

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université Blida I**

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**

**Département de Biologie et Physiologie Cellulaire**



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

**Option : Microbiologie et Toxicologie Alimentaire**

Effet de l'incorporation des grains de fenugrec  
*Trigonella foenum graecum* au couscous Mama sur la qualité  
organoleptique et physicochimique

Présenté par :

Behloul Souhila

Madjene Sarah

Date de soutenance :

20/09/2015

Devant les membres de jury :

- Président : Mr LARBI DOUKARA K. MAA. UB1
- Examinatrice : Mme Ben Mansour N. MAA.UB1
- Promotrice : Mme DEFFAIRI D. MAA. UB1.

Année universitaire : 2014/2015

# Remerciements

Avant toute chose, nous tenons à remercier Dieu le clément, le miséricordieux, qui nous a donné le courage et la patience de mener à bien ce travail.

C'est avec un grand plaisir que, nous adressons nos sincères remerciements à l'égard de Notre promotrice Mme Deffairi D. Maitre assistante A au département des sciences agroalimentaires Université Blida 1 pour ses efforts fournis, les conseils prodigués, sa patience et persévérance dans le suivi du travail.

Nous tenons à remercier les membres du jury qui ont bien voulu accepter de juger ce travail :

- Le président : **Mr LARBI DOUKARA Kamel**, Maitre assistant A à l'université de Blida
- L'examinatrice : **Mme Benmansour N.** Maitre assistante A à l'université de Blida 1

Nous tenons à remercier **Mr Moula M.**, directeur général de « moula pates » de nous avoir accueilli dans son entreprise.

Nos remerciements s'adressent aussi à tout le personnel du laboratoire de l'unité «Moula pates » qui nous ont aidés durant notre travail.

Nos remerciements vont également à tous nos enseignants ayant contribué à notre formation Mr Boukhatem M ,Mme ketfi S ,Mr meguatli .

Enfin Nous tenons à remercier toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

# Dédicace

Je dédie ce travail. À

Mes chers parents qui ont comblés ma vie de tendresse d'affection et de compréhension, Rien au monde ne pourrait compenser les efforts que vous avez consentis pour mon bien être, et la poursuite de mes études dans de bonnes conditions. Aucune dédicace, ne saurait exprimer à sa juste valeur le profond amour que je vous porte.

Puisse Dieu, vous procure santé, bonheur et longue vie.

A mes adorables frères, sœurs, ma famille et ma belle-famille.

A ma mère fatma et mon père rachide

A mon mari : Ismail qui a été toujours présents pour m'aider et m'encourager.

A mon fils et mon ange : Racim que dieu le garde pour moi incha-allah

A mes amis, pour leurs soutient et encouragements, et à ma binome Souhila que J'ai partagée avec elle des moments formidables.

Et toutes les personnes que je n'ai pas citées mais que je porte dans mon cœur et à ma promotion de MTA.

**Sarah**

# Dédicace

Avant toute dédicace je tiens à remercier « Allah » le tout puissant qui m'a donné le courage pour mener ce travail à terme.

A ma très chère mère et à mon très cher père, en témoignage et en gratitude de leur dévouement, de leurs soutien permanent durant tous mes années d'études, leur sacrifices, leurs réconfort morale, eux qui ont consenti tants d'efforts pour mon éducation, mon instruction pour me voir atteindre ce but, Pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mon affection sans limite.

A mes frères, mes sœurs, ma belle-sœur et toute ma famille et ma belle-famille.

A mon fiancé chérif qui a été toujours présent pour m'aider et m'encourager.

A mon ange Hibat-allah

A ma mère fatima et ma grande sœur samira

A mes amies : Nabila, Selma, Ichrak, Ouarda, Soumia, Nedjma, serena ,malak .

A Sarah que j'ai partagée avec elle des moments inoubliables.

A tous mes amis de l'université et mes camarades de classe de la promotion de MTA 2014-2015.

***Souhila***

## Liste des tableaux

Tableau N° I : Composition biochimique de couscous.....	p4
Tableau N° II : la valeur nutritionnelle pour 100g de couscous cru .....	p11
Tableau N° III : Composition biochimique des graines et feuilles du fenugrec.....	p16
Tableau N° IV : Constituants chimiques et principes actifs des graines du fenugrec .....	p16
Tableau N° V : les analyses effectués sur la semoule et couscous .....	p20
Tableau N°VI : Résultat de dénombrement de streptocoque .....	p42
Tableau N° VII : Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur l'eau.....	p55
Tableau N°VIII : Résultats d'analyses microbiologiques de l'eau.....	p56
Tableau N°IX : Résultats de la détermination de la teneur en eau (taux d'humidité) .....	p57
Tableau N° X : Granulométrie de couscous.....	p59
Tableau N° XI : Granulométrie de la semoule .....	p60
Tableau N°XII : Résultats de la détermination du taux de cendre en (%).....	p61
Tableau N° XIII : La teneur en gluten sec de la semoule de blé dur.....	p62
Tableau N°XIII : La teneur en gluten humide de la semoule de blé dur.....	p63
Tableau N°XV : Résultats de la teneur en protéines .....	p64
Tableau N° XVI : la délitescence du couscous.....	p66
Tableau N°XVII : Résultats du test de gonflement à chaud du couscous.....	p67
Tableau N°XVIII : Résultats du test de gonflement à froide du couscous .....	p68
Tableau N°XVIII : Résultats du test d'indice de couleur .....	p70
Tableau N°XX : Résultats de la teneur en lipides.....	p71
Tableau N°XXI : résultats des essais de cuisson des échantillons de couscous analysés.....	p72
Tableau N°XXII : Résultats des analyses microbiologiques de la différente dose d'incorporation de fenugrec. ....	p73
Tableau N° XXIII: résultats de test de dégustation .....	p75

## Résumé

L'objectif principal de ce travail réalisé au niveau de l'unité « Moula pates » BLIDA est l'incorporation de la poudre de fenouil grec *Trigonella foenum-graccum* à différentes doses (5g, 7g, 10g, 20g) dans le couscous dont le but est l'amélioration de la qualité nutritionnelle et organoleptique du couscous artisanal.

Les analyses physicochimiques effectuées sur la semoule de blé dur ont révélé les résultats suivant :

La poudres de fenugrec provoque une augmentation de la teneur de l'humidité (12,7% - 13,7%), du taux de cendre (0.82% - 0.89%), de la teneur en protéines (13.6%- 15.8%) et une légère augmentation de lipides (1% - 1,5%), donc nos résultats sont conforme aux normes.

Concernant les analyses microbiologiques, les résultats indiquent une absence totale des moisissures ainsi que des spores *Clostridium sulfito-réducteur*.

Sur le plan organoleptique notre couscous artisanal révèle une bonne acceptabilité par le jury de dégustation. (Couscous à 5g et 7g)

l'incorporation de la poudre de fenugrec est une approche très intéressante, d'un point de vue sensoriel et nutritionnel, en effet, l'enrichissement de la semoule par la poudre de fenugrec dans le couscous à 5g et 7g a permis l' amélioration de la qualité nutritionnelle du couscous.

Ainsi que l'amélioration du goût, et de la saveur,

**Mot clés :** Couscous artisanal, Fenugrec, Qualité nutritionnelle, Qualité organoleptique, Semoule.

# Sommaire

<b>Introduction</b> .....	p1
---------------------------	----

## **Chapitre I : Synthèse bibliographique**

### **I. le couscous artisanal**

I.1.L'historique de couscous .....	p2
I.2.Définition .....	p3
I.3. les type de couscous .....	p3
I.4.Composition biochimique du couscous.....	p4
I.5. Procédés de fabrication du couscous artisanal .....	p5
I.6.Etude de la qualité et les valeurs de couscous .....	p8
I.7.Qualité culinaire du couscous .....	p9
I.8.La valeur nutritionnelle.....	p10
I.9.La qualité hygiénique.....	p12
I.10.La valeur couscoussière.....	p13

### **II-le fenugrec**

II.1.Etymologie.....	p14
II.2 Description .....	p14
II.3 Classification botanique.....	p14
II.4.Habitat et culture.....	p15
II.5 Constituants chimiques et principes actifs des graines du fenugrec .....	p16
II.6 Alimentations.....	p17
II.7 Propriétés médicinales.....	p17
II.9 Contre-indications.....	p18

## Chapitre II : Matériels et méthodes

I. Objectif de cette étude .....	p19
II. Méthodes et méthodes	
II.1. Matériels biologique .....	p19
II.2. Matériels non biologique.....	p19
III. Méthode expérimental	
III.1. Echantillonnage.....	p19
IV. Méthodes d'analyses physico-chimiques	
IV.1. L'eau.....	p21
IV.1.1. Détermination de pH d'eau .....	p21
IV.1.2. Détermination du TA.....	p21
IV.1.3. Détermination du TAC.....	p22
IV.1.4. Détermination de TH .....	p23
IV.2. Analyses physico-chimiques de la semoule	
IV.2.1 Teneur en eau (Taux d'Humidité).....	p24
IV.2.2 Taux d'affleurement (Granulation).....	p25
IV.2.3 Taux de cendres.....	p26
IV.2.4 Détermination du gluten .....	p27
IV.3 Analyses physico-chimique du Couscous	
IV.3.1 Teneur en eau (Taux d'Humidité).....	p28
IV.3.2 Taux d'affleurement (Granulation) .....	p29
IV.3-3 Détermination des cendres .....	p30
IV.3.4 Indice de gonflement du couscous .....	p31
IV.3.5 La délitescence .....	p32
IV.3.6 indice de couleur.....	p32
IV.3.7 Détermination de la teneur en lipides .....	p33
IV.4 Méthodes d'analyses microbiologiques	
IV.4.1 Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux .....	p34
IV.4.2 Recherche et dénombrement des Coliformes Totaux .....	p37

IV.4.3 Recherche et dénombrement des Streptocoques.....	p42
IV.4.4 Recherche dénombrement des Spores d'Anaérobies Sulfito-Réducteurs .....	p45
IV.5 Analyses microbiologiques de Semoule et Couscous	
IV.5.1 Préparation des dilutions.....	p47
IV.5.2 Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfito-Réducteurs .....	p50
IV.5.3 Recherche et dénombrement des Moisissures .....	p53

### **Chapitre III : Résultats et discussion**

I. Résultats et interprétation des analyses physico-chimiques	
I.1. Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur l'eau .....	p55
I.2 Résultats d'analyses microbiologiques de l'eau .....	p56
II. Résultats et interprétations des échantillons du couscous artisanal à différents taux d'incorporation de fenugrec	
II.1 Résultats de la teneur en eau (taux d'humidité).....	p56
II.2 Résultats de taux d'affleurement (Granulation) .....	p58
II.3 Résultats du taux de cendre .....	p61
II.4 Résultats de taux en gluten .....	p62
II.5 la Teneur en protéine.....	p63
II.6 Délitescence.....	p66
II.7 test de gonflement.....	p66
II.8 Résultats du test d'indice de couleur. ....	p69
II.9 la teneur en lipides .....	p71
II.10 test de cuisson .....	p72
III. les analyses microbiologiques	
IV. Evaluation sensorielle du couscous artisanal avec fenugrec à différents taux d'incorporation .....	p74
<b>Conclusion</b> .....	p78

### **Référence bibliographiques**

### **Annexes**

## Summary

The main aim of this achieved work at the level of « Moula pates » factory in Blida is to integrate the Greek fennel powder (fenugreek) at different doses (5g, 7g, 15g, 20g) in the couscous, which aims to improve the nutritional and sensory value of domestic couscous.

The physio-chemical analyzes of hard wheat semolina reveal the following results:

Fenugreek powder causes an increase in the ratio of humidity (12, 7% -13, 7%) and an increase in the ratio of proteins (13.6%- 15.8%), a slight increase in the ratio of fat (1% - 1, 5%), which remain compatible with the standards.

With regard to microbiological analyzes, the results reveal a complete absence of rot, spores and Clostridium.

From the sensory side, couscous revealed a good acceptance from the taste committee the integration of the powder is a very interesting approach from sensory and nutritional side, it is useful in enriching the flour. Fenugreek powder provided couscous with 5g and 7g to improve the nutritional value of couscous and to improve the taste and flavor as well.

**Keywords:** Domestic couscous. Powder fenugreek. Nutritional and sensory value. Flour

---

## Introduction

Les céréales ont toujours occupé une place prépondérante dans l'alimentation humaine, longtemps considérées comme des aliments énergétiques par leurs richesses en glucides, elles constituent néanmoins une source importante de protéines 80% et 70% des calories, Par conséquent, l'alimentation actuelle non pas insuffisante, mais déséquilibrée par le trop grand apport des céréales pauvre en lysine (**ouanane et autran, 2001**).

Parmi les pâtes traditionnelles, le couscous vient en tête des pâtes consommées par la famille algérienne, (**derouiche, 2003**). **boudreau et al. (1992)** décrivent le couscous comme une semoule de blé dur étuvée et agglomérée en granules constituent de protéines fibre, phosphore, glucides et en vitamines et pauvre en lipides et en sodium.

La supplémentation des céréales par des aliments riches en lipides, minéraux est donc une solution intéressante, mais le choix de supplément doit adapter aux besoins et aux habitudes alimentaires des populations.

Le fenugrec est un aliment, médicament se caractérise par sa richesse en Lipide (6-10%) triglycéride, phospholipide, de Protéine (23-30%) (**Teuscher et al., 2005**). Possède une activité hypoglycémiant grâce à la 4-hydroxyisoleucine en agissant sur la sécrétions de l'insuline pancréatique et une activité hypocholestérolémiant, il est proposé pour son action stimulant l'appétit...etc.

En effet notre travail s'inscrit dans le contexte d'améliorer la valeur nutritionnelle du couscous artisanal, et obtenir un produit alimentaire diététique satisfaisant aux différents besoins de consommateurs. On étudie l'effet de l'incorporation de grains de fenouil grec *trigonella foenum-graccum* au couscous Mama sur la qualité organoleptique et physicochimique à différentes doses d'incorporation (5 %, 7% ,10 %,20 %).

Notre travail se compose de trois parties essentielles :

1. Obtention de la poudre de fenugrec par un simple broyage ;
2. Elaboration d'un couscous artisanal enrichi par cette poudre ;
3. des analyses physicochimiques, microbiologiques et organoleptiques sont réalisées sur le produit fini (couscous artisanal).

## ملخص

الهدف الرئيسي من هذا العمل المنجز على مستوى مصنع Moula pâtes بالبلدية هو دمج مسحوق الشمر اليونانية (الحلبة) على جرعات مختلفة (5غ, 7غ, 15غ, و20غ) في الكيس والذي يهدف إلى تحسين القيمة الغذائية والحسية للكسكس التقليدي.

إن التحليلات الفيزيوكيميائية لسميد الفحم الصلب يكشف عن النتائج التالية:

مسحوق الحلبة يسبب زيادة في الرطوبة (12,7% - 13,7%) زيادة في نسبة البروتينات (13,6%- 15,8%) و زيادة طفيفة في نسبة الدهون (1% - 1,5%) والتي تبقى متوافقة مع المعايير.

و فيما يتعلق بالتحليلات الميكروبيولوجية فإن النتائج تكشف عن غياب كامل للعفن والبوغ, كلوستريديوم.

و من الجانب الحسي فإن الكسكس يكشف عن قبول جيد لدى لجنة التذوق.

دمج مسحوق الحلبة هو نهج جد مثير للاهتمام من جهة حسية و غذائية و في الواقع حيث يفيد إثراء الدقيق وإغنائه قد أتاح لمسحوق الحلبة في الكسكس ب (5غ, 7غ) لتحسين القيمة الغذائية للكسكس و كذلك تحسين الطعم و النكهة.

الكلمات الرئيسية: مسحوق الحلبة، الكسكس لتقليدي. قيم غذائية وحسية. دقيق القمح.

# Chapitre I :

## Synthèse bibliographique

## I- Le couscous

### I-1-L'historique de couscous

#### • Quand et qui à l'origine du « KUSCUSUN »

Les traces de couscoussiers en terre datant du IXe et Xe siècle, indispensable pour la préparation du couscous, nous autorise à penser qu'il existait bien avant l'arrivée des arabes, puisqu'il est directement lié à la civilisation berbère.

L'on sait qu'au VIII siècle, le repas d'un Imam Rustumide de Tahert se composait de galettes réchauffées mises miettes et arrosées de miel fondu «fatit ou fêtât », qu'il soit dit en passant, le fêtât se prépare et se mange encore de nos jours, lors des naissances ou des décès de cette délicieuse manière.

De plus, le traitement de la semoule par dessiccation, sans exclure les autres procédés de conservation, est un procédé qui caractérise l'Afrique et plus particulièrement l'Afrique du nord, mais qui ne dépasse pas la Tripolitaine à l'est.

Les grains séchés ainsi, une fermentation spontanée s'amorce, les grains sont ensuite réhydratés. Cette réhydratation se fait et à la vapeur aspersion d'eau froide à chaque cuisson. Cette vapeur d'eau va se perdre, elle ne sera pas condensée.

Cette préparation permettait aux nomades d'emporter des sacs de grains de blé dur précuits. Le principe de cette cuisson à la vapeur, fondamental, semble bien remonter à l'antiquité puisque, des couscoussiers ont été trouvés dans des sépultures de l'époque de Massinissa.

En Espagne, selon Lucie Bolens dans son livre la cuisine andalouse, un art de vivre, la plus ancienne actuellement connue sur le couscous a été écrite par Ibn Razīn al Tudjībī al-Andalousie dans son livre les Reliefs de la table (fadâlat Al - Khiwân) « On prend un agneau gras dont on enlève la peau. On lui ouvre le ventre pour en retire les entrailles. On nettoie à l'intérieur et on l'induit de graisse mélangée avec les mêmes épices que pour faire des boulettes. Quand le couscous est prêt, on le travaille avec du beurre, du nard, de la cannelle et un peu de macis ; on farcit l'agneau que l'on recoud ensuite, y compris le cou. on saupoudre le tous avec de la cannelle et du nard et on mange ». Ainsi, la tradition du couscous va s'ajouter à celle de la panade dont il semble avoir été une variante pour les andalous. (BOUKLI, 2002).

## I-2-Définition

Le couscous est le plat national de l'Algérie. Il serait dérivé de l'arabe classique kouskous et du berbère késksu et possède différentes dénominations sur tout le territoire national « tabercouchet » « taim » « lam » « hawar » et « barbocha », qui désignent à la fois la semoule de blé dur et le plat lui-même d'autres avancent qu'il proviendrait du mot arabe kaskas, qui signifie « broyer » piler (anonyme, 2004).

C'est un aliment constitué de protéines, fibres, glucides et & vitamines B3, il est pauvre en lipides et en sodium (Arkoun, 2004).

La présentation d'un couscous est celle d'une semoule du blé dur mais avec des grains sphériques d'un diamètre moyen de 1.2mm, le pourcentage de consommation de fin et de moyen dépend des habitudes alimentaires du pays mais est en moyenne de 80% pour le couscous moyen et 20% pour le couscous fin (PERAIN 2002).

