



**Faculté Des Science De La Nature Et De La Vie Département Sciences  
alimentaires.**

**Laboratoire de Recherche Sciences, Technologies Alimentaires et Développement Durable.**

**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master en  
Spécialité : Nutrition et Pathologies  
Filière : Sciences Alimentaires  
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie.**

**Thème :**

**Contribution à l'élaboration d'un pain diététique à base du levain naturel.**

**Présenté par :  
Mlle Tobbal Yassemin et Mlle KOULALI FAYROUZ.**

**Devant le jury composé de :**

<b>Dr Ramdan S.</b>	<b>MCA</b>	<b>U. Blida 1</b>	<b>Président.</b>
<b>Dr Meziane Z.</b>	<b>MCB</b>	<b>U. Blida 1</b>	<b>Examinatrice.</b>
<b>Dr Bouchakour R.</b>	<b>MCA.</b>	<b>U. Blida 1</b>	<b>Promotrice.</b>
<b>Dr Kouidri A</b>	<b>MCA</b>	<b>U. Blida 1</b>	<b>Co promotrice.</b>
<b>Mr Tefahi Djamel.</b>	<b>Ingénieur de laboratoire.</b>		<b>Co promoteur.</b>

**Promotion 2021-2022.**

# *Remerciement*

Tout d'abord, nous souhaitons adresser notre plus grande gratitude à Dieu qui nous a apporté son aide le long de notre parcours universitaire, et sans lequel la réalisation du présent travail n'aurait pas pu être possible

A nos parents, les êtres les plus chères qui n'ont jamais cessé de nous soutenir et de nous orienter sur le bon chemin. Nous tenons à exprimer nos remerciements les plus sincères et les plus profonds aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de nos études universitaires.

Nous tenons à remercier l'ensemble des membres de jury : Dr. Amalou D, Dr. Meziane Z, et Dr. Bouchakour R, et Dr. Kouidri A, d'avoir accepté d'être membre de jury.

On tient dans un premier temps un grand remerciement à notre Co promoteur l'ingénieure de laboratoire d'hygiène Monsieur « **TEFAHI Djamel** » de nous avoir aidé et orienté durant notre stage, et « **Mr ALI** » qui ont encadré notre travail. Aussi, on tient de remercier notre promotrice « **Dr Bouchakour** » pour son soutien et son support, et notre Co promotrice « **Dr Kouidri** » pour ces conseils.

Nos remerciements s'adressent également au chef du laboratoire d'hygiène de Blida et le laboratoire de contrôle de qualité et répression de fraude de Beni Merad, ainsi qu'à toute l'équipe de laboratoire qui nous a beaucoup aidés : **Teffahi Djamel, Amine Hammadach, Amel Chaibai, Ali, Asma**, pour leur aide, et leurs conseils.

Nous désirons aussi remercier « **Dr KADRI** » pour son aide pendant la réalisation de nos analyses physicochimiques. Et aussi le « **Dr RAMDAN** » pour son énorme soutien.

Aussi, on tient de remercier monsieur « **Abd el Rahman** », le responsable de magasin des produits chimiques pour son soutien.

Les travaux présentés dans cette mémoire ont été menés essentiellement au laboratoire d'hygiène de Blida et laboratoire de contrôle de qualité et répression de fraude de Beni Merad.

**YASSEMIN ET FAYROUZ**

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail pour tous ceux qui croit en moi.*

*Je dédie ce mémoire à celle qui m'a donné la vie, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère « **Fatiha** », le symbole de tendresse.*

*A mon père « **Mouloud** », école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes mes années d'études, et qui a aussi accepté de me voir si longtemps sur les « bancs d'école », que dieu me le garde et me le protège.*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer ma grande admiration, ma considération et ma sincère affection pour mes chers parents.*

*A mes deux sœurs « **Fella et Nerdjes** », qui ont été toujours présente à côté de moi pour m'aider, et spécialement durant mon projet de fin d'étude, merci beaucoup mes sœurs.*

*A ma grande famille paternelle et maternelle.*

*A tous mes amis de l'université de Blida, avec lesquels j'ai eu de bons souvenirs, pour leur présence de tous les instants, pour le soutien qu'ils m'ont apporté, avec toute mon affection et ma reconnaissance.*

*A mon binôme, « **Fayrouz** » qui a partagé avec moi les moments difficiles de ce travail et à sa famille.*

**YASSEMIN**

# ***Dédicaces***

*Au début et avant tout, je remercie Allah de m'avoir donné le courage et la santé pour finaliser ce travail, malgré mon âge avancé.*

*Je dédie ce travail spécialement à mon père « **Boualem** » que dieu ait pitié de lui, et en fasse une charité permanente pour lui.*

*Je dédie aussi à ma mère « **Fadhila Boukheddouni** » que dieu lui accorde longue vie pour supporter ce difficile voyage.*

*A mes frères et sœurs pour m'avoir encouragé et soutenu financièrement et moralement **Salim, Rabah, Abderrazak, Benyoucef, Mouhamed, Tayeb, Toufik, Anas.***

*A celle qui a été toujours la source de courage, la femme de mon frère **Souad, tante Aicha, Oum al hasan.***

*A toute la famille **koulali et boukheddouni.***

*A ma binôme **yassemin Tobbal.***

*A tous ceux qui ont entravé ma carrière parce que c'était la raison de ma progression.*

*A toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

**FAYROUZ**

## Liste des abréviations :

AJR : apport journalier recommandé.

ANC : apport nutritionnel conseillé.

AG : acide aminé.

BL : bactérie lactique

C° : degré Celsius.

DY : rendement de la farine.

ED : eau distillée.

FAN : facteur antinutritionnel.

FMAT : flore mésophile aérobie totale.

JORA : journal officiel de la république algérienne.

ha : hectare.

ISO : international standardisation organisation.

G : gramme.

GIT : gastrointestinale.

GAP : glycéraldéhyde-3-phosphate.

KCAL : kilocalorie.

KJ : kilojoule.

Lb : lactobacille.

MRS : man-rogosa-shape.

M 17 : gélose M17.

R.S : teneur en amidon résistant.

QF : quotient fermentaire.

TC : taux de cendre.

TH : taux d'humidité.

TSE : tryptone sel.

TGEA : glucose tryptone extract agar est un milieu développé pour la recherche et le dénombrement des micro-organismes.

% : pourcentage.

