules. C'est sans doute pour cela que des grandes marques de cosmétiques mettent de l'extrait de *chlorella* dans leurs crèmes depuis 20 ans.

### **III.3.4. Plus d'énergie pour les sportifs, entre autres**

Si certains sportifs sont très contents de la *chlorella*, c'est probablement grâce à la capacité que cette algue a pour stimuler la production des globules rouges et densifier le muscle.

### **III.3.5. La *Chlorella* et la régulation du sang**

La *Chlorella* a tendance à faire baisser la tension et le mauvais cholestérol. Dans une étude américaine publiée en 2002, des médecins ont donné de la *chlorella* aux patients ayant une faible hypertension. Sans médication, 25 pour cent des personnes participant à l'étude ont pu maintenir une tension correcte, et seulement avec de la *chlorella*.

### **III.3.6. Une aide pour nos défenses naturelles**

La *Chlorella* renforce les défenses immunitaires.

### **III.3.7. Draineur de toxines**

La *Chlorella* est connue principalement pour ses effets détoxiquants. Il est vrai que la *Chlorella* est très efficace dans ce domaine. Depuis les années 70, les japonais l'utilisent pour éliminer les métaux lourds dans le corps des personnes intoxiqués. Les premiers essais prouvèrent qu'à la suite d'une intoxication, quelqu'un qui mangeait de la *chlorella* pouvait éliminer 7 fois plus de cadmium.

### III.3.8. La *Chlorella*, connue au Japon comme « la grande régulatrice »

Riche en fibre, la *chlorella* est très appréciée par les personnes ayant un transit intestinal lent.

### III.3.9. *chlorella* et énergie

Les gens qui utilisent la *Chlorella* disent avoir plus d'énergie pour affronter les tâches de tous les jours. Mais la *Chlorella* n'est pas excitante, ni agressive pour le cœur.

### III.3.10. historique de la consommation de la chlorelle

Présente sur notre Terre depuis plus de deux milliards d'années, la *Chlorella* a été consommée par un nombre important d'êtres humains à travers le monde durant ces 40 dernières années.

Aucune toxicité n'a jamais été observée, ni chez les animaux de laboratoire, ni chez les humains, à la suite de consommation de *chlorella pyrenoidosa*. (ANONYME4 ,2006).

## III.4 Composition

La *Chlorella* est une algue extrêmement riche. Elle contient des protéines (58% de son poids), c'est à dire 40 fois plus que le blé, 18 acides aminées, des vitamines A, B, C, E. (Elle contient 10 fois plus de vitamine A que le foie de bœuf). La *Chlorella* est riche en acides gras essentiels, dont les Oméga 3, elle contient de très nombreux minéraux : fer, calcium, magnésium, zinc, potassium, soufre, manganèse. De plus la *Chlorella* est exceptionnellement riche en Chlorophylle (4 fois plus que la Spiruline qui est déjà très riche en Chlorophylle). La *Chlorella* est donc un complément alimentaire exceptionnel.(MUSTAFA KEREM et al.,2008).

### III.4.1. Vitamines, minéraux, oligo-éléments mg / 100g

Tableau 2 : Les vitamines ,minéraux et oligoéléments contenus dans 100g de chlorelle : (MUSTAFA KEREM et al.,2008).

B1	B2	B3	B6	B9	B12	C	E	Fer	Ca	Mg	potassium	zinc	carotène	Chlorophylle
1.9	4.6	20	1.4	1.2	600	59	5.7	248	574	373	885	4.1	124	3.6g/100g

### III.4.2 Valeur nutritive pour 100 g

Dans 100 g de chlorelle, on a 419 Kcal, où le taux de Protéines est 57,5 g, Lipides : 6,3 g, Glucides : 19 g et les fibres : 2 g (ETIENNE, 2007).

### III.5 Bienfaits de la chlorelle pour la santé humaine

De nombreuses vertus lui sont attribuées. La *chlorella* est utilisée à des fins préventives pour se maintenir en bonne santé et à des fins curatives pour soigner diverses pathologies.

- La *chlorella*, est idéale en complément et accompagnement des régimes amincissants ou amaigrissants.
- Source d'éléments nutritifs essentiels, la *chlorella* aide à combler les carences de l'alimentation moderne.
- Elle possède de puissants antioxydants, capables de lutter contre les radicaux libres et retarder le vieillissement cellulaire.
- La *chlorella* est revitalisante.
- Elle renforce le système immunitaire,
- Grâce au C.G.F (facteur de croissance de la *chlorella*), elle améliore la résistance et l'endurance.
- Elle assainit la flore intestinale.
- Elle facilite la détoxification hépatique.
- Elle facilite l'oxygénation du sang.
- Elle favorise la cicatrisation.
- Elle est très nourrissante.
- Naturellement alcaline, la *chlorella* réduit l'acidité.
- Elle nous libère des toxines, métaux lourds et autres agents polluants.

(ANONYME7,2012)

### III.6 La Chlorelle en pratique

La *chlorella* convient aux végétariens. Elle intervient principalement à 3 niveaux :

-- **troubles digestifs** : accélère le transit en douceur, augmente les bonnes bactéries lactiques, régule le pH acido-basique.



--**avant un régime minceur** : nettoie l'organisme en douceur pour une meilleure efficacité du régime.

--**intoxication aux polluants** : détoxifie et contribue à une élimination naturelle des métaux lourds et autres polluants. (ANONYME6 ,2011)

### **III.7 Principales propriétés**

La *chlorella* est appréciée pour sa richesse en nutriment variés (vitamines, minéraux, phyto-nutriments...) et plus particulièrement pour ses teneurs élevées en chlorophylle et en fibres qui lui confèrent des propriétés digestives, détoxifiantes et rééquilibrantes.

#### **III.7.1 La *Chlorella*, pour un meilleur équilibre digestif**

Grâce à ses éléments nutritifs la *chlorella* est capable de résoudre les petits désordres digestifs et de favoriser un meilleur équilibre intestinal.

- **La *chlorella* lutte contre la constipation**

L'insuffisance en eau et en fibres est, dans la majorité des cas, responsable des troubles du transit. La faible consommation de fruits et légumes et le raffinage des aliments conduisent à une alimentation appauvrie en fibres, ce qui ralentit le transit et peut entraîner des phénomènes de constipation. Grâce à sa teneur en fibres non assimilables, la *chlorella* facilite le transit en accélérant le mouvement intestinal. En seulement 7 à 10 jours la *chlorella* peut améliorer significativement le transit.

- **La *chlorella* maintient le système digestif en bonne santé**

La *chlorella* est capable de multiplier le nombre des bonnes bactéries lactiques. Ces bonnes bactéries augmentent la digestion et l'absorption des nutriments dans le flux sanguin et combattent la production dans le tractus intestinal de pathogènes. La *chlorella* possède donc un potentiel probiotique : en stimulant la croissance des bonnes bactéries, elle participe au maintien d'un intestin en bonne santé. La *chlorella* stimulerait également les

lymphocytes du tractus intestinal qui combattent les éléments étrangers tels que les bactéries anaérobies.

- **La *chlorella* rééquilibre le pH acido-basique**

Le pH de l'organisme se situe autour de 7,4 (un pH de 7 est dit "neutre", un pH en dessous de 7 est dit "acide" et un pH au-dessus de 7 est dit "basique").

L'appauvrissement de notre alimentation et la baisse de qualité nutritionnelle des nutriments contribuent entre autres, à acidifier l'organisme. L'excès d'acidité crée un environnement idéal pour les pathogènes (bactéries, virus et champignons), et peut endommager les tissus.

Le déséquilibre acido-basique peut également entraîner des désordres digestifs et favoriser le développement de troubles associés tels que les douleurs articulaires, l'ostéoporose ou encore l'anxiété. Il est donc essentiel de maintenir le pH de l'organisme à sa valeur physiologique. La *chlorella* est source de minéraux et chlorophylle, qui vont aider l'organisme à neutraliser en douceur l'excès d'acidité. La chlorophylle est un pigment vert qui renferme du magnésium et présente une structure similaire à celle des globules rouges transporteur d'oxygène. Le magnésium étant fortement alcalin, on peut supposer que c'est ce dernier qui serait responsable du caractère basique de la chlorophylle.

### **III.7.2 La *Chlorella* régule les taux lipidiques et les taux de sucres**

La *chlorella* pourrait prévenir les hyperlipidémies et l'athérosclérose. Elle aurait, en effet, la capacité de réduire l'excès de graisses et de diminuer l'hypertension, deux facteurs pouvant entraîner l'artériosclérose (durcissement et épaissement des parois des artères, facteur de risque cardiovasculaire) .

La micro-algue inhibe également in vitro la formation d'AGEs (*Advanced Glycation End products*), complexes sucrés impliqués dans le développement de pathologies telles que le diabète et l'artériosclérose.

En préservant des dyslipidémies liées à un régime trop riche en graisses, la *chlorella* pourrait diminuer le risque d'athérosclérose et de maladies cardiaques coronaires. (Anonyme 5,2011) .

Elle diminue le "mauvais" cholestérol (LDL) et augmente le "bon" cholestérol (HDL) (ANONYME 6,2011).

### **III.8 Principaux facteurs actifs**

#### **III.8.1 La sporopolleine**

Une membrane fibreuse contenant de la cellulose non digestible. Celle-ci possède une affinité pour les métaux lourds, les pesticides et autres produits toxiques présents aujourd'hui dans notre milieu de vie. Cette propriété permet à la chlorelle d'être utilisée pour éliminer de l'organisme ces nombreux polluants : mercure, plomb, arsenic, cadmium, aluminium, etc.

#### **II.8.2 La chlorophylle**

La chlorelle est la plante la plus riche en chlorophylle. La molécule de chlorophylle ressemble énormément à l'hémoglobine, le pigment utilisé par le système respiratoire qui joue un rôle essentiel dans le transport de l'oxygène. Notre sang est composé d'atomes: du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote entourent un atome de fer. La chlorophylle est sensiblement identique, mis à part un élément, soit l'atome de fer qui est remplacé par un atome de magnésium. La chlorophylle permet d'oxygéner l'organisme, de le désintoxiquer et surtout de maintenir l'équilibre acido-basique. L'alimentation moderne, qui est axée sur une consommation exagérée d'aliments riches en protéines ou industrialisés, favorisent une trop forte acidification de l'organisme. Pour maintenir l'équilibre acido-basique, celui-ci doit puiser dans ses bases, c'est-à-dire principalement ses réserves de minéraux tels que le calcium et le magnésium. La conséquence est une déminéralisation, porte ouverte aux problèmes nerveux et à l'ostéoporose. La grande richesse de la chlorelle en chlorophylle permet de prévenir et traiter ce problème. La chlorophylle permet également d'assainir la flore intestinale et favorise la santé des bactéries probiotiques.

### **III.8.3 Le CGF (en français : le facteur de croissance de la chlorelle)**

La seule plante à posséder ce facteur. Le CGF favorise la reproduction cellulaire (cellules saines non cancérigènes). Ce complexe est formé de vitamines, d'acides aminés et de nucléotides d'ADN et ARN. Ce facteur stimule notamment les défenses naturelles, la résistance et l'énergie. Il aurait également un effet prébiotique (qui favorise l'augmentation des *lactobacillus*, des bactéries favorables à la santé de la flore intestinale)

**Minéraux et vitamines** : Revitalisante, Vitamine B et phosphore : Apaise le système nerveux et favorise le sommeil. (ANONYME 6,2011).

## **III.9 Conseils d'utilisation de la Chlorelle**

La *Chlorella* n'est pas un médicament. Elle ne s'inscrit pas dans la pharmacopée occidentale. Pourtant la littérature scientifique est riche de publications et d'articles reconnus qui décrivent des effets de la *Chlorella*. (DOGNA ,2009).

### **Utilisation pour les adultes**

Les expériences montrent qu'une prise quotidienne de 2 à 5 g (soit 10 à 15 comprimés de *Chlorella* par jour) a des effets significativement positifs sur la qualité de vie. (DOGNA ,2009).

### **Utilisation pour les enfants**

Il est possible de donner de la poudre ou des comprimés broyés aux enfants. Les quantités sont à ajuster au poids de l'enfant en proportion des recommandations pour adulte (soit par exemple, pour un enfant de 20 kg la quantité est d'environ 1 g soit 3 comprimés broyés). (DOGNA ,2009).

### **Recommandations :**

\* prendre la *Chlorella* seule éloignée de toutes prises de médicaments d'au moins une heure.

\* prendre la *Chlorella* avant les repas avec un grand verre d'eau.

\* la Chlorelle est riche en fer bioassimilable, il est donc recommandé de ne pas prendre de thé avec la *Chlorella* car le thé empêche l'assimilation du fer.

\* en complément de la prise de comprimés, l'utilisation de poudre de chlorelle dans la cuisine est très importante surtout si vous consommez du poisson.

Il est conseillé de l'incorporer à une température peu élevée (inférieur à 60°C) pour ne pas perdre le bénéfice des vitamines. **(DOGNA ,2009).**

## **Chapitre IV : La constipation et les fibres alimentaires**

### **IV. 1 La constipation**

La définition médicale de la constipation est précise : émission de selles dures, de faible volume (moins de 50 g par jour) et moins de trois fois par semaine. Mais cette définition ne convient pas obligatoirement pour tous car elle dépend du volume de l'alimentation. **(PRESLES, 2011).**

Une selle dite normale est moulée, pesant 150 à 200 g par jour, à raison de 1 à 3 défécations quotidiennes, de coloration brune par les pigments biliaries, contenant 75 % d'eau et des résidus alimentaires non digestibles (cellulose, acides gras), par contre en cas de constipation un poids moyen de selles inférieur à 35 g par jour. **(HERESBACH, 2005).**

#### **IV.1.1. Personnes à risque**

- Les femmes seraient 3 fois plus susceptibles de souffrir de constipation que les hommes<sup>3</sup>. On explique cette prévalence élevée en partie par des causes hormonales. La progestérone, plus abondante durant la 2<sup>e</sup> moitié du cycle menstruel et pendant la grossesse, rend les intestins paresseux.
- Les enfants sont fréquemment constipés, avec un pic de prévalence autour de l'âge de 4 ans.
- À partir de 65 ans, les risques augmentent nettement, tant pour les hommes que pour les femmes.
- Les personnes qui doivent garder le lit ou qui ont peu d'activité physique sont également sujettes à la constipation (malades graves, convalescents, accidentés, personnes âgées). **(LAROSE , 2012) .**

#### **IV.1.2 Facteurs de risque**

- Une alimentation pauvre en fibres et en liquides.
- La sédentarité, l'inactivité physique.
- Certains médicaments.
- Ignorer systématiquement son besoin d'aller à la selle en raison d'un stress émotionnel ou d'un trouble psychologique.
- Les changements hormonaux (grossesse, ménopause).