## I-3 Les type de couscous

### I-3-1 Le couscous de blé dur

Le couscous est un produit composé de semoule de blé dur est ajoutée l'eau potable et il est soumis à des traitements mécaniques (malaxage et roulage) et thermique (pré cuisson et décharge) Aucun additif alimentaire ni aucun autres ingrédients n'entrent dans la composition de ce produit sauf éventuellement l'eau d'hydratation utilisée pour l'agglomération de la semoule. (AFNOR, 1991)



Figure n°1 : plat du couscous (photos original)

### I-3-2 Le couscous d'orge

Le couscous d'orge est présent actuellement sur le marché français sous le nom « Sekssou Al Belboula » ou « Tchicha », très répandu au Maroc. Ce couscous est élaboré à partir de la semoule d'orge, et il est toujours accompagné de légumes ou de petit lait lors de présentation. Son procédé de fabrication est semblable à celui du couscous de blé dur.

(Anonymes, 2002)

### I-4- Composition biochimique du couscous

La composition biochimique du couscous est presque identique à celle des semoules utilisée dans sa préparation, ainsi le tableau I rapporte quelques valeurs de la composition biochimique du couscous.

**Tableau n° I :** Composition biochimique de couscous

Composant	Composition moyenne
Glucides	65-70%
Protéines	8-12%
Lipides	0.6-2%
Eau	12-13%
Calories	1400KJ
Vitamines (mg/100g)	1.04
Minéraux (mg/100g ms)	87.20

(Djender et al., 2004)

### I-5- Procédés de fabrication du couscous artisanal

Le processus de fabrication du couscous artisanal diffère d'une région à une autre, cependant les principales étapes de fabrication sont les mêmes :

#### 1- Le malaxage

La semoule est grosse est arrosée avec de petite quantité d'eau, avec une dose de fenugrec malaxé avec les mains puis séchée avec de la semoule fine, l'opération est répétée jusqu'à l'obtention du diamètre souhaité (**anonyme, 2004**).

Le taux d'hydratation des semoules et la durée du malaxage agissent sur la qualité culinaire du couscous et sur le rendement de fabrication et facilite l'opération du roulage (**Bourad et Ferrat, 2002**).



**Figure n°2 : malaxage du couscous artisanal (photos original)**

#### 2- Le roulage

Une fois l'opération de malaxage achevée, le couscous obtenu est roulé par un mouvement de vas et vient de la paume des mains afin d'assurer un bon mélange et favoriser l'absorption de l'eau ; on continue le roulage tout en ajoutant la semoule fine jusqu'à l'agglomération de la semoule pour en faire des particules grosses, homogènes et de formes régulières (**Bendjoudi ouada et Tigroudja, 1999**).

Selon **Vettou (1998)**, le roulage est l'opération de mise en forme du couscous par agglomération des particules de semoule hydratée.



**Figure n°3 : roulage du couscous artisanal (photos original)**

### 3- Tamisage

Selon **(Debbouz et al., 1994)**, pour assurer l'homogénéité du couscous, deux tamisages sont effectués: Le premier vise à éliminer les gros grumeaux qui sont formés au moment de l'agglomération.

Le second tamisage élimine les particules fines de la semoule qui ne sont pas agglomérées et qui seront recyclées.



**Figure n°4 : Tamisage du couscous artisanal (photos original)**

Le taux de grumeaux dépend de la granulométrie de la semoule utilisée.

#### 4-Pré cuisson

Selon **Guezlane (1993)**, le pré cuisson constitue le traitement hydro thermique obligatoire que l'on impose au couscous juste après l'avoir mis en forme pour gélatiniser l'amidon (intérêt nutritionnel) et éviter d'autre part l'agglomération des parlures de couscous au cours de la réhydratation, le temps nécessaire pour le pré cuisson est égal à 10 minutes.



**Figure n°5 : Précuissons du couscous artisanal (photos original)**

#### 5-Séchage

Selon **bendjoudiouadda et Tigroudja (1999)**, le séchage consiste à abaisser le taux d'humidité de couscous (30%) après sa pré cuisson jusqu'à 12 à 15% en fin de séchage de manière à stabiliser le produit fini el à lui d'assurer une meilleure conservation. Annexe n 03

Le couscous est étalé sur une ligne propre, à la température ambiante el à l'abri des poussières pendant 2 à 3jours.



**Figure n°6 : Séchage du couscous artisanal (photos original)**

## **I-6-Etude de la qualité et les valeurs de couscous**

### **1-Notion de la qualité**

Selon **GUEZLANE, 1993**, la qualité du couscous est une notion difficile à appréhender, elle est la possibilité d'une semoule de donner un couscous de granulométrie régulière et homogène, possédant une capacité d'absorption suffisante et qui après cuisson, ses grains doivent rester bien individualiser sans se déliter, ni se coller entre eux.

La qualité d'un couscous regroupe deux notions distinctes à savoir :

- Aspect de couscous sec.
- Qualité culinaire du couscous.

**2-Aspect du couscous sec :** on peut étudier trois (03) paramètres :

#### **A- Granulométrie**

Elle doit être uniforme, que se soit pour le couscous gros ou le fin car le consommateur attache une grande importance à la régularité et à l'homogénéité de la taille du grain du couscous,

#### **B- Les piqûres**

La présence des piqûres de sons dans les semoules apparaît sous forme de taches brunes sur les

grains de couscous et l'existence des piqûres blanches sur les grains de couscous est due à une mauvaise hydratation ou à l'utilisation des semoules mitadinées affectent l'aspect de sire de couscous,

### **C- La couleur :**

La couleur jaune ambré est un critère qui attire l'attention du consommateur

### **I-7 Qualité culinaire du couscous :**

La notion de cuisson du couscous regroupe quatre paramètres à savoir :

- Le temps de cuisson.
- Le gonflement (l'absorption de l'eau).
- Le collant.
- Pertes de matière dans l'eau de cuisson.

### **A- Le temps de cuisson**

C'est le temps nécessaire pour que la valeur d'eau traverse les particules de couscous, et atteint la couche supérieure du produit.

### **B- Le gonflement**

On a aussi l'absorption d'eau : c'est la quantité d'eau absorbé par le couscous après cuisson. Le gonflement du couscous dépend du temps de cuisson appliqué, de la quantité d'eau ajoutée et de la dimension des granules de couscous et la quantité de gluten.

### **C- le collant**

L'état de surface de produit dépend surtout de la teneur en protéine des semoules livrées et de l'opération de roulage.

-Un grain lisse et bien serré colle moins qu'un grain lâche et rugueux.

-Le problème majeur qui se pose actuellement pour l'industrie du couscous précuit est la remontée du collant, qui s'explique par la qualité des lipides complexes limitée dans la semoule, ce qui va favoriser la diffusion et la solubilisation de l'amidon dans la masse de grain de couscous, d'où l'augmentation de collant.

#### **D- perte de la matière première**

Un bon couscous ne se délite pas lorsqu'on lui ajoute de la sauce bouillante, Plus la perte en matière sèche est élevée, moins bonne sera sa qualité culinaire.

Les pertes à la cuisson, nous renseignons sur le degré de désagrégation du couscous.

**(FEILLET, 2000)**

#### **I-8 La valeur nutritionnelle**

Le plat de couscous est considéré comme un bon exemple de l'équilibre alimentaire, nous avons d'abord une base de semoule sur laquelle est mis un tas de légumes variés puis de la viande, les matières grasses et les épices viennent en plus; la proportion en quantité est bonne entre glucides lents (40 %), légumes (30 %), viande (20 %), huiles et condiments (10 %). On trouve un équilibre adéquat de sucres complexes, lipides et protéines (végétales, animales), le tout associé à une multitude de substances végétales bioactives indispensables à la santé **(Truchot, 2009)**.

**Tableau n° II : La valeur nutritionnelle pour 100g de couscous cru**

<b>Composés</b>	<b>Quantité</b>
<b>Energie</b>	<b>376 k cal ou 1572 kJ</b>
<b>Protéine</b>	<b>12.76</b>
<b>Lipides totaux</b>	<b>0.64</b>
<b>Glucides assimilables</b>	<b>73.59</b>
<b>Fibres alimentaires totales</b>	<b>3.84</b>
<b>Vitamines (mg)</b>	
<b>Vitamine B9</b>	<b>20</b>
<b>Vitamine B3</b>	<b>3.49</b>
<b>Vitamine B 5</b>	<b>1.23</b>
<b>Thiamine ou vitamine B1</b>	<b>0.16</b>
<b>Vitamine B6</b>	<b>0.11</b>
<b>Minéraux (mg)</b>	
<b>Calcium</b>	<b>24</b>
<b>Fer</b>	<b>1.8 44</b>
<b>Magnésium</b>	<b>170</b>
<b>Phosphore</b>	<b>166</b>
<b>Potassium</b>	<b>10</b>
<b>Sodium</b>	

<b>Zinc</b>	<b>0.83</b>
<b>Cuivre</b>	<b>0.24</b>
<b>Manganèse</b>	<b>0.78</b>
<b>Les acides aminés(g)</b>	
<b>Tryptophane</b>	<b>0.16</b>
<b>Isoleucine</b>	<b>0.49</b>
<b>Leucine</b>	<b>0.87</b>
<b>Lysine</b>	<b>0.24</b>
<b>Méthionine</b>	<b>0.19</b>
<b>Tyrosine</b>	<b>0.33</b>
<b>valine</b>	<b>0.54</b>

(SOUCCAR ,1992)

### **I-9-La qualité hygiénique**

La qualité hygiénique de couscous, considéré comme excellente, ne pose pas de problème particulier, bien que les micro-organismes trouvent un milieu favorable à développement au cours du séchage, généralement, seules des bactéries saprophyte, dont la présence ne constitue aucun danger, se développent dans le couscous. Dans quelque cas isolés des organismes pathogènes, tels que des Staphylocoques et des Salmonelles, ont cependant été détectés.

(FEILLET, 2000).

**I-10-La valeur couscoussière :**

Le couscous est une semoule étuvée et agglomérée en granules de 1 à 2mm de diamètre, il est fabriqué à base de la semoule de blé dur par un procédé industriel ou artisanal.

La valeur couscoussière d'une semoule se caractérise par une teneur en protéines (13.5%) et un bon état de conservation illustré par un taux d'acidité conforme aux normes. Les types des semoules destinées à la fabrication du couscous sont de granulométrie supérieure à celle des semoules orientées vers les pâtes alimentaires, elles possèdent une couleur jaune ambrée nécessaire pour l'obtention d'un couscous de bel aspect recherché par le consommateur

**(ALANE et KHALFAOUI, 2005)**

Un couscous de la bonne qualité doit répondre à quelques critères clés : à l'état sec, il doit être de granulométrie régulière et homogène ; à l'état cuit, le couscous doit présenter une capacité importante des grains à s'agglomérer, une légèreté et une versatilité ainsi qu'une bonne capacité d'hydrations (gonflement).

**(ANONYME, 2005)**

## II. Le fenugrec (*Trigonella foenum graecum L.*)

### II.1. Etymologie

Le nom latin du fenugrec, *Trigonella foenum graecum*, évoque la forme anguleuse de ses grains « trigoneia » et son utilisation à Pépoque antique puisque « foenum graecum » signifie « foin grec » (Small et Colting, 2000).

Il possède plusieurs noms : sénegré, sénegrain trigonelle

Le nom anglais : fenugreek

Le nom arabe : helba ou holba (Delille, 2007).

### II.2 Description

Plante annuelle, pouvant atteindre 60 cm de hauteur

Feuilles composées de trois folioles ovales (proche de celles du trèfle)

Fleurs de couleur blanc jaunâtre

Fruits sous forme de gousses renfermant 10 à 20 graines

Graines de forme anguleuse, couleur brun clair, à forte odeur caractéristique (en Mycologie, « odeur de fenugrec » pour qualifier les composants aromatiques de certains champignons (JeanSébastien Volpé et al., 2009).

### II.3 Classification botanique

La classification botanique de *Trigonella foenum graecum L.* établie par Shanenburg (1997) est comme suit:

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Embranchement : Magnoliophyta

Sous embranchement : Magnoliophytina

Classe : Magnoliopsida

Sous classe: Rosida

Famille : Fabaceae

Genre : Trigoneila

Espèce Trigoneillafoenum groecum L.

#### II.4 Habitat et culture

Originnaire d'Afrique du Nord et des pays riverains de la Méditerranée orientale et enAsie mineure ainsi qu'en Argentine et de l'Australie (**Schauenburg, 1997**), le Fenugrec pousse sur les terrains incultes et fait l'objet de cultures abondantes notamment en inde (**Burnie et al., 2006**).

Le fenugrec préfère les sols riches en nutriments, légèrement calcaires et pas trop légers ainsi que des endroits chauds et ensoleillés. Les semis s'effectuent début avril sur des rangées espacées de 25cm. Les graines ne doivent pas être enfouies en terre à une profondeur supérieure à 3cm (**Teutscher et al., 2005**).



Figure 7 : graines et feuilles de fenugrec (Weill et Batteux, 2003)

**Tableau n° III** : Composition biochimique des graines et feuilles du fenugrec

Parties utilisées	Humidité	Protéine	Graisse	Minéraux	Fibre	Hydrates et carbonés
feuille	86,1	4,4	0,9	1,5	1,1	6
Graine	13,7	26,2	5,8	3	7,2	44,1

(Teuscher et *al.*, 2005)**II.5 Constituants chimiques et principes actifs des graines du fenugrec****Tableau n° IV** : Constituants chimiques des graines du fenugrec

Constituants chimiques	Principes actifs
<b>1-Huile essentielle</b>	Renfermant notamment du 4,5diméthyl-36hydroxy-2(5h)-furanone (sotolone) et de la 3-hydroxy-méthyl 2(5h) furanone (responsable de l'odeur typique des graines).
<b>2. – Trigonelline</b>	La trigonelline est un alcaloïde dont la formule chimique est : C <sub>7</sub> H <sub>7</sub> N <sub>02</sub> (N-methyl-pyridinium-3-carboxylate). C'est un produit du métabolisme de la niacine (vitamine B3) qui est excrétée dans l'urine.
<b>3.- Saponine</b>	1,2 à 3 %, les graines mures et non broyées renferment des 3, 2,6 bidesmoside de M -furosténe et zSS-throsténe ou de Sa furostane.
<b>4.- Ester peptidique</b>	de la diasgénine et la foenugraecine.
<b>5.- Flavonoïdes</b>	notamment des hétérosides de flavones comme la vetexine.
<b>7- Mucilages</b>	20-45% de (1-4) manone substitué en position a (1-6) avec un résidu glactosyl.
<b>8- Lipide</b>	6-10% triglycéride, phospholipide.
<b>9 – Stérols</b>	avec principalement le cholestérol.
<b>10. – Protéine</b>	23-30% riche en L-lysine et en L .tryptophane
<b>11. Inhibiteurs de protéases</b>	Inhibiteurs de protéases Bawman- Birk polypeptides inhibant la trypsine et la chymotrypsine.

(Teuscher 2005)

## II.6 Alimentation

Le fenugrec se trouve dans l'alimentation sous forme de :

- **poudre**, entrant dans la composition de certains mélanges d'épices : curry, ras el hanout , colombo, ...
- **graines rôties ou grillées** : plats de légumes mijotés, épinards, pommes de terre, chutneys, poissons, ... (Teuscher et al., 2005).

On retrouve souvent le fenugrec dans la cuisine indienne (poulet tikka), réunionnaise (carri), d'Afrique du Nord (tagine, couscous), antillaise (colombo), européenne, sauce curry accompagnant différentes préparations culinaires, le thé.

Les feuilles de fenugrec sont consommées en salade ou sous forme cuite.

## II.7 Propriétés médicinales (Raymond, 2011; Teuscher et al., 2005 ;Delille, 2007)

Le fenugrec constitue l'une des nombreuses légumineuses possédant des propriétés thérapeutiques connues depuis des siècles. Certaines gélules ont été fabriquées à base de fenugrec et sont préconisées pour la prise de poids, l'augmentation de l'appétit chez les personnes souffrant d'anorexie et de diabète léger.

- Hypoglycémiant:
- Hypocholestérolémiant
- Nutritif et anabolique
- Apéritif et digestif
- Gá lactagogue
- Émollient
- Anti inflammatoire
- Tonique hépatique et pancréatique
- Tonique sexuel

- Anti émétique
- Emménagogue et parturiente
- Antiviral et antifongique

## **II.8 Contre indications**

Des essais cliniques et toxicologiques ont démontré que l'utilisation normale des graines de fenugrec est sans danger, même à long terme en théorie, pourrait augmenter l'effet des médicaments antiplaquettaires, anticoagulants ou hypoglycémiant pendant la grossesse elle pourrait potentiellement contribuer à déclencher les menstruations et les contractions (**Teuscher et al., 2005**).

## I. Objectif de cette étude

Cette étude a été effectuée au niveau de l'unité « Couscous Mama » à Blida durant une période de 3 mois du mois de mars au mois de juin 2015, dont l'objectif principal est l'étude de l'effet de l'incorporation des grains de fenouil grec *trigonella foenum-graccum* au couscous artisanal sur la qualité physicochimique, microbiologique et organoleptique.

Afin d'assurer au consommateur la qualité organoleptique et nutritionnelle de produit alimentaire.

## II. Matériel et méthodes

### II.1 Matériels biologique

En premier lieu nous avons effectué des analyses physico-chimique et microbiologique sur les matières premières, à savoir :

- L'eau de robinet
- La semoule.
- le fenugrec
- le couscous avec les 4 doses
- le couscous témoin

### II.2 Matériel non biologique

Appareillage, verreries, milieux de culture et réactif voir annexes 01 et 02

## III. Méthodes expérimental

### III.1 Echantillonnage

L'échantillonnage a pour but de prélever les échantillons les plus représentatifs possibles d'un lot de produit. Un échantillonnage correct est une opération qui exige le plus grand soin, pour cela le prélèvement nécessite l'utilisation d'un matériel propre et stérile pour ne pas altérer au contaminer la composition et les propriétés des échantillons prélevés. (C E) n° 2073/2005.

L'essai de fabrication de couscous artisanal incorporé en fenugrec à incorporer les différentes doses de la poudre de fenugrec dans la semoule de blé utilisé pour le roulage, les taux d'incorporation sont : 5g, 7g, 15g, 20g de poudre de fenugrec.

L'achat d'une quantité de fenugrec environ de 500 g.

La quantité des échantillons de couscous avec 4 doses prélevé été environ 4 kg et environ 1 kg de couscous témoin.

Broyage et tamisage de grains de fenugrec par un broyeur manuel a pour but d'obtention une poudre homogène dans laquelle les particules sont fines en raison de 3 à 4 mm de diamètre.

Nos analyses ont touché 4 échantillons de couscous incorporées avec des doses différentes de fenugrec (5g, 7g, 15g, 20g).