## Liste des figures :

**Figure n°1** : Structure du grain de blé tendre.

**Figure n°2** : Evolution des superficies, production et collecte des blés durant 1998-2019.

**Figure n°3** : Aspect microscopique électronique de germe lactobacillus.

**Figure n°4** : Streptococcus thermophilus au microscope électronique.

**Figure n°5** : Lactococcus lactis subsp croemoris au microscope électronique.

**Figure n°6** : Pediococcus acidilactici au microscope électronique.

**Figure n°7** : Structure de l'acide phytique.

**Figure n°8** : Matière première de blé tendre.

**Figure n°9** : Détermination des impuretés de blé tendre.

**Figure n°10** : Détermination du taux d'humidité.

**Figure n°11** : Détermination du taux de cendre.

**Figure n°12** : Dosage de l'acidité grasse.

**Figure n°13** : Dosage du gluten humide et sec.

**Figure n°14** : Dosage des protéines.

**Figure n°15** : Dosage de la matière grasse.

**Figure n°16**: Dosage des sucres totaux.

**Figure n°17** : Préparation des solutions mères et dilutions.

**Figure n°18** : Analyse microbienne de la farine.

**Figure n°19** : Matériels de préparation du levain naturel.

**Figure n°20** : 1<sup>er</sup> jour de la préparation du levain.

**Figure n°21** : Les trois levains à base de la faine blanche, farine complète Mawna, semoule.

**Figure n°22** : Levain prêt à l'emploi (farine complète).

**Figure n°23**: Mesure de ph et de la température.

**Figure n°24** : Pratique d'analyse de la flore lactique.

**Figure n°25** : Isolement et purification, tests oxydase et catalase des BL.

**Figure n°26** : L'analyse de test catalase.

**Figure n°27** : L'analyse de test oxydase.

**Figure n°28** : La croissance de levure sur la gélose après incubation.

**Figure n°29** : Mélange des ingrédients.

**Figure n°30** : Le façonnage de la pâte.

**Figure n°31** : Le boulage de la pâte.

**Figure n°32** : La détente de la pâte.

**Figure n°33** : La cuisson de la pâte.

**Figure n°34** : 2<sup>ème</sup> essai de panification à base de blé tendre et du levain naturel.

**Figure n°35** : L'évaluation de levain préparé (farine Mawna) pendant 7 jours.

**Figure n°36** : Colonies de la flore lactique sur les milieux MRS et M17.

**Figure n°37** : Colonies de la flore fongique sur les milieux PDA et Sabouraud.

**Figure n°38** : Observation microscopique des BL forme coque et bacille.

**Figure n°39**: Observation microscopique de levure.

## **Liste des tableaux :**

**Tableau n°1 :** Composition histologique du grain de blé tendre.

**Tableau n°2 :** La composition biochimique du grain de blé tendre.

**Tableau n°3 :** Teneur en minéraux présents dans le blé tendre.

**Tableau n°4 :** Composition en vitamines du grain de blé tendre.

**Tableau n°5 :** Caractérisation de la variété de blé tendre (Mawna).

**Tableau n°6 :** Teneur en protéines de blé tendre.

**Tableau n°7 :** Composition de la farine de blé tendre.

**Tableau n°8 :** Produits de la mouture.

**Tableau n°9 :** Les bactéries lactiques et les levures généralement associés à la fermentation.

**Tableau n°10 :** Composition symbiotique du levain naturel.

**Tableau n°11 :** Valeurs nutritionnelles du pain au levain naturel.

**Tableau n°12 :** Teneur en vitamine du pain au levain naturel.

**Tableau n°13 :** La teneur en minéraux du pain au levain naturel.

**Tableau n°14 :** Détermination des impuretés de blé tendre dans (100g).

**Tableau n°15 :** Contrôle de la qualité microbiologique de la farine complète (Mawna).

**Tableau n°16 :** Résultats des analyses physicochimiques de la farine de blé tendre.

**Tableau n°17 :** Teneur en protéine, lipide, sucre, fibre de la farine complète de blé tendre..

**Tableau n°18 :** Résultats microbiens de la farine complète.

**Tableau n°19 :** Observation de l'évolution du levain naturel (farine Mawna) pendant 7 jours.

**Tableau n°20 :** Nombre des colonies sur milieu MRS.

**Tableau n°21 :** Nombre des colonies comptés sur le milieu M17.

**Tableau n°22 :** Le nombre des colonies comptés sur le milieu PDA.

**Tableau n°23:** Le nombre des colonies comptés sur le milieu Sabouraud.

**Tableau n°24 :** Dénombrement en UFC pour chaque milieu.

**Tableau n°25 :** Isolement et pré identification des souches lactiques.



## **Résumé :**

De nos jours, un retour au « naturel » est devenu une préférence pour une bonne santé, cela est observé par le changement des habitudes alimentaires de la population. Les consommateurs cherchent de plus en plus des aliments faits à partir d'ingrédients qui apportent des bénéfices pour la santé.

La fermentation des céréales est un processus biotechnologique très ancien, elle a été utilisée par les différentes civilisations à l'antiquité. Cette dernière permet la création d'un aliment naturel à base d'un ingrédient de terroir, qui possède des vertus curatifs et préventifs pour l'organisme humain.

Dans ce contexte, notre travail se focalise sur l'élaboration d'un levain naturel à base de blé tendre, variété Mawna (locale).

Le levain naturel est un produit issu d'une fermentation naturelle de la farine du blé tendre avec de l'eau et une source glucidique (dattes).

Le levain naturel est un ferment naturel, qui joue un rôle important dans la panification, la panification au levain rend le pain plus digeste et plus nutritif, sans oublier que la population algérienne est un grand consommateur des produits céréaliers et leurs dérivés (pain, pâte, biscuits, pâtisserie, .....), de plus il apporte d'autres bienfaits car il peut influencer sur le taux de sucre dans le sang, le taux de cholestérol, ainsi il permet la conservation des aliments grâce aux métabolites produits par les micro-organismes présentes dans le levain comme les bactéries lactiques et les levures.

Pour évaluer la qualité de notre levain chef on a réalisé des analyses physicochimiques et microbiologiques pour caractériser la fonctionnalité de notre levain naturel et contrôler sa stabilité pendant les étapes de rafraîchissement,

Les résultats trouvés sur le plan physicochimiques, ont révélé des valeurs conformes aux normes en vigueur : avec une teneur en humidité de 11%, une teneur en cendres totales de 1.14 %, une acidité titrable de 0.033 %, une teneur en protéine de 13.75%, une teneur en fibre de 2.03 %.

Ainsi, sur le plan microbiologique, les résultats trouvés après ensemencement ont révélé l'absence des germes pathogènes (*E. coli*, *Streptococcus aureus*, ..... ) dans la matière première et le produit fini.

Sur le plan organoleptique et sensoriel le pain diététique à base de levain naturel obtenue est de bonne qualité, qu'est caractérisé par un goût légèrement acide et une mie moelleuse et une croûte dure.

Enfin, l'élaboration du levain nous a permis de constater que la variété choisie présente une activité fermentaire importante car au bout des premières 24 h le levain a doublé du volume, et après 7 jours de rafraîchis, il a été estimé que notre levain est microbiologiquement stable.

**Mots clés :** Levain naturel, levures, bactéries lactiques, fermentation, panification

## **Abstract :**

Nowadays, a return to "natural" has become a preference for good health, this is observed by the changing eating habits of the population. Consumers are increasingly looking for foods made from ingredients that provide health benefits.

The fermentation of cereals is a very old biotechnological process, it was used by different civilizations in ancient times. It allows the creation of a natural food based on a local ingredient, which has curative and preventive virtues for the human organism.

In the context of our dissertation we worked on the elaboration of a natural leaven based on soft wheat, Mawna variety (local). The natural leaven is a product resulting from a natural fermentation of the soft wheat flour with water and a carbohydrate source (dates).

The natural leaven is a natural ferment, which plays an important role in bread making, the bread making with leaven makes the bread more digestible and more nutritious, without forgetting that the Algerian population is a big consumer of cereal products and their derivatives (bread, paste, cookies, pastry, ... ..), moreover it brings other benefits because it can influence the blood sugar level, the cholesterol level, and it allows the preservation of food thanks to the metabolites produced by the microorganisms present in the leaven as lactic bacteria and yeasts.

In order to evaluate the quality of our sourdough, physicochemical and microbiological analyses were carried out to characterize the functionality of our natural sourdough and to control its stability during the cooling stages. The results found on the physicochemical level, revealed values in conformity with the standards in force : with a moisture content of 11%, a total ash content of 1. 14%, a titratable acidity of 0.033%, a protein content of 13.75%, a fiber content of 2.03%. Microbiologically, the results found after sowing revealed the absence of pathogenic germs (*E. coli*, *Staphylococcus aureus*, .....) in the raw material and the finished product

Finally, the elaboration of the sourdough allowed us to observe that the chosen variety presents an important fermentative activity because after the first 24 hours the sourdough doubled in volume, and after 7 days of cooling, it was estimated that our sourdough was microbiologically stable.

From an organoleptic and sensory point of view, the diet bread based on natural sourdough obtained is of good quality, which is characterized by a slightly acid taste and a soft crumb.

**Key words :** Natural sourdough, yeast, lactic bacteria, fermentation, bread making. (Translated with [www.DeepL.com/Translator](http://www.DeepL.com/Translator) (free version)).

## ملخص:

في الوقت الحاضر، أصبحت العودة إلى "الطبيعي" تفضيلاً للصحة الجيدة، ويلاحظ ذلك من خلال التغيير في عادات الأكل لدى السكان. يبحث المستهلكون بشكل متزايد عن الأطعمة المصنوعة من المكونات التي توفر فوائد صحية.

تخمير الحبوب هو عملية بيوتكنولوجية قديمة جداً، تم استخدامه من قبل الحضارات المختلفة في العصور القديمة. هذا الأخير يسمح بإنشاء طعام طبيعي يعتمد على مكون محلي، والذي يحتوي على فضائل علاجية ووقائية لجسم الإنسان.

في هذا السياق، يركز عملنا على تطوير عجينة مخمرة طبيعية تعتمد على القمح اللين، نوع Mawna (محلية).

العجين المخمر الطبيعي هو منتج ناتج عن التخمير الطبيعي لدقيق القمح اللين بالماء ومصدر الكربوهيدرات (التمر).