- La fréquence de la constipation est 2 fois plus élevée chez les personnes ayant de bas revenus, probablement en raison d'une moins bonne alimentation. (LAROSE, 2012).

#### IV.1. 3Aspect coprologique des selles en cas d'une constipation

La variation de la vitesse du transit par modification du péristaltisme provoque plusieurs troubles digestifs, parmi eux on a une hypomotricité.

Hypomotricité : Fréquente qu'au niveau du gros intestin = constipation.

Tableau3 : Aspect coprologique des selles en cas d'une constipation  
(SCHMIDT *et al.*, 2008)

D'HYPOMOTRICITE COLIQUE VRAIE		
Macroscopique	Couleur	Brun très foncé
	Consistance	Dure. Selles ovillées (scybales de calibres variés). Dissociation difficile. Mucus possible entre scybales.
Microscopique	Digestion	Sur-digestion caractéristique
	glucides	Cellulose digestible : absente Amidon extracellulaire : absent intracellulaire : absent Cellulose indigestible +++++
	protides	Rares ou absents
	Lipides	Rares (savons) ou absents
	Flore iodophile Cristaux	Absente Phosphates ammoniacomagnésiens

#### IV.1.4 recommandations sur le transit intestinal

Permettent le plus souvent de faciliter le transit intestinal et l'émission des selles :

- mangez des légumes verts, riches en fibres, et des fruits frais, qui favorisent le transit.
- Vous pouvez également consommer, de façon progressive et sans en abuser, du pain ou des biscuits au son ou aux céréales complètes.

buvez suffisamment et régulièrement au cours de la journée (au moins 1,5 litre/jour) : consommez eau, jus de fruits et soupes à volonté.

□ n'oubliez pas l'exercice physique comme la marche ou la gymnastique, excellents moyens de lutter contre la constipation. (AFSSAPS, 2009).

## **IV.2 effet des fibres alimentaires sur la constipation**

### **IV.2.1 pourquoi manger les fibres ?**

#### **IV.2.1.1 Définition des fibres**

Les céréales, fruits et légumes sont d'une grande richesse nutritionnelle, notamment grâce à leur apport en fibres alimentaires. Depuis les années 70, la définition des fibres alimentaires n'a cessé d'évoluer. Les premières définitions n'incluaient que les composants des parois végétales peu digérés par l'Homme. En 2002, L'AFSSA, donne une définition précise des fibres alimentaires, cette définition inclut la nature chimique des fibres, leur origine, et leurs propriétés physiologiques favorables.

Les fibres alimentaires sont des polymères glucidiques(ou polysaccharides) d'origine végétale, constituées de cellulose, hémicellulose, glucanes, pectines, gommes, lignine, etc...)qui peuvent être associés ou non dans la plante ,à d'autres constituants non glucidiques(polyphénols, cires, saponines, cutine, phytates, phytostérols)ces différences dans leur composition expliquent pourquoi toutes les fibres alimentaires n'ont pas les mêmes effets sur le métabolisme et les organes digestifs.(LAMRI SENHADJI ,2011).

#### **IV.2.1.2 Apports nutritionnels conseillés en fibres alimentaires chez l'adulte**

Selon MODAÏ(2009) ,il est conseillé de prendre 25 à 30 g de fibres par jour .

### **IV.2.2 fibres et digestion**

Les fibres ne sont ni digérées, ni absorbées dans l'intestin grêle. Après s'être mêlées au bol alimentaire, elles arrivent intactes dans le colon où la flore intestinale les utilise comme substrat de fermentation. Ces caractéristiques physiologiques, propres aux fibres alimentaires, en font un parfait allié pour la santé. En termes de sécurité, une alimentation dépourvue des fibres peut être source d'atrophie de la muqueuse intestinale et d'autres désordres intestinaux, l'ingestion d'une grande quantité de fibres peut entraîner des effets indésirables (flatulence, diarrhées, ballonnement).



Dans le tube digestif (estomac, intestin grêle), certaines fibres interfèrent avec les processus de digestion et d'absorption avec les processus de digestion et d'absorption intestinale, des glucides et des lipides et de ce fait, en réduisant certains impact négatifs, et sont à l'origine d'effets satiétogène, hypocholestérolémiant, d'une diminution de l'index glycémique des aliments et de la glycémie et /ou de l'insulinémie postprandiale.

Les fibres peuvent aider à la réduction pondérale en association avec des régimes hypocaloriques .Les fibres ont aussi des effets bénéfiques sur la microflore intestinale, et leur fermentation dans le colon produit des acides gras volatils. Les études d'intervention et épidémiologiques ont montré que les fibres pourraient produire un effet prébiotique en stimulant la croissance et/ou l'activité de la flore intestinale, voire un effet positif sur l'absorption des minéraux. **(LAMRI SENHADJI, 2011).**

#### **IV.2.3 Les effets des fibres alimentaires végétales**

Au niveau du transit intestinal, les fibres vont augmenter le volume du bol alimentaire et normaliser la durée du transit à quarante huit heures en moyenne avec des variations : le transit sera plus lent si les pectines dominant, il sera plus rapide si les fibres de son des céréales sont dominantes. Une partie de l'effet des fibres est due à la formation de gels. Ces gels modifient la digestion enzymatique, puis l'absorption intestinale par des phénomènes de filtration ou d'adsorption. Au niveau des selles, il y a une modification dans la composition et dans le poids par augmentation de la masse bactérienne. **(COULHON, 2009).**

Les études épidémiologiques sur des populations ou des groupes socio-économiques ayant des habitudes alimentaires différentes ainsi que des travaux expérimentaux mettent clairement en évidence la responsabilité des régimes pauvres en fibres dans la fréquence de constipation. D'autres études mettent en lumière le rôle probable des fibres dans la prévention de la diverticulose colique. **(BRUNETON, 1999).**

## Chapitre I. Matériel et méthodes

### I.1 Matériel utilisé

#### I.1.1. Matériel végétal

##### I.1.1.1. la semoule d'orge

Semoule d'orge moyenne fabriquée à partir des grains d'orge.

##### I.1.1.2. la chlorelle

*Chlorella pyrenoidosa* : une boîte contenant des comprimés de *chlorella*, 100% naturelle, a été ramenée de l'Espagne par Mme DOUMANDJI A.

##### I.1.1.3 Fabrication du couscous d'orge enrichi par la chlorelle

Le couscous est fabriqué par une semoule d'orge grosse et semoule d'orge fine en ajoutant la chlorelle et on suit les différentes étapes suivantes :

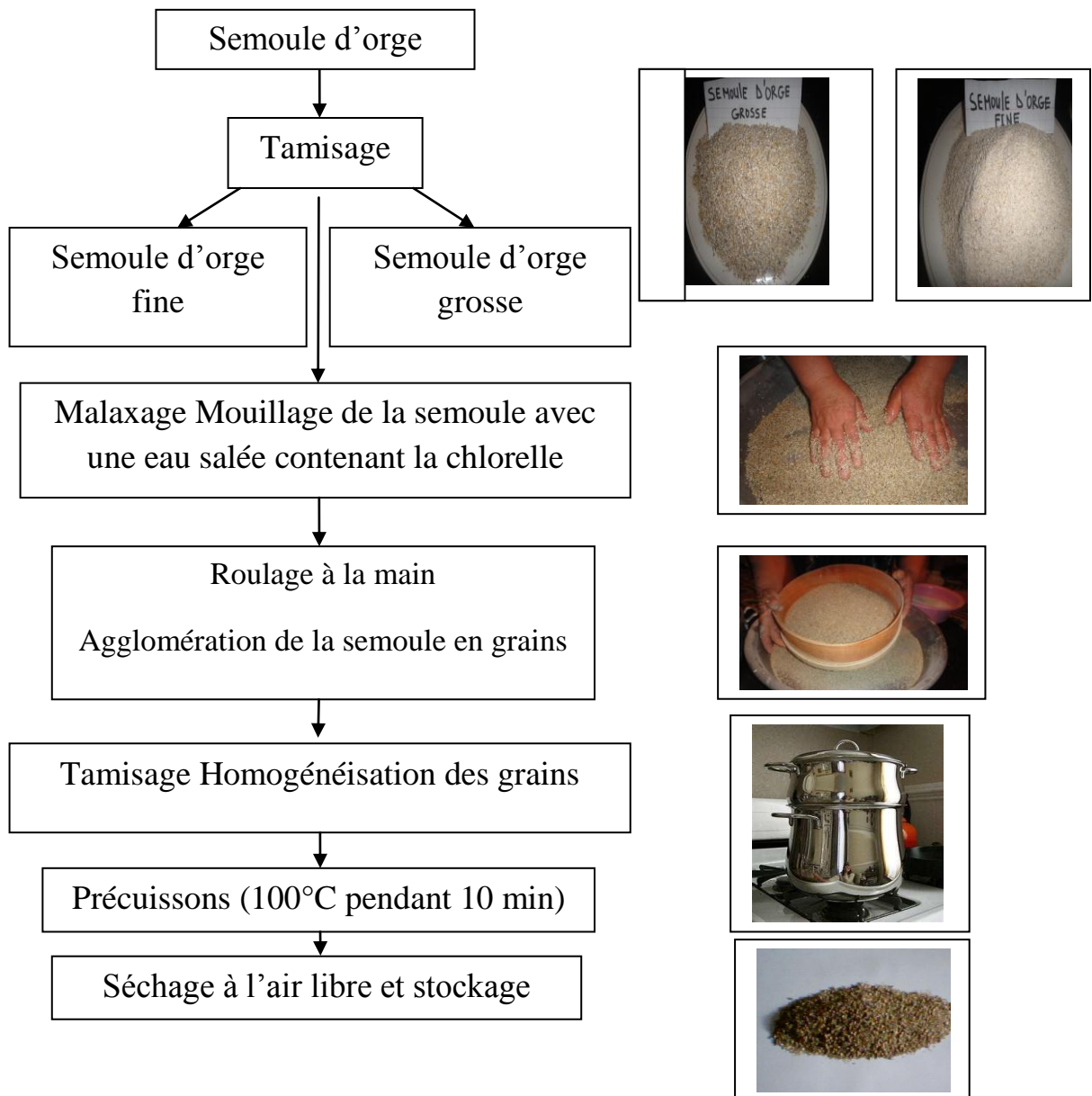


Figure 4 : processus de fabrication du couscous d'orge à la chlorelle.

## **I.2.méthodes d'analyses**

### **I.2.1- Objectif et conditions de travail**

D'une façon générale l'objectif du contrôle microbiologique est de garantir une certaine sécurité hygiénique, et un certain niveau organoleptique dans la mesure où il dépend des microorganismes.

Les analyses microbiologiques doivent être effectuées dans les conditions d'asepsie (mains lavées, paillasse essuyée à l'eau de Javel, zone stérile par le bec bunsen).

### **I.2.2-Préparation de la solution mère**

Nous introduisons aseptiquement dans un flacon stérile une quantité de 1 g de produit (couscous d'orge, couscous enrichi et chlorelle) auquel nous ajoutons un volume de 9 mL d'eau physiologique stérile. Cette opération constitue la suspension mère  $10^{-1}$ .

### **I.2.3-Préparation des dilutions**

La technique de dilution s'effectue aseptiquement avec un maximum de précision après homogénéisation convenable du produit à analyser, on prélève à l'aide d'une pipette stérile et devant un bec bunsen 1 mL de la suspension mère, et on l'introduit aseptiquement dans un tube stérile contenant 9 mL d'eau physiologique pour obtenir la dilution  $10^{-2}$ .

On prépare les dilutions  $10^{-3}$  en prélevant de la solution qui la devance avec les mêmes conditions citées précédemment.

A chaque dilution on jette la pipette dans un récipient contenant de l'eau Javellisée.

Le diluant utilisé pour la préparation de la suspension mère est généralement de l'eau physiologique ou TSE. Le diluant doit assurer la vie de tous les microorganismes, mais ne doit pas favoriser les multiplications.

## **I.2.4. Analyses microbiologiques de la chlorelle**

### **I.2.4.1 Recherche et dénombrement des levures et moisissures (Selon ISO 6611)**

Les levures et les moisissures sont des microorganismes eucaryotes hétérotrophes des groupes des champignons microscopiques filamenteux, aérobies en générale acidophiles (PH de développement entre 3 et 7) et mésophiles (T°C optimale de 20 à 30 °C) peuvent se développer sur des aliments à faible activité d'eau. (**JOSEPH-PIERRE et ROSEC, 2004**).

#### **Principe**

La croissance des levures et moisissures est favorisées par les substances nutritives apportées par le glucose utilisé comme source énergétique.

#### **Mode opératoire**

- On transfère 1 mL de la suspension mère dans une boîte de Pétri vide, stérile et codifiée.
- On transfère 1 mL de chaque dilution dans une boîte de Pétri vide, stérile et codifiée.
- On coule 12 à 15 mL de milieu OGA (gélose glucose Agar) fondu et refroidi entre 44 °C et 47 °C.
- On homogénéise et on laisse solidifier sur paillasse.
- On incube à 25°C pendant 5 jours.

#### **Lecture et dénombrement**

La lecture et le dénombrement s'effectuent tous les jours, les colonies des moisissures sont épaisses, grandes et à aspect velouté, le comptage se fait sur les boîtes, le nombre des colonies trouvé est multiplié par l'inverse de la dilution.