Les analyses physico-chimique, microbiologique effectuées sont représentées dans le tableau n° V :

**Tableau n° V : Les analyses effectuées sur l'eau , la semoule et couscous :**

<b>Produits / Analyses</b>	<b>Physico-chimique</b>	<b>Microbiologique</b>	<b>Organoleptique</b>
<b>Eau</b>	<b>(pH)-(TA)-(TAC)-(TH)-</b>	<b>(GAMT)-(CT)-(STREP.F)-(C.S.R)</b>	–
<b>Semoules</b>	<b>Teneur en eau</b>	<b>Recherche et dénombrement des moisissures</b>	–
	<b>Teneur en protéine</b>		
	<b>Taux de cendre</b>	<b>Recherche et dénombrement clostridium</b>	
	<b>Taux de gluten</b>		
<b>Indice de couleur</b>			
<b>Couscous</b>	<b>Teneur en eau</b>	<b>RD des moisissures</b>	<b>Le test de cuissons</b>
	<b>taux d'affleurement</b>		
	<b>Taux de cendre</b>		
	<b>Indice de couleur</b>	<b>RD des C.S.R.</b>	
	<b>Taux de gonflement</b>		
	<b>Délitescence</b>		
<b>Fenugrec</b>	<b>Teneur en protéine</b>	<b>RD des C.S.R.</b>	–
	<b>Taux de centre</b>	<b>RD des moisissures</b>	
	<b>Teneur en eau</b>		

RD : recherche et dénombrement

**Méthodes d'analyses physico-chimiques****IV-1- L'eau****1-1/ Détermination du pH****❖ Principe**

Le pH est mesuré directement à l'aide d'un pH-mètre. Un pH-mètre comporte deux parties :

- une sonde constituée de deux électrodes trempant dans la solution aqueuse dont on veut mesurer le pH.
- un boîtier électronique relié à la sonde qui affiche la valeur du pH.

Les valeurs des constantes a et b sont ajustées grâce à un étalonnage du pH-mètre.

**❖ Mode opératoire**

- Mise sous tension du pH-mètre.
- Mettre l'appareil sur pH.
- Introduire l'électrode dans la solution à contrôler. - Laisser la valeur indiquée se stabilisée.
- Faire la lecture du pH directement sur l'écran.
- Rincer l'électrode par eau distillée après chaque utilisation.

**❖ Résultat**

Lecture directe de la valeur pH sur le pH-mètre.

**1-2/ Détermination du titre alcalimétrique TA : (AFNOR, 1986)****❖ Définition**

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en ions hydroxydes et de la demi-concentration en ions carbone.

$$TA = [OH] + 1/2 [CO_3]$$

**❖ Principe**

La détermination de TA et TAC est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré.

**❖ Mode opératoire**

- Prélever 100ml d'eau à analyser dans bêcher, ajouter 2 ou 3 gouttes de la solution alcoolique de phénolphthaléine (1%).

S'il y a apparition d'une coloration rose : présence de  $H_2CO_3$  libre à l'état de traces.

$V_1$  : est le volume d'acide sulfurique (N / 10) de virage de la couleur rose.

**❖ Expression des résultats**

Le titre alcalimétrique exprime en degré français et donné par la relation :

$$TA = V_1 \times 5 \quad (^\circ F)$$

V : le nombre de millimètres d'acide versés

F° : degré français

**1-3/ Détermination du TAC****❖ Définition**

Le titre alcalimétrique complet TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres carbonates et bicarbonates.

$$TAC = [OH] + \frac{1}{2} [CO_3] + [HCO_3]$$

**❖ Principe**

La détermination de TA et TAC est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré

**❖ Mode opératoire**

Sur le même échantillon, ayant servi à la détermination du TA.

- Ajouter 2 ou 3 gouttes rouge de méthyle la couleur devient jaune.

- Titrer avec l'acide sulfurique  $H_2SO_4$  (N/10) jusqu'à le jaune vire à l'orange (pH = 4.3) un excès de l'acide sulfurique provoque le passage la couleur au rose orange.

#### ❖ Expression de résultats

Il est donné milliéquivalents par le chiffre (V- 0.1) par la relation.

$$TAC = (V-0.1) \times 5 \quad (^\circ F)$$

#### 1-4/ Détermination de TH : (AFNOR, 1986)

##### ❖ Définition

Le titre hydrotimétrique indique la teneur total de l'eau en en sel de calcium et de magnésium.

La dureté d'une eau est proportionnelle au nombre total d'atome de calcium et de magnésium qu'elle renferme.

$$TH = [Ca^{+2}] + [mg^{+2}]$$

##### ❖ Principe

Il consiste à doser un échantillon d'eau avec acide éthylène diamine tétraacétique , (EDTA) en présence de NET comme indicateur coloré une solution tampon (pH = 10) qui permet d'augmenter l'alcalinité de la solution.

##### ❖ Mode opératoire

- Prélever 50ml d'eau à analyser dans bêcher.
- Ajouter 5ml de la solution tampon ammoniac pH = 10.

Ensuite additionner quelques gouttes de noir urochrome 🚦

Si la coloration vire au bleu cela indique un TA = 0.

🚦 vire au violet le titrage se fait par la solution EDTA jusqu'à coloration en bleu.

### ❖ Expression des résultats

On lie directement le volume de l'EDTA qui correspond au titre hydrométrique TH en degré Français (°F).

$$\text{TH (°F)} = \text{V}$$

## IV.2. La Semoule

### 2-1/ Détermination de teneur en eau (Taux d'Humidité)

#### ❖ Objet et domaine d'application

La norme N 80° : du 26 Décembre 2007, décrit une méthode de détermination de la teneur en eau céréales.

#### • Définition

Dans les produits ayant nécessité un broyage, verser la totalité de la mouture obtenue dans la capsule ayant subit le même traitement que celui cité dans le paragraphe ci-dessus.

#### • Mode opératoire

Introduire la capsule ouverte, contenant la prise d'essai et le couvercle dans l'étuve pendant 90 minutes pour la semoule, en prenant en compte le temps à partir du moment où la température de l'étuve est à nouveau comprise entre **130° à 133°C**.

On opérant rapidement, retirer la capsule de l'étuve, la placer dans le dessiccateur dans le cas d'essai en série, ne jamais superposer les capsule dans ce dernier.

Des que, la capsule est refroidie à la température du laboratoire (30 à 45 °C) peser **1mg** près **5g** de l'échantillon pour essai et verser dans la capsule.

Introduire la capsule ouverte, contenant la prise d'essai et le couvercle dans l'étuve pendant 90 minutes.

- **Expression des résultats**

La teneur en eau pourcentage en message du produit tel quel est égal à :

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

**M<sub>0</sub>** : Masse une capsule vide(g).

**M<sub>1</sub>** : Masse une capsule et le produit(g).

**M<sub>2</sub>** : Masse du produit après séchage(g).

## 2-2/ Détermination du taux d'affleurement (Granulation) :

- ❖ **Définition :**

Le taux d'affleurement est la quantité de semoule et du couscous extraite ou refusée par un tamis dont la garniture à une ouverture de maille qui est choisie en fonction de la finesse et de la granulométrie désirées.

Elle est effectuée selon la norme française **NF V03-712 juin 1994**.

- ❖ **Principe :(classement selon la taille)**

Le calibrage des particules de semoule ou du couscous est très important, on veut obtenir une bonne hydratation car les capacités d'hydratation est en fonction de la surface de contact des particules fines absorbent plus rapidement que les grosses, donc il est nécessaire de procéder à la mesure de la composition granulométrique de semoule avant sa transformation en pate alimentaire.

- ❖ **Mode opératoire**

-Peser 100g de semoule ou du couscous à l'aide de la balance précise à 0.01g près.

-A l'aide d'un plansichter de laboratoire, verser l'échantillon dans le premier tamis qui doit avoir une extraction totale au tamis.

-Fermer bien le couver et lancer l'opération durant 5 mn.

-Peser les refus de chaque tamis et constater l'extraction du tamis.

- **Répétabilité**

La différence maximale entre les deux déterminations effectuées par le même échantillon l'une après l'autre ne doit pas excéder 2% de la valeur moyenne.

### 2-3/ Détermination des cendres

- ❖ **Objet et domaine d'application**

La détermination du taux de cendre principalement répartie dans les enveloppes et le germe, permet de donner une indication sur le taux d'extraction en semoulerie. Il est déterminé par la méthode de référence **NA 732-1991**.

- ❖ **Mode opératoire**

Détermination de la teneur en eau selon la **NA 732-1991**.

- Chauffer durant 10 min des nacelles dans un four réglé à 900°C+25°C, et les peser à 0.1 mg près.
- Mettre dans les nacelles 5g de la semoule.
- Humecter la prise d'essai dans la nacelle avec 2ml d'éthanol 95%.
- La porte du four étant ouverte, placer et sont contenue à l'entrée du four, réglé à 900°C jusqu'à ce la matière s'enflamme.
- Aussitôt que la flamme est éteinte, placer les nacelles dans le four, pour suivre l'incinération durant environ 2 heures jusqu'à disparition des particules charbonneuse, qui peuvent être incluses dans le résidu et obtention d'une couleur gris clair ou blanchâtre.
- Retire progressivement les nacelles du four et les mettre à refroidir dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante, et puis les peser.

- **Expression des résultats**

Le taux de cendre rapporté à la matière telle quelle :

$$\frac{M_2 - M_0 \times 100}{M_1 - M_0}$$

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

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

**M<sub>2</sub>** : la masse en gramme de la nacelle et du résidu.

**H** : la teneur en eau exprimée en pourcentage en masse de l'échantillon.

## 2-4/Détermination du gluten

### ❖ Objet et domaine d'application

Détermination du gluten est effectuée sur la d'une méthode normalisée qui porte référence **NF.1.1.24-ISO 5531**.

### Mode opératoire

- Préparer une solution à 0.01g près et les introduire dans le mortier à l'aide de la burette, verser 5ml de chlorure de sodium en agitant la semoule avec la spatule et former une boule de pâte en prenant soit pour éviter les pertes de la semoule.

- Rouler cette boule de pâte entre les paumes de la main jusqu'à ce qu'elle n'y adhère plus.

- Malaxer le pâton en le plaçant dans la paume de main tout en versant dessous, goutte mais assez rapidement la solution de chlorure de sodium jusqu'à ce que l'eau de lavage ne lâche plus de liquide laiteux mais à peine trouble.

- Ce lavage doit se faire au-dessus du tamis découvert de gaze destiné à retenir les fragments de gluten qui se trouveraient entraînés.

- Rincer le gluten global, on augmente, le débit de la solution de chlorure de sodium de manière à obtenir un filet continu, puis malaxer énergiquement le pâton.

### □ Essorage

- Lorsque le rinçage est terminé, la plus grande partie de la solution de rinçage adhère à la boule de gluten, on prend celle-ci entre les doigts et en lui faisant subir trois compressions de courte durée.

- Placer le gluten humide dans la plaque chauffante pour obtenir le gluten sec.

- La pesée de la masse de gluten sec (GS).

### □ Expression des résultats

Le taux de gluten sec (GS%) :

$$GS\% = GS \times 100/10$$

Le taux de gluten humide (GH%) :

$$GH\% = GH \times 100/10$$

- **La capacité d'hydratation** Exprime  
en pourcentage :

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

Avec :

**GH:** gluten humid.

**GS:** gluten sec.

### IV.3 Le Couscous

#### 3-1/ Détermination de teneur en eau (Taux d'Humidité) :

##### ❖ **Objet et domaine d'application**

Selon la norme de journal officiel de la république Algérienne N° 80 du 26 Décembre 2007. décrit une méthode de détermination de la teneur en eau .

##### • **Définition**

Dans les produits ayant nécessité un broyage, verser la totalité de la mouture obtenue dans la capsule ayant subit le même traitement que celui cité dans le paragraphe ci-dessus.

##### • **Mode opératoire**

Introduire la capsule ouverte, contenant la prise d'essai et le couvercle dans l'étuve pendant 90 minutes pour la semoule, en prenant en compte le temps à partir du moment où la température de l'étuve est à nouveau comprise entre **130° à 133°C**.

On opérant rapidement, retirer la capsule de l'étuve, la placer dans le dessiccateur dans le cas d'essai en série, ne jamais superposer les capsule dans ce dernier.

Des que, la capsule est refroidie à la température du laboratoire (30 à 45 °C) peser **1mg** près **5g** de l'échantillon pour essai et verser dans la capsule.

Introduire la capsule ouverte, contenant la prise d'essai et le couvercle dans l'étuve pendant 90 minutes.

- **Expression des résultats :**

La teneur en eau pourcentage en message du produit tel quel est égal à :

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

$M_0$  : Masse en (g) une capsule vide.

$M_1$  : Masse en (g) une capsule et le produit.

$M_2$  : Masse en (g) du produit après séchage

### 3-2/ Détermination du taux d'affleurement (Granulation)

#### ❖ Définition

Le taux d'affleurement est la quantité de semoule et du couscous extraite ou refusée par un tamis dont la garniture à une ouverture de maille qui est choisie en fonction de la finesse et de la granulométrie désirées.

Elle est effectuée selon la norme française **NF V03-712 juin 1994**.

#### ❖ Principe :(classement selon la taille)

Le calibrage des particules de semoule ou du couscous est très important, on veut obtenir une bonne hydratation car les capacités d'hydratation est en fonction de la surface de contact des particules fines absorbent plus rapidement que les grosses, donc il est nécessaire de procéder à la mesure de la composition granulométrique de semoule avant sa transformation en pate alimentaire.

**❖ Mode opératoire**

- Peser 100g de semoule ou du couscous à l'aide de la balance précise à 0.01g près.
- A l'aide d'un plansichter de laboratoire, verser l'échantillon dans le premier tamis qui doit avoir une extraction totale au tamis.
- Fermer bien le couver et lancer l'opération durant 5 mn.
- Peser les refus de chaque tamis et constater l'extraction du tamis. □

**Répétabilité**

La différence maximale entre les deux déterminations effectuées par le même échantillon l'une après l'autre ne doit pas excéder 2% de la valeur moyenne.

**3-3/ Détermination des cendres****❖ Objet et domaine d'application**

La détermination du taux de cendre principalement répartie dans les enveloppes et le germe, permet de donner une indication sur le taux d'extraction en semoulerie. Il est déterminé par la méthode de référence **NA 732-1991**.

**❖ Mode opératoire**

Détermination de la teneur en eau selon la **NA 732-1991**.

Chauffer durant 10 min des nacelles dans un four réglé à 900°C+25°C, et les peser à 0.1 mg près.

- Mettre dans les nacelles 5g de la semoule.
- Humecter la prise d'essai dans la nacelle avec 2ml d'éthanol 95%.
- La porte du four étant ouverte, placer et sont contenue à l'entrée du four, réglé à 900°C jusqu'à ce la matière s'enflamme.
- Aussitôt que la flamme est éteinte, placer les nacelles dans le four, pour suivre l'incinération durant environ 2 heures jusqu'à disparition des particules charbonneuse, qui peuvent être incluses dans le résidu et obtention d'une couleur gris clair ou blanchâtre.
- Retire progressivement les nacelles du four et les mettre à refroidir dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante, et puis les peser.

**□ Expression des résultats**

Le taux de cendre rapporté à la matière telle quelle :

$$\frac{M_2 - M_0 \times 100}{M_1 - M_0}$$

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

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

**M<sub>2</sub>** : la masse en gramme de la nacelle et du résidu.

**H** : la teneur en eau exprimée en pourcentage en masse de l'échantillon pour essai.

**3-4/ Indice de gonflement du couscous****❖ Principe :**

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

La détermination du gonflement réalisé selon **NF V 50-001**

**Mode opératoire**

- 50g de produit cru (pesés à 0.1g près) sont versés dans une éprouvette graduées de 250ml.
- Le volume initial est noté puis 50ml d'eau sont ajouté lentement le long de la paroi de l'éprouvette inclinée.
- L'éprouvette est bouchée et on effectue 10 retournements successifs de manière à bien hydrater l'ensemble des particules.
- On ajoute 50 ml d'eau pour faire descendre les particules restées collées le long de la paroi de l'éprouvette, celle-ci est alors placée dans un bain-marie à température contrôlée et on note le volume du couscous après 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 minutes et on

Détermine l'indice du gonflement par la relation suivante :

$$IG = Vf / Vi$$

**IG** : l'indice de gonflement.(ml)

**VI**: volume initial.(ml)

**VF**: volume final.(ml)

**3-5/ La Délitescence Selon (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 (cru ou cuit) dans un bêcher.
- Ajouter 50 ml d'eau distillée. - Agiter pendant 5 mn.
- Prélever une partie aliquote de la solution filtrée par un tamis fin (N10 Nylon).
- Sécher à l'étuve pendant 8h à 130°C.

Peser l'extrait sec obtenue qui représente la délitescence.

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

PE : prise d'essai

**3-6/ indice de couleur****Principe**

Evaluation de la couleur elle repose essentiellement sur l'extraction des pigments effectuée directement à partir du grain, ou de la semoule, ou Récemment il est de plus en plus utilisée la mesure par tristimulus en retenant les composantes L\* et b\*, et parfois a\*, définies par la Convention Internationale de l'Eclairage.

L\* : indice de la clarté

a\* : indice de rouge b\*

: indice de jaune

100-L\* c'est indice de Brain ❖

**Mode opératoire**

- Prélever une quantité de la semoule et la mettre dans la boîte de l'appareil.
- placer le papier de la lecture.
- Toucher le bouton d'appareil et patientez 2 minutes.

**Résultat**

Plus un blé (ou une semoule), contient de protéines, pour une variété Considérée, plus la quantité de "pigments jaunes" (ou l'indice  $b^*$ ) est Élevé. La quantité de «pigments jaunes" est une caractéristique variétale importante.

La clarté ou luminosité  $L^*$  est d'autant plus faible que le pourcentage de protéines est élevé, toutes autres conditions égales par ailleurs ; ceci signifie en particulier que plus le taux d'extraction d'une semoule est important, moins bonne sera la clarté de la pâte qui en est issue.

On n'oubliera pas que l'aspect d'une semoule est fonction de sa granulométrie : une semoule grosse paraîtra jaune ; la même broyée finement paraîtra moins jaune et plus claire alors que, bien sûr, la quantité de "pigments jaunes" extractibles reste invariante.

L'indice  $L^*$  est une composante variétale mais surtout phénotypique ; elle est par conséquent très influencée par les conditions du milieu (facteurs Climat, sol, techniques Culturelles).

**3-7 Détermination de la teneur en lipides (NF EN ISO 734-1, 2000)**

Les corps gras sont les substances organiques qui peuvent être extraites à partir des fruits et végétaux par des solvants organiques non polaires au moyen de l'appareil Soxhlet.

**Mode opératoire**

- sécher le ballon de 500ml à l'étuve à 105°C pendant une heure
- Refroidir le ballon au dessiccateur pendant 30 mn
- Peser le ballon
- Introduire 20g d'échantillon dans la cartouche de papier filtre
- Placer la cartouche avec la prise d'essai à l'intérieur de l'appareil Soxhlet
- Verser 250 ml de l'éther de pétrole dans le ballon
- Chauffer le ballon sur le chauffe ballon pendant 4 h (12 siphonages par heure)
- Sécher le résidu du ballon dans l'appareil rota-vapeur
- laisser le ballon dans l'étuve à 80°C pendant 24 h
- peser le ballon avec l'huile extraite en g.