العجين المخمر الطبيعي هو تخمير طبيعي يلعب دوراً مهماً في صناعة الخبز، وصناعة الخبز المخمر تجعل الخبز أكثر قابلية للهضم والتغذية، ناهيك عن أن السكان الجزائريين مستهلكون رئيسيون لمنتجات الحبوب ومشتقاتها (الخبز، المعكرونة، البسكويت، المعجنات، .....)، بالإضافة إلى أنه يجلب فوائد أخرى لأنه يمكن أن يؤثر على مستوى السكر في الدم، مستوى الكوليسترول، لذلك يسمح بحفظ الطعام بفضل المستقلبات التي تنتجها الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في العجين المخمر مثل بكتيريا حمض اللاكتيك والخمائر.

لتقييم جودة العجين المخمر الشيف لدينا، أجرينا تحليلات فيزيائية كيميائية وميكروبيولوجية لتوصيف وظائف العجين المخمر الطبيعي لدينا والتحكم في استقراره خلال مراحل المرطبات، والنتائج الموجودة على المستوى الفيزيائي الكيميائي، كشفت عن القيم وفقاً للمعايير المعمول بها: مع محتوى رطوبة بنسبة 11٪، إجمالي محتوى الرماد 1.14 ٪، حموضة قابلة للمعايرة بنسبة 0.033 ٪، ومحتوى البروتين من 13.75 ٪، ومحتوى الألياف من 2.03 ٪.

وهكذا، على المستوى الميكروبيولوجي، كشفت النتائج التي تم العثور عليها بعد البذر عن عدم وجود جراثيم ممرضة (E. coli، aureus streptococcus، ..... ) في المواد الخام والمنتج النهائي.

أخيراً، سمح لنا إعداد العجين المخمر بملاحظة أن الصنف المختار له نشاط تخمير مهم لأنه بعد أول 24 ساعة تضاعف حجم العجين المخمر، وبعد 7 أيام من المرطبات، قدر أن العجين المخمر لدينا مستقر ميكروبيولوجياً.

على المستوى الحسي، فإن الخبز الغذائي القائم على العجين المخمر الطبيعي الذي تم الحصول عليه ذو نوعية جيدة، والذي يتميز بطعم حمضي قليلاً وفتات ناعمة.

الكلمات الرئيسية:

اللبنية، التخمير، صنع الخبز العجين المخمر الطبيعي، الخمائر، بكتيريا

## Table des matières

Remerciements.

Dédicaces.

Liste des abréviations.

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Résumé.

Abstract.

Introduction générale.....1

Méthodologie de travail (Échantillonnage.....3

### **Partie 1 : Partie bibliographique.....3**

#### **Chapitre 1 : Généralité sur le blé tendre (variété Mawna) .....3**

1. Introduction.....4

2. Structure du grain de blé tendre.....4

2.1. L'enveloppe.....4

2.2. Endosperme ou albumen.....4

2.3. Le germe.....5

3. Composition biochimique de grain de blé tendre.....6

3.1. L'amidon.....6

3.2. Glucides non assimilables (fibre).....6

3.3. Les pentosanes.....7

3.4. L'eau.....7

3.5. Les protéines.....7

3.6. Les lipides.....7

3.7. Sels minéraux.....8

3.8. Les vitamines.....9

4. Matériel végétal.....10

4.1. Variété utilisée pour l'élaboration du levain naturel.....10

5. Composition de la farine de blé tendre .....11

6. Transformation de blé tendre en farine.....13

6.1. La réception du blé .....13

6.2. Etapes de la transformation du blé tendre en farine.....14

6.3. Principales opérations de la mouture .....	14
6.3.2. Etapes de la mouture du grain de blé tendre .....	15
6.3.3. La farine.....	16
7. Production de blé tendre en Algérie.....	17
8. Consommation de blé tendre en Algérie.....	18
<b>Chapitre 2 : Le levain.....</b>	<b>18</b>
1. Généralité sur le levain.....	19
2. Classification et préparation du levain.....	19
2.1. Levain naturel .....	19
2.2. Le levain de type II .....	19
2.3. Les levains de type III.....	20
2.4. Les levains de type IV.....	20
3. Composition du levain naturel.....	21
3.1. Les bactéries lactiques.....	21
3.1. 1. Caractéristiques générales de BL.....	22
3. 1. 2. Caractéristiques des principaux genres de bactéries lactiques.....	22
3.1.2.1 Le genre Lactobacillus .....	22
3.1.2.2. Le genre lactococcus et streptococcus.....	23
3.1.2.3 Le genre Pediococcus.....	24
3.1.3. Les bactéries lactiques comme probiotiques .....	24
3.1.3.1 Définitions .....	24
3.1.3.2. L'effet prébiotique (Fermentation des fibres par LAB) .....	25
3.2 Les levures .....	25
3.2.1. Les levures au levain et leur diversité.....	26
3.2.2. Action fermentaire des levures.....	26
4. Taxonomie des bactéries lactiques ( BL ou LAB).....	29
4.1. Les flores lactiques et sons formes (homo-hétérofermentaires) .....	29
4.2. Bilan des réactions des voies homofermentaire et hétérofermentaire.....	30
5. Caractéristiques nutritionnelles de levain .....	30
5.1. Neutralisation de L'acide pythique.....	30
5.1.1. L'acide pythique .....	30
5.1.2. L'hydrolyse de l'acide phytique .....	31

5.2. Dégradation enzymatique des nutriments .....	31
5. 2.1. Dégradation des protéines.....	31
5.2.2. Levain et solubilité des fibres .....	32
5.2.3. Levain et statut vitaminique .....	32
5.2.4. Levain et les lipides.....	33
5.3. Molécules du goût .....	33
5.4. Dégradation des mycotoxines et des gliadines.....	33
5.4.1 Mycotoxines .....	34
5.4.2. Les allergènes du gluten (gliadines et gluténines) du grain de blé tendre.....	34
6. Influence du levain sur la digestibilité de l'amidon.....	34
7. Les paramètres influençant les propriétés du levain nature.....	35
7.1. Les Facteurs exogènes qui influençant l'activité des levains .....	35
7.1.1. Le Rendement (DY) .....	35
7.1.2. La température.....	35
7.1.3. L'hydratation .....	35
7.1.4. Le Sel .....	36
7.1.5. L'acidité du milieu .....	36
7.1.6. L'oxygénation du milieu .....	36
7.1.7. Les substrats.....	36
7.2. Facteur endogène .....	36
7.2.1. Les composés antifongiques des BL.....	36
7.2.2. La protéolyse.....	36
7.2.3. La lipolyse.....	36
7.2.4. Levain et composants bioactifs .....	37
8. Microorganismes impliqués dans la fermentation de levain.....	37
8.1. La fermentation.....	37
8.2. Les types de fermentation du levain.....	37
8.2.1. Fermentation alcoolique.....	37
8.2.2. Fermentation lactique.....	37
8.2.3. Fermentation acétique .....	38
8.3. L'activité de fermentation.....	38
8.3.1. L'activité fermentaire augmente avec.....	38

8.3.2. L'activité fermentaire diminue avec.....	38
9. Conservation du levain.....	39
9.1. Techniques pour les longues durées.....	39
9.1.1. La déshydratation.....	39
a) la technique des petites boules.....	39
b) La technique des pellicules.....	39
9.1.2. La congélation.....	40
10. Intérêt de l'utilisation du levain.....	40
10.1. Amélioration de la qualité nutritionnelle et sensorielle.....	40
10.2. La durée de conservation.....	40
11. L'impact bénéfique des LAB de fermentation de céréales sur la santé humain .....	41
12 : Bactéries lactiques comme antioxydants.....	42
<b>Chapitre 3 : panification au levain naturel.....</b>	<b>42</b>
1. Données générales .....	43
2. Etapes de la panification.....	43
3. Essai de panification.....	44
4. Qualité du pain au levain.....	45
4.1. Valeurs nutritionnelles de pain au levain.....	45
5. Analyse sensorielle du pain au levain naturel.....	49
<b>Partie 2 : Partie expérimentale.....</b>	<b>50</b>
<b>Chapitre 4 : Matériel et méthodes.....</b>	<b>50</b>
Objectif de l'étude.....	51
Matériel végétal.....	51
Préparation des échantillons.....	52
Méthodes appliquées.....	52
I. Analyses physicochimiques .....	52
I.1. Analyse du grain de blé tendre.....	52
I.1.1 Recherche des impuretés.....	52
I.2. Analyses physico chimiques de la farine de blé tendre (Mawna).....	53
I.2.1. Mesure de l'humidité.....	53
I.2.2. Mesure de cendres.....	54.