### **I.2.4.2- Recherche des anaérobies sulfite-réducteurs à 46°C (*Clostridium sulfitoréducteur*) (selon ISO 15213).**

#### **Principe**

Le principe du milieu Viande-Foie Sulfite Fer repose sur l'aptitude des bactéries anaérobies sulfite-réductrices à réduire les sulfites de sodium en sulfites de fer, responsable de la coloration noire de colonies

### **Mode opératoire**

- fondre un flacon de gélose de VF, le refroidir dans un bain d'eau à 45°C.
- ajouter une ampoule d'alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium.
- mélanger soigneusement et aseptiquement .
- le milieu est ainsi prêt à l'emploi, mais il faut le maintenir dans une étuve à 45°C jusqu'au moment de son utilisation .
- prendre 2 tubes à vis stériles, introduire dans chacun environ 1mL de dilutions  $10^{-1}$  et  $10^{-2}$ .
- chauffer à 80°C pendant 08 à 10 minutes, puis effectuer un refroidissement brutal, dans le but d'éliminer les formes végétatives et de garder uniquement les formes sporulées.
- remplir chaque tube avec 15mL de la gélose de viande-foie.
- homogénéiser le mélange et le laisser solidifier sur la paillasse pendant 30 minutes.
- incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48h.

**Lecture et interprétation** : Les spores de bactéries anaérobies sulfite-réductrices produisent à partir des sulfites du milieu des sulfures qui vont précipiter avec les ions de fer donnant ainsi des colonies noires.

#### **I.2.4.3 Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (GAMT) (Selon NA 1207).**

Il s'agit de l'ensemble des microorganismes capables de se multiplier en aérobiose a des températures optimales de croissance comprises entre +20 °C et +45°C.

En microbiologies alimentaire, on recherche et on dénombre les microorganismes aptes à être cultivés en 72 heures à 30°C.

Le dénombrement de la flore totale aérobie mésophile est la meilleure méthode permettant d'estimer l'indice de salubrité et de qualité des aliments (**ABERKANE ,2010**).

### **Principe**

La croissance de la plupart des bactéries aérobies est favorisée par les substances nutritives apportées par la peptone, les factures de croissances de l'extrait de levure et le glucose utilisé comme source énergétique.

### **Mode opératoire**

-A partir des dilutions décimales allant de  $10^{-1}$  à  $10^{-3}$ , on porte aseptiquement 1 ml dans une boîte de Pétri vide, stérile et codifiée.

-On complète ensuite avec 20ml de gélose PCA (Plate Count Agar) fondue puis refroidie à 45°C

-On fait par la suite des mouvements circulaires en forme de (8) pour bien mélanger l'inoculum avec la gélose.

-On laisse solidifier sur paillasse.

-l'incubation se fait a 37°C pendant 72h

### **Lecture et dénombrement**

Les colonies de **GAMT** se présentent sous forme lenticulaire. On ne dénombre que les boîtes renfermant entre 15 et 150 colonies. On multiplie par la suite le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution, puis on effectue la moyenne du nombre des colonies entre les différentes dilutions.

#### **I.2.4.4 Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus* (Selon NA 2696)**

*Staphylococcus aureus* est une coque Gram+, catalase+, aéro-anaérobie ; il métabolise le glucose par la voie fermentative.

*Staphylococcus aureus* est l'espèce la plus fréquemment impliquée dans des infections d'origine alimentaire (**ABERKANE ,2010**).

### **Principe**

Le principe repose sur l'aptitude des *Staphylococcus aureus* à réduire le tellurite (colonie noires).

Le milieu Baird Parker est rendu inhibiteur vis-à-vis des autres bactéries par le chlorure de lithium et le tellurite de potassium.

### **Mode opératoire**

-On étale à l'aide d'un râteau stérile 0,1 ml de la solution mère et 0,1 ml de chacune des dilutions décimales à la surface d'un milieu de Baird Parker (préalablement fondu et coulé dans la boîte de Pétri).

-On incube les boîtes à 37 °C pendant 24h.

### **Lecture et dénombrement**

Les staphylocoque à coagulase positive présumés forment des colonies noires et produisent sur ce milieu opaque :

-Un halo clair autour de la colonie qui correspond à une zone de protéolyse

-Des zones opaques qui peuvent apparaître plus tardivement dans le halo clair ; elles sont dues à l'action de lipases.

On ne dénombre que les boîtes renfermant entre 15 et 150 colonies.

### **I.2.4.5 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et thermo-tolérants**

Selon la norme **ISO 4831**, le terme coliforme correspond à des microorganismes en bâtonnets, Gram -, non sporogènes, oxydase - , aéro-anaérobies facultatifs, capables de croître en présence de sels biliaires, et capable de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 48 heures de 35 à 37°C et les coliformes thermo-tolérants sont des coliformes qui présentent les mêmes propriétés caractéristiques que les coliformes, après incubation à la température de 44°C.

La présence des coliformes totaux et thermo-tolérants indique de mauvaises conditions hygiéniques.

### **Principe (selon NA 2697)**

Le principe du milieu BLBVB (Bouillon lactose Bilié au Vert Brillant) repose sur l'aptitude des coliformes à fermenter le lactose avec production de gaz. Celle-ci est visualisée à l'aide de la cloche de Durham.

### **Mode opératoire**

Soit pour les coliformes totaux ou thermo tolérants :

-On prend 3 tubes, avec cloche du Durham, de milieu BLBVB double concentré (D/C) (la cloche doit être vidée de l'air).

-On met dans le 1<sup>er</sup> tube 1ml de la solution mère et les trois autres 1 ml de chacune des dilutions décimales.

-On prend 3 tubes, avec cloche de Durham, de milieu BLBVB simple concentré (S/C) (la cloche doit être vidée de l'aire).

-On met 1 ml de la solution mère dans le 1<sup>er</sup> tube et dans les trois restants on met 1 ml de chacune des dilutions décimales.

-On incube à 30 °C pour les coliformes totaux et à 44 °C pour les coliformes thermo-tolérants pendant 48 heures.

### **Incubation et lecture**

Que se soit pour les coliformes totaux ou thermo-tolérants, les tubes considérés comme positifs sont ceux qui présentent, après 48 heures d'incubation, un trouble est dû au développement bactérien et un dégagement gazeux dans la cloche de Durham (au moins 1/10 du volume de la cloche).

### **I.2.4.6 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux**

#### **Définition**

Streptocoque fécal est un ensemble de bactéries à gram positif, sphériques ou ovoïdes formant des chaînettes et capables de se développer en présence de l'azide de sodium à 37°C pendant 48 heures d'incubation (HEMRIQUI, 2009).

#### **Mode opératoire**

La recherche des streptocoques fécaux, se fait en milieu liquide par la technique du nombre le plus probable (NPP).

#### **Méthode de recherche en milieu liquide**

Tout comme la méthode de recherche des coliformes en milieu liquide, celle de la recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- le test de présomption
- le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des Streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.
  - **Test de présomption**

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

- 1 ml de la solution 10-1 dans un tube contenant 9ml de milieu ROTHE D/C,



- On prélève 1ml de chaque dilution 10<sup>-2</sup> et 10<sup>-3</sup> dans 2 tubes contenant 9ml de milieu ROTHE D/C.
- On prélève 1ml de chaque dilution 10<sup>-2</sup> et 10<sup>-3</sup> dans 2 tubes contenant 9ml de milieu ROTHE S/C.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

#### **Incubation**

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

#### **Lecture**

Sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien, seulement ces derniers :

- ne doivent en aucun cas faire l'objet de dénombrement
- doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu LITSKY EVA dans le but d'être confirmés.

#### ➤ **Test de confirmation**

-Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

-Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'une øse bouclée dans tube contenant le milieu LITSKY EVA.

-Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

#### **Incubation**

L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures.

#### **Lecture**

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

- un trouble microbien, et
- une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

#### **La lecture finale**

S'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP. (LEBRES, 2002)

### **I.2.5. Analyses microbiologiques du couscous d'orge enrichi et le témoin**

#### **I.2.5.1 Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito- réducteurs.**

Cité dans la page 31

### I.2.5.2 Recherche et dénombrement des levures et des moisissures.

Mode opératoire cité dans la page 31

## I.2.6. Analyses physicochimiques du couscous d'orge et couscous d'orge enrichi par la chlorelle

### I.2.6.1 Teneur en eau (NA1132-1990) tirée de la méthode AFNOR NF ISO 711,

**Juin 1989**

#### Principe

Séchage à une température comprise entre 130°C et 113°C à pression atmosphérique normale

#### ➤ Mode opératoire

- ↻ Séchez les capsules et les couvercles à l'étuve 15 minutes à 130°C puis refroidir dans un dessiccateur
- ↻ Pesez 5g d'échantillon
- ↻ Verser la totalité du produit dans la capsule tarée adapter rapidement le couvercle et peser
- ↻ Introduire la capsule découverte contenant la prise d'essai dans l'étuve et laisser séjourner 2 heures
- ↻ Retirer rapidement la capsule de l'étuve, et la laisser refroidir dans un dessiccateur
- ↻ Peser la capsule

$$H \% = \frac{M_1 - M_2}{M_0} \times 100$$

H : humidité (%)

M<sub>0</sub> : la masse (g) de la prise d'essai (5g)

M<sub>1</sub> : la masse (g) de la capsule + la prise d'essai avant séchage

M<sub>2</sub> : la masse (g) de la capsule + la prise d'essai après séchage

### I.2.6.2 Teneur en cendres (NA 732 /1991) tirée de la méthode AFNOR (NF V03-720, décembre 1981)

#### Définition

résidus obtenu après incinération dans des conditions décrites dans la présente norme en exprimé en pourcentage en masse par rapport à la matière sèche. (DIDIER, 1997)

**Principe :** incinération d'une prise d'essai dans une atmosphère oxydante, à une température de 900°C jusqu'à la combustion complète de la matière organique et pesée de résidu obtenu.

#### ➤ Mode opératoire

- Peser 5g d'échantillon
- Placer les nacelles à l'entrée du four réglé à 900°C jusqu'à ce que la matière s'enflamme
- Placer les nacelles dans le four à moufle pour suivre l'incinération durant 2heures jusqu'à la disparition des particules charbonneuses
- Retirer les nacelles du four et les laisser refroidir dans un dessiccateur puis les peser

$$Tc\% = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0} \times 100 \times \frac{100}{100 - H}$$

Tc : taux de cendres

M<sub>0</sub> : la masse de la nacelle vide

M<sub>1</sub> : la masse de la nacelle +la prise d'essai (avant incinération)

M<sub>2</sub> : la masse de la nacelle +le résidu (après incinération)

H : la teneur en eau (%)

### **I.2.6.3 Teneur en protéines (détermination de la matière azotée totale)**

#### **Cas des céréales :(NA.1158/1990 tirée de la méthode Kjeldahl NF.1.1.34/1985)**

Les protides contiennent environ 16%d'azote (en réalité de 15 à 19 %) ce qui permet d'estimer la teneur en protéines d'une substance à partir de sa teneur en azote.

$$\text{Teneur en azote} \times 5,7 = \text{teneur en protéines}$$

Le coefficient de 6,25 est une valeur moyenne ; pour augmenter la précision on peut tenir compte de la nature de la substance analysée.

De plus, comme la matière azotée totale(MAT) d'une substance est en général uniquement formée de protide, alors :

$$\text{Teneur en MAT} = \text{Teneur en protéines} \text{ (SALGAROLO ,2003)}$$

But : détermination de la teneur en azote d'un aliment et étalonnage de l'appareil Kjeldahl  
Par un essai témoin

#### **Principe de la méthode KJELDAHL**

- Transformation de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique concentré à chaud, en présence d'un catalyseur approprié.
- Alcalinisation des produits de la réaction.
- Distillation de l'ammoniaque libérée et titrage.
- Multiplication du résultat par un facteur adéquat.

#### **➤ Mode opératoire**

##### **Première étape : minéralisation sulfurique**

- Introduire dans le matras 1 g de l'échantillon à analyse pèse à 1 mg près.
- Ajouter 2 g du catalyseur préalablement préparé.
- Puis 20 ml d'acide sulfurique concentré, prélevé à l'aide d'un doseur.
- Placer le matras incliné sur un dispositif de chauffage, d'abord doucement. Faire ensuite bouillir vigoureusement jusqu'à l'impidité de la solution, et prolonger le chauffage une demi-heure après cette constatation. Laisser refroidir.

**Deuxième étape : distillation de l'ammoniac**

- Verser dans le matras refroidi contenant la solution limpide obtenue 200 ml d'eau ; puis refroidir à nouveau.
- Mettre quelques billes de verre.
- 80 ml de la solution NaOH à 33% à ajouter une fois que l'appareil à distiller est prêt à fonctionner c'est-à-dire réfrigération assurée.

**Troisième étape : titrage**

Il faut titrer rapidement l'ammoniac dans la solution d'acide borique, additionnée de quelques gouttes de rouge de méthyle à la fin de la distillation, avec la solution d'acide sulfurique 0.1N ou acide chlorhydrique.

La coloration doit passer du rouge au jaune.

**Le résultat**

Le pourcentage des protéines dans l'échantillon est obtenu en multipliant le pourcentage d'azote par un facteur F dépendant du type d'aliment analysé

$$TA = \frac{V}{M} \times 0,0014 \times 100$$

**M**

V : volume en mL de la solution versée lors du titrage

M : masse en mg de la prise d'essai

$$\% \text{protéines} = \%N \times F = \frac{1,4 \times 0,25 \times (V_1 - V_0) \times F}{P}$$

**V<sub>1</sub>**: volume en mL d'HCL

**V<sub>0</sub>**: volume en mL d'HCL de l'essai à blanc

**P** : prise d'essai

**F** : coefficient de conversion de l'azote en protéines totales (F= 5,7)

**I.2.6.4 Teneur en glucides (DUBOIS et al ,1956)**

**Principe** : En présence d'acide sulfurique concentré, les produits se condensent avec le phénol pour donner des complexes jaune –orange, l'apparition de ces complexes est suivie en mesurant l'augmentation de la densité optique à 490 nm. ( **KASSEMI ,2006**)

➤ **Mode opératoire**

**1<sup>ère</sup> étape** : Hydrolyse acide

Il permet l'hydrolyse de la liaison ou glucosidique dans le polyose.

Dans un bécher, nous pesons 0.5 g d'échantillon, et on ajoute 20 ml d'acide sulfurique 0.5 M, puis nous plaçons dans une étuve pendant 3h à 105°C

**2<sup>ème</sup> étape**

Nous avons transvasé quantitativement le contenu du bécher dans une fiole de 500 ml (on ajuste le volume par l'eau distillée) puis on filtre la solution.