### Expression des résultats

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

$$\text{MG \%} = (\text{P2-P1})/\text{P3} \times 100$$

MG % : teneur en matière grasse en pourcentage.

P1 : poids du ballon vide en gramme.

P2 : poids du ballon avec huile extraite en gramme.

P3 : poids de la prise d'essai en gramme.

### IV-4- Méthodes d'analyses microbiologiques

#### L'eau de process

#### IV.4.1 Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux :

La recherche et le dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les micro-organismes à tendance psychrophiles soit à 20° et ceux franchement mésophiles soit 37°C.

#### Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement 2 fois 1ml dans deux boites de Pétri vides préparées à cet usage comme l'indique le schéma (N°22)

Compléter ensuite chacune des boites avec environ 20 ml de gélose **TGEA** fondue puis refroidie à 45±1 °C.

Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose. Laisser solidifier sur pailleasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose ou de gélose blanche. Cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations diverses.

#### Incubation

- La première boite sera incubée, couvercle en bas à 22°C,

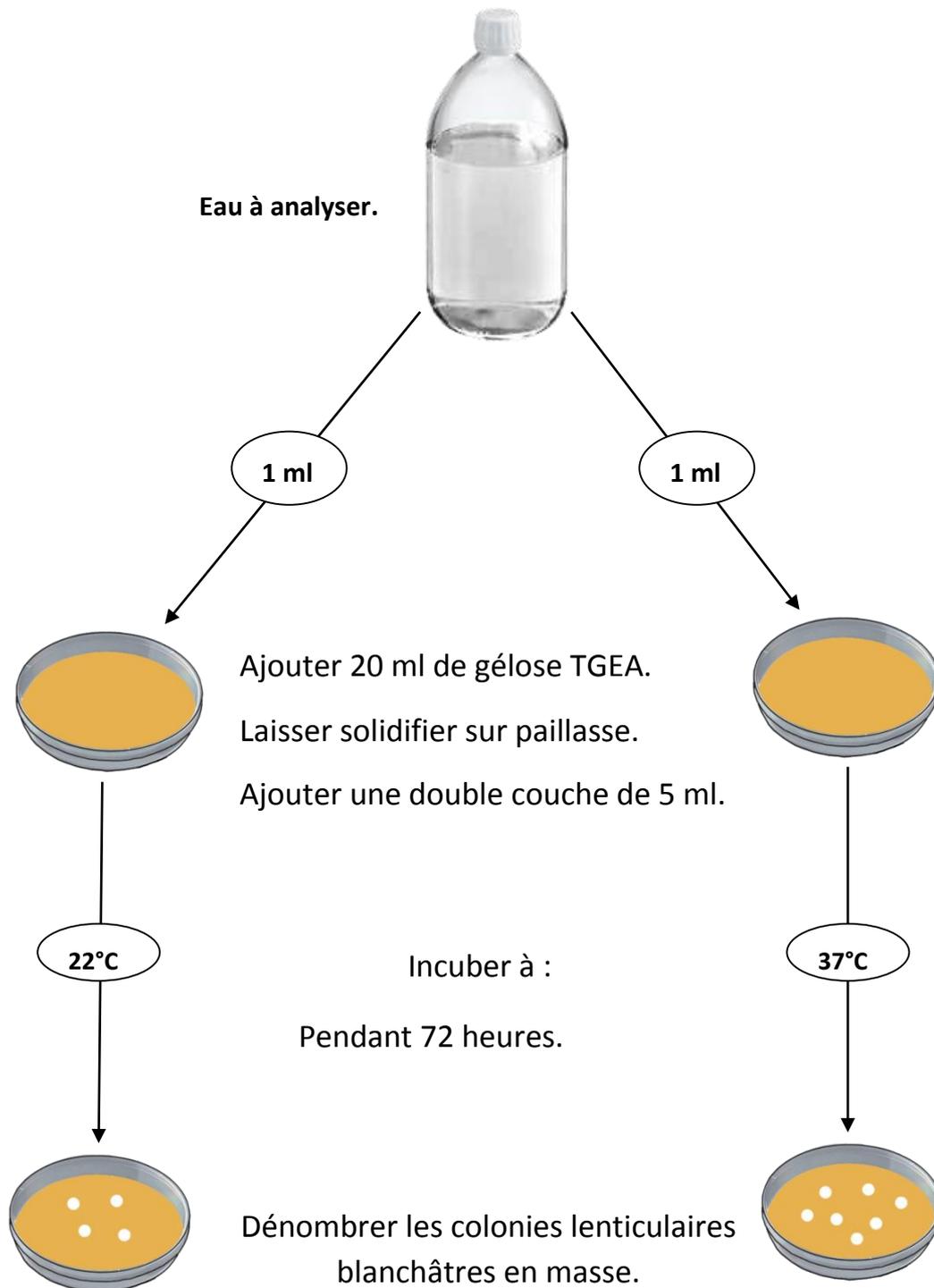
- La seconde sera incubée couvercle en bas à 37°C,

Pendant 72 heures avec :

- première lecture à 24 heures,
- deuxième lecture à 48 heures,
- troisième lecture à 72 heures.

### **Lecture**

Les germes mésophiles totaux se présentent dans les deux cas sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse.



**Figure N° 8 : Recherche et dénombrement des germes mésophiles totaux**

### Dénombrement

Il s'agit de dénombrer toutes les colonies, en tenant compte de deux remarques suivantes :

1. Ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies,
2. Le résultat sera exprimé par ml d'eau à analyser à 22° et à 37°C.

#### IV.4.2 Recherche et dénombrement des Coliformes Totaux

La recherche et le dénombrement des Conformés est faite en milieu liquide par la technique du NPP (Nombre le Plus Probable).

#### Technique :

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

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

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

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham, comme l'indique le schéma (N°23)

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélangé 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 à la fois :

- un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche),
- un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites.

Inoculum	Test de présomption	Nbre Caractéristique
1 X 50 ml	+	1
5 X 10 ml	+	3
	+	
	+	
	-	
5X 1ml	-	2
	+	
	+	
	-	
	-	

Le nombre caractéristique est donc « 132 » ; ce qui correspond sur la table de NPP au nombre 14.

On considère alors qu'il y a 14 Conformés par 100 ml d'eau à analyser.

- **Test de confirmation ou test de Mac Kenzie.**
- Le test de confirmation ou test de Mac Kenzie est basé sur la recherche de Conformés thermo tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.
  - produit de l'indole à partir du tryptophane à 44°C,
  - donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyle,
  - ne produit pas de l'acétyl méthyle carbinol ,

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des Conformés totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une ose bouclée dans tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham, chasser le gaz présent éventuellement dans les Cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

### Incubation

Inoculum	Test de présomption	Nbre Caractéristique	Test de Confirmation		Nbre Caractéristique
			Gaz	Indole	
1X 50 ml	+	1	+	+	1
5X1 0 ml	+	3	+	-	1
	+		+	+	
	-		-	+	
	-				
5X1 ml	+	2	-	+	1
	-		+	+	
	-				
	-				

L'incubation se fait cette fois-ci à 44°C pendant 24 heures.

### Lecture

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

Un dégagement gazeux, et un anneau rouge en surface, témoin de la Production d'indole par *Escherichia Coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs. La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP en tenant compte du fait qu'*Escherichia Coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C.

**Exemple** : En reprenant l'exemple précédent relatif au dénombrement des Coliformes totaux, cela suppose que nous avons 6 tubes à repiquer à savoir :

- le flacon de BCPL D/C, • 3 tubes sur 5 de BCPL D/C,
- 2 tubes sur 5 de BCPL SIC.

Test de présomption

Réaction positive :

- Trouble microbien
- Virage de couleur de violet au jaune + Dégagement de gaz

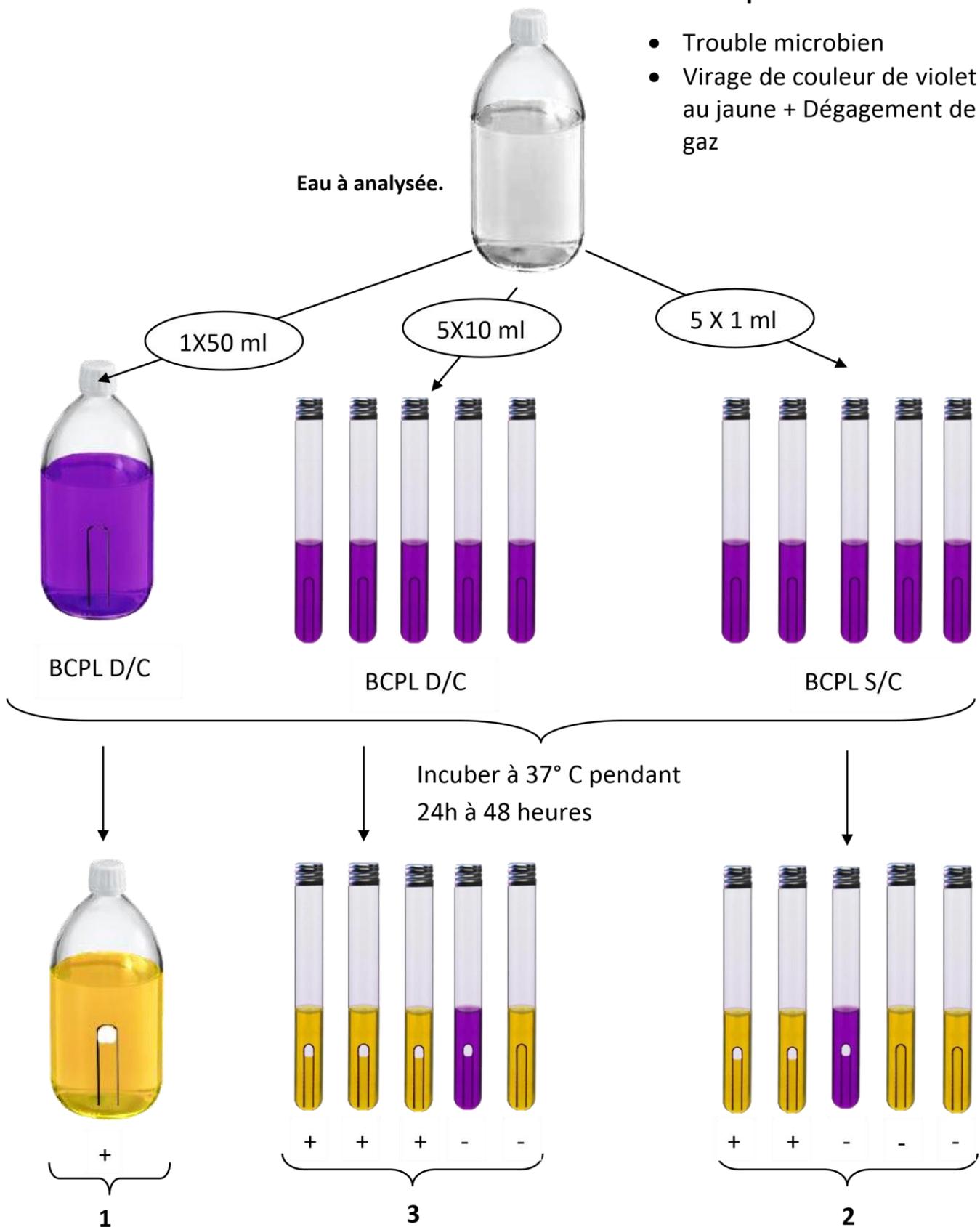


Figure N° 9 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux dans l'eau

**Exemple**

Inoculum	Test de présomption
1 X 50 ml	-
5X1 0 ml	+
	+
	-
	-
5X1 ml	+
	+
	+
	-
	-

**➤ Test de confirmation**

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoques D 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 once 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
- une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP

**Exemple :** En reprenant l'exemple précédent relatif au test de présomption, cela suppose que nous avons 5 tubes à repiquer à savoir :

- 2 tubes sur 5 de ROTHE D/C, et
- 3 tubes sur 5 de ROTHE S/C.

Tableau n° VI : Résultat de dénombrement de streptocoque

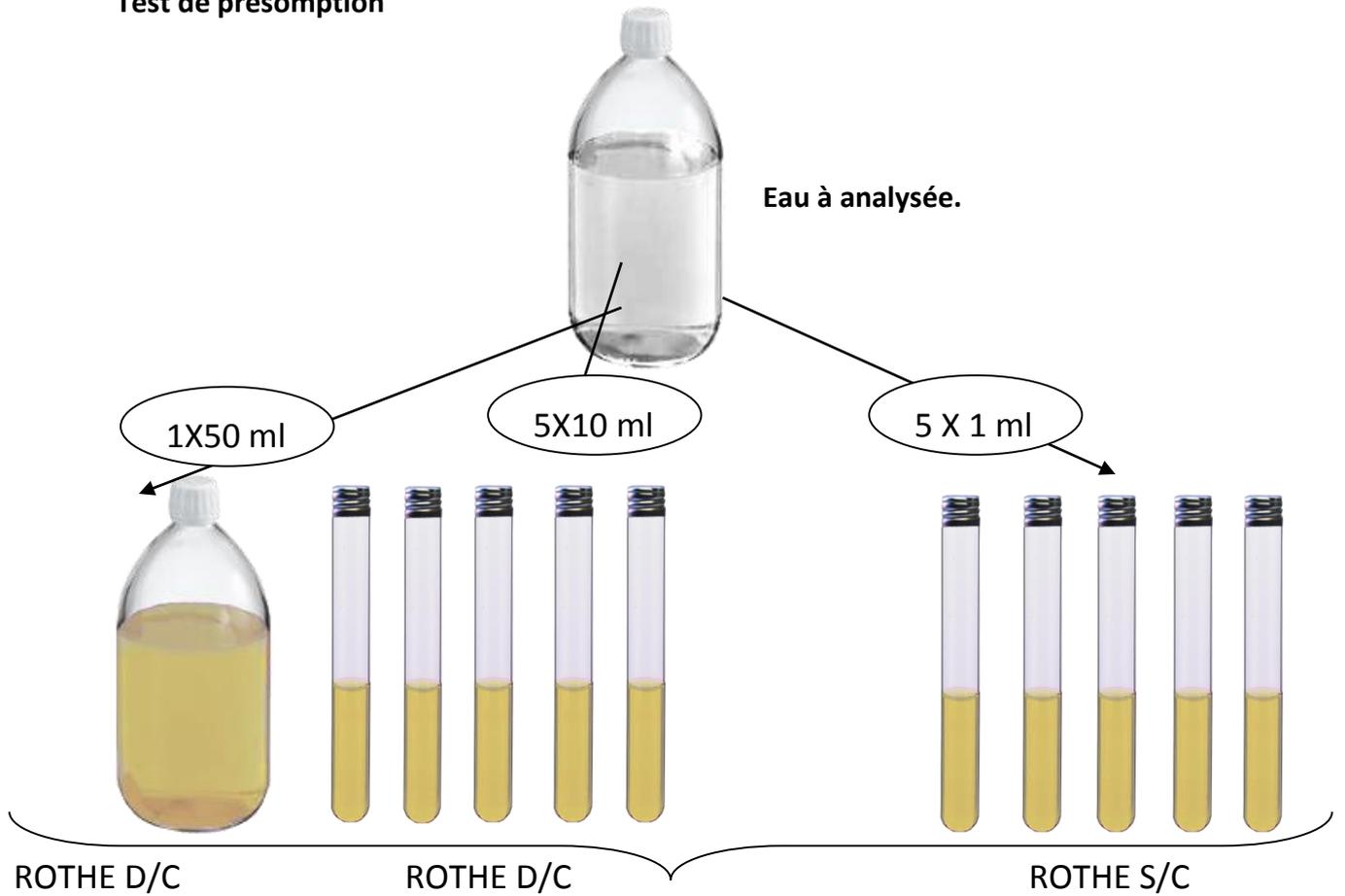
Inoculum	Test de présomption	Test de confirmation		Nbre Caractéristique
		Trouble	Pastille violette	
1 X 50 ml	-	-	-	0
5 X 10 ml	+	+	+	2
	+			
	-			
	-			
5X1 ml	+	-	+	1
	+			
	+			
	-			
	-			

Le nombre caractéristique relatif au dénombrement des Streptocoques fécaux est donc « 021 », ce qui correspond sur la table du NPP au chiffre 3.