I.2.3. Dosage de l'acidité grasse .....	55
I.2.4. Mesure de la teneur en gluten .....	57
I.2.5. Dosage de la teneur en protéines .....	59
I.2.6. Dosage de la teneur en matière grasse.....	60
I.2.7. Dosage de la teneur en fibres.....	61
I.2.8. Mesure les sucres totaux .....	62
II. Analyses microbiologiques.....	63
II.1. Préparation de la solution mère et les dilutions.....	63
II.2. Analyse microbienne du la farine.....	64
II.2.1. Recherche des coliformes fécaux (N FV08-017 ; Norme Jour /Alg /1991).....	64
II.2.2.. Recherche et dénombrement des levures et moisissures (Norme XPV08-059).....	64
II.2.3. Recherche et dénombrement des staphylococcus aureus (NF ISO 06888).....	64
II.2.4.Recherche et dénombrement des clostridium sulfito-réducteur (NFV08-061 Jour/Alg/1998) .....	65
II.2.5. Recherche de Bacillus cereus.....	65
II.3. Préparation du levain .....	67
II.3.1. Matériel nécessaire .....	67
II.3.2. Étapes de préparation du levain naturel.....	68
II.4. Analyses microbiologiques et physicochimiques du levain naturel.....	70
II.4.1. Milieux de cultures.....	70
II.4.2. Mesure de l'évolution de pH et de température des échantillons du levain.....	70
II.4.3. Analyses microbiologiques du levain.....	70
II.4.3.1. Dénombrement, isolement, purification, pré-identification et conservation des BL.....	70
II.5. Conservation des souches du BL .....	73
II.6. Dénombrement, isolement, purification, pré-identification et conservation des levures.....	74
III. Essai de panification.....	75
<b>Chapitre 5 : Résultats et Discussion.....</b>	<b>76</b>
1. Résultats Pour les grains de blé tendre.....	79
2. Résultats et discussion des analyses physiques.....	79
2.1. Recherché des impuretés .....	79



3. Résultats et interprétations des analyses physiques de la farine blé tendre (MAWNA).....	79
3.1. Humidité.....	79
3.2. Taux de cendre.....	80
3.3. L'acidité grasse.....	80
3.4. Teneur en gluten.....	80
4. Résultats et l'interprétation d'analyses chimique du la farine (MAWNA).....	81
4.1. Teneur en protéines .....	82
4.2. Teneur en matière grasse.....	82
4.3. Teneur en sucres totaux.....	82
4.4. Teneur en fibres .....	82
5. Illustration des paramètres microbiologiques .....	83
5.1. Résultats microbienne du la farine complété .....	83
6. Evolution de levain préparé (farine Mawna) pendant 7 jours .....	83
6.1. Résultats de l'évolution de levain .....	85
7. Observation macroscopique et dénombrement de la flore lactique et fongique .....	86
7.1. Résultats du Nombre des colonies comptées sur milieu MRS, M17, PDA et SABOURAUD.....	87
7.2. Calcul les dénombrements des bactéries lactiques et les levures (Norme NF 08 – 051)...	88
8. Observation microscopique de la flore lactique et fongique.....	89
9. Isolement et pré identification des souches lactiques et fongique.....	90
10. Résultats des essais de panification (sensorielle et organoleptiques) .....	92
11. Conclusion.....	93
Références bibliographiques .....	
Annexe.....	



# Introduction

## Introduction :

Le blé est la principale céréale consommée et transformée, parce qu'il occupe une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (**Djermoum, 2009**).

En Algérie, il est cultivé sur des superficies importantes environ 585.733 ha en 2009 (**MADR, 2012**), ainsi il est considéré comme un aliment de base dans le régime méditerranéen, ou sa consommation par habitant est très importante soit 4,3 millions de tonnes sur la période 2009- 2017. Par ailleurs, le blé fournit jusqu'à 60% de l'apport journalier en calories et 57% de protéines consommées contre 23% apportées par les tubercules et les légumineuses ainsi que 20% par les produits d'origine animale (**Godon B, 1982**).

Dans ce contexte, plusieurs institutions nationales et internationales (INRAA, CIMMYT1, ACSAD2) ont collaboré ensemble pour créer une gamme variétale, qui propose de nouvelles variétés aux agriculteurs, plus performantes et plus adaptées aux conditions agro-climatiques de chaque pays pour obtenir un rendement élevé et stable pour couvrir les besoins des consommateurs qui cherchent une alimentation durable et préventive.

La fermentation des produits végétaux est menée par l'homme depuis des millénaires, elle représente le plus ancien processus biotechnologique dans le monde, des épreuves d'existence de boissons fermentés à base de riz, miel et fruits d'environ 9000 ans ont été découvertes en Chine.

L'Égypte antique a longtemps été citée comme point de départ de trois types de fermentation. Tout d'abord celle du vin et de la bière puis la fermentation du pain, le processus de fermentation a permis le développement des produits alimentaires particuliers qui aujourd'hui sont étroitement liés à chaque culture et société.

En effet, la fermentation prolonge la durée de vie des aliments en éliminant les facteurs toxiques et antinutritionnels, ainsi elle améliore la qualité sensorielle et nutritionnelle des aliments fermentés. Ces aliments subissent une modification due à l'action des microorganismes, principalement des bactéries lactiques et des levures qui constituent un écosystème fermentaire complexe (**De vuyt et al, 2017**).

Les bactéries lactiques et les levures sont des micro-organismes très répandus dans la nature, on les trouve dans le sol, sur les végétaux ; elles colonisent naturellement plusieurs matrices alimentaires, elles sont depuis des siècles associées à l'alimentation humaine et animale, car elles jouent un rôle essentiel dans la fermentation des matières premières animales et végétales (**Mianas, 2014**).

Les bactéries lactiques présentent un grand intérêt pour l'industrie agroalimentaire, ces bactéries assurent non seulement des caractéristiques particulières d'arômes et de texture mais aussi une bonne sécurité alimentaire. Cette sécurité est favorisée grâce à la production d'acides organiques (acides lactiques et acétiques) qui font baisser le pH dans le milieu (**d'après l'homme, 2014**).

La levure naturelle peut être une alternative saine dans la fabrication du pain. Elle est produite à partir d'un mélange de blé broyé et de l'eau fermenté naturellement. Elle nous permet d'obtenir un pain diététique bénéfique pour la santé du consommateur.

Dans ce contexte, notre étude a pour objectif de préparer un pain à base d'un levain naturel en mélangeant la farine du blé, et de l'eau et à l'aide d'une technique de fermentation naturelle via les levures et les bactéries présentes dans la farine. Nous allons nous intéresser dans notre travail à l'élaboration de ce pain au levain. Pour arriver à cela, nous allons poser la question suivante :

### **Comment élaborer un pain diététique à base du levain naturel ?**

Pour répondre à cette question, nous allons poser les hypothèses suivantes :

**Hypothèse 1** : Le pain au levain est plus nutritif que le pain ordinaire ; parce qu'il fournit un apport énergétique quotidien très important et contribue à l'équilibre alimentaire, en favorisant un pain plus digeste et plus nutritifs qui assure une meilleure absorption des minéraux.

**Hypothèse 2** : les bactéries lactiques et les levures sont responsables de la fermentation du pain au levain, leur interaction permette la protection et la conservation du pain via des métabolites produits par les bactéries lactiques et la levure.

Nous allons répondre à notre question principale à travers le plan suivant :

La première partie sera consacrée à notre recherche bibliographique, ou nous allons présenter des généralités sur le blé tendre, sa transformation et son utilisation pour produire un levain naturel.

La deuxième partie est consacrée à l'expérimentation, ou nous allons effectuer des analyses et des dosages pour déterminer la qualité nutritionnelle et organoleptique du pain au levain naturel, en suivant des méthodes précises et un matériel expérimental adéquat durant notre stage pratique.

Après avoir obtenues des résultats de notre études expérimentale, nous allons les analyses et discutés dans la troisième partie.