**3<sup>ème</sup> étape**

Dans un tube en pyrex, nous avons déposé avec précaution 1 ml de filtrat dilué 1/10 (échantillon à doser). Nous avons ajouté 1ml de solution de phénol et 5 ml d'acide sulfurique (96 %) à l'aide d'une burette.

Après agitation les tubes sont maintenus pendant 5 minutes à 100 °c. Après, un séjour de 30 minutes d'absorbance est effectué à 490 nm, la coloration est stable pendant 3 à 4 heures.

Pour chaque série de détermination, une gamme d'étalonnage est nécessaire.

Une solution de glucose est utilisée, différentes dilutions sont préparées allant de 0 à 100 g/ml.

Nous avons tracé la courbe d'étalonnage :  $DO = f [C]$

Dont :

C : c'est la concentration

Nous avons exprimé les résultats par la teneur en sucres totaux d'échantillon en fonction de la courbe d'étalonnage et les densités optiques de ces derniers

**I.2.6.5 Teneur en lipides (NF V03-905)**

**Principe de la méthode SOXHLET**

Les matières grasses des aliments sont obtenus par extraction directe au moyen d'un solvant, puis élimination du solvant ; pesé le résidu.

➤ **Mode opératoire**

- ↻ Nous avons placé une cartouche pleine de deux grammes d'échantillon dans l'appareil de Soxhlet. La cartouche est préalablement pesée vide.
- ↻ On introduit 250 ml de solvant organique dans un ballon, et on place ce dernier dans un chauffe ballon.
- ↻ L'extraction est réalisée pendant 3h.
- ↻ Une fois l'opération terminée, on enlève à l'aide d'une pince la cartouche de l'appareil qu'on sèche à l'étuve pendant 24h à 40°, jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

Le taux de la matière grasse est calculé par la formule suivante:

$$\text{Taux de la (M G) \%} = \frac{\text{P1} - \text{P2}}{\text{E}} \times 100$$

P1 : Poids de la cartouche pleine (avant l'extraction)

P2 : Poids de la cartouche sèche (après l'extraction)

E : Masse de l'échantillon analysé

**1.2.6.6 Teneur en cellulose brute (NF V03.040, AFNOR 1985)**

**Définition de la cellulose**

La cellulose, le constituant principal de toutes les matières végétales, forme environ la moitié à un tiers de tissus végétaux et chimiquement, la cellulose est un homopolymère linéaire formé d'unités de D-glucose liées les uns aux autres par des liaisons 1-4 en configuration B-glycosidique. (GIVRY, 2006)

➤ **Mode opératoire**

La teneur en cellulose brute est le résidu organique obtenu après deux hydrolyses successives, l'une en milieu acide et l'autre en milieu alcalin.

Peser 2g d'échantillon, l'introduire dans un ballon de 500 ml muni d'un réfrigérant rodé sur le goulot, ajouter 100 ml d'une solution aqueuse bouillante contenant 12.5g d'acide sulfurique pour 1 litre (6.8 ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à compléter jusqu'à 1 litre avec de l'eau

distillée). Chauffer pour obtenir une ébullition rapide et maintenir celle-ci pendant 30mn exactement. Agiter régulièrement le ballon pendant l'hydrolyse, séparer le ballon du réfrigérant. Transvaser dans un ou plusieurs tubes de centrifugeuse en conservant la plus grande quantité possible de produit dans le ballon. Centrifuger jusqu'à clarification totale du liquide.

Introduire le résidu dans le même ballon en le détachant du tube à centrifugé avec 100 ml de solution bouillante contenant 12.5 g de soude pour 1 litre. Faire bouillir durant 30 mn exactement, filtrer sur creuset (de porosité 1 ou 2). Passer le creuset plus le résidu à l'étuve réglée à 105°C jusqu'à poids constant.

Après refroidissement au dessiccateur, peser puis incinérer dans le four à moufle à 400°C durant 5 heures. Refroidir au dessiccateur et peser à nouveau.

La différence de poids entre les deux pesées représente les matières cellulosiques, une grande partie de cellulose vraie, une partie de la lignine et des résidus d'hémicellulose.

$$(A - B) \times 100$$

$$\text{Teneur en CB en \% MS} = \text{-----}$$

$$C \times MS$$

A : poids du creuset + résidu après dessiccation.

B : poids du creuset + résidu après incinération.

C : poids de l'échantillon de départ.

## **I.2.7. Analyses physiques**

### **I.2.7.1 Qualité technologique**

#### **I.2.7.1.1 La granulométrie (NF V03 -721/1994)**



Le but de la granulométrie est de déterminer l'homogénéité du couscous ainsi que la taille des grains formés en utilisant des tamis à des ouvertures des mailles ordonnées du haut vers le bas comme suit : 1120 µm ,710µm, 450µm.

➤ **Mode opératoire :**

- ↻ Peser 100g d'échantillon à analyser
- ↻ Déposer la prise d'essai sur le tamis supérieur
- ↻ Placer le sur un appareil qui exerce des mouvements circulaires vibratoires uniformes (planchister du laboratoire) dont la vitesse est de 60r/min pendant 10 minutes
- ↻ Peser le refus de chaque tamis

**I.2.7.2 Qualité culinaire du couscous**

**I.2.7.2.1. Délitescence (GUEZLANE et ABECASSIS, 1991)**

➤ **Principe**

La délitescence permet de déterminer l'état de désagrégation du couscous cru ou cuit, elle est exprimée en pourcentage

➤ **Mode opératoire**

- ↻ Placer 10g de couscous sec dans un bêcher
- ↻ Ajouter 50ml d'eau distillée
- ↻ Agiter pendant 5minutes
- ↻ Prélever une partie aliquote de la solution filtrée par un tamis fin (N10 NYLON)
- ↻ Sécher à l'étuve pendant 17heures à 100°C
- ↻ Peser l'extrait sec obtenu qui représente la délitescence

La délitescence est exprimée par la relation suivante

$$\text{Délitescence}\% = \frac{\text{masse de l'extrait sec obtenu}}{\text{PE}} \times 100$$

**PE**

PE : prise d'essai

### **I.2.7.2.2 Prise en masse de couscous cuit après tamisage**

**(GUEZLANE ET ABECASSIS ,1991)**

#### **➤ Préparation du couscous**

Ceci consiste à la cuisson du couscous selon la méthode de préparation rapide dont le mode opératoire est le suivant :

- 10g du couscous sec sont placés dans un cristalliseur et hydraté avec 16,5 ml d'eau distillée bouillante salée à 5g/L
- Le cristalliseur est recouvert d'une membrane de paraffine et placé à l'étuve à 90°C pendant 12min
- Après cuisson, on procède au séchage qui consiste à placer le produit cuit dans l'étuve ventilée pendant 4heures à 90°C

#### **➤ Indice de prise en masse par tamisage :**

Cette méthode consiste à tamiser 10g de couscous ainsi préparé à l'aide d'un tamiseur sur un tamis d'ouverture de maille égale à 3150 µm et on définit l'indice de prise en masse par la formule suivante :

$$\text{IPMT}(\%) = 100 \times (\text{refus à } 3150\mu\text{m} / \text{prise d'essai})$$

### **I.2.7.2.3 Gonflement à froid et à chaud :(GUEZLANE ET ABECASSIS, 1991)**

#### **➤ Principe**

Le principe de ce test est de déterminer le comportement du couscous lors de la réhydratation, et se consiste à noter les modifications du volume du couscous après 5min, 10min, 20min, 30min, 40min, 50min, 60min que se soit à 25°C ou à 100°C.

#### **➤ Mode opératoire**

- Verser 20g du couscous cru dans une éprouvette graduée
- Ajouter 50mL d'eau distillée (eau froide à 25°C et chaude à 100°C)
- Effectuer 10 retournements successifs de manière à bien hydrater l'ensemble des particules

- Ajouter à nouveau 50 ml d'eau pour faire descendre les particules collées sur la paroi de l'éprouvette
- Laisser au repos pendant 1 heure
- Noter le volume du couscous après : 5min, 10min, 20min, 30min, 40min, 50min, 60min

Le gonflement est déterminé par la relation suivante :  $G = 100 \times \frac{V_f}{P}$

Vf : volume final du couscous lu sur l'éprouvette

P : poids de la prise d'essai

#### **I.2.7.2.4 Test de cuisson**

le poids des pâtes alimentaires (couscous) augmente après la cuisson de 3 à 5 fois (**ALAIS et al.**).

Il consiste à déterminer le taux de prise en masse du couscous lors de la préparation, par cuisson d'une quantité bien déterminée de couscous cru et suivre les modifications rapportées sur le poids après chaque étape de préparation : (**BENAOUDA et EDDIB, 2011**).

##### ➤ **Mode opératoire**

- 1<sup>er</sup> mouillage : mouiller 100 gde couscous avec de l'eau puis faire égoutter tout de suite et laisser le pendant 10 minutes pour que les grains de couscous absorbent l'eau ajoutée.
- 1<sup>ère</sup> évaporation : faire cuire le couscous à la vapeur pendant 15 minutes.
- 2<sup>ème</sup> mouillage : arroser progressivement le couscous d'une certaine quantité d'eau.
- 2<sup>ème</sup> évaporation : faire cuire une deuxième fois à la vapeur pendant 15 minutes.
- On pèse le couscous après chaque étape de préparation.

### **I.2.8 Qualité organoleptique du couscous (Test de dégustation)**

La détermination de la qualité organoleptique du couscous repose sur un test de dégustation, réalisé par plusieurs personnes où les caractères organoleptiques sont évalués séparément, chaque dégustateur donne son jugement et porte son avis sur une fiche de dégustation, seule les grandes classes sensorielles sont définies : couleur, odeur, saveur.(Annexe5)

### **I.2.9 Qualité nutritionnelle du couscous**

La valeur nutritionnelle du couscous est déterminée par le taux de protéines, les lipides et les glucides, selon la relation suivante :

Valeur énergétique en kcal=4glucides+4protéines+9lipides

## **I.3 Réalisation d'une étude sur des malades souffrant de troubles digestifs**

### **I.3.1 l'objectif de l'étude**

Analyser les caractéristiques cliniques (âge, poids et taille) et connaître l'effet de notre produit considéré comme un alicament sur la constipation accompagnée à des ballonnements.

### **I.3.2 déroulement de l'étude**

On va effectuer une étude sur 06 malades qui souffrent d'une constipation (pathologie confirmée par un médecin) et des ballonnements où ils vont prendre un alicament qui contient des fibres alimentaires.

#### **I.3.2.1.Elaborer un questionnaire**

L'interrogatoire d'un malade constipé permet :

- de confirmer le diagnostic de constipation .
- d'apprécier son retentissement sur la qualité de vie .
- de chercher des facteurs de risque (sédentarité, régime pauvre en fibres...) .
- de chercher des éléments en faveur d'une cause organique ou médicamenteuse.

L'interrogatoire peut donner des éléments orientant vers une constipation de transit (Moins de 3 selles par semaine, selles dures) (ANONYME 8 ,2009).

### **I.3.2.2. Effectuation d'une coproculture avant et après la prise de l'alicament.**

En bactériologie et parasitologie, le but des analyses est souvent d'identifier l'agent responsable de l'infection : bactérie, parasite, champignons microscopiques, etc. Elles consistent donc à prélever un échantillon et à rechercher l'élément pathogène soit par observation directe, soit après mise en culture.

#### **A. Prélèvement et transport**

- Recueil dès l'émission.
- Volume noix dans conteneur hermétique propre à usage unique.
- Acheminement rapide au laboratoire (<2h).
- Conservation: maximum une nuit à +4°C, au-delà milieu transport.

(MONTCLOS *et al.*)

#### **B. Les étapes de la coproculture :**

##### **a) Examen macroscopique :**

- **Le poids des selles (g)**
- **Consistance :**
  - normale : 80% eau : ferme (moulée).
  - liquide : 90% eau.
  - pâteuse : 85% eau.
  - dure : 75% eau.
- **Odeur :**
  - normale .
  - pathologie : putride, fétide, butyrique.
- **Couleur :**
  - marron : état normale.

-marron foncé à noir : état de constipation.

Les selles dites normales contiennent 75 à 85 % d'eau et 18 à 22 % de matières sèches.

### **b) Examen microscopique**

#### **▪ Préparation de la suspension :**

-à l'aide d'une anse de platine, prélever une noisette de selles et l'introduire dans un tube d'eau physiologique stérile à 0,9%.

-agiter le tube avec l'agitateur ou par main pour obtenir une suspension homogène.

#### **▪ Examen direct à l'état frais :**

##### **a. Principe**

L'examen au microscope optique des selles fraîches permet de mettre en évidence :

-la forme des bactéries.

-le mode de regroupement.

-mobilité.

-la présence des leucocytes fécaux et des hématies car la présence de leucocytes dans les selles est un signe probable d'une infection.

##### **b. Technique**

-une petite goutte de la suspension est déposée au centre de la lame .

-une lamelle couvre-objet est ensuite appliquée sur la goutte en évitant de créer des bulles d'air.

-luter la lamelle à l'huile de paraffine afin de détecter visiblement le déplacement des bactéries dans le champ microscopique.

##### **c. Lecture**

-Elle se fait au grossissement  $\times 40$ , elle permet de mettre en évidence en dehors des bactéries la présence des parasites, levures, hématies et leucocytes.

**C. Les germes systématiquement recherchés dans la coproculture sont :**

- Les germes pathogènes (salmonelle, shigelle, *vibrio cholerae*, *E. Coli* ) en cas d'une diarrhée .
- Les parasites.
- Levures.

**I.3.2.3 Prise d'alicament**

Les 06 malades vont prendre environs 50g de couscous d'orge enrichi par la chlorelle cuit à la vapeur avant le repas, cette étape se répète pendant 10 jours.

**I.3.2.4. noter les symptômes de guérison**

Au cour du régime on note est ce qu'il ya des changements positifs soit à la fréquence d'évacuation des selles soit à la disparition des ballonnements.