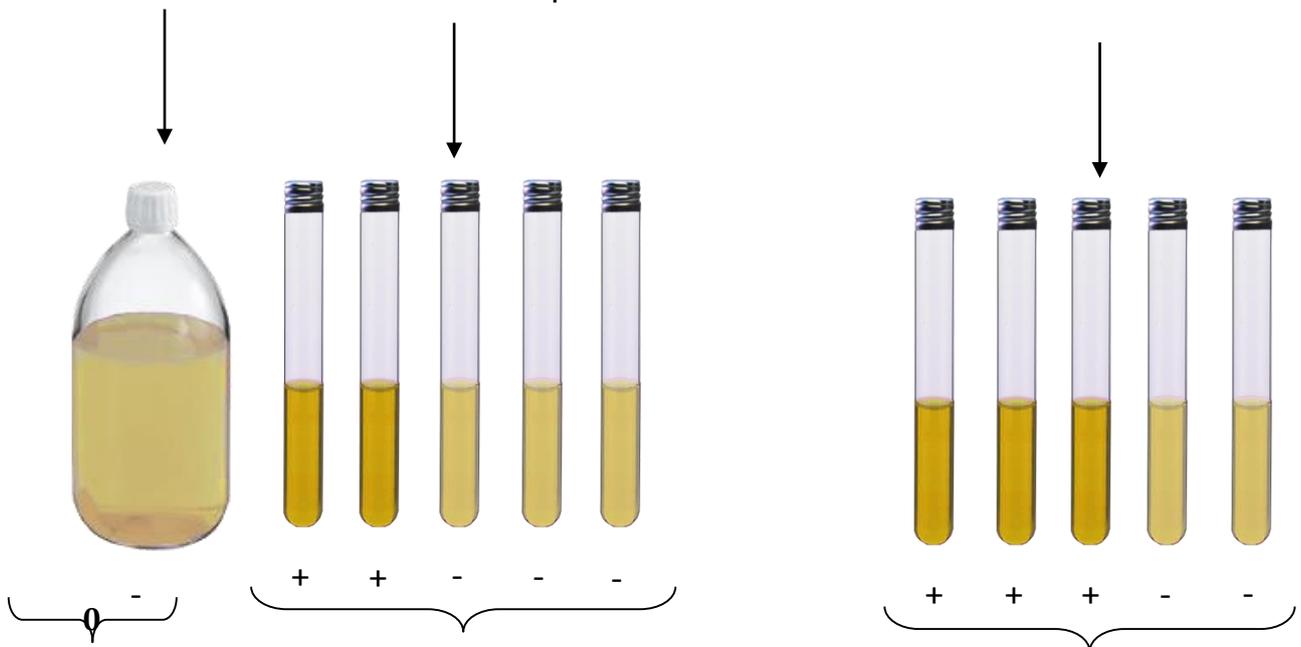
Le résultat final sera donc de :

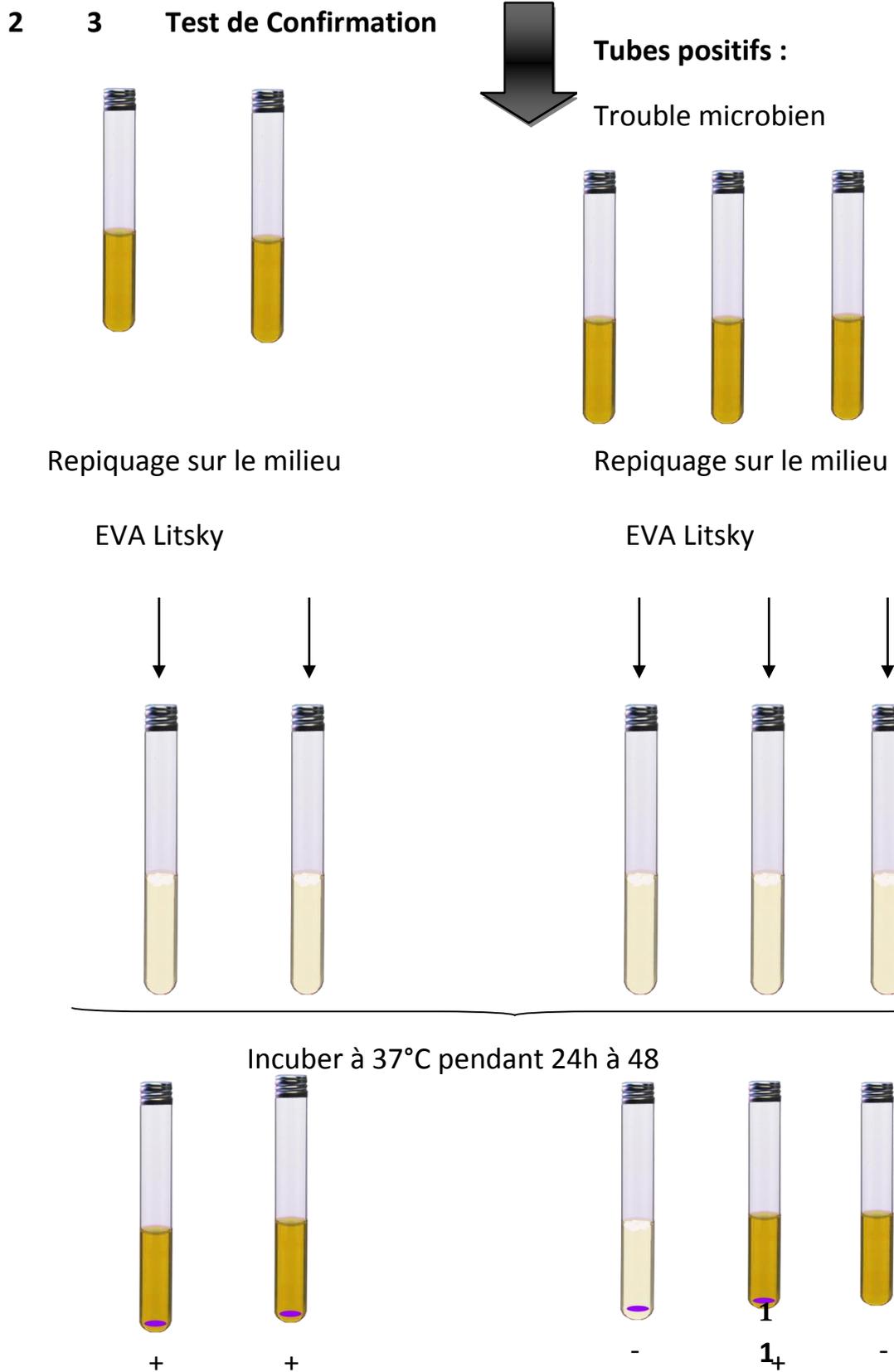
**3 Streptocoques fécaux dans 100 ml d'eau à analyser**

Test de présomption



Incuber à 37°C pendant 24h à 48 heures





**Figure N° 10: Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux dans**

2

**IV.4.4 Recherche dénombrement des Spores d'Anaérobies Sulfito-Réducteurs :**

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bactéries Gram+, se développant en 24 à 48 heures sur une gélose Viande Foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de  $\text{Fe}^{2+}$  donne  $\text{FeS}$  (sulfure de fer) de couleur noire. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne.

**A partir de l'eau à analyser**

- prendre environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de  $80^\circ\text{C}$  pendant 8 à 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question, sous l'eau de robinet.
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube et 1 ml dans un cinquième tube stérile.
- Ajouter environ 15 à 20 ml de gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à  $45 \pm 1^\circ\text{C}$ , additionnée d'une ampoule d'Alun de fer et d'une ampoule de Sulfite de sodium.
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène.
- Laisser solidifier sur paille pendant 30 minutes environ, puis incuber à  $46^\circ\text{C}$ , pendant 24 à 48 heures.
- La première lecture doit absolument être faite à 16 heures car très souvent les colonies des ASR sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de  $10^{-1}$  voire  $10^{-2}$ , la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et dernière à 48 heures.

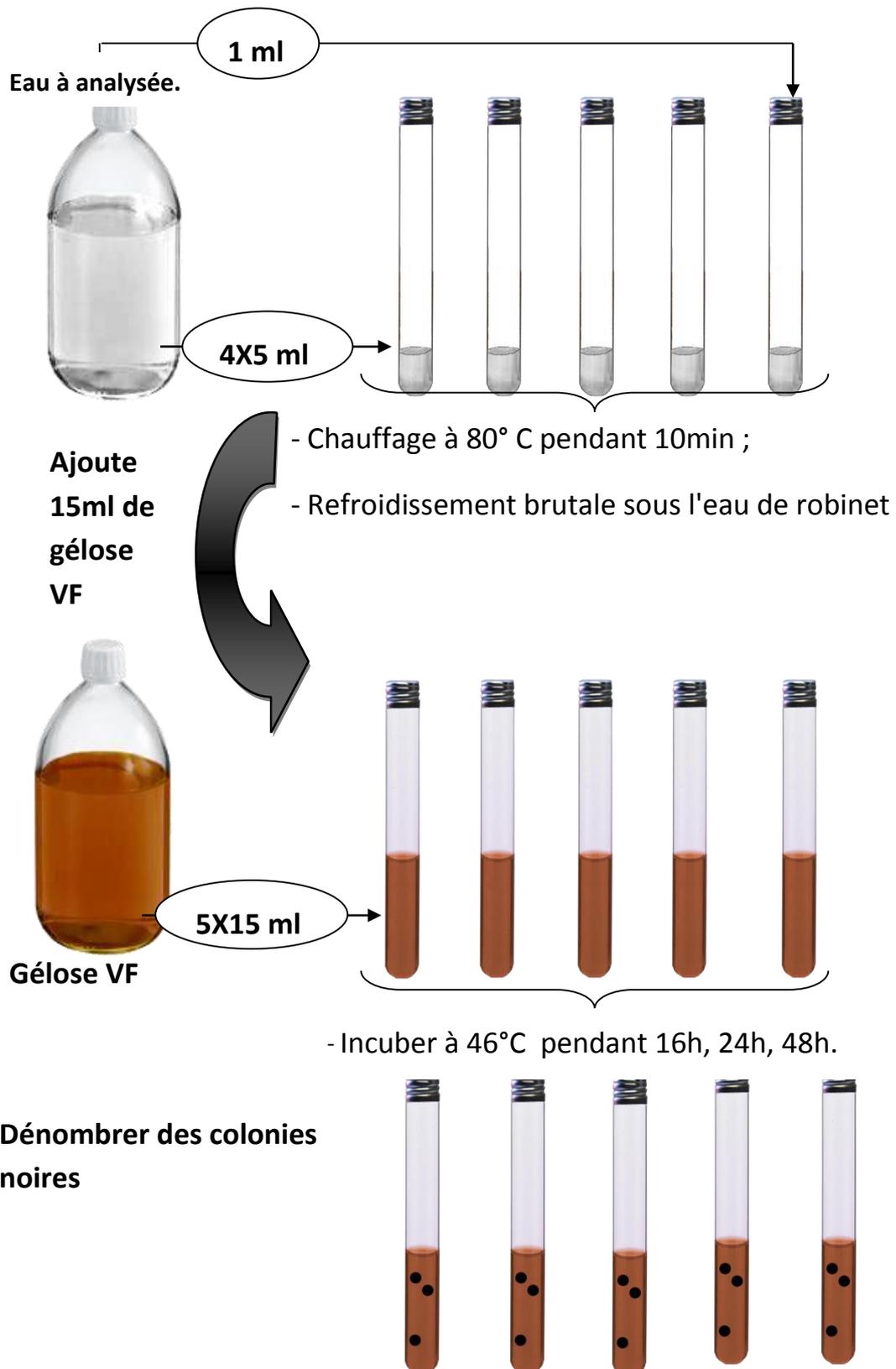


Figure N° 11 : Recherche des Clostridium Sulfito-réducteur dans l'eau

## IV.5 Analyses microbiologiques de Semoule et Couscous

### IV.5.1 Préparation des dilutions

Les prises d'essai sont effectuées sur l'échantillon homogénéisé en tenant compte de deux facteurs essentiels à savoir :

- Le nombre d'échantillons soumis à l'analyse ➤  
Les opérations analytiques à conduire.

Mais, en générale, on prélève 25ml ou 25gr.

- Les prélèvements serviront à l'analyse bactériologique courante.

#### A) Cas des produits liquides

Dans le cas de l'eau de procès ou le produit fini, le prélèvement est déjà à l'état liquide donc il constitue la solution mère.

#### Dilutions décimales

- Introduire ensuite aseptiquement à l'aide d'une pipette en verre graduée et stérile, 1 ml de la SM, dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 ml du TSE (cette dilution est alors au 1/10 ).
- Introduire par la suite 1ml de la dilution  $10^{-1}$  dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 ml de TSE: cette dilution est alors au 1/100 .
- Introduire ensuite aseptiquement à l'aide d'une pipette en verre graduée et stérile, 1 ml de la dilution  $10^{-2}$  dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 ml de TSE; cette dilution est alors au 1/1000 .

#### B) Cas des produits solides

Dans le cas des produits solides, introduire aseptiquement 25 grammes de produit à analyser dans un bocal stérile préalablement taré ou dans un sachet stérile de type «Stomacher » contenant au préalable 225 ml de diluant le TSE (Tryptone Sel Eau), ensuite homogénéiser.

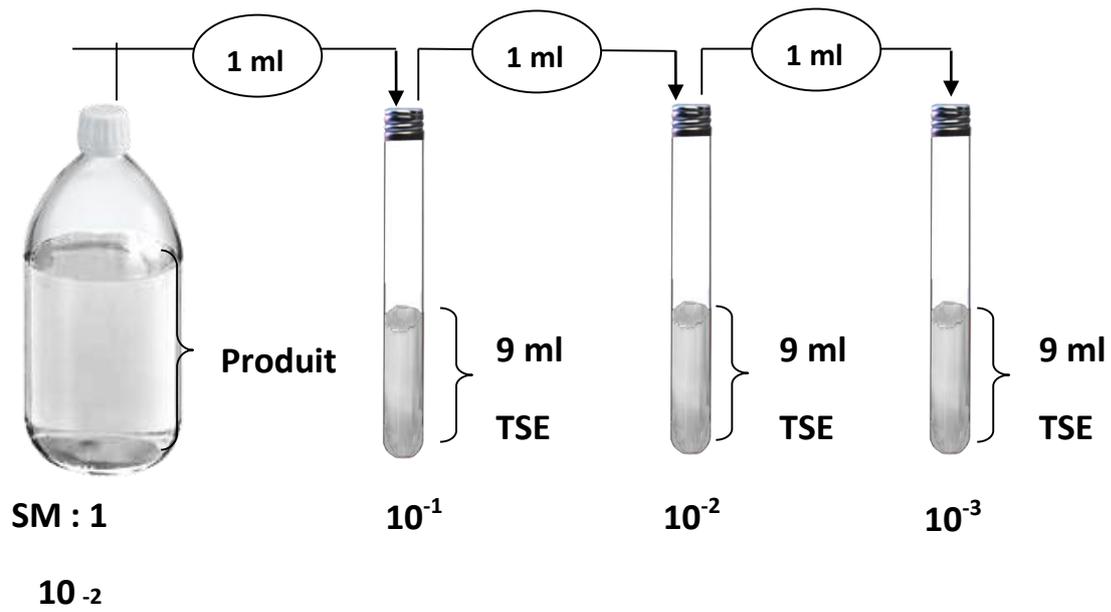
Cette suspension constitue alors la dilution mère (DM) qui correspond donc à la dilution 1/10.

**Dilutions décimales**

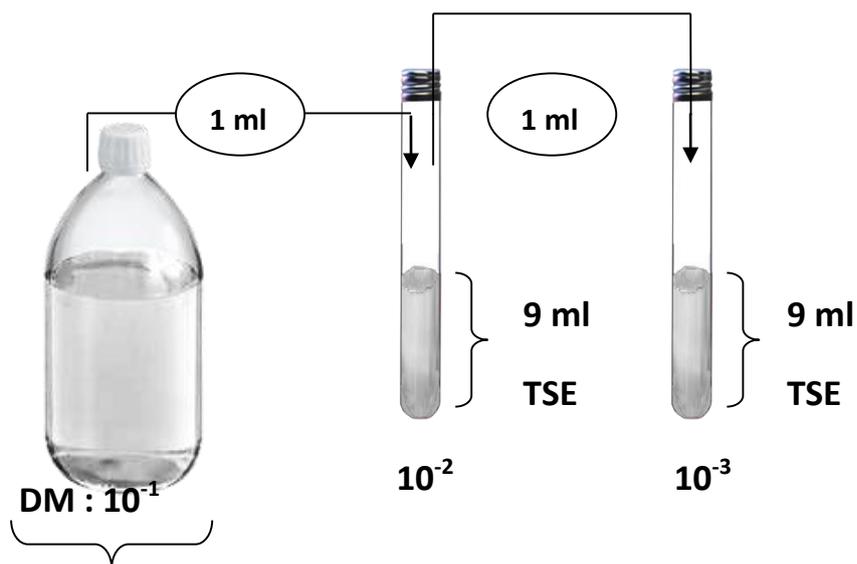
- Introduire ensuite aseptiquement à l'aide d'une pipette en verre graduée et stérile 1ml de la DM, dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 ml du même diluant : cette dilution sera alors au 1/100.
- Introduire par la suite 1ml de la dilution dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 ml du même diluant : cette dilution est sera alors au 1/1000.

**Remarque :**

1. Au moment de la réalisation des dilutions décimale, il est impératif de changer de pipettes entre chaque dilution.
2. Contrairement à cela, lors de l'ensemencement il est recommandé de commencer par la plus forte dilution à savoir  $10^{-3}$  dans le but justement de ne pas changer des pipettes.
3. On travaillera alors à l'aide d'une pipette graduée en verre stérile de 5ml.



« Cas des Produits Liquide »



25 g  
dans  
225m « Cas des Produits solides »  
I TSE

Figure N° 12 : Préparation des dilutions

#### IV.5.2 Recherche et dénombrement des *Clostridium* Sulfito-Réducteurs

La détermination des *Clostridium* *Sulfito-Réducteur* est effectuée selon la norme **NA 15176**.

##### **Principe**

Le *Clostridium* Sulfito-Réducteur est mis en évidence en utilisant la gélose viande foie (VF) au quelle on ajoute le Sulfite de sodium (milieu sélectif des Clostridiiums qui réduisent les sulfites en sulfures) et l'alun de fer qui permette la formation d'un complexe noir entre le fer et le sulfure réduit par les Clostridiiums.

##### ❖ **Mode opératoire**

###### ➤ **Préparation du milieu**

➤ Fondre un flacon de gélose de VF, le refroidir dans un bain d'eau à 45°C et 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 l'utilisation.

##### ❖ **Ensemencement**

- D'abord à chauffage à 80°C pendant 8 à 10mn.
- Puis à un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet.
- porter aseptiquement 1ml de chaque dilution en double dans deux tubes à vis stérile de 16mm de diamètre, puis ajouter environ 15ml de gélose VF prête à l'emploi, dans chaque tube (voir figure 27). Laisser solidifier sur paillasse pendant 30mn.

##### ❖ **Incubation**

Incuber les tubes à 37°C pendant 16h, 24h ou plus tard 48h.

##### ❖ **Lecture**

La première lecture doit se faire impérativement à 16h, car :

les colonies de *Clostridium* Sulfito-Réducteurs sont envahissantes si le tube apparait complètement noir rendant alors l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse est à refaire.

Donc il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussé en masse et d'un diamètre supérieur à 0.5mm.

Dans le cas où il n'y a pas de colonie caractéristique ré-incuber les tubes et effectuer une deuxième lecture au bout de 24h voire 48h.