A la fin nous allons réaliser une conclusion générale qui synthétise les différents résultats obtenus, ainsi que les perspectives sur ce thème. Notre présente étude vise trois objectifs principaux :

- Elaboration d'un levain naturel fonctionnel à base de blé tendre (variété Mawna).
- Caractérisation physicochimique et microbiologique du pain au levain naturel.
- Trouver une alternative naturelle à la levure chimique pour l'introduire dans le domaine de la panification, afin d'améliorer la valeur organoleptiques et sensorielle du pain fabriqué.

## **METHODOLOGIE DE TRAVAIL :**

### **Echantillonnage :**

Dans le présent travail nous avons travaillé sur le levain naturel à base de blé tendre, variété Mawna (variété locale).

Pour élaborer un pain diététique au levain naturel, nous avons effectué des analyses physicochimiques au niveau de laboratoire de contrôle de qualité et régression de fraude de Beni Merad et des analyses microbiologiques au niveau de laboratoire d'hygiène de Blida, ce travail nous permettra d'évaluer la qualité de la matière première et du levain, pendant 3 mois de stage.

Nous avons préparé un levain naturel, en mélangeant de la farine de blé tendre et de l'eau, avec une source glucidique (dattes), par la suite on laisse le mélange se fermenter pour obtenir un levain chef (actif), qui participera dans la panification.

Plusieurs essais ont été réalisés afin d'obtenir un levain comestible, et fonctionnelle.

L'étape suivante consiste à préparer un pain au levain comestible et Savoureux, pour vérifier la fonctionnalité du levain naturel, et déterminer ces caractéristiques sensorielles et organoleptiques.

Pour cela nous avons préparé une fiche de dégustation pour savoir les avis des consommateurs à propos de notre produit (pain au levain naturel).

Les résultats trouvés après différents contrôles ont confirmé la qualité hygiénique et nutritionnelle du pain au levain naturel :

### **Sur le plan physicochimique :**

Nous avons réalisé des analyses physicochimiques sur la matière première et le levain, les résultats obtenus ont confirmé la qualité du pain au levain selon les normes 'ISO'.

### **Sur le plan microbiologique :**

Les résultats obtenus après la lecture confirment la qualité de la matière première et le levain. Par l'absence de germes pathogènes. Les résultats sont conformes aux normes du journal officiel de la république algérienne (**JORADP N°39, 2017**).

Partie 1 :  
Partie bibliographique.

**Chapitre 1**  
**Généralité sur le blé tendre (variété Mawna).**



## **1. INTRODUCTION :**

Le blé tendre (*Triticum aestivum*), est une plante monocotylédone de la famille des Graminées, de la tribu des Triticées et du genre *Triticum* (**Feillet,2000**), annuelle hivernale, de hauteur moyenne.

Le blé tendre est l'espèce le plus important des blés cultivés dans le monde (**Slama et al., 2005**).

En Algérie, le blé tendre est cultivé annuellement sur des superficies importantes. En termes de production commerciale et d'alimentation humaine et animale (**Karakas et al. ,2011**).

Les grains de blé tendre sont destinés à la meunerie, pour la production de la farine panifiable, utilisée dans la boulangerie.

## **2. structure du grain de blé tendre :**

Le grain de blé est un fruit sec indéhiscant (caryopse) constitué d'une unique graine intimement soudée à l'enveloppe qui la contient. De la surface externe vers le centre du grain, on distingue l'enveloppe du fruit ou péricarpe, puis l'enveloppe de la graine, ou testa, et enfin à l'intérieur de la graine, l'épiderme du nucelle, l'albumen et le germe. Chacun de ces tissus possède une structure et une composition particulière.

Dans toutes les espèces, la graine est essentiellement glucidique (60 à70%), des glucides digestibles sous forme d'amidon ; de plus les céréales sont considérées comme des aliments énergétiques qui fournit (330 à385 kcal/100g), pour la structure de la graine de blé est comme la suivante : l'enveloppe, l'amande farineuse, le germe.

**L'enveloppe** : elle représente 17%du poids entier du grain, elle est constituée de couches de celluloses superposées :

- Le péricarpe : caractérisé essentiellement par leur teneur non négligeable en protéines (7%), lipides (2%) ; minéraux et vitamines du groupe B ; fibres (cellulose, hémicellulose, lignine).
- Couche à aleurone : elle est extrêmement riche sur le plan nutritionnel, bien qu'elle constitue seulement 6% du poids du grain, elle contient à elle seule 16 à 20 % des protéines du grain entier ;31%de lipides ,58%de minéraux,32% de la thiamine (vitamine B1) et d'autres vitamines du groupe B4(37à82%).

### **Endosperme ou albumen :**

C'est la partie du grain qui donne la farine, elle est constituée par les granules d'amidon entourés par un réseau protéiques qui s'appelle « gluten », elle représente environ 81 à 83 % du poids total du grain de blé. Sa partie interne est la plus tendre qui fournit une farine très blanche mais plus pauvre en gluten par contre la zone moyenne est moins blanche mais riche en éléments azotés, qui donne une farine ordinaire, alors que la partie périphérique contient le plus du gluten qui apparait plus colorée et donne une farine brisée.

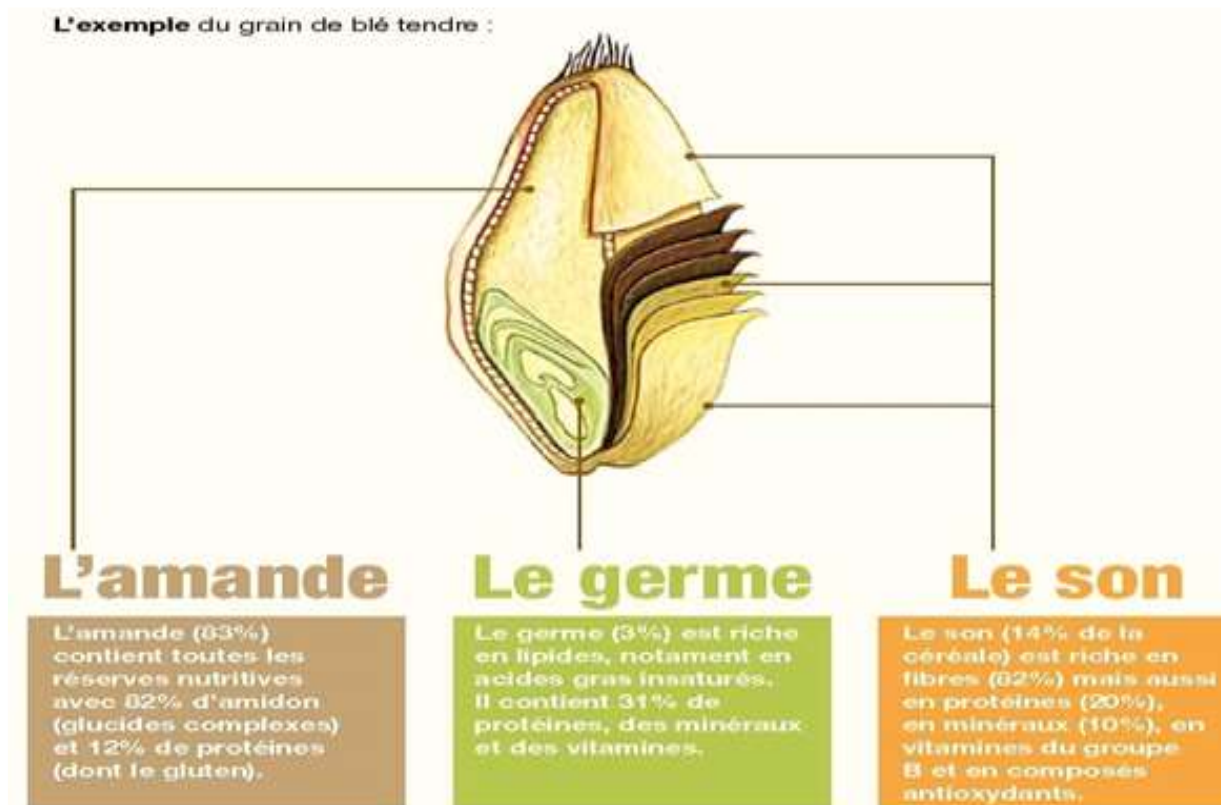
**Le germe** :il représente 3% du poids entier du grain (Hébert et Griffon,2010), Formé du scutellum et de l'embryon, il constitue la future plante. Il est riche en protéines, matière grasse, sucres, vitamines du groupe B et E (**GODON, 1982**).