## Chapitre II. Résultats et discussion

### II.1.Types de couscous obtenus



Figure 5:La semoule d'orge



figure 6 : couscous d'orge



Figure7:comprimés de chlorelle



Figure8:couscous d'orge enrichi par la chlorelle



à partir de la semoule d'orge, on prépare le couscous d'orge simple et en ajoutant la chlorelle on obtient un couscous d'orge enrichi par ces comprimés.

## II.2. Résultats des analyses microbiologiques

### II.2.1 La chlorelle

En comparaison avec les normes internationales, les résultats concernant la recherche des germes contaminants la chlorelle utilisée montrent une absence totale des germes.

Tableau 4: type et nombre de germes contaminants la chlorelle.

Type de germes	chlorelle	N.I (OMS ,2002)
Germe aérobies (30°C)	0	<500.000 germes/100 ml
Coliforme totaux et thermo-tolérants	0	<10 germes/ 100 ml
Staphylocoques	0	<100 germes/g
Streptocoques	0	0 germes/100 ml
Levures et moisissures	0	<100 germes /g
<i>Clostridium</i> sulfito-réducteur	0	<100 germes /g

### II.2.2 Le couscous d'orge et le couscous enrichi

La salubrité d'un aliment est primordiale dans sa commercialisation afin d'éviter toute attente à la santé du consommateur. Pour les céréales et dérivées, l'altération peut se manifester par un changement d'une odeur de moisi.

Tableau 5 : Nombre de germes contaminants le couscous d'orge et le couscous enrichi .

Type de germes	Couscous d'orge (témoin)	Couscous d'orge enrichi par la chlorelle	N I (OMS ,2002)
<i>Clostridium</i> sulfito-Réducteur	0	0	<100germes/ml
Levures et moisissures	0	0	<100germes/g

Les résultats reportés ci-dessus (Tableau) et en comparaison avec les normes internationales indiquent l'absence totale de microorganismes à savoir le *clostridium* sulfito-réducteur, les levures et moisissures qui reflètent le respect des conditions d'hygiène lors de la fabrication de couscous.

### II.3. Résultats des analyses biochimiques

#### II.3.1 Teneur en eau

Tableau 6 : taux d'humidité trouvée pour le couscous témoin et couscous enrichi.

Echantillons	Taux d'humidité (%)			Norme PNM 08.1.253 2008
	1 <sup>er</sup> essai	2 <sup>ème</sup> essai	Moyenne	
Couscous d'orge (témoin)	11,49	11,62	11,55	≤13
Couscous enrichi par la chlorelle	11,51	11,65	11,56	≤13

Les deux types du couscous possèdent une humidité acceptable et conforme aux normes qui varie entre 11 et 13%, cette différence s'explique par les conditions de séchage qui se fait à l'air ambiant.

Selon **FEUILLET(2000)**, l'humidité est un facteur crucial dans l'évolution des phénomènes biologiques, son contrôle permet de minimiser les risques d'altération lors du conditionnement et du stockage.

#### II.3.2 Teneur en cendres

Tableau 7: teneur en cendre trouvée pour le couscous témoin et couscous enrichi.

Echantillons	Taux de cendre (%)			Norme PNM 08.1.253 2008
	1 <sup>er</sup> essai	2 <sup>ème</sup> essai	moyenne	
Couscous d'orge (témoin)	1,43	1,39	1,41	1,1 – 1,5
Couscous enrichi par la chlorelle	1,73	1,78	1,75	1,1-1,5

Le taux de cendres mesuré dans le couscous d'orge sans enrichissement est de 1,41%, c'est un taux conforme aux normes.

En revanche, l'addition de la chlorelle dans le couscous d'orge donne une valeur supérieure (1,75%). Cette augmentation peut être en rapport avec la composition de la chlorelle qui contient près de 30 % de matière sèche (particulièrement la teneur en minéraux) selon **NUNES(2010)**.

### II.3.3 Teneur en protéines

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 8:taux de protéines déterminé pour les deux types du couscous.

	Teneur en protéines totales (%MS)	Norme PNM 08.1.253 2008
Couscous d'orge (témoin)	9,5	10g
Couscous d'orge enrichi	10,33	10g

La teneur en protéines est un critère important d'appréciation de la qualité nutritionnelle du produit fini. Selon **GUEZLANE(1993)**, les protéines apportent sur le plan qualité et quantité, un rôle important et fondamental dans l'expression de la qualité culinaire du couscous.

La teneur en protéines du couscous d'orge est de 9,5 % seulement, elle dépend des composants biochimiques présents dans la semoule d'orge.

En ce qui concerne le couscous enrichi par la chlorelle, une hausse significative du taux de protéines d'environ (1 %) est constaté avec 10,33g et ceci pour l'incorporation d'un gramme seulement de chlorelle dans 100g de semoule d'orge, ce qui atteste de l'efficacité de l'ajout d'un minimum de quantité de chlorelle pour augmenter le taux de protéine dans le produit fini.

### II.3.4 Teneur en glucides

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 9 : taux de glucides déterminé pour les deux types de couscous.

	Teneur en glucides (%MS)	Norme PNM 08.1.253 2008
Couscous d'orge (témoin)	72,56	73g
Couscous d'orge enrichi	72,75	73g

En général, les céréales sont des produits énergétiques riches en glucides qui se présentent sous une forme simple et complexe, le plus important est l'amidon qui est la substance énergétique par excellence.

Les résultats obtenus montrent que le taux des glucides est de 72,56g pour le couscous d'orge simple et de 72,75g pour le couscous enrichi, des valeurs en accord avec les normes de **PNM (2008)**.

### II.3.5 Teneur en lipides

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau 10:

Tableau10 : taux de lipides déterminés pour les deux types de couscous.

	Teneur en lipides (%MS)	Norme PNM 08.1.253 2008
Couscous d'orge (témoin)	1,94	2g
Couscous d'orge enrichi	2,1	2g

D'après les résultats obtenus, soit 1,94g de matière grasse pour le couscous d'orge, soit 2,1g pour le couscous enrichi, sont conformes aux normes, où la quantité de la matière

grasse du couscous enrichi est l'égerment supérieur par rapport au couscous sans enrichissement.

### II.3.6 Teneur en cellulose brute

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau 11.

Tableau 11 : teneur en cellulose retrouvée pour les deux produits analysés .

	Teneur en cellulose brute (%MS)
Couscous d'orge (témoin)	<b>1</b>
Couscous d'orge enrichi	<b>2</b>

Selon les résultats trouvés ; on remarque que le taux des fibres concernant le couscous enrichi à la chlorelle est supérieur au taux des fibres trouvées dans le couscous d'orge .Alors, on peut dire que l'addition d'un gramme de chlorelle dans 100g de semoule a amélioré le taux des fibres e double, de cela on conclue que la chlorelle est riche en fibres.

## II.4. Résultats des analyses Physiques

### II.4.1Qualité technologique

#### II.4.1.1Granulométrie (Taux d'affleurement)

Les résultats de la granulométrie du couscous témoin et couscous enrichi sont représentés par dans un tableau et sous forme de graphe :

Tableau 12: la granulométrie du couscous d'orge et couscous enrichi.

	La granulométrie (%pourcentage des particules cumulées)		
	1120	710	Le font ramaceur
Couscous d'orge témoin	76,66	20,33	3,01
Couscous d'orge enrichi	77,33	20,24	2,43

Norme PNM : la granulométrie se situe entre 630 et 2000 $\mu$ m

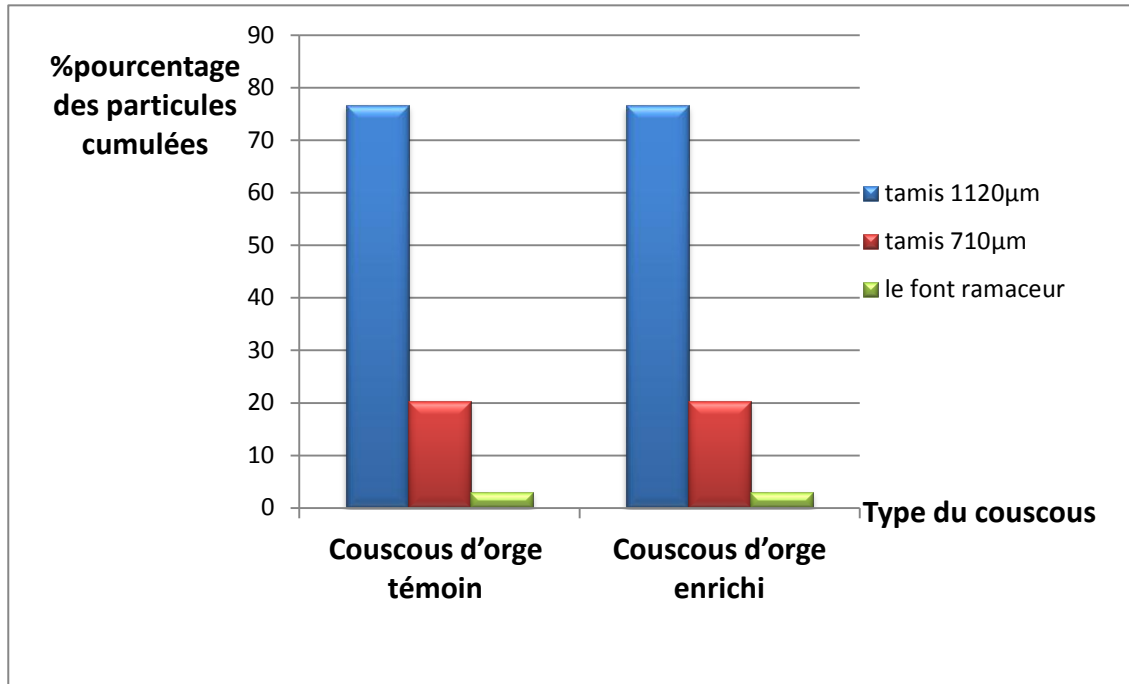


Figure 9: Représentation graphique de la granulométrie du couscous témoin et couscous enrichi.

Les grains du couscous obtenus se caractérisent par leurs uniformités, un aspect lisse à grains ronds plus ou moins homogènes, selon les résultats trouvés (figure 7) le couscous d'orge enrichi et couscous témoin, leur granulométrie se situe entre 1120 et 710 µm alors ils sont conformes aux normes.

## II.4.2. Qualité culinaire

### II.4.2.1. La délitescence

La délitescence constitue un paramètre d'appréciation de la qualité organoleptique du couscous au même degré que le collant. Le tableau suivant résume les résultats trouvés.

Tableau13: pourcentage de la délitescence des produits analysés.

Délitescence (%)	
Couscous d'orge (témoin)	Couscous d'orge enrichi
2,59	2,71

L'analyse des résultats trouvés montre que les pertes en matières sèche sont faibles pour l'ensemble des échantillons.

Selon **BADAOU(1984)**, l'évolution de la température de séchage augmente proportionnellement le degré de délitescence du couscous.

De plus l'action de la température sur le gluten conduit à son dénaturation (réseau protéique devient trop lâche) laissant s'échapper l'amidon qui contribuerait à une perte importante de matière sèche (**HAMROUCH et HAOUARI, 2010**).

On remarque que l'incorporation de la chlorelle ne présente aucun effet sur la délitescence.

**II.4.2.2. Prise en masse du couscous cuit (IPMT)**

La prise en masse du couscous cuit constitue une des caractéristiques principales de sa qualité organoleptique et un facteur déterminant de sa qualité culinaire.

Son appréciation objective est mesurée par tamisage après préparation du produit (couscous) simulant une cuisson traditionnelle .Elle rend compte de l'état physique d'agglomération des granules d'amidon au cours du traitement à la vapeur et correspond au pourcentage en masse de couscous formant de gros agglomérats (**HADDOUCHE, in HAMEROUCH et al., 2011**).

Tableau 14 : la prise en masse du couscous après tamisage

IPMT(%)	
Couscous d'orge (témoin)	Couscous d'orge enrichi
19,20	22,34

Les résultats trouvés au dessus expriment un IMPT de 19,20% pour le couscous d'orge indiquant les conditions de séchage (l'air ambiant et 30°C) employées et les conditions de précuissons (à la vapeur pendant 8-10min).

L'addition de la chlorelle augmente cet indice à 22,34% où on remarque un degré de collant lors d'une sur-cuisson, et cela est dû à l'aspect de la chlorelle.

**II.4.2.3. Gonflement à chaud et à froid du couscous**

Le gonflement à froid et à chaud du couscous est un critère de qualité culinaire, les résultats observés pour les deux échantillons sont représentés dans les figures suivantes.