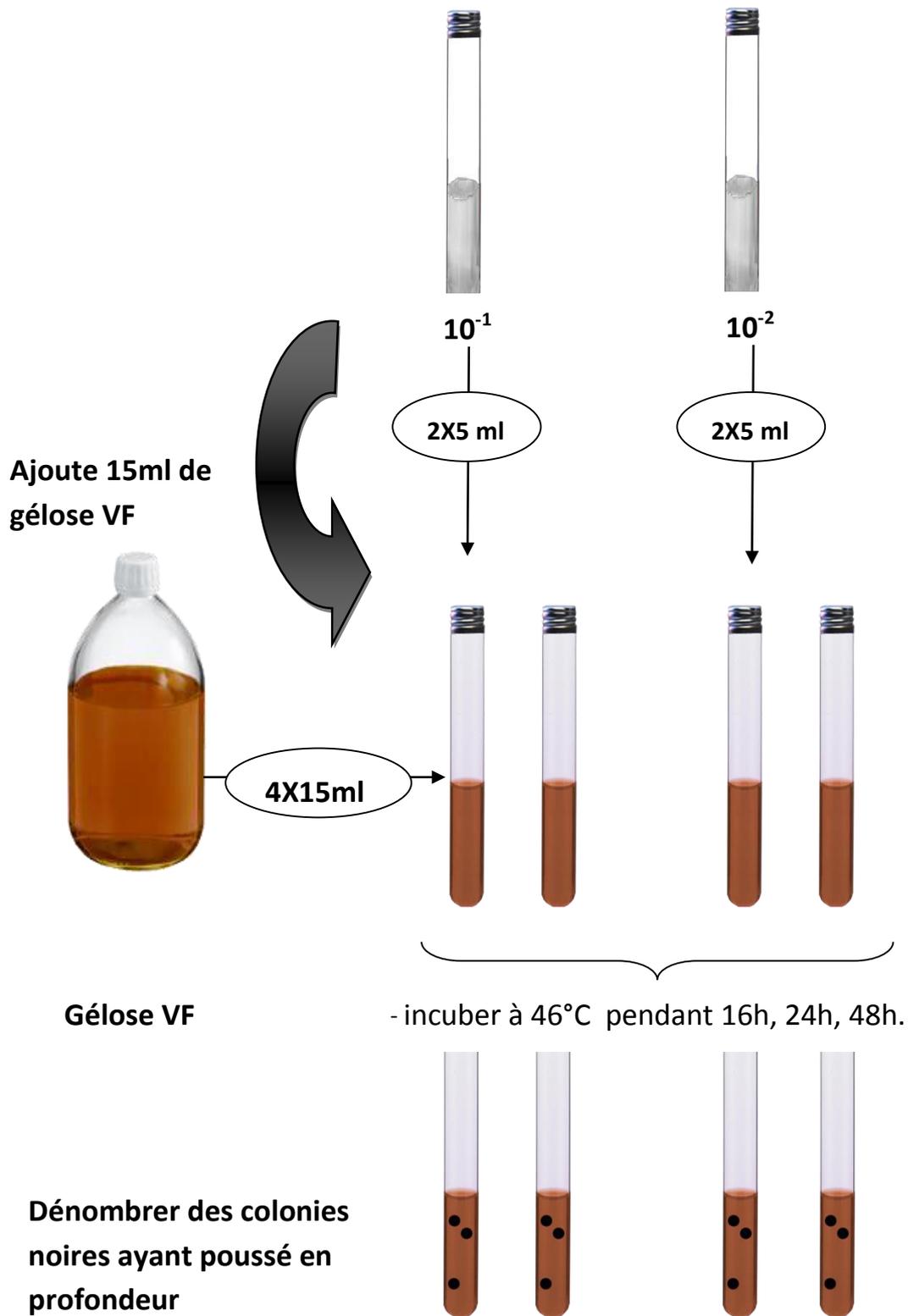


Figure N° 13 : Recherche des Clostridiums sulfuto-réducteurs

### IV.5.3 Recherche et dénombrement des Moisissures

La détermination des moisissures est effectuée selon la norme **NA 1210**.

#### ❖ Principe

Pour l'isolement des levures et moisissures, on utilise le milieu sélectif OGA (gélose glucosée à l'Oxytetracycline) additionné d'un antibiotique sélectif « Oxytetracycline».

#### ❖ Mode opératoire

##### *Préparation du milieu*

Fondre préalablement un flacon de gélose OGA, puis de refroidie à 45°C et couler dans 3 boites de pétri, et laisser solidifier sur paillasse.

#### ❖ Ensemencement

La technique d'ensemencement en surface c'est-à-dire 4 gouttes de chaque dilution  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ , sont mises sur la surface du milieu solide OGA.

Etaler à l'aide d'un râteau en verre stérile pour chacune des biotes.

Deux autres boites de pétri sont considérées comme témoin de OGA et de TSE (ensemencement en surface après avoir mis 4 gouttes de TSE).

#### ❖ Incubation

Incubation de ces boites à 20-25°C pendant 5 jours.

#### ❖ Lecture

Les colonies des Moisissures sont épaisses, pigmentées ou non, parfois envahissantes.

Le comptage se fait sur des boites contenant entre 15 et 300 colonies, et le nombre trouvé est multiplié par l'inverse de la dilution.

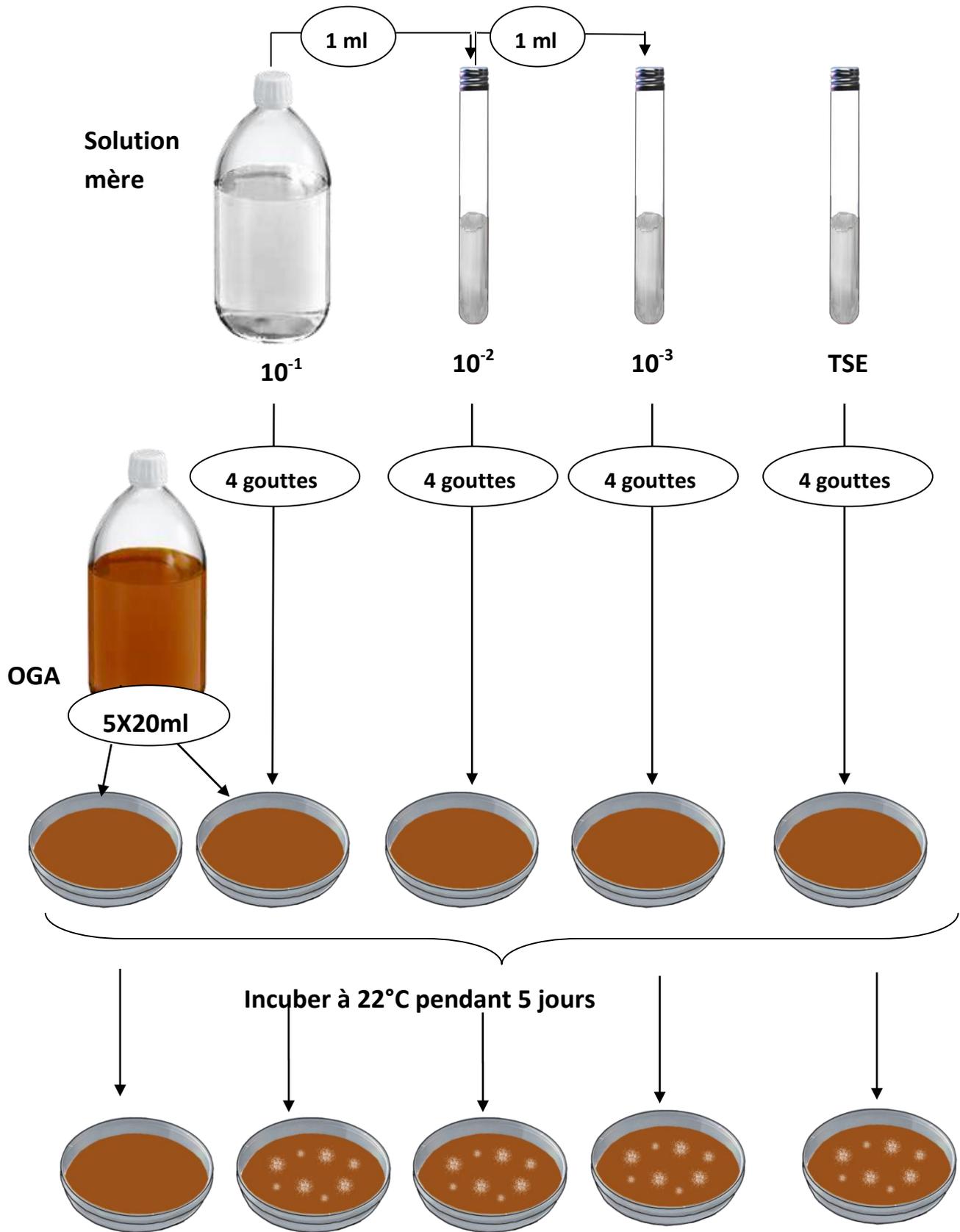


Figure N°14 : Recherche et dénombrement des moisissures

## I. Résultats et interprétation des analyses physico-chimiques :

### I.1 Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur l'eau :

Les résultats des analyses de l'eau de processus de fabrication de couscous sont indiqués dans le tableau n° VII :

**Tableau n° VII : Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur l'eau**

Les analyses effectuées	Résultat		
	Essai 1	Essai 2	Norme
pH	07.09	07.09	6.50 - 8.50
TA	00	00	00
TAC	14	14	<28 °F
TH	14	14	<50 °F

(\* ) Journal officiel de la république Algérienne N° 81/167 du 25 juillet 1981.

D'après le **tableau VII** on remarque que le PH =07.09 et le TA=00, TAC= 14 et le TH=14 donc les paramètres (**TA, TAC, TH, pH**) sont conformes aux normes.

On conclue que cette eau est conforme à la norme de l'entreprise ce qui permet d'utiliser cette eau dans la chaîne de fabrication de couscous.

## I.2 Résultats et interprétation des analyses microbiologiques d'eau

Les résultats des analyses de l'eau de processus de fabrication sont indiqués dans le tableau n° VIII :

**Tableau n° VIII: Résultats des analyses microbiologiques de l'eau**

<i>Echantillons</i>	<i>Essai 1</i>	<i>Essai 2</i>	<i>Normes J.O.R.A 1998</i>
<i>Germes</i>			
Germes totaux /ml à 37°C	Abs	Abs	< 20G/ml
Germes totaux /ml à 22°C	21	Abs	< 10 <sup>2</sup> G/ml
Coliformes totaux /100 ml à 37°C	Abs	Abs	< 10G/100m
Streptocoques fécaux /100 ml	Abs	Abs	Abs
Clostridium sulfito-réducteurs /ml à 46 °C	Abs	Abs	Abs

Le tableau n° VIII montre la présence des germes totaux à 22 °C mais reste inférieur à la norme de journal officielle.

On note par ailleurs l'absence totale des germes totaux à 37°C, coliformes totaux à 100ml, les streptocoques, *Clostridium* sulfito réducteur ceci indique une bonne qualité microbiologique de l'eau.

## II. Résultats et interprétations des échantillons du couscous artisanal à différents taux d'incorporation de fenugrec

### II.1 Résultats de la teneur en eau (taux d'humidité)

Les résultats des analyses des échantillons sont indiqués dans le tableau IX

**Tableau n° IX: Résultats de la teneur en eau (taux d'humidité) en % :**

Les échantillons	Les résultats			
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Moy
Ech témoin	12.4	12.5	12.6	12.5
Ech 1(5g)	12.8	12.9	12.6	12.7
Ech 2(7g)	13.0	13	13.0	13
Ech3 (15g)	12.9	13.0	13.0	12.9
Ech 4(20g)	12.8	13.0	12.9	12.9
La semoule	13.8	13.7	13.7	13.7
Le fenugrec	11.5	11.10	11.11	11.2
Norme semoule	14min-14.5max			
Norme couscous	11.5mini-12.5max			

(\* ) Journal officiel de la république Algérienne : N°80 du 26 décembre 2007 A-

**Couscous :**

D'après les résultats du tableau n° IX nous remarquons que l'humidité des échantillons de couscous artisanal à différentes doses d'incorporation de poudre de fenugrec (5g, 7g, 15g, 20g) varie entre (12.7% - 12.9%) nous remarquons des taux d'humidité supérieur à 12.5 % dans nos échantillons, donc elle n'est pas conforme à la norme algérienne (11.5% -12.5%).

Donc nous pouvons conclure que cette augmentation d'humidité est peut être due à l'incorporation de fenugrec. Ceci ne permet pas une meilleure conservation du produit fini, parce que plus l'humidité est faible, plus la conservation est meilleure.

**B-semoule:**

D'après les résultats consignés dans le tableau n° IX on remarque que le taux d'humidité de la semoule est 13.7 % reste inférieure à la norme algérienne (14%-14.5%).

Donc nous pouvons déduire que la teneur en eau reste proche de la norme algérienne (14%-14.5%).

**II.2 Résultats du taux d'affleurement (Granulation)**

**A-Granulométrie des couscous :** les résultats des analyses des échantillons sont indiqués dans le tableau n° X :

Tableau n° X : Granulométrie des couscous

Les échantillons		2000um	1800um	1600um	1400um	1250um	1000um	900um	710um	630um	500um	fond
<b>Ech témoin</b>	1 <sup>er</sup> essai	0.1	0.2	2	5.7	14.5	37.5	12.1	23.6	2.7	1.1	0.6
	2eme essai	0.2	0.2	1.7	5.6	14.1	34.2	14.3	25.2	3.1	1.1	0.4
<b>Ech 1</b>	1 <sup>er</sup> essai	0.1	0.2	1.09	4.2	10.79	37.5	21.3	22.4	1.2	0.49	0.2
	2 eme essai	0.1	0.4	1.5	4.7	10.0	39	20	23.3	1.2	1.1	0.6
<b>Ech 2</b>	1 <sup>er</sup> essai	0.6	0.5	1.3	10.8	12.7	38.4	19	21.8	1.1	0.5	0.2
	2 eme essai	0.6	0.8	1.5	4.5	12.7	39	17.9	23	1.1	0.4	0.2
<b>Ech 3</b>	1 <sup>er</sup> essai	0	0.1	0.1	1.2	11.0	42.7	21.9	21.4	1.3	0.4	0.2
	2eme essai	0.1	0.3	0.4	1.5	14.2	47.5	18.8	20	1.4	0.5	0.3
<b>Ech 4</b>	1 <sup>er</sup> essai	0.0	0.1	0.3	1.5	8.7	42.4	22.2	22.7	1.2	0.4	0.1
	2eme essai	0.1	0.1	0.3	1.2	10.2	41.3	19.5	26.6	1.7	0.5	0.3

Tableau n° XI : Granulométrie de la semoule

échantillons		710um	630um	500um	450um	335um	250um	160um
La semoule	1 <sup>er</sup> Essai	0	0	1.2	9.7	18.8	9.8	5.9
	2 <sup>eme</sup> Essai	0	0	0.6	8.0	17.9	11.6	5.3

(\*) La norme : **NF.V03-712 juin 1994.**

### Résultats de taux d'affleurement

L'analyse granulométrique des échantillons de couscous étudiés (tableau X) montre qu'il n'y a pas une grande différence entre les diamètres des particules des Échantillons de couscous analysés. Ceci s'explique par la granulométrie médiane mis en œuvre qui est de même diamètre et par le roulage effectué par la même personne.

Nous remarquons aussi que le fenugrec n'a aucune influence sur la granulométrie des échantillons de couscous en raison de leur petite granulométrie. Selon la norme (**NF V03-721 JUIN 1994**), le diamètre de couscous se situe dans l'intervalle 850um et 1000 Um, nous pouvons classer notre produit parmi les couscous à granulométrie moyenne. Le couscous roulé à la main, présente une granulométrie plus homogène.

La granulométrie du couscous et son homogénéité sont considérées parmi les paramètres essentiels qui définissent sa qualité pour la majorité des consommateurs (**Yousfi, 2002**). Ainsi, la granulométrie a un effet évident sur sa qualité culinaire notamment le gain du poids (absorption) et le temps de cuisson (**Angar et Belhouchet, 2002**).

Selon **Guezlane (1993)**, la taille des particules et leur homogénéité dépendent pour une large part des conditions opératoires retenues pour réaliser l'opération de roulage et les caractéristiques des matières premières mises en œuvre. **Dahoun (2005)** a montré que la granulométrie médiane augmente avec l'augmentation du taux d'hydratation et de la durée du malaxage et diminue avec l'augmentation de la température de l'eau de roulage, son état minéral et avec l'ajout de sel.

## II.3 Résultats du taux de cendre

Tableau n° XII : Résultats du taux de cendre en (%).

Les échantillons	Les résultats		
	1 <sup>er</sup> essai	2eme essai	moy
Echantillon témoin	0.83	0.81	0.82
	1 <sup>er</sup> essai	2eme essai	moy
Ech 1	0.90	0.88	0.89
	1 <sup>er</sup> essai	2eme essai	moy
Ech 2	0.86	0.86	0.86
	1 <sup>er</sup> essai	2eme essai	moy
Ech3	0.90	0.85	0.87
	1 <sup>er</sup> essai	2eme essai	moy
Ech 4	0.92	0.86	0.89
	1 <sup>er</sup> essai	2eme essai	moy
Fenugrec	1.33	1.25	1.29
	1 <sup>er</sup> essai	2eme essai	moy
La semoule	0.74	0.73	0.74
	1 <sup>er</sup> essai	2eme essai	moy
Norme de semoule	0.80%		
Norme de couscous	1 %		

(\*) La norme: **NA 732-199**

### La détermination du taux de cendre

Les résultats des analyses des échantillons sont indiqués dans le tableau XII .

**A- la semoule** : La mesure de la teneur en cendres est le critère principal utilisé pour apprécier la pureté d'une semoule.

D'après le tableau n° XII, la teneur en cendre de la semoule analysée (**0.74 %**) est acceptable et conforme à la norme de l'entreprise (Mama).

Selon la norme **NA.732/1991**, le taux des cendres est la quantité de matières minérales, Plus la semoule est pure, plus le taux de cendres est faible. Ce taux est réglementé par les pouvoirs publics et permet le classement des semoules selon un certain nombre de critères bien déterminé. Plus le taux d'extraction est élevé plus le taux de cendre diminue.

**b-couscous** : D'après le tableau XII le taux de cendre du couscous est conforme à la norme, il est de l'ordre de 0,82%. Alors que la norme est 1 %.

### II.4 Résultats de taux en gluten

**G H**: gluten humide.

**G S**: gluten sec.

#### 1-La teneur en gluten sec

Les résultats obtenus de la teneur en gluten sec sont représentés dans le tableau XIII:

**Tableau XIII : La teneur en gluten sec de la semoule de blé dur**

	Teneur en gluten sec %			Norme (NA)
	1 <sup>er</sup> essai	2 <sup>eme</sup> essai	moye	
semoule	12.52	11.90	12.21	11-13%

(\*) La norme : **NF.1.1.24-ISO 5531**

D'après les résultats le pourcentage du gluten sec de la semoule de blé dur est de 12,21%.

Ce résultat est conforme à la norme algérienne (11 – 13%).

Selon **Godon (1991)**, la teneur en gluten sec peut varier de 10 à 17%, mais la valeur optimale pour la fabrication des pâtes alimentaires est de l'ordre de 13%.

Selon **Matveef (1966)**, les variétés de blé présentant une teneur en gluten sec inférieure à 11% sont considérées comme des blés de force et toute variété présentant une teneur comprise entre 11% et 15% est considérée comme blé de bonne qualité.

En se basant sur ces données, on peut classer notre échantillon parmi les blés de bonne qualité pastière.

**2- Teneur en gluten humide :** Les résultats de la teneur en gluten humide sont regroupés dans le tableau n° XIII

**Tableau n° XIII: La teneur en gluten humide de la semoule de blé dur.**

	Teneur en gluten humide %			Norme (Na)
	1 <sup>er</sup> essai	2 <sup>ème</sup> essai	Moy	
Semoule SGM	31.60	36.95	37.27	<100%

(\*) La norme : **NF.1.1.24-ISO 5531**

La teneur en gluten humide de la semoule est de 37,27% donc notre résultat est conforme à la norme (<100%),

Selon **Godon (1991)**, le gluten humide contient jusqu'à 77% d'eau c'est-à-dire à peu près deux parties d'eau pour une partie de matière sèche.

Selon **Cheftel et al. (1997)**, Il y a une relation entre la force de gluten (force de la pâte) et la qualité culinaire du produit fini.