Il est situé à la plus grosse extrémité du grain, il est composé de : granule, tigelle et radicule. Ce sont les éléments de la future plante, le germe est recouvert par le scutellum, il représente environ 2.5 à 3 % du poids du grain de blé. Il est de petite dimension dans les grands blés et de grande dimension dans les petits blés.

Il se divise en deux parties :

L'embryon : il comprend des feuilles, des bourgeons et des racines, le tout à l'état rudimentaire.

Le scutellum : il renferme des protéines, des matières grasses et des vitamines B1 et B6, il possède une couleur jaunâtre.



Source : site web.

**Figure 1** : Structure du grain de blé tendre.

**Tableau 1** : Composition histologique du grain de blé tendre (**Godon, 1991 ; Cheftel et Cheftel, 1977**)

	Eau %	Glucides totaux %	Matière protéique %	Matière grasse %	Matière minérale %
Blé entier	13	68-72	10	1,5-2	1,7-2,1
Enveloppe	13	65-68	17-19	4-5	6-7
Amande farineuse	13	74-76	9-12	0,7-1	0,4-3
Germe	13	37-43	22-32	15-18	4-5

### **3. Composition biochimique du grain de blé tendre :**

Le grain de blé est constitué principalement d'amidon (environ de 70%), de protéines (10 à 15%) et de pentosanes (8 à 10%) ; les autres constituants qui se trouvent en quantités faibles, sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (**FEILLET, 2000**).

#### **1/ l'amidon :**

L'amidon est le principal polysaccharide de réserve des végétaux supérieurs (grains de céréales, grains de légumineuses), le grain de blé et l'albumen en contiennent respectivement 67-68% et 70-82%. C'est l'un des polymères fonctionnels des plus importants pour les aliments en raison de ses capacités de gélification, d'augmentation de la viscosité et de rétention d'eau. L'amidon de blé est le produit d'un mélange de 2 polymères alpha D-glucose, d'amylose (26-28%) et d'amylopectine (72-74%). C'est le poids dominant, environ 80% de l'amidon de blé.

#### **2 / Glucides non assimilables (fibres) :**

Les grains de céréales contiennent une série de structure des parois cellulaires qui sont une source de polysaccharides non amylacés ,et sont principaux composants des fibres alimentaires .le blé tendre est reconnu par sa richesse en fibres alimentaires .ces dernières se subdivisent en deux catégorie selon leur solubilité dans l'eau .les fibres solubles sont constituées principalement par les polysaccharides non amylacés tels que les bêta-glucanes et les pentosanes .la fraction insoluble dans l'eau se compose majoritairement de la cellulose et l'hémicellulose (**Sidhu et al,2007**).

- Les hémicelluloses : sont des hétéro-polysaccharides qui sont situés dans de nombreuses parois des cellules végétales.
- La cellulose : est un homo-saccharide linéaire, les unités de D glucose sont unies par des liaisons O-glycosidiques ( $\beta$  1-4), chaque unité de glucose est liée à la suivante par une rotation de 180 °et l'atome d'oxygène du cycle de l'une est uni

par une liaison hydrogène au groupement hydroxyle en C-3 de la suivante (**Moussard ,2006**).

- La lignine : est un polymère tridimensionnel composé d'unités de phénol avec de fortes liaisons intramoléculaires (**Gropper et Smith ,2012**). Les lignines dans les parois des cellules végétales sont physiquement et chimiquement associés aux polysaccharides et aux protéines. L'association entre la lignine et les polysaccharides comprend des liaisons : glycosidiques, liaison éther-cross et assemblage d'acide cinnamique (**Guo et al ,2002**).

### **3/ Les pentosanes :**

Sont des hétéro-polysaccharides non amyliques constitutifs des parois végétales (**feillet, 2000**). Ils représentent un des composés mineurs de l'albumen de blé (**Bushuk et Rasper ,1994**).

### **4/Eau :**

Les grains de blé sont naturellement peu hydratés, leur teneur en eau varie avec le taux d'humidité de l'air, l'équilibre se situe entre 13 et 15%, du point de vue physique et chimique, son action solvant favorise les réactions enzymatiques et les attaques microbiennes lorsque sa teneur dans le grain dépasse le seuil d'équilibre (**feillet, 2000**).

### **5 /les protéines :**

En plus du rôle nutritionnel, les protéines jouent le rôle de charpente de la pâte, elles sont les seuls responsables à la fois de l'extensibilité, ténacité, élasticité et cohésion de la pâte.

Ils sont présents dans l'endosperme (73%). Son (19 %) et germe (8 %).

Ils représentent 11% à 13,5%. Ils sont Classés selon la solubilité :

Protéines hydrosolubles : principalement albumine et globuline (15 à 20 %) des protéines totales.

Protéines insolubles : 80 % à 85 % dans l'eau, y compris la gliadine (45 % à 50 %) et la gluténine (55 % à 60 %). Qui forment le gluten.

### **6/ Les lipides :**

Les lipides sont des constituants mineurs du blé, ils représentent de 2à3% du grain sec (**Adrian 1987**).

Riches en acides gras saturés, localisés dans le germe et les enveloppes. Ces substances influent sur la valeur boulangère des farines en exerçant une action dépressive qui modifie la cohésion physique du gluten, provoquant aussi des phénomènes de vieillissement de la farine. Sous l'action de la lipase, les Triglycérides se transforment en Acide Gras ce qui entraîne une diminution du pH ce qui va exercer une influence néfaste sur les propriétés plastiques des protéines de la farine (**Grandvoinet et Pratz, 1994**).

**Tableau 2** : présente la composition biochimique du grain de blé tendre.

Composition	Quantité en%
Eau	12 à 14
Glucides (amidon et sucre)	65 à 75
Protéines	8 à 17
Lipides	2 à 6
Cellulose	2,5 à 3
Matières minérales	1,5 à 2

Source : **JAAWAN Sana (Juin 2015)** : PFE (comparaison des propriétés boulangère des farines de blés °locaux), FST Fès

### **7/ Sels minéraux :**

Tous les éléments minéraux sont représentés dans le grain dans des proportions très différentes : 75% de K (300-600 mg/100g de matière sèche), P (200-500 U), S (100-250 U), Mg (100-150 U), Cl (50-150 U) et Ca (25-100 U). La majeure partie de Phosphore se trouve sous forme de phytate, les éléments minéraux n'existent pas à l'état libre mais à l'état combiné. Le blé peut être plus ou moins riche en minéraux selon le sol, le climat, la fumure et même l'année.

**Tableau 3** : Teneur en minéraux présents dans le blé (**Fredot., 2009**).

*Les minéraux* Calcium Phosphore Magnésium Sodium Potassium Fer Zinc

<b>Quantité dans 100g de blé en mg</b>	35	400	140	3	435	5	4
--	----	-----	-----	---	-----	---	---

## 8/ Vitamines :

Le blé contient beaucoup de vitamines, en particulier dans le son et le germe. Nous avons trouvé des grains contenant des vitamines B à environ 4,6 mg/kg et de la riboflavine à 1,3 mg/kg. Le broyage en détruira certains. Les céréales ne contiennent pas de vitamines C et D, tandis que le blé est riche en vitamines. Il agit comme un antioxydant.

Toutes les céréales ont des caractéristiques similaires : absence de vitamines A, C et D et présence des vitamines du groupe B.

**Tableau n°4** : composition en vitamine du grain de blé tendre.

Vitamines	Hydrosolubles et leurs quantités
Vitamine B1	0.41 mg/100g : ces teneurs sont intéressantes mais les 2/3 sont situés dans le scutellum, l'autre 1/3 se trouvent dans l'assise protéique.
Vitamine B2	0.1 mg/100g : c'est une source très médiocre dont 50% est situé dans l'amande
Vitamine B3	4.7 mg/ 100g : ces teneurs sont intéressantes mais les 2/3 se trouvent dans l'assise protéique.
Vitamine B6	0.5mg/100g : ces teneurs sont moyennes
Vitamine B9	50 µg/100g : c'est une source médiocre.
Vitamines	Liposolubles et leurs quantités
Vitamine E	La seule solution liposoluble présente dans le grain de blé est la vitamine E avec 2.5 mg/100g. Elle se trouve essentiellement dans le germe car c'est à cet endroit que l'on trouve le plus de lipides.