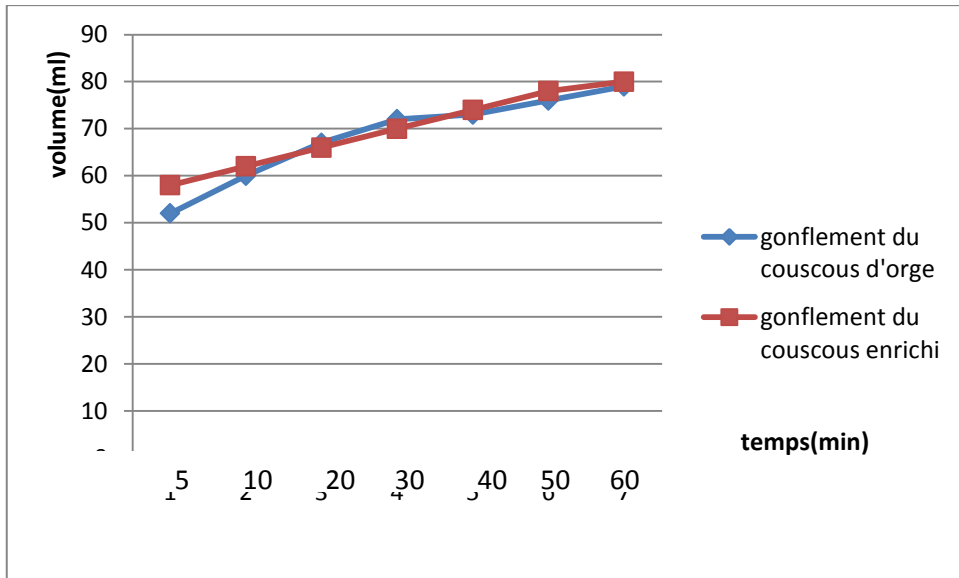


Figure 10 : gonflement à froid des échantillons de couscous analysés

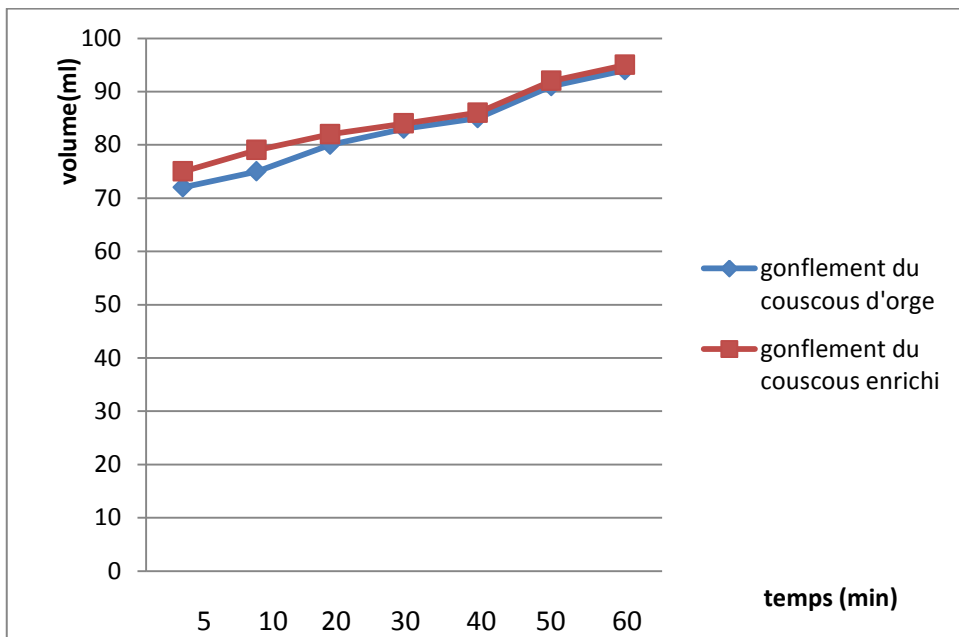


Figure 11: gonflement à chaud des échantillons de couscous analysés.

Allant de ces résultats, on observe un bon gonflement du couscous et on remarque que la vitesse de gonflement du couscous est plus rapide à haute température (100°C), ceci s'explique par le bouleversement de la structure native de l'amidon (gélatinisation à 100°C) et devient plus hydrophile et accroît la capacité de gonflement.



Selon **GUEZLANE (1993)**, l'indice de gonflement dépend à la fois de la durée et les conditions d'application du traitement hygrothermique.

**II.4.2.4. Test de cuisson**

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 15 : test de cuisson réalisé sur les deux échantillons du couscous.

	Test de cuisson	
	Couscous d'orge (témoin)	Couscous d'orge enrichi
Temps de cuisson	15min	15min
Poids initial	100 g	100 g
Poids final	364 g	375 g
Comportement lors de la réhydratation	Particules non collantes, présentant un bon gonflement	Particules non collantes, présentant un bon gonflement
Granulométrie observée	Uniforme	Uniforme

Le test de cuisson est un critère important dans l'appréciation de la qualité culinaire du couscous.

En général, un bon couscous doit absorber deux fois son poids d'eau pendant la cuisson et ses grains doivent rester bien individualisé sans se déliter ni se coller entre eux (**GUEZLANE, 1993**).

D'après les résultats obtenus, les deux types de couscous présentent un gonflement élevé ce qui permet une bonne absorption de la sauce, et des particules non collantes, cela indique que l'ajout de la chlorelle n'affecte ni l'aspect collant ni la délitescence.

**II.4.3. Qualité organoleptique**

Les deux types de couscous à l'état cuit ont été soumis à une dégustation par un certain nombre de personnes et ce test nous a permis de conclure que l'appréciabilité du couscous enrichi par la chlorelle ne fait défaut ni par sa couleur ni par son odeur et un grand pourcentage parmi eux ont préféré l'ajout de l'huile d'olive au moment de la dégustation.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus.

Tableau 16 : résultats des caractéristiques organoleptiques du couscous d'orge enrichi par la chlorelle

caractéristiques	Inacceptable(%)	Médiocre (%)	Moyen(ne) (%)	Bon(ne) (%)	Excellent(e)(%)
<b>Couleur</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8.33</b>	<b>83.33</b>	<b>8.33</b>
<b>Odeur</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8.33</b>	<b>50</b>	<b>31.66</b>
<b>Goût</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>

- **La couleur :**

La couleur est le premier paramètre à évaluer sachant que l’observateur lui accorde une très grande importance et ceci pour apprécier la qualité et la fraîcheur d’un produit. La couleur du couscous a été jugée « **bonne** » par 83.33% des dégustateurs.

- **L’odeur :**

L’odeur a un impact considérable sur l’appréciation finale du produit. L’évaluation est partagée entre **bonne** 50 % et 31.66 % **excellente**.

- **Le goût :**

L’évaluation du goût de couscous a été « **excellente** » par 100% des dégustateurs avec préférence d’ajout de l’huile d’olive au moment de la dégustation.

#### II.4.4. Qualité nutritionnelle

Tableau 17: détermination de la valeur énergétique des échantillons étudiés.

	Qualité nutritionnelle	
	Couscous d’orge	Couscous d’orge enrichi
<b>Protéines totales</b>	<b>9,5g</b>	<b>10,33g</b>
<b>Glucides totaux</b>	<b>72,56 g</b>	<b>72,75g</b>
<b>Lipides totaux</b>	<b>1,94g</b>	<b>2,1g</b>
<b>Valeur énergétique</b>	<b>345,70Kcal</b>	<b>351,22Kcal</b>

Selon le tableau ci-dessus, l’enrichissement du couscous en chlorelle a un effet positif sur la qualité nutritionnelle, on remarque une augmentation de la valeur énergétique de 345,70Kcal (concernant les couscous d’orge) à 351,22 Kcal fournies à partir du couscous enrichi. Où le taux de protéine à été élevé presque à 0,8% et les lipides à 0,16%.

## II.5 Résultats de l’étude réalisée

### II.5.1Collecte des réponses

Dans l’échantillon étudié, les personnes concernées sont des femmes, sachant qu’elles forment le plus grand pourcentage parmi les personnes constipées dans le monde ,leur âge varie entre 26 ans et 51 ans ,et d’après leurs réponses au questionnaire ,la principale cause de la constipation est l’apport insuffisant en fibres alimentaires provenant des fruits, légumes et céréales et la quantité d’eau consommée quotidiennement est très réduite par rapport aux apports recommandés (2L à 2,5L) .

## II.5.2 Résultats de la coproculture

### II.5.2.4 Résultats observés de la coproculture effectuée :

Tableau 18 : les résultats de la copro-parasitologie des selles avant la prise d'alicament.

	1	2	3	4	5	6
Germes pathogène	–	–	–	–	–	–
parasites	–	–	–	–	–	–
levures	–	–	–	–	–	–
GR,GB	–	–	–	–	–	–
Aspect	dur	Dur	dur	dur	dur	dur
Couleur	noir	Marron foncé	noir	noir	Marron foncé	Marron foncé
Poids(g)	52	49	58	45	51	43

Tableau 19 : résultats de la copro-parasitologie des selles après la prise d'alicament (après 10jours).

	1	2	3	4	5	6
Germes pathogène	–	–	–	–	–	–
parasites	–	–	–	–	–	–
levures	–	–	–	–	–	–
GR, GB	–	–	–	–	–	–
Aspect	mou	Mou	mou	Peu dur	mou	mou
Couleur	Marron	Marron	marron	Marron foncé	Marron	marron
Poids(g)	131	145	158	80	129	120

Les résultats trouvés dans la coproculture réalisé indiquent que :

- Pas d'infection digestive après la prise de l'alicament.
- La flore saprophyte est à l'état normal.

- Aspect des selles est mou indique chez la plupart des patients.
- La couleur se situe entre le marron et le marron foncé.
- Le poids des excréments a augmenté par rapport au poids initial.

Les résultats trouvés sont en accord avec les résultats d'**ODOU (2005)**.

### **II.5.3 Les symptômes de guérison.**

- Disparition des ballonnements.
- Absence de douleurs abdominales.
- Fréquence d'évacuation des selles augmente dès les 4 premiers jours.
- Une évacuation quotidienne avec un aspect mou au cours des 7 derniers jours.
- Pas d'effets secondaires.

En conclusion, et d'après les résultats trouvés on peut dire que cet alicament a entraîné un effet sur ce problème de constipation, où le poids, la couleur et l'aspect ont changé dans le sens positif. En plus l'absence des ballonnements et les maux de ventres ont été remarqués par les personnes testées.

## Conclusion et perspectives

Le but principal de ce travail est l'étude de la qualité nutritionnelle du couscous d'orge après l'addition ou l'incorporation de la chlorelle conseillé comme aliment aux personnes qui souffrent d'une constipation.

L'évaluation de ce produit se manifeste dans les propriétés nutritionnelles, technologiques et organoleptiques. Les résultats obtenus dans cette pratique correspondent parfaitement à l'ensemble des prévisions, sachant que les paramètres essentiels pour l'obtention d'un nouveau produit riche en nutriments ont été pris en considération tout en gardant les caractéristiques du couscous.

L'ensemble des analyses effectuées montrent que :

- sur le plan microbiologique, tous les produits étudiés (couscous d'orge et couscous d'orge enrichi) sont exempts de microorganismes qui peuvent nuire à la qualité réglementaire sanitaire et hygiénique.

- l'aspect nutritionnel représente un facteur primordial dans ce travail. Un enrichissement obtenu au niveau des nutriments que se soit les protéines ou les lipides car la chlorelle est une algue qui contient un bon taux de protéines et un pourcentage moyen de matière grasse et sans oublier l'augmentation du taux des fibres.

- du côté technologique, le couscous d'orge préparé à l'addition de la chlorelle a subi plusieurs analyses qui ont montré une similarité avec le couscous d'orge simple sauf pour le taux de cendre qui a été légèrement supérieur aux normes ce qui est dû à la composition de la chlorelle qui contient près de 30 % de matière sèche.

- d'après le test de dégustation, le couscous d'orge à la chlorelle a présenté un bon goût, une couleur brune et une odeur rappelant les algues vertes.

- l'étude sur les malades présentant des troubles fonctionnels digestifs a été bien réussie et significative, car on a remarqué des effets positifs des fibres sur le transit intestinal.

Au vu des résultats obtenus, on peut dire que l'association de la chlorelle dans le couscous d'orge a été une pratique satisfaisante.

Il est souhaitable de faire des études dans ce domaine et réaliser les perspectives suivantes :

- industrialisation du couscous d'orge ou du blé dur à la chlorelle en précisant la qualité nutritionnelle et technologique sur l'étiquetage.
- fabrication dans les industries agroalimentaires de la poudre de chlorelle qui peut être utilisée dans les vinaigrettes, les sauces ...etc. ou saupoudrée dans les plats.
- incorporation de la chlorelle dans les produits alimentaires tel que les yaourts, les pâtes, les biscuits ...etc.
- envisager une culture de la chlorelle 100% bio permettant d'avoir des produits biologiques sains et de réduire l'utilisation des produits de synthèse.

## Références bibliographiques

- ❖ **ABERKANE S., 2010**, contrôle physicochimique et microbiologique d'un aliment à base de spiruline et *bifidobacterium adolescentis* ,mise en application in vivo (effet hypocholestérolémiant ) ,thèse d'ing contrôle de qualité ,université Saad Dahlab de Blida.87p.
- ❖ **ADRIEN .B et PAULINE.F., 2005**, l'orge un produit, consulté le 29.01.2012
- ❖ **AFNOR, 1997**, association Française de normalisation : céréales et produits céréaliers, recueil de normes Françaises.
- ❖ **AFSSAPS,2009** ,constipation occasionnelle de l'adulte, agence Française de sécurité sanitaire des produits de santé . [www.afssaps.fr](http://www.afssaps.fr).consulté le 28.04.2012
- ❖ **ALAIS C.,LINDEN G., et MICLO L.,2003**,biochimie alimentaire ,DUNOD ,Paris,5<sup>ème</sup> ed.,ISBN2 10003827 3,pp 140,250p
- ❖ **ALIOUANE N. et MOHAMMEDI Z., 2006**, aptitude de quelques variétés de blé dur Algériennes à la pastification et à la fabrication du couscous artisanal, thèse d'ing, université Saad Dahlab de Blida.89p.
- ❖ **ANNIE H., 2001**, destins transculturels.pdf
- ❖ **ANONYME 1**, à la découverte du couscous berbère, [www.ecoliers.berberes.info/couscous](http://www.ecoliers.berberes.info/couscous) .Consulté le 29.11.2011.
- ❖ **ANONYME 3, 2005**, Dari la maison du couscous, [www.couscousdari.com](http://www.couscousdari.com), Consulté le 25.09.2011.