### **II.5 Teneur en protéine totale**

Les résultats obtenus de la teneur en protéines totales sont mentionnés dans le Tableau n° XV :

Tableau n° XV : Résultats de la teneur en protéines

Les échantillons	Les résultats		
	1 <sup>er</sup> essai	2eme essai	moy
Ech témoin	13.9	13.3	13.6
Ech 1	14.3	14.6	14.4
Ech 2	14.5	15	14.75
Ech3	15.1	15.1	15.1
Ech4	15.6	16	15.8
Semoule	12.6	12.4	12.2
fenugrec	28.4	32.8	30.6
Norme semoule	12.5		
Norme couscou	11-14		

### 1-couscous

Les résultats obtenus sont conformes aux normes de l'entreprise ( %11-14%), On remarque que le couscous analysé est riche en protéine, cela est dû à la richesse des grains de blé dur en protéines et leur semoule.

Il a été montré que le taux de protéines de couscous dépend d'une part de la qualité de ces composants biochimiques présents dans la semoule de blé dur et ayant servis à fabriquer un couscous de bonne qualité (**Yousfi, 2002 et Derouiche, 2003**).

En effet, l'incorporation de fenugrec sous forme de poudre à la semoule de blé dur à permis de corriger les défauts des protéines céréalières en donnant un meilleur équilibre en acides aminés. Car les grains de fenugrec renferment une quantité de protéines bien identifiés, 23 à 30% riche L- lysine, L- tryptophane. (**Teuscher et al., 2005**).

Ech 1 qui contient une dose faible de fenugrec 5g présente un pourcentage de protéine 14.4%.

Ech2 contient une dose 7g présente un pourcentage de protéine 14.75%.

Ech 3 contient une dose 15g présente un pourcentage de protéine 15.1%.

Ech 4 contient une dose 20g présente un pourcentage de protéine 15.8%.

D'après nos résultats nous constatons que la teneur en protéines de nos échantillons augmente proportionnellement avec l'augmentation de la dose du fenugrec incorporée.

### 2 -Semoule:

Le résultat obtenu (12.2%), est conforme à la norme (12.5 %), on remarque que la semoule de blé dur est riches en protéine, cela est dû à la richesse des grains de blé dur en protéines.

Nos résultats corroborent ceux trouvés par Kovacs et *al.* 1977 qui ont montré que la teneur en protéines des farines et des semoules est comprise entre 9 et 17%.

## II.6 Délitescence

Les résultats obtenus de délitescence sont représentés dans le tableau n° XVI:

**Tableau XVI : la délitescence du couscous.**

Délitescence (%)					
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	Ech 4	Moy
<b>Etat cru</b>	1,70	1.72	1,74	1.75	1,72
<b>Etat cuit</b>	2,54	2.56	2,58	2.60	2,57

D'après les résultats obtenus, on constate que la délitescence à l'état cru (1,72%) est plus faible qu'à l'état cuit (2,57%).

Selon **Cheftel et al. (1997)**, plus le traitement hydro thermique est poussé, plus les pertes en matières sèches seront importantes.

L'état de désagrégation du couscous, constitue un paramètre de qualité culinaire du couscous et un critère fondamental de la qualité organoleptique du couscous cuit (**Yettou et al., 2000**).

L'évolution de la température de séchage augmente proportionnellement le degré de délitescence du couscous (l'état de désagrégation), ceci s'explique par l'action de la température de séchage sur le gluten (dénaturation).

Le réseau protéique trop lâche, suite à une perte importante de la matière sèche.

Nous pouvons déduire d'après notre résultat que le test délitescence est très appréciable.

## II.7 Résultats de test de gonflement du couscous

Les résultats obtenus de gonflement à chaud sont représentés dans le tableau XVII

Tableau n° XVII : Résultats de test de gonflement du couscous à chaud

<b>Gonflement à chaud</b>							
	<b>5min</b>	<b>10min</b>	<b>20min</b>	<b>30min</b>	<b>40min</b>	<b>50min</b>	<b>60min</b>
<b>Ech témoin</b>	<b>68</b>	<b>90</b>	<b>115</b>	<b>127</b>	<b>137</b>	<b>145</b>	<b>150</b>
	<b>69</b>	<b>76</b>	<b>96</b>	<b>120</b>	<b>140</b>	<b>147</b>	<b>152</b>
<b>Ech1</b>	<b>70</b>	<b>90</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>142</b>	<b>147</b>	<b>150</b>
	<b>68</b>	<b>88</b>	<b>114</b>	<b>124</b>	<b>140</b>	<b>146</b>	<b>149</b>
<b>Ech 2</b>	<b>70</b>	<b>101</b>	<b>125</b>	<b>143</b>	<b>156</b>	<b>158</b>	<b>160</b>
	<b>69</b>	<b>76</b>	<b>90</b>	<b>135</b>	<b>148</b>	<b>150</b>	<b>153</b>
<b>Ech3</b>	<b>70</b>	<b>82</b>	<b>114</b>	<b>140</b>	<b>145</b>	<b>158</b>	<b>162</b>
	<b>69</b>	<b>80</b>	<b>102</b>	<b>112</b>	<b>132</b>	<b>153</b>	<b>154</b>
<b>Ech4</b>	<b>70</b>	<b>100</b>	<b>122</b>	<b>145</b>	<b>155</b>	<b>160</b>	<b>164</b>
	<b>70</b>	<b>99</b>	<b>117</b>	<b>148</b>	<b>156</b>	<b>159</b>	<b>160</b>

Tableau n° XVIII : Résultats du test de gonflement à froide du couscous

Echantillons	Gonflement à froid						
	5 min	10min	20min	30min	40min	50min	60min
Ech témoin	<u>63</u>	<u>85</u>	<u>100</u>	<u>122</u>	<u>136</u>	<u>140</u>	<u>145</u>
	<u>65</u>	<u>76</u>	<u>114</u>	<u>130</u>	<u>143</u>	<u>145</u>	<u>147</u>
Ech 1	68	90	120	130	142	147	148
	64	78	110	124	137	143	145
Ech 2	<u>66</u>	<u>95</u>	<u>120</u>	<u>138</u>	<u>145</u>	<u>150</u>	<u>154</u>
	<u>64</u>	<u>84</u>	<u>109</u>	<u>128</u>	<u>145</u>	<u>153</u>	<u>154</u>
Ech 3	65	82	122	140	145	151	155
	63	73	95	129	140	153	158
Ech 4	60	87	112	138	142	158	160
	62	90	117	135	140	150	155

D'après nos résultats nous pouvons conclure que le taux de gonflement est étroitement lié avec le temps et aussi la chaleur ; plus le temps est long plus le taux de gonflement augmente et plus l'eau est douce (chaud) plus le taux de gonflement est rapide et élevé. Donc l'incorporation de couscous avec la farine de fenugrec n'influence pas le gonflement de couscous.

### **Gonflement à froid et à chaud**

La détermination de l'indice de gonflement à 25C° et à 100C° figure parmi les critères d'appréciation de la qualité culinaire du Couscous (**Guezlane et Abecassis, 1991**).

Les résultats de gonflement à froid et à chaud sont représentés dans les tableaux n° XVII et n° XVIII.

D'après le tableau XVI, Les échantillons du couscous analysés ont un bon gonflement en particulier le gonflement à chaud.

Le gonflement à froid du couscous, il est de 177% à 5mn, et de 241% à 30mn et le seuil maximal 255% après 1h.

Le gonflement à chaud du couscous, il est de 190% à 5mn, et de 254% à 30mn et le seuil maximal 264% après 1h.

On remarque que la vitesse du gonflement à chaud est plus rapide, que le gonflement à froid ceci s'explique par le bouleversement de la structure native de l'amidon en se gélifiant à 100°C devient plus hydrophile et sa capacité de gonflement accroît (**Singh et al., 2006**). Le gonflement à froid et à chaud du couscous est un critère de qualité, il est contrôlé chaque 2 heures dans les usines pour déterminer la capacité de gonflement du couscous.

D'après **Guezlane (1993)**, l'utilisation d'une pression de vapeur et/ou d'une durée de cuisson plus importante a pour effet d'accroître le gonflement du couscous à l'eau froide. Alors que l'élévation de la température de séchage induit à une diminution du gonflement, notamment dans l'eau froide.

### **II.8 résultats du test de l'indice de couleur**

Les résultats obtenus d'indice de couleur sont représentés dans le tableau n° XVIII :

Tableau n° XVIII : Résultats du test de l'indice de couleur

Les échantillons	Résultats	Normes	
Ech témoin	1 <sup>er</sup> essai	2eme essai	<b>Normes couscous</b> L*=77.28 a*=1.10 b*=48.26
	L*=72.23 a*=1.08 b*=33.26	L*=71.39 a*=1.08 b*=32.77	
Ech 1	L*=67.10 a*=1.48 b*=32.85	L*=69.44 a*=1.40 b*=34.85	
Ech 2	L*=67..27 a*=1.55 b*=34.00	L*=67.24 a*=2.52 b*=32.14	
Ech3	L*=68.63 a*=1.82 b*=35.82	L*=68.14 a*=1.82 b*=34.67	
Ech 4	L*=69.10 a*=1.82 b*=34.96	L*=71.88 a*=1.39 b*=34.96	
Semoule	L*=79.56 a*=- 0.05 b*=36.13	L*=81.81 a*=- 0.062 b*=35.57	
Fenugrec	L*=69.75 a*=2.82 b*=1.47	L*=71.44 a*=2.42 b*=32.24	

L\* =la clarté

a\* =indice de brun

b\* =indice de jaune

D'après nos résultats nous pouvons conclure que l'indice de couleur dans les 4 échantillons du couscous est conforme à la norme de l'entreprise (Mama).alors que l'incorporation du poudre de fenugrec a une influence sur l'indice de jaune b\* c'est à dire l'augmentation des doses provoque un indice de jaune assez élevé de 32.77 dans le couscous témoin augmente à 34.96 dans le couscous artisanal enrichi en poudre de fenugrec.

### II.9 Résultats du dosage de la teneur en lipides

Les résultats sont indiqués dans le tableau n° XX:

**Tableau n° XX : Résultats de la teneur en lipides**

les échantillons	Résultats
<b>Ech témoin</b>	<b>0.27%</b>
<b>Ech 1</b>	<b>1%</b>
<b>Ech 2</b>	<b>1%</b>
<b>Ech 3</b>	<b>1.5%</b>
<b>Ech4</b>	<b>1.5%</b>
<b>Norme</b>	<b>2 %</b>

D'après le tableau n° XX, les échantillons de couscous testés, présentent des teneurs variables en lipides : de 0.27 % pour le couscous témoin (0%), 1%. pour le couscous à 5g et 7g et 1.5% pour le couscous de 15g et 20g.

Toutefois, dans notre travail on montre que le couscous incorporé de fenugrec renferme une quantité moyenne des lipides et qui ne dépasse pas 1.5% dans le couscous et pâtes alimentaire (**Feuillet, 2000**), donc nos analyses sont conforme aux normes.

## II.10 Test de cuisson

Les Résultats de test de cuisson sont présentés dans le tableau n° XXI

**Tableau n° XXI : résultats des essais de cuisson des échantillons de couscous analysés.**

<b>couscous</b>	<b>Témoin à 0g</b>	<b>Couscous à 5g</b>	<b>Couscous à 7g</b>	<b>Couscous à 15g</b>	<b>Couscous à 20g</b>
<b>Temps de cuisson min</b>	<b>20 min</b>	<b>20min</b>	<b>20min</b>	<b>20min</b>	<b>20min</b>
<b>Poids initiale g</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Poids final g</b>	<b>220</b>	<b>216</b>	<b>200</b>	<b>220</b>	<b>230</b>
<b>Granulation observée</b>	<b>Uniforme</b>	<b>Uniforme</b>	<b>Uniforme</b>	<b>Uniforme</b>	<b>Uniforme</b>
<b>Le gonflement</b>	<b>Très bon</b>	<b>Très bon</b>	<b>Bon</b>	<b>Bon</b>	<b>Bon</b>
<b>Comportement à la Réhydratation</b>	<b>Non collant</b>	<b>Non collant</b>	<b>Non collant</b>	<b>Collant</b>	<b>Collant</b>

D'après les résultats représentés dans le tableau n° XXI, nous observons une augmentation du gonflement donc une augmentation du poids final des échantillons de couscous enrichis en poudre de fenugrec (5 g, 7 g, 15 g, 20 g). par rapport au couscous témoin (0g), la capacité

De l'hydratation devient de plus en plus élevée avec l'augmentation du taux d'incorporation de fenugrec. par ailleurs, le temps de cuisson est de 20min pour les 5 types de couscous

Le couscous témoin (0g de fenugrec) présente des propriétés très appréciés, il n'est pas trop collant, avec un très bon gonflement et le degré d'individualisation des grains est satisfaisant, contrairement au couscous incorporé de 15g et 20g de fenugrec.

Le temps optimum de cuisson du couscous selon les travaux de **Yousfi (2002)** et **Derouiche (2003)** est le temps nécessaire pour que les grains soient tendres sans qu'ils soient collants ou pâteux.

Selon **Guezlane (1993)**, un bon couscous doit absorber deux fois son poids d'eau, pendant la cuisson et conserve une certaine fermeté et viscoélasticité, et ces grains doivent restés bien individualisés sans se déliter, ni se coller entre eux.

### III. Résultats et interprétation des analyses microbiologiques

Les résultats des analyses microbiologiques sont indiqués dans le tableau n° XXII : **Tableau n° XXII : Résultats des analyses microbiologiques des différentes doses d'incorporation de fenugrec.**

Echantillons	<i>Clostridium sulfitoréducteurs</i> à 37°C (ISO 66 49)	Moisissures à 25°C (JO n °35/1998)	SUPERIEUR ou égale 100 germe/ml
Couscous témoin	ABS	ABS	
Couscous 5g	ABS	ABS	
Couscous 7g	ABS	ABS	
Couscous 15g	ABS	ABS	
Couscous 20g	ABS	ABS	

D'après les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur le couscous artisanal à différents taux d'incorporation (0g, 5g, 7g, 15g, 20g), nous remarquons une absence totale des moisissures et des *Clostridium* Sulfito-réducteurs. On peut donc conclure que les échantillons de couscous artisanal à différents taux d'incorporation sont de qualité satisfaisante et présentent une bonne qualité microbiologique.

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

#### **IV. Résultats de l'évaluation sensorielle de couscous artisanal incorporé du fenugrec à différents taux d'incorporation ( 5g, 7g, 15g, 20g)**

Le couscous artisanal à différents taux d'incorporation de poudre de fenugrec a été soumis à un test de dégustation, par un jury composé de 50 personnes choisis au hasard (voir annex ).

L'appréciation de la qualité culinaire des différents échantillons de couscous étudiés est résumée au niveau du tableau n° XXIII.

<b>Echantillons</b>	<b>Caractéristiques</b>	<b>Inacceptable</b>	<b>Médiocre</b>	<b>Moyen</b>	<b>Bon</b>	<b>Excellent</b>
<b>Couscous témoin à 0g</b>	<b>Couleur</b>					
	<b>Odeur</b>					
	<b>Gout</b>					
	<b>Appréciation globale</b>					
<b>Couscous à 5g</b>	<b>Couleur</b>					
	<b>Odeur</b>					
	<b>Gout</b>					
	<b>Appréciation globale</b>					
<b>Couscous à 7g</b>	<b>Couleur</b>					
	<b>Odeur</b>					
	<b>Gout</b>					
	<b>Appréciation globale</b>					
<b>Couscous à 15g</b>	<b>Couleur</b>					
	<b>Odeur</b>					
	<b>Gout</b>					
	<b>Appréciation globale</b>					
<b>Couscous à 20g</b>	<b>Couleur</b>					
	<b>Odeur</b>					
	<b>Gout</b>					
	<b>Appréciation globale</b>					

D'après les résultats du tableau ci-dessus, la majorité des dégustateurs donnent les opinions

Suivantes :

**\*La couleur:**

La couleur est le premier paramètre observé par le dégustateur, il lui accorde une grande importance et ceci pour apprécier la qualité d'un produit. La couleur du couscous témoin a été jugée «excellente » jaune ambré par 80% des dégustateurs, alors que les 4 échantillons du couscous incorporé de fenugrec l'ont qualifié «moyenne» par 70% des dégustateurs.

**\*L'odeur:**

L'odeur apporte aux dégustateurs de nombreux renseignements sur l'état d'un produit et sur sa comestibilité. 90% des dégustateurs ont jugé l'odeur du couscous témoin «excellente », 70% des dégustateurs ont qualifié l'odeur du couscous à 5g et 7g d'incorporation de fenugrec «bonne », alors que l'odeur du couscous à 15g et 20g d'incorporation de fenugrec à été jugé «médiocre» par 60% des dégustateurs.

**\*L'aspect:**

Le couscous artisanal à différents taux d'incorporation (0g, 5g, 7g, 15g, 20g) montre un aspect homogène et régulier, l'aspect a été jugé par la majorité des dégustateurs comme étant «bon » pour les 5 échantillons de couscous.

**\*Le goût:**

Le couscous témoin a été jugé «bon » par 90% des dégustateurs. Le goût du couscous de 5g et 7g d'incorporation de fenugrec, la majorité des dégustateurs l'on qualifié «Excellent».

**\*L'appréciation globale:**

C'est l'évaluation globale des échantillons du couscous artisanal à différents taux d'incorporation de fenugrec (5g, 7g) par les dégustateurs et qui a été jugée « Bonne » et moyenne pour (15g, 20g). Le test de dégustation effectué sur les différents échantillons de couscous à l'état cuit par le jury nous a permis de conclure que l'appréciabilité du couscous artisanal incorporé de la poudre de fenugrec ne fait pas défaut par sa couleur .

De même pour certains dégustateurs, la couleur ne risque pas d'influencer le choix du consommateur puisque il existe une gamme très riche sur le marché algérien de couscous de couleur plus foncée (couscous à base d'orge, couscous à base d'origan. . etc.).

De ce fait, l'appréciabilité des quatre échantillons de couscous artisanal diffère d'une personne à un autre selon les goûts et les couleurs de chacun.

## Conclusion

---

La fabrication de couscous artisanal incorporé en poudre de fenugrec nécessite de vérifier la conformité des matières premières.

Les échantillons de couscous marquent une bonne qualité hygiénique, cela est dû à la conformité des résultats microbiologiques aux normes algériennes.

Les résultats des analyses physico-chimiques des échantillons de couscous étudié permettent d'affirmer qu'elles sont de qualité appréciable :

- pour le taux de protéine, nos résultats obtenus sont : 13.6%, 14.4% ,14.75 %, 15.1%, 15.8% respectivement pour les échantillons de couscous : témoin, 5g ,7g ,10g, 20g .donc les résultats des éch témoin, éch a 5g, éch a 7g sont conformes en vigueur à la norme algérienne qui est entre (11%-15%).
- pour les lipides, les résultats montrent que le couscous incorporé fenugrec renferme une quantité moyenne de lipides qui ne dépasse pas 1,5%.
- pour le taux de cendre, nos résultats obtenus sont : 0.82 %, 0.89%, 0.86 %, 0.87%, 0.89% : Respectivement pour les échantillons de couscous à 0g, 5g, 10g, 20g. Nous constatons que les résultats sont conformes à la norme algérienne qui est entre (0.8-1.1%).
- pour humidité, les valeurs obtenues sont entre (12,7% -13,7%), donc nos résultats dépassent la norme algérienne qui est entre (11,5%-12,5%).