Source : (Fredot, 2005)

## 4 /Matériel végétale :

### 4.1Variété de blé tendre (Triticum aestivum) utilisé pour fabriquer le levain :

#### Variété MAWNA :

Est une variété précoce inscrite en 2016, à port dressé, à fort tallage et de hauteur moyenne.

Elle est en plein expansion dans les wilayas de Guelma, Blida, et même dans la zone sud du Pays selon le guide des variétés des céréales nouvellement inscrite en Algérie (EDITION 2019).

**Tableau 5** : caractéristiques de la variété de blé tendre (Mawna).

Variété	Mawna (ACSAD 901)
Origine	ACSAD
Lieu de sélection	CCLS de l’Affroun
Caractéristiques morphologiques	Compacité de l’épi : Lâche. Couleur de l’épi : blanc. Hauteur de la plante à la maturité : moyenne. Glaucescence : moyen.
Caractéristiques technologiques	Date de semi : mi-novembre. Dose de semis : 130-160 Kg/ha. Fertilisation : 56 q/ha. Azoté : 168. Phosphatée : 67,2. Potassique : 95,2 ;
Caractéristiques culturelles	Attentivité : hiver. Cycle de végétal : précoce. Tallage : dressé. Résistance : Au froid : hautement tolérante. A la verse : hautement tolérante. A la sécheresse : hautement tolérante. Egrenage : sensible. Résistance aux maladies : Rouille jaune : hautement tolérante. Rouille brune : tolérante. Oïdium : hautement tolérante. Septoriose : hautement tolérante.
Zone d’adaptation	Sub littorale, et même dans la zone de sud.
Caractéristiques quantitatives	Poids de mille grains : élevé.
La productivité	Rendement moyen : 56 quintaux/hectare.

Source : Guide des variétés des céréales nouvellement inscrites en Algérie, édition novembre 2019, Page : 34.

## **5. Composition de la farine de blé tendre :**

La farine contient essentiellement de l'amidon, protéines, eau, lipides, sucres, éléments minéraux.

### **Eau :**

Principalement, l'eau est le deuxième composant de la farine. On pourrait s'étonner que sa présence soit imperceptible à l'œil nu ou au toucher. Or, un sac de farine de 50 kg contient en moyenne 7 à 8 kg d'eau. Cela laisse 42 à 43 kg de matière sèche. Les grains de blé contiennent naturellement de l'humidité. Il peut également être ajouté avant le broyage (en très petite quantité). Il est ensuite utilisé pour préparer les grains de blé pour le broyage, ramollir l'enveloppe. En dessous de 16%, le taux d'humidité de la farine est un facteur important de conservation et de stockage.

Connaître la teneur en humidité (également appelée humidité) est essentiel pour un certain nombre de raisons. Connaître la teneur en eau permet de calculer facilement la teneur en matière sèche (% matière sèche = 100 - % teneur en eau). Cependant, la teneur de certains ingrédients de la farine est exprimée en matière sèche uniquement. C'est le cas des protéines et des minéraux. Connaître la teneur en eau peut vérifier la conformité. Il ne doit pas dépasser 16 %.

En plus de cela, il y a le risque que la farine se détériore.

### **Amidon :**

Principal constituant de la farine, est un polysaccharide de réserve qui est composé de deux polymères du glucose : l'amylose et l'amylopectine. Il permet de donner une pâte ferme au pétrissage et des pains fortement colorés présentant une croûte molle.

### **Protéines :**

Les protéines de la farine se décomposent en deux catégories : Les protéines solubles (albumines et globulines) et les protéines insolubles (comme le gluten). Ces dernières sont responsables de la formation d'un réseau viscoélastique. Le gluten : est un mélange de protéines associées à l'amidon constitué de 75 à 80% de protéines, 5 à 7% de lipides, 5 à 10% d'amidon, 5 à 8 % d'eau et des matières minérales en proportion plus faibles.

Il est composé de gliadines et de gluténines qui permettent à la pâte de lever lors de la fermentation :

- Gliadines : Protéines monomériques qui contribuent à la viscosité et à l'extensibilité du gluten. Leur masse moléculaire est comprise entre 30 et 50 kDa. Les gliadines sont extrêmement collantes lorsqu'elles sont hydratées et n'ont pas ou peu de résistance à l'extension.
- Gluténines : Protéines polymériques dont les chaînes polypeptidiques élémentaires, qualifiées de sous-unités gluténines, sont réunies par des liaisons intermoléculaires. Elles constituent une famille hétérogène de protéines de masse moléculaire comprise entre des centaines et des milliers de kDa. Elles sont responsables de l'élasticité, de la ténacité de la pâte et de la résistance à l'extension.



**Tableau n°6** : Teneur en protéines du grain de blé

<b>Classes</b>	<b>Propriétés</b>	<b>Dénomination</b>	<b>% de protéines</b>
<b>Albumines</b>	Solubles	-	9
<b>Globulines</b>	Solubles	-	5
<b>Grolamines</b>	Insolubles	Gliadine	40 à 50
<b>Glutélines</b>	Insolubles	Gluténine	40 à 45

Source : (Fredot., 2009)

#### **Gluten (protides ou protéines) :**

Représente 8 à 12 % le gluten se trouve uniquement dans le grain de blé. A L'état naturel, dans L'amande, il ne s'appelle pas gluten : ce sont deux matières la gliadine et la glutamiques qui associées à l'eau produisent le gluten.

#### **Matière grasse :**

La teneur de ces éléments reste particulièrement faible dans la farine après la mouture de blé. En effet, une quantité de matières grasses trop importante serait néfaste à la bonne conservation de la farine et nuirait au rôle du gluten.

#### **Matière minérale :**

Représentés généralement par le calcium, le magnésium, le phosphore, le potassium, le sodium et quelques traces de zinc et du fer.

#### **Autres composants :**

##### **Les enzymes :**

Sont présentes en petites quantités dans la farine les plus courantes sont Les protéases, les lipases, les lipoidoses, les amylases, les peroxydases et les catalases.

- Les protéases : Enzymes agissant sur la structure des protéines ; leur présence dans la farine est liée à la germination du grain qui n'est pas souhaitable.
- Les lipases : Les lipases distribuent les caroténoïdes sous une réaction d'oxydation et entraînent une décoloration du pain qui devient blanche.
- Les lipoxydases : Les lipoxydases agissent sur les caroténoïdes par une réaction d'oxydation et entraînent une décoloration du pain qui devient blanche.

- Les amylases : Les deux enzymes qui contrôlent la fermentation panair sont la  $\beta$  - amylase et  $\alpha$  amylase la présence de la  $\alpha$  amylase étant généralement constante et suffisante seule l'action de l'amylases a besoin d'être contrôlé soigneusement.

**Tableau n°7** : composition de la farine de blé tendre

Constituants	Matières sèche de la farine (%)
Amidon	60 à 72
Protéines	7 à 15
Eau	13 à 16
Sucres	1.5 à 5
Pentosanes	8 à 10
Matières grasses	2à 3
Matières minérales	0.45 à 0.60
Cellulose	2 à 4

## **6. Transformation de blé tendre en farine :**

### **6.1. La réception du blé :**

Une fois le blé arrive au niveau des unités de transformation, plusieurs étapes se déclenchent pour transformer les grains de blé en farine et d'autres sous-produits comme la semoule, des pâtes, couscous...etc. Et pour atteindre cet objectif la qualité de blé est contrôlée au laboratoire du moulin afin de déterminer certaines caractéristiques (poids spécifique, humidité, taux de protéines, taux de cendre ...).

Le blé subit ensuite un pré-nettoyage indispensable pour éliminer les grands déchets (cailloux, débris de bois, morceaux de métal ...), les petites impuretés et la poussière. Enfin, le blé est envoyé vers des grands silos de stockage. Le stockage doit répondre à certaines conditions, ayant pour objectif d'assurer une bonne conservation de la denrée, en la protégeant contre les diverses causes d'altération (physiques, mécaniques et chimiques) pour faciliter la mouture des grains de blé tendre (Mawna).

## **6.2. Etapes de la transformation du blé tendre en farine :**

L'opération de la mouture se fait par série d'équipement dont chacun à un rôle spécifique tel que : les appareils à cylindre pour le broyage, claquage et convertissage et les plansichters, Pour la séparation des différents produits en fonction de leurs dimensions.

Les sasseurs pour la séparation des différents produits selon leurs densités. Où l'effet de ces équipements est complété par les détacheurs et les brosses à son.