- ❖ **ANONYME 4, 2006,10** bonnes raisons pour consommer la chlorella,[actionsantelibertes.blogspot.com/media/00/02/1018417921.pdf](http://actionsantelibertes.blogspot.com/media/00/02/1018417921.pdf) consulté le14.03.2012
- ❖ **ANONYME 5, 2011,** *chlorella*-principales propriétés, [www.natesis.com/chlorella-propriétés, fr, 8,26 .cfm](http://www.natesis.com/chlorella-propriétés_fr_8_26_cfm), consulté le15.03.2012
- ❖ **ANONYME 6, 2011,**la santé activée, la chlorelle, [http://sentactiv.overblog.com/article la chlorelle-90285273.html](http://sentactiv.overblog.com/article_la_chlorelle-90285273.html),consulté le15.03.2012
- ❖ **ANONYME7, 2012,** la chlorella,<http://www.cfaitmaison.com/algue/chlorella.html> consulté le14.03.2012
- ❖ **ANONYME 8, 2009,** constipation de l'adulte (avec traitement)
- ❖ **ARLENE A., BROUTIN C., et GRET, 2009,** normes de qualité pour les produits agroalimentaires en Afrique de l'ouest : Agence Française de développement, département de la recherche.pdf
- ❖ **BADAoui D., 1984,** influence de séchage sur la qualité du couscous industriel ,thèse ing.INA .EL-HARRACH .78p
- ❖ **BENAOUDA Y., et EDDIB H. ,2011,**étude de l'influence du mélange des semoules du blé dur et de l'orge sur la qualité du produit fini :le couscous ,thèse d'ing contrôle de qualité, département biologie université SAAD DAHLAB .75p.
- ❖ **BOUZERZOUR, 2002,** cinétique d'accumulation de la matière sèche chez l'orge.
- ❖ **BRUNETON J., 1999,** pharmacognosie : phytochimie : plantes médicinales, 3ed, Octobre 2002 N°315 (1) CT 80°, France
- ❖ **COULHON B., 2009,** effets des fibres alimentaires d'origine végétale sur la digestion et métabolisme,<http://boutique-medic-system-fr/site/fibres-alimentaire-vegetales-digestion-metabolisme.pdf> .consulté le 28.01.2012.
- ❖ **DIDIER D., 1997,** céréales et produits céréaliers, recueil de normes Française 4<sup>ème</sup> édition, AFNOR ,709p



- ❖ **DOGNA M., 2009**, conseils d'utilisation de la chlorelle ,[www.echlorial.fr/fr /conseil d'utilisation .htm](http://www.echlorial.fr/fr /conseil d'utilisation .htm) ,consulté le 15.03.2012
- ❖ **ETIENNE C., 2007**, *chlorella* certifiée (poudre), [www.herbajovis.com/chlorella-certifiée-poudre.htm](http://www.herbajovis.com/chlorella-certifiée-poudre.htm) consulté le 17.03.2012
- ❖ **FEUILLET P., 2000**, Le grain de blé .composition et utilisation, Paris. INRA édition .308p
- ❖ **GALLAIS et BANNEROT, 1992**, amélioration des espèces cultivées, objectif et critères de sélection, INRA, France.
- ❖ **GLOUCHKOFF A. , 2010**, grains céréaliers, farine et semoule d'orge, <http://www.i-dietetique.com/ ?action=table-composition aliment&id=4872>. Consulté le 19.04.2012
- ❖ **GODON B., et Loisel W., 1997** guide pratique des analyses des produits céréaliers, 819p France.
- ❖ **GUEZLANE, 1993**, mise au point de méthodes de caractérisation et études des modifications physicochimiques sous l'effet de traitement hydrothermique en vue d'optimiser la qualité du couscous du blé dur, thèse de Doctorat INA El Harrach. pp89
- ❖ **GUEZLANE L., ET ABECASSIS J., 1991**, méthode d'appréciations de la qualité culinaire du couscous de blé dur. Ind. Aliment. Agric. 11. pp 966-971
- ❖ **GIVRY S., 2006**, optimisation de procédés de fermentation lactique sur sirop de son de blé et purification et caractérisation d'une arabinose isomérase de *lactobacillus bifermetas*, thèse de doctorat , université de REIMS CHAMPAGNE – ARDENNE, france, pp39,221p , <http://ebureau.univ.fr/slide/files/quotas/SCD/theses/exl-doc/GED00000416.pdf>, consulté le : 18.04.2012
- ❖ **HAMROUCH D. et HAOUARI S., 2010**, étude de l'incorporation de la spiruline sur les propriétés nutritionnelles, technologiques et organoleptiques du couscous artisanal à base de blé dur , thèse d'ing sciences alimentaires, département d'agronomie , université SAAD DAHLAB de Blida , 90p.

- ❖ **HEMRIQUI M., 2009** ,contrôle de la qualité des eaux naturelles de la région de Khmiss Dades (Ouarzazate, Maroc),fac des sciences et techniques,Gheliz –Marrakech, pp31,42 p
  
- ❖ **HERESBACH D., 2005**, troubles du transit intestinal, polycopié médecine M2- sémiologie du foie et des voies biliaires, université-Rennes1
  
- ❖ **JESTIN ,1992, in : AKROUR I. et BOUCHEKKLOUT I. ,2011** ,analyse de l'effet de génotype et du traitement au froid sur la réponse à la culture d'anthères de quelques hybrides d'orge(*Hordeum Vulgare.L*)issu de la variété locale Saïda ,thèse ing en sciences agronomiques ,université Saad Dahlab de Blida .79p
  
- ❖ **JOSEPH-PIERRE G. et ROSEC P. ,2004** , pratique des normes au microbiologie alimentaire.France.287p.
  
- ❖ **KALLACHE K. et MAZIGHI W., 2010**, contribution à l'étude physicochimique et microbiologique et son effet nutritionnel sur le rat wistar, thèse d'ing, université Saad Dahlab de Blida.88p .
  
- ❖ **KASSEMI N.,2006**, relation entre un insecte phytophage et sa principale plante hôte : cas de la bruche du haricot (*Acanthoscelides obtectus*) (*Coleoptera : Bruchidae*), thèse de magister ,université Abou Bekr Belkaid – tlemcen faculté des sciences – département de biologie.107p .
  
- ❖ **KHERRIFF A., 1996**, effet de la variation protéique sur l'expression de la qualité technologique du couscous du blé dur .Thèse magistère, INA El Harrach.103p.
  
- ❖ **LAMRI SENHADJI M., 2011**, céréales, effets des fibres alimentaires en santé humaine, faculté des sciences département de biologie, université d'Oran/Congrès international de nutrition, pdf consulté le 06.04.2012
  
- ❖ **LAROSE D., 2012**, constipation, <http://www.passeportsante.net/fr/Maux/problemes/fiche.aspx ?doc=constipation=p>m, consulté le 19.05.2012
  
- ❖ **LEBRES E.,2002**, cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments ,institut Pasteur d'Algérie.

- ❖ **MENNIS O. et SEFRANI S. ,2010**,contrôle de qualité de couscous à base de blé dur et de couscous incorporé de gland de chêne vert, thèse contrôle de qualité et analyse ,université Saad Dahlab de Blida.83p
  
- ❖ **MODAÏ P.,2009**, observation du pain, guide pratique n°8,fibres alimentaires où en trouver pour satisfaire nos besoins ?  
[http://www.observatoiredupain.fr/images/produit/A95FAAB5-63AE-4826-9E95-984EFEE13785 .pdf](http://www.observatoiredupain.fr/images/produit/A95FAAB5-63AE-4826-9E95-984EFEE13785.pdf). consulté le 18.03.2012.
  
- ❖ **MONTCLOS DE., CANLER C., ELSAYED F., et SCHNEIDER A., 2008** ,examens bactériologiques des selles, université de Lyon.
  
- ❖ **MUSTAFA K., BULENT S., PASAOGLU H., BEDIRLI A., ALPER M., KATIRCIOGLU H.,ATICI T., PERÇIN F., et OFLUOGLU E.,2008**, Effects of microalgae chlorella species crude extracts on intestinal adaptation in experimental short bowel syndrome, *World Journal of Gastroenterology* ISSN 1007-9327 , [www.wjgnet.com](http://www.wjgnet.com), consulté le 23.05.2012
  
- ❖ **NUNES A., 2010**, lettre de veille n°25,INRA-ERIST Toulouse.
  
- ❖ **ODOU M-F., 2005**, analyses médicales, coproculture :examen bactériologique des selles [http://www.doctissimo.fr/html/santé/analyses/sa\\_729\\_lture.htm](http://www.doctissimo.fr/html/santé/analyses/sa_729_lture.htm). consulté le 23.05.2012.
  
- ❖ **OMS, 2002**, normes internationales  
[http://www.who.int/foodsafety/codex/en/codex\\_eval\\_report\\_fr.pdf](http://www.who.int/foodsafety/codex/en/codex_eval_report_fr.pdf).consulté le 24.02.2012
  
- ❖ **PERSLES P ., 2011**, constipation,  
[http://www.esante.fr/constipation/2/guide/707 #paragraphe4](http://www.esante.fr/constipation/2/guide/707#paragraphe4).consulté le 13.04.2012.
  
- ❖ **PNM, 2008**, projet de normes marocaines :élaboré par le comité technique de normalisation des céréales,légumineuses et produits dérivés ,consulté le 28.04.2012.
  
- ❖ **SALGAROLO P., 2003**, pratique des manipulations de chimie, ISBN2-9504330-2-2, 2<sup>ème</sup> ed, n°6678, France, pp194-195, 363p
  
- ❖ **SCHMIDT, STRASSBURGER, et GOIFFON, 2008**, coprologie fonctionnelle ,95p

- ❖ **SOLTNER D., 1992**, les bases de la production végétale, le sol collection, sciences
- ❖ **STEINBERG, 2009**, la chlorella cultivée en Europe dans des conditions uniques.  
<http://www.eurochlorella.com/4759/index.html>. consulté le 22.02.2012.
- ❖ **YETTOU N., 1998**, les méthodes instrumentales d'appréciation de la qualité culinaire du couscous de blé dur, thèse de magister, université de Constantine ,101pages.

## Table de matières

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction .....	01

### PARTIE I – ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

#### Chapitre I. Le couscous

I.1 Définition et généralités.....	03
I.2 Origine et étymologie.....	03
I.3 Mode de fabrication .....	04
I.3.1 Vue générale sur la production industrielle du couscous .....	04
I.3.2 Vue générale sur la production artisanale du couscous d'orge.....	06
I.4 Qualité technologique et nutritionnelle.....	07
I.5 Qualité culinaire.....	08

#### Chapitre II. L'orge

II.1 Définition et généralités.....	09
II.2 Systématique .....	09
II.3 Structure de la graine d'orge.....	10
II.4 Biologie florale.....	10
II.5 Le cycle de développement de l'orge.....	11
II.6 Différents types d'orge.....	11
II.7 Composition biochimique du grain d'orge.....	11
II.8 Utilisation d'orge.....	15

#### Chapitre III. La chlorelle

III.1 Définition.....	16
III.2 Historique.....	17
III.3 Les dix bonnes raisons pour consommer la chlorelle.....	17
III.4 composition de la chlorelle.....	19
III.4.1 vitamines, minéraux et oligo-éléments .....	19
III.4.2 Valeur nutritive pour 100grammes.....	20
III.5 Bienfaits de chlorelle sur la santé humaine.....	20
III.6 La chlorelle en pratique.....	20
III.7 Principales propriétés .....	21
III.7.1 chlorella pour un meilleur équilibre digestif .....	21
III.7.2 chlorella régule les taux lipidiques et les taux des sucres.....	22
III.8 Principaux facteurs actifs.....	23
III.8.1 la sporopolleine.....	23
III.8.2 la chlorophylle.....	23
III.8.3 le CGF.....	23
III.9 Conseils d'utilisation de la chlorelle .....	24

## Chapitre IV. La constipation et les fibres alimentaires

IV.1. la constipation .....	25
IV.1.1. Personnes à risque .....	25
IV.1.2. Facteurs de risque .....	25
IV.1.3. aspect coprologique des selles en cas d'une constipation .....	26
IV.1.4. conseils simples d'hygiène de vie .....	26
IV.2 effets des fibres alimentaires sur la constipation .....	27
IV.2.1 pourquoi manger les fibres ? .....	27
IV.2.1.1 définition des fibres .....	27
IV.2.1.2 apports nutritionnels journalier .....	27
IV.2.2 fibres et digestion .....	27
IV.2.3 les effets des fibres alimentaires végétales .....	28

## PARTIE II - ETUDE EXPERIMENTALE

### Chapitre I. Matériel et méthodes

I.1 Matériel utilisé .....	29
I.1.1. Matériel végétal .....	29
I.1.1.1. la semoule d'orge .....	29
I.1.1.2. la chlorelle .....	29
I.1.1.3. Fabrication du couscous d'orge enrichi par la chlorelle .....	29
I.2. Méthodes d'analyses .....	30
I.2.1 objectif et conditions de travail .....	30
I.2.2 préparation de la solution mère .....	30
I.2.3 préparation de la dilution .....	30
I.2.4. Analyses microbiologiques de la chlorelle .....	31
I.2.4.1 Recherche et dénombrement des levures et moisissures .....	31
I.2.4.2 Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs .....	31
I.2.4.3 Recherche et dénombrement des aérobies mésophiles totaux .....	32
I.2.4.4 Recherche et dénombrement des staphylococcus aureus .....	33
I.2.4.5 Recherche et dénombrement des coliformes totaux .....	34
I.2.4.6 Recherche et dénombrement des streptocoques .....	35
I.2.5. Analyses microbiologiques du couscous d'orge (témoin) et couscous d'orge enrichi .....	
I.2.5.1 Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito- réducteurs .....	36
I.2.5.2 Recherche et dénombrement des levures et des moisissures .....	36
I.2.6. Analyses Biochimiques .....	37
I.2.6.1 Teneur en eau .....	37
I.2.6.2 Teneur en cendres .....	38
I.2.6.3 Teneur en protéines .....	39
I.2.6.4 Teneur en glucides .....	40
I.2.6.5 Teneur en lipides .....	41
I.2.6.6 Teneur en cellulose brute .....	42

I.2.7. Analyses Physiques .....	43
I.2.7.1 Qualité technologique.....	43
I.2.7.1.1 Granulométrie (Taux d'affleurement).....	43
I.2.7.2 Qualité culinaire du couscous.....	44
I.2.7.2.1. La délitescence .....	44
I.2.7.2.2. Prise en masse de couscous cuit après tamisage.....	45
I.2.7.2. 3.Gonflement à froid et à chaud.....	45
I.2.7.2.4.Test de cuisson .....	46
I.2.8 Qualité organoleptique du couscous (Test de dégustation).....	47
I.2.9 Qualité nutritionnelle du couscous.....	47
I.3 Effectuation d'une étude sur des malades souffrant de troubles digestifs.....	47
I.3.1.objectif de l'étude.....	47
I.3.2.déroulement de l'étude.....	47
I.3.2.1. élaboration d'un questionnaire.....	47
I.3.2.2.réalisation d'une coproculture avant et après le régime.....	48
A. prélèvement.....	48
B. les étapes de la coproculture.....	48
a. examen macroscopique.....	48
b. examen microscopique.....	49
C. germes systématiquement recherchés dans la coproculture.....	50
I.3.2.3.la prise d'alicament .....	50
I.3.2.4.suivi des symptômes de guérison .....	50

## **Chapitre II. Résultats et discussion**

II.1.Types de couscous obtenus .....	51
II.2. Résultats des analyses microbiologiques .....	52
II.2.1 La chlorelle .....	52
II.2.2 Le couscous d'orge et le couscous enrichi .....	52
II.3. Résultats des analyses biochimiques .....	53
II.3.1 Teneur en eau .....	53
II.3.2 Teneur en cendres .....	53
II.3.3Teneur en protéines .....	54
II.3.4Teneur en glucides.....	55
II.3.5Teneur en lipides .....	55
II.3.6 Teneur en cellulose brute.....	56
II.4. Résultats des Analyses Physiques .....	56
II.4.1. Qualités technologiques .....	56
II.4.1.1Granulométrie (taux d'affleurements).....	56
II.4.2. Qualités culinaires .....	57
II.4.2.1.La délitescence .....	57
II.4.2.2. Prise en masse du couscous cuit (IPMT) .....	58
II.4.2.3.Gonflement à chaud et à froid du couscous .....	58
II.4.2.4. Test de cuisson .....	60
II.4.3. Qualités organoleptiques .....	60
II.4.4. Qualités nutritionnelles.....	61
II.5 Résultats de l'étude réalisée .....	61

II.5.1 Collecte des réponses.....	61
II.5.2 Résultats de la coproculture .....	61
II.5.2.4 résultats observés de la coproculture effectuée .....	62
II.5.3 Les symptômes de guérison.....	63
<b>Conclusion et perspectives .....</b>	<b>64</b>
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Annexes</b>	



## **Annexes**

### **Annexe 1 : présentation des unités.**

#### **Semoulerie AMOUR**

La semoulerie Amour est une société à responsabilité limitée SARL créée par un acte notarié en Avril 2001 par les frères Amour.