D'après les résultats trouvés, nous notons que le fenugrec provoque une augmentation de la teneur de l'humidité (12,7% -13,7%), de la teneur en protéines (13.6%- 15.8%) et une légère augmentation de lipides (1% - 1,5%).

Sur le plan culinaire, les résultats obtenus de gonflement, la délitescence et le test de cuisson diffèrent d'un échantillon à un autre. Cela est dû à la capacité d'absorption d'eau qui devient plus

Faible avec l'augmentation du taux d'incorporation de fenugrec en poudre (5g, 7g, 10g, 20g.)

La dégustation effectuée sur le couscous artisanal après cuisson par le jury de dégustation nous a permis de conclure que :

La meilleure dose d'incorporation de la poudre de fenugrec dans le couscous est celle de 5g et 7g apportant une meilleure amélioration de la qualité nutritionnelle du couscous

La majorité des dégustateurs l'ont qualifié «Excellent».

L'incorporation de la poudre de fenugrec est une approche très intéressante, d'un point de vue sensoriel et nutritionnel, en effet, l'enrichissement de la semoule par la poudre de fenugrec, permet d'améliorer le goût, la saveur, et l'apport énergétique ; et de satisfaire les différents besoins de l'organisme (protéines, lipides...etc.).

En effet, le déficit du couscous en certains acides aminés comme la lysine comblé par cette addition, donc on peut déduire que ce produit répond à l'appellation d'un aliment diététique équilibré.

En conclusion, nos résultats montrent la possibilité de fabriquer un couscous de bon qualité, il serait donc souhaitable de :

- poursuivre les recherches dans ce domaine par l'étude d'autres paramètres physicochimiques tels que l'acidité grasse, teneur en glucides.
- L'élargissement de l'utilisation de fenugrec dans d'autres produits alimentaires tels que le pain, les biscuits et les pâtes alimentaires.
- L'industrialisation de couscous enrichi en poudre de fenugrec en validant sa qualité nutritionnelle et technologique, complété par des analyses et des essais plus précis (analyses des acides aminés...etc.).

## Références bibliographiques

---

- Abecassis J., 1991** : Industrie des céréales qualité de blé dur N°72, de la semoule et des pâtes alimentaires. pp 232.
- AFNOR, 1991** : Recueil des normes françaises : Céréales et produits céréaliers.3ème édition .paris p360.
- Alane et Khalfaoui , 2005** : Contribution à la détermination de la sensibilité des céréales poste-recalc (blé dur, blé tendre, triticale) à l'attaque de ravageur staphilus oryzae et l'effet de l'infestation sur la qualité de blé dur (triticum durum desf) thèse d'ing en biologie université du Blida P 102.
- Anonyme 2002** : Etude corporative de quelque couscous de blé dur fabriquée en Algérie, respect socio-technologique ; Mémoire d'ING, INA, EL Harrach. 65p.
- Anonyme., 2004** : procédés traditionnels et cout de fabrication de couscous et de la galette de blé dur dans l'exploitation (Haut plateaux, Tiaret et Tissemsilt) n°4 p23.
- Arkoun Y.,2004** : le couscous ou l'histoire millénaire d'un grain «magique » GREEN. Algérie (1).pp 13-15.
- Angar O. et Belhouchet et L., 2002** : Granulométrie du couscous relation avec quelques paramètres de fabrication et de la qualité culinaire. Mémoire d'ingénieur. DNATAA. Université Mentouri constantine p 53.
- Autran J.C.; Feillet P.; Icard-Vernière C., 2000** : Bases biochimiques du brunissement des pâtes alimentaires, (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n. 40), "Zaragoza : CIHEAM-IAMZ. p. 431-438.
- Benjoudiouadda.,Tigroudja.,1999** : influence de la granulométrie des semoules sur la qualité du couscous, ING .INA EL Harrach. P 86.
- Boudreau A., Matsuo R. et Laing W., 1992** : L'industrie des pâtes alimentaires,pp 193-223 .In « le Blé éléments fondamentaux et transformation » 2ème édition, université LAVAL Canada 439 pages.

- Boukli Leila** : histoire ce couscous. Le plat de partage Alger 20-**Bourad D., Ferrat N., 2002** : Etude corporative de quelques variétés de couscous de blé dur fabriqué en Algérie : Aspect socio-technologique Mémoire ING , INA, EL Harrach. P 73.
- Burnie. G, Forrester .S, Greig.S, Harmony.M, Horbley.S, 2006** : Botanica Encyclopédie de botanique et d’horticulture. Edition place victoire. Paris. France.
- Codex alimentarius** : Norme codex 202-1995. Norme codex pour le couscous. Pp 1-3.
- Codex Standard 178-1991** : Norme Codex pour la semoule et la farine de blé dur.
- Cheftel J.C., Cheftel H., et Besancon S., 1997** : Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Ed. Lavoisier Tec et Doc. Paris. Pp.105-142.
- Dahoun-Lefkir S., 2005** : influence des conditions de l’hydratation sur la qualité technologique du couscous. Thèse de Magister. INA, El-Haraach, Alger.p100.
- Debbouz A., Donnely B., 1996** : Process affection couscous quality –cereal –chem-73(6).pp 668-671.
- Dellile. L , 2007** : les plantes médicinzles de l’Algérie .Paris.
- Derouiche M. 2003** : couscous –Enquête de consommation dans l’est algérien, fabrication traditionnelle et qualité. Thèse de magister .DNATAA. Université deconstantine. P 125.
- Djender Z., Merabti A. et Zaghouane O., 2004** : Procédé traditionnel et cout de fabrication du couscous et de la galette de blé dur dans l’exploitation, ITGC. Ed. IFAD, p33.
- Feillet P., 2000** : Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris, p308.
- Fonzon N., Kaan F., et Nachit M., 1995** : Evaluation de la qualité du blé dur, (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n°22), "Zaragoza : CIHEAM. p. 53-59.
- Godon B., 1991** : Biotransformation des produits céréaliers. Inra. Paris, p308.

**-Guezlane et ABECASSIS, 1991 :** Méthodes d'appréciation de la qualité culinaire du couscous INA, Novembre 1991.pp.966- 970.

**-Guezlane L., 1993 :** Misse au point de méthodes de caractéristique et études des modifications physico-chimiques sous l'effet de traitement hydrothermique en vue d'optimiser la qualité du couscous du blé dur. Thèse de Doctorat. INRA. El Harrach. Pp89.104.

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

**-JORA, 2007 :** Journal officiel de la république algérienne n°81/167 du 25 juillet 1981.

**-Kovacs M.I.P., Post.M., Butler G., Woods S.M., Leisle D., Noli J.S. et Dahlke G., 1977:** Durum wheat quality comparison of chemical and rheological screening test with sensory analysis. Canadian journal of cereal science. Vol 25. N°1. Pp. 65-75.

**-Matveef M., 1966 :** « Influence du gluten des blés durs sur la valeur des pâtes alimentaires », Bull. anc. Ed. Fr. meunerie, 213, Pp.133-138.

**-Ounane G., Autran J.C., 2001:** Essai de fabrication de pâtes alimentaires supplémentées de la farine, :caractérisation physico-chimique. Annales de l'INA-EL Harrach, INRA, Unité de recherche des céréales, Montpellier, France-vol 22.N°1 et 2, 2001.pp 125-141.

**-Perrin :** couscous industriel. Catalogue en ligne la bibliothèque centrale.

**-Reymond.G , 2011 :** « Métabolites des végétaux, physiologie et biologie», Ed., Press polytechniques et universitaires romandes ,Paris , p 199.

**-Schauenburg P, 1997 :** « Guide des plantes médicinales, analyse, description et utilisation de 400 plantes » , Paris , Delachaux et Niestlé, 3ème édition , p396.

- Singh N., Kaur L., Sandhu K.S., Kaur J., Nishinari K., 2006:** Relationships between physicochemical, morphological, thermal, rheological properties of rice starches. *Food Hydrocolloids*. 20. pp. 532-542.
- Small. E et Colting .P, 2000:** «les cultures médicinales canadiennes», les press scientifiques du CNR Cottawa .
- Souccar :** Le nouveau guide des vitamines et de nutrition.
- Teuscher E , Anton R, Lobsteine A, 2005 :** «Plantes aromatique, épices, aromates, condiments et huiles essentielle », cologne , Konemann, p58.
- Weill et Batteux ., 2003 :** Rapidevaluation of plant extracts and essential oils for antiinflammatoryactivity . *plant Dis* 81, pp 204-210.
- Yousfi L., 2002 :** Influence des conditions de fabrication sur la qualité du couscous industriel et artisanal. Thèse de Magister. DN ATAA. Université de Constantine, Pp.141.
- Yettou N., Guezlane L., Ounan G., 2000 :** mise au point d'une méthode instrumentale d'évaluation de la délitescence du couscous de blé dur. Symposium blé dur 2000. Enjeu et stratégie.

## Annexe 01

### Matériels non biologique :

Appareillage	Verreries et autres
- broyeur	-ballon 500ml
- Four à moufle	-Fiole jaugée
- Dessiccateur	-Entonnoir
-Rota-vapeur	-Béchers
- Tamis	-pipettes
-balance analytique	-poire
-chauffe ballon	- Filtres
-support	- Flacon ombre
-réfrigérant	-Burettes à essai stériles
-thermomètre	- Pipettes graduées
-Agitateur magnétique	-Boite de pétri
-bain marie	-pince de laboratoire
-HPLC	-Erlen Meyer de 250ml et 500ml
-balance hydrostatique	-Tubes à essai stérile
-ph mètre	-Pipettes pasteur
-polarimètre	- Essoreuse.
-soxhlet	
-Etuve d'incubation	
- Pinceau	
- Capsule métallique	
-Nacelle à incinération	

## Annexe 02

### Réactifs

- Acide sulfurique
- Ethanol à 95%
- Ether de pétrole
- Hydroxyde de sodium
- Sulfate de potassium

### Annexe 3



**Le malaxage**



**Le roulage**



**Tamisage**



**Séchage**



**Pré cuisson**



**produit fini**

## Annexe 4

Appareillage :



Tamis



broyeur



Balance



Etuve de chopin



**Four à moufle**



**dessiccateur**



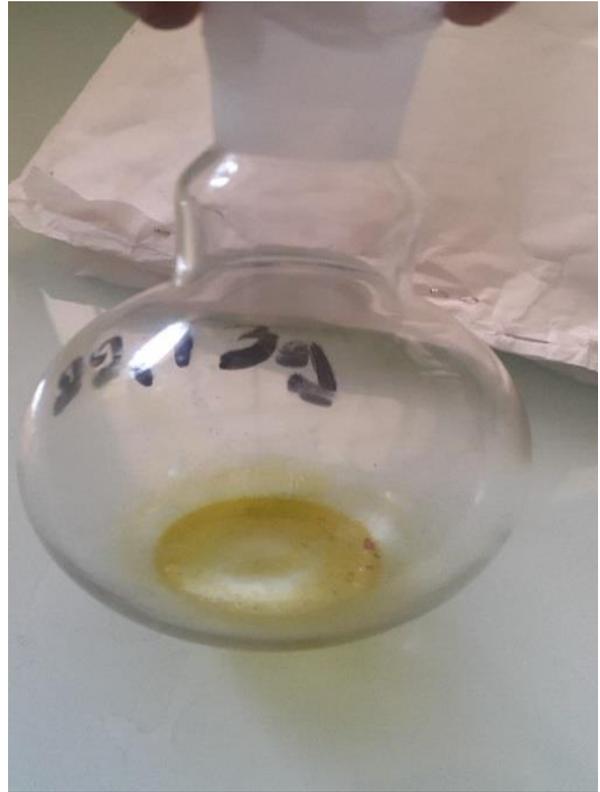
**Etuve**



**ph mètre**



**Rota-vapeur**



**huile extraite**



**Agitateur**



**Plaque chauffante**



**Réfrigérant**



**Bain marie**

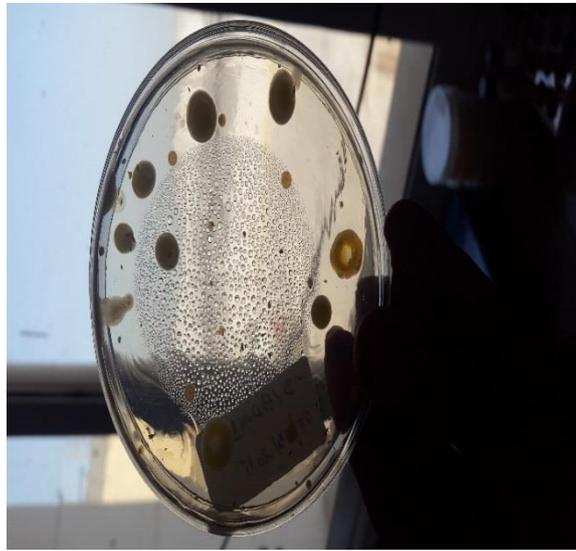


**Minolta**



**Etuve**

## Annexe 05



Levure et moisissure (fenugrec)

les streptocoques



Levure et moisissure (couscous)

levure et moisissure (semoule)



Clostridium sulfito-reducteurs , coliformes (fenugrec,semoule,couscous)

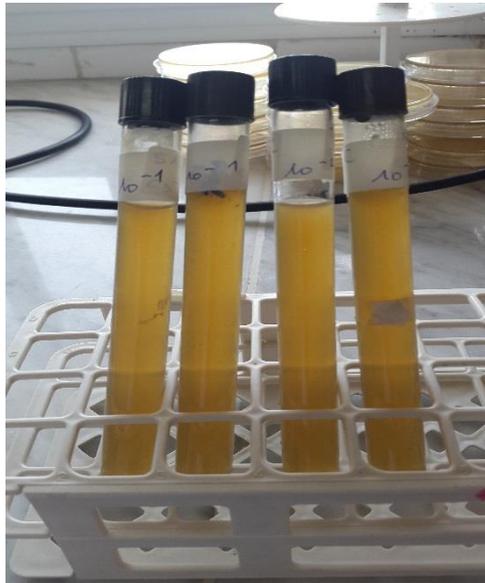
## Annexes 06



Levure et moisissure



Préparation des dilution



Clostridium sulfito-reducteurs

## Annexe n 07

### Milieux de culture

- Eau physiologique
- Milieu de Rothe
- Eau peptonée tamponnée
- Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol (BCPL)
- Milieu EVA-Litsky
- Eau peptonée exemple d'indole (EPEI)
- Gélose PCA
- Gélose OGA
- viande foie
- gélose sabouraud
- Rague de phénol

### Composition des milieux de cultures utilisées

#### Mannitol - Mobilité - Nitrate

Hydrolysats tryptique de caséine:.....10,0 g

Mannitol:.....7,5 g

Rouge de phénol:.....0,04 g

Nitrate de potassium:.....1,0 g

Agar:.....3,5 g

pH = 7,6

#### Rouge de phénol

protéase-peptone .....10,0 g

Extrait de levure..... 3,0 g

Lactose..... 10,0 g

Saccharose..... 10,0 g

Vert brillant..... 0,0125 g  
Rouge de phénol.....1 0,08 g  
Chlorure de sodium..... 5,0 g  
Agar..... 12,0 g  
PH ..... 6,9

### **Eau physiologique**

Chlorure de sodium.....9g  
Eau distillée.....1000ml

Préparation : dissoudre dans l'eau et répartir en tubes de 9 ml.

Autoclavage : 20 min à 121°C.

### **Milieu de Rothe**

Peptone .....20g  
Glucose.....5g  
Chlorure de sodium.....5g  
Phosphatase dipotassique.....2,7g  
Phosphatase mono potassique.....2,7g  
Azohydrate de sodium.....2g  
Eau distillée.....1000ml  
PH final.....6,8 à 7

### **Gelose de sabouraud**

Peptone..... 10 g  
Glucose massé..... 20 g  
Agar-agar..... 15 g  
Eau distillée (qsp)..... 1 000 ml  
vitamines et facteurs de croissance  
pH = 6,0

### **Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol (BCPL)**

Peptone .....	20g
Extrait de viande .....	3g
Lactose .....	10g
Bacto-Agar-Difco .....	15g
Bromocrésol pourpre .....	0,3g
Eau distillé .....	1000ml
Dissoudre par chauffage	
PH final .....	7
Autoclavage : 20min à 115 °C	

### **Milieu EVA-Litsky**

Peptone .....	20g
Glucose .....	5g
Chlorure de sodium .....	5g
Phosphate dipotassique .....	2,7g
Phosphate monopotassique .....	2,7g
Solution d'azohydrate de Na .....	0,3g
Ethyle violet .....	5 ml
Eau distillé .....	1000ml
pH final .....	7
Autoclavage : 20min à 115 °C.	

### **Oxytétracycline Glucose Agar (OGA)**

Extrait autolytique de levure .....	5g
Glucose .....	20g
Oxytétracycline .....	0,1g
Eau distillée .....	1000ml
Agar-agar .....	15g
PH du milieu .....	6,6 ± 0,2

### **Eau peptonée exemple d'indole (EPEI)**

Eau distillée .....	1000ml
Tryptone .....	10g

Chlorure de sodium.....5g  
pH du milieu.....7,2 ± 0,

**Milieu AGAR viande foie :**

Base viande foie.....20g  
Glucose.....0,75g  
Amidon.....0,75g  
Sodium sulfite.....1,2g  
Citrate de fer ammoniacal.....0,5g  
Carbonate de sodium.....0,67g  
Agar-agar.....11g  
Eau distillée.....1000 ml

**L'eau physiologique :**

Chlorure de sodium

Eau distillée

Ph = 7,5

**Eau Tryptone-sel (TSE) :**

Pour 1 litre de milieu :

Tryptone.....1,0 g  
Chlorure de sodium.....8,5 g  
PH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : 7,0 ± 0,2.

**Gélose PCA**

Tryptone.....5,0 g  
Extrait de levure.....2,5 g  
Glucose.....1,0 g  
Agar.....15,0 g

**Annexe 07: fiche de test de dégustation**

<b>Echantillons</b>	<b>Caractéristiques</b>	<b>Inacceptable</b>	<b>Médiocre</b>	<b>Moyen</b>	<b>Bon</b>	<b>Excellent</b>
<b>Couscous témoin à 0g</b>	Couleur					
	Odeur					
	Aspect					
	Gout					
	Appréciation globale					
<b>Couscous à 5g</b>	Couleur					
	Odeur					
	Aspect					
	Gout					
	Appréciation globale					
<b>Couscous à 7g</b>	Couleur					
	Odeur					
	Aspect					
	Gout					
	Appréciation globale					
<b>Couscous à 15g</b>	Couleur					
	Odeur					
	Aspect					
	Gout					
	Appréciation globale					
<b>Couscous à 20g</b>	Couleur					
	Odeur					
	Aspect					
	Gout					
	Appréciation globale					

## Annexe 08

Table de MAC-GRADY

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