C'est une société industrielle et commerciale, Son activité consiste à transformer le blé dur et le blé tendre pour l'obtention des semoules (supérieure, courante) et de farine, des issues de meunerie (3SF, son) selon un diagramme de fabrication élaborée par des spécialistes de renommée mondiale (BUHLER)

Ses produits sont appréciés pour leur goût et leur aspect par des différents consommateurs et des industries que ce soit pour la farine ou les semoules conditionnées dans des sacs de 1,2, 5,10, 25 et 50 Kilogrammes, et en vrac.

Constituée de deux blocs indépendants, l'un comprenant la partie administrative et l'autre la partie moulin et deux grands silos métalliques.

#### **Laboratoire d'hygiène**

Le laboratoire d'hygiène de référence de la wilaya de [Blida](#) contrôle périodiquement la qualité des eaux et des aliments des 25 communes qui composent cette wilaya. Créé en 1978, il a son siège depuis 1987 à côté de l'hôpital Ferroudja. Avant 1997, il assurait même des analyses relatives à la biochimie, l'hématologie, la sérologie, la microbiologie et autres.

#### **INSFP**

Une formation de niveau mondial l'institut national INSFP de Sidi Abdelkader (Blida) spécialisé dans la formation en industrie agroalimentaire Des formations de qualité et d'avenir l'institut national spécialisé en formation agroalimentaire de Sidi Abdelkader demeure le seul établissement à l'échelle nationale et relevant du secteur de la formation professionnelle qui forme des techniciens supérieurs spécialisés dans la production des corps

Notre interlocuteur nous fera savoir par ailleurs que des formations diplômantes en transformation céréalière, en contrôle de la qualité, en technologie de la conserve, des boissons, du lait et de ses dérivés sont disponibles en mode d'apprentissage au profit des stagiaires. Toutefois, et pour lancer le cursus, cela demeurera tributaire de l'implication des industriels et opérateurs économiques pour les prendre en charge puisque ces formations sont basées surtout sur la pratique au sein des entreprises.

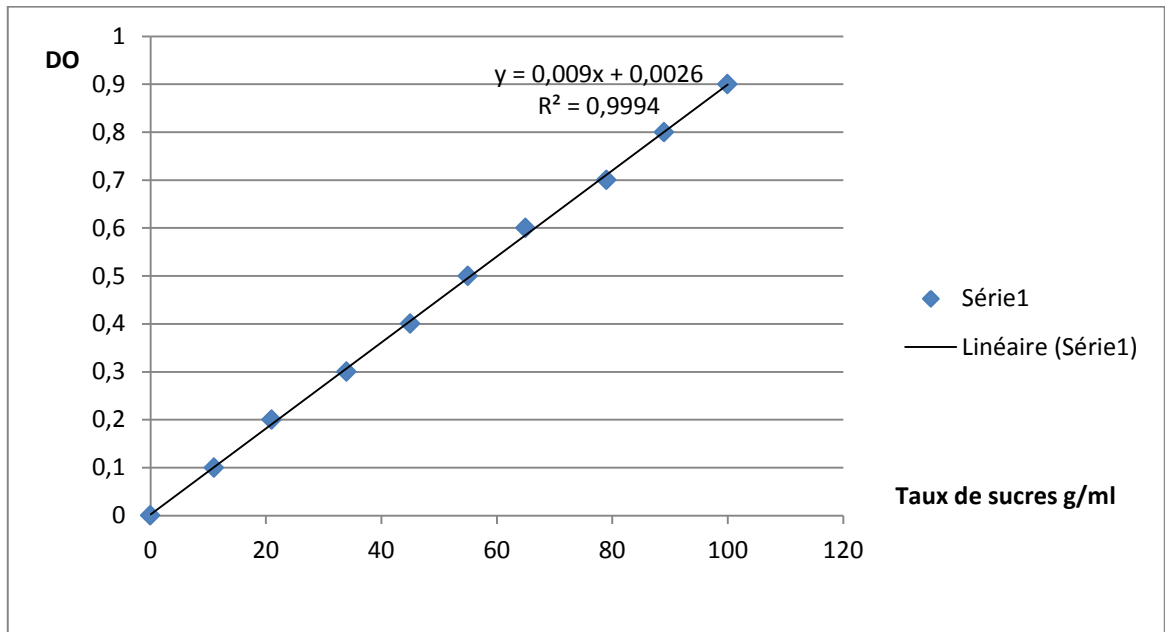
## **Annexe 2 : milieux de culture, réactifs et additifs utilisés**

- Gélose glucosée à l'oxytétracycline (OGA)
- Gélose viande fois (VF)
- Gélose Baird Parker
- Gélose PCA
- Giolliti cantonii
- Milieux sélectif de Rothe s/c
- Milieux sélectif VBL
- Boillon TSE
- Tellurite de potassium
- Alun de fer
- Eau distillée
- Catalyseur sulfate de potassium
- Catalyseur sulfate de cuivre
- Acide sulfurique concentrée 98%
- Acides sulfurique dilué
- Solution d'acide borique
- Bleu de bromotérol
- Rouge de méthyle
- Ether de pétrole
- Solution NaOH

### **Annexe3 : Appareillages utilisés**

- Agitateur magnétique muni de tamis
- Appareil Soxhlet
- Balance précise
- Bec bunsen
- Broyeur Stomacher
- Centrifugeuse
- Dessiccateur
- Distillateur
- Etuve d'incubation (25°C ,37°C)
- Four à moufle
- Matras de Kjeldahl
- Réfrigérateur
- Spectrophotomètre
- tamis 3150 $\mu$ m
- Thermomètre
- Verreries

## Annexe 4 : courbe d'étalonnage



# Annexe 5 : test de dégustation

## Test organoleptique

### • Couscous d'orge enrichi par la chlorelle

	Inacceptable	Médiocre	Moyenne	Bon	Excellent
Couleur				X	
Odeur			X		
Gout					X
Appréciation	Achebes Akhmed Akhmed				

	Inacceptable	Médiocre	Moyenne	Bon	Excellent
Couleur				X	
Odeur				X	
Gout					X
Appréciation	Dr Amel JOUMARD				

	Inacceptable	Médiocre	Moyenne	Bon	Excellent
Couleur				X	
Odeur				X	
Gout					X
Appréciation	UN MAGHREB COUS DE LA CHLORELLE M. BENTAKI				

	Inacceptable	Médiocre	Moyenne	Bon	Excellent
Couleur			X		
Odeur				X	
Gout					X
Appréciation	l'huile d'olive a stenu le gout des olives ABDELALI ABDELALI				

	Inacceptable	Médiocre	Moyenne	Bon	Excellent
Couleur				X	
Odeur				X	
Gout					X
Appréciation	Je prefere gout a l'huile d'olive. A BENNIMIA, AKI B.				

	Inacceptable	Médiocre	Moyenne	Bon	Excellent
Couleur				X	
Odeur				X	
Gout					X
Appréciation	l'huile d'olive a apporte un gout special MANFEE H. Zohra				



## Test organoleptique

### • Couscous d'orge enrichi par la chlorelle

	Inacceptable	Médiocre	Moyenne	Bon	Excellent
Couleur				X	
Odeur					X
Gout					X
Appréciation	le gout de l'huile d'olive associe a celui de la chlorelle est fort appreciable				

	Inacceptable	Médiocre	Moyenne	Bon	Excellent
Couleur					X
Odeur					X
Gout					X
Appréciation	Un excellent gout de la chlorelle.				

	Inacceptable	Médiocre	Moyenne	Bon	Excellent
Couleur				X	
Odeur				X	
Gout					X
Appréciation	bon gout a l'huile d'olive. Ayy				

	Inacceptable	Médiocre	Moyenne	Bon	Excellent
Couleur				X	
Odeur				X	
Gout					X
Appréciation	j'aime le gout de la chlorelle DOUJRI				

	Inacceptable	Médiocre	Moyenne	Bon	Excellent
Couleur				X	
Odeur				X	
Gout					X
Appréciation	Un Amore gout de la Chlreille R. Abdelhakim				

	Inacceptable	Médiocre	Moyenne	Bon	Excellent
Couleur				X	
Odeur				X	
Gout					X
Appréciation	j'aime le gout d'huile d'olive dans le couscous Kheyladi Wafiq				

## Annexe 6 : questionnaire

1. Numéro

2. Date de naissance

3. Sexe

4. Mesures anthropométriques

• Poids

• Taille

• Age

5. Combien de fruits mangez-vous par jour ?

6. Combien de légumes mangez-vous par jour ?

7. Est-ce que vous consommez des céréales complètes ?

8. Quelle est la quantité d'eau que vous consommez par jour ?

9. Est-ce que vous prenez des compléments ?

10. Est-ce que vous prenez des médicaments ?

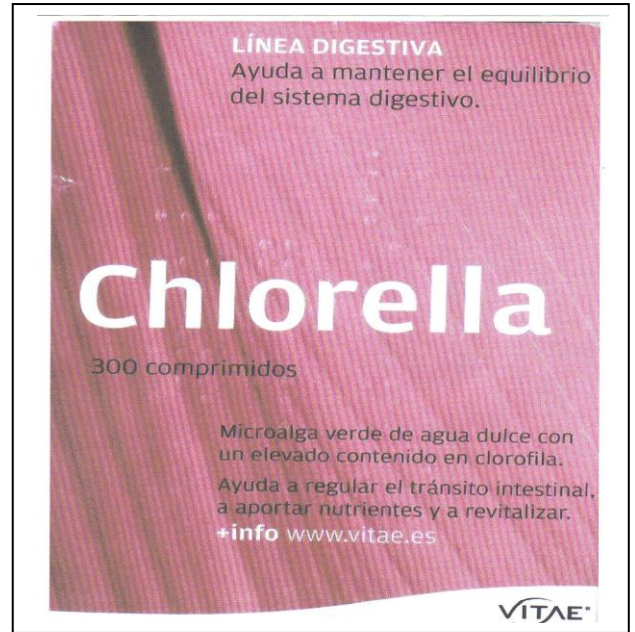
11. Est-ce que vous pratiquez un sport ?

12. Fréquence des selles par semaine

13. Présence de ballonnement ?

## Annexe 7 : images des comprimés de chlorella utilisés



*Chlorella pyrenoidosa* es una microalga unicelular de agua dulce, que existe sobre la tierra desde hace más de 2.500 millones de años. Tiene una elevada riqueza nutritiva y un alto contenido en clorofila.

**Ingredientes:** *Chlorella pyrenoidosa*.

Exento de conservantes, azúcar, sodio, levadura, colorantes y saborizantes artificiales y gluten.

Apto para vegetarianos.

**Modo de empleo**

Tomar de 3 a 5 comprimidos, 3 veces al día, preferentemente antes de las comidas, con abundante líquido.

**Peso neto:** 60 g.

**CHLORELLA®** ES UN COMPLEMENTO ALIMENTICIO. ALMACENAR EN LUGAR FRESCO Y SECO. MANTENER FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS. NO SUPERAR LA DOSIS DIARIA EXPRESAMENTE RECOMENDADA. LOS COMPLEMENTOS ALIMENTICIOS NO SON SUSTITUTOS DE UNA DIETA EQUILIBRADA. ES IMPORTANTE TENER UNA DIETA VARIADA Y EQUILIBRADA Y UN ESTILO DE VIDA SALUDABLE. CONSULTAR CON SU MÉDICO O FARMACÉUTICO SI TOMA ALGÚN MEDICAMENTO O SI SUFRE ALGUNA ENFERMEDAD ANTES DE EMPEZAR LA SUPLEMENTACIÓN.



Distribuido por:  
VITAE NATURAL NUTRITION S.L.  
C/ Vallès, 96-102 local G-29  
08172 Sant Cugat del Vallès (Barcelona)  
Fabricado en Bélgica

**Atención al cliente:** 902 222 304

[vitae@vitae.es](mailto:vitae@vitae.es)

R.S.I. 26.09412/B - R.S.I.P.A.C. 26.06040/CAT



**Análisis nutricional**

Por toma diaria

(Por 15 comprimidos)

*Chlorella pyrenoidosa*

3 g

Tamaño real



del comprimido

**Información nutricional**

(Por 100 g)

Proteínas	60,5 g
Hidratos de carbono	18 g
Grasas	11 g
Valor energético	425 kcal (1780 kJ)

Consumir preferentemente antes del fin de:

**LOTE: 2278/20E2**  
**CAD: 31/03/2014**