La mouture de blé tendre permet l'extraction de la farine et des issus. D'après (**Feuillet 2000**) la transformation du blé tendre se déroule en trois étapes :

**1ère étape :** le nettoyage de l'échantillon du blé tendre, qui permet l'élimination des particules indésirables.

### **2ème étape : le conditionnement**

Le terme conditionnement signifie couramment un traitement des grains par une combinaison de l'humidité plus le temps de repos des grains mouillés. Dont le but de modifier leurs caractéristiques physiques et de faciliter leur réduction en farine aussi de permettre aux opérations mécaniques de la mouture d'être le plus efficace possible.

- **Le conditionnement se fait en deux étapes :**

**Premier conditionnement :** puis repos dans les trois cellules pendant 24 heures, la qualité d'eau nécessaire au blé est en fonction de sa nature et son humidité initiale ainsi l'humidité de la farine désirée. C'est pourquoi on utilise le mouilleur automatique où il suffit de faire une vérification de l'étalonnage de temps, puis une vasouilleuse.

**Deuxième conditionnement :** puis repos dans les deux cellules pendant 12 heures, dans cette étape à l'aide des doseurs qui se trouve au niveau des cellules du premier conditionnement. On transporte le blé vers une autre vit mouilleuse par une vis sans fin et un élévateur à godet dans le but de rajouter 1/3 d'eau puis le blé transporté vers les cellules de repos.

**3ème étape :** La mouture des grains de blé tendre.

La mouture des grains de blé tendre. Elle permet la séparation entre les composants de grains de blé tendre pour améliorer le rendement. Et enfin, l'obtention d'une farine panifiable.

## **6.3. Principales opérations de la mouture :**

### **La Mouture :**

C'est la principale étape de fabrication de la farine. Le blé passe dans différents broyeurs (cylindres cannelés). Le blé est ensuite tamisé dans un plansichter pour séparer la farine, les semoules, les fins sons et les gros sons (voir Son (botanique)). Les semoules passent ensuite dans des claumeurs ou convertisseurs (cylindres lisses à contact). La majeure partie des broyeurs est construite par Bühler, Siraga et Socam. À la fin de toute la mouture, on trouve différents produits :

- Gros sons
- Fins sons

- Remoulage bis
- Remoulage blanc
- Farine

➤ **Il existe 4 types de mouture :**

- Mouture haute : La mouture progressive automatique, par cylindres, est le procédé donnant les meilleurs résultats : on emploie un procédé de mouture haute consistant à « croquer » progressivement le grain entre des cylindres cannelés afin d'en libérer l'amande farineuse.
- Mouture basse : Mouture effectuée en rapprochant les deux meules du moulin et permettant d'obtenir le maximum de farine
  - Il est alors obligé à « bluter » afin séparer de la fleur le son et le gruau.
- Mouture en grosse (à la grosse) : Mouture délivrant au boulanger la farine brute.
- Mouture rustique : Mouture blutée par un seul bluteau.

**6.3.2. Etapes de la mouture du grain de blé tendre :**

**1/3ettoyage-Mouillage :**

Au départ le blé est pesé, les éléments plus gros ou plus lourd, plus petit ou plus léger sont alors éliminés.

Le blé passe également à travers un détecteur de métaux qui élimine tout débris métallique. Enfin, le blé est mouillé (parfois plusieurs fois) et mis au « repos » ; ceci permet de séparer plus facilement l'amande farineuse des enveloppes.

**2/ Le broyage :**

Le grain passe entre de gros cylindres métalliques, qui ont remplacés les meules d'autrefois. De multiples passages dans ces cylindres aux cannelures de plus en plus fines permettent de séparer l'enveloppe et l'amande. À chaque broyage, des tamis perfectionnés ou plansichters, séparent les produits et les classent selon leur taille.

**3/ Le blutage :**

Cette opération est un tri. Les morceaux de blé sont classés en fonction de leur taille. S'ils sont trop gros, ils retournent au broyage.

La farine est tamisée plusieurs fois dans un appareil appelé « plansichter ».

#### 4/ Le claquage :

Cette fois-ci, l'amande du blé est réduite en poudre durant des passages successifs séparant la farine des morceaux d'amande trop durs appelés « refus ».

#### 5/ Le convertissage :

C'est la dernière phase de la réduction du blé en farine. La semoule passe entre des cylindres dont l'écartement va en diminuant. Elle est alors transformée en farine.

### 6.2.3. La farine :

#### Définition :

Le mot farine par l'indication de la céréale dont, elle est extraite, désigne la poudre obtenue par broyage des grains des différents céréales connues mais si on parle de farine sans préciser l'espèce de grain broyé on désigne cette fois exclusivement le produit obtenu par la mouture de l'amande de grain de blé nettoyée industriellement pur. Généralement la farine est constituée de morceaux de cellules de l'albumen de granules d'amidon, de protéines, de parois cellulaires et de fragment d'enveloppes de grain (**Bourson, Y. 2009**).

**Tableau n°8 : Produits de mouture**

Le produit	Leurs propriétés
La farine	Le principal produit de la mouture, leurs particules sont fines et constituées de l'amande du grain de blé.
La semoule	Elle correspond à des morceaux d'amande qui sont plus ou moins vêtus d'enveloppe, leur grosseur est variable.
Les finots	Ce sont des semoules très fines et très pures.
Les gruaux	Ils proviennent de la réduction des semoules.
Les issues	On distingue différents types : les sons, les remoulages.
Les farines basses	Elle correspond aux farines obtenues en faible quantité.

Source : (**Doumandji et al., 2003**)

## **7. Production de blé tendre en Algérie :**

Pour sa part, l'industrie de transformation des céréales occupe la première place dans le secteur de l'industrie agro-alimentaire en Algérie, après l'industrie laitière, en raison de l'importance relative de sa capacité de broyage, qui est de 79,5% d'utilisation de la capacité de production (ONS, 2019).

La forte demande en produits céréaliers, notamment en semoule et en pain, a conduit le gouvernement à laisser le marché de la première transformation aux opérateurs privés, c'est-à-dire que 80% du circuit de distribution des produits céréaliers est approvisionné par des opérateurs privés (plus de 540 semouleries). Le reste du marché est assuré par des filiales du groupe public AGRODIV (plus de 50 transformateurs de semoule). Par ailleurs, selon le rapport du Bureau National des Statistiques (2011), la production totale de l'industrie agro-alimentaire est de 1,4 milliards de DZD, dont la production principale du secteur alimentaire est de 1,2 milliards de DZD.

De l'époque coloniale à nos jours, la moyenne Des décennies de superficie céréalière indique entre 2,4 et 3,2 millions d'hectares par an, soit 28 à 40 pour cent de la SAU. La plus grande superficie plantée est le blé dur, qui s'élevait en moyenne à 1,39 million d'hectares au cours de la période 1965/2019 (DSASI, 2020).

Cela est dû à la mise en place d'un prix de vente attractif de 4 500 DZD/Qx. Le blé tendre occupe la troisième place après l'orge. Sa superficie moyenne est restée stable et faible sur la même période 1965-2019. En fait, la superficie moyenne ensemencée en blé tendre de 1965 à 2019 était d'environ 624 700 hectares.

Elle représentait 33% de la superficie moyenne en blé durant la période 1965/2019 et 23,51% de la superficie moyenne en céréales durant la même période (1965-2019).

Le prix de vente du blé tendre est de 3 500 DZD/Qx. De plus, la culture céréalière en Algérie est pluviale et les rendements dépendent des précipitations. abet-Orr, 2008 ; **Chabane & Boussard, 2012 ; Benmehaia et al., 2020**), ajoutant des problèmes tels que des déplacements techniques insuffisants, un faible degré de mécanisation et des facteurs d'intensification non appliqués (ITGC, 2010).

De plus, la production annuelle de semences réglementées (certifiées et communes) est insuffisante, ne couvrant en moyenne que 30% de la demande nationale en semences. La production, bien que fluctuante, n'a cessé de croître, démontrant la capacité de production potentielle et les réserves existantes pour réduire la dépendance du pays vis-à-vis du monde extérieur. Ainsi, selon **DSASI (2020)**, le rendement décennal moyen du blé 2009-2019 s'est amélioré à une moyenne de 3,04 millions de tonnes sur 17 000 hectares de terres, où un rendement moyen du blé de 1,73 tonnes/ha a été enregistré. Au cours de la période 1998-2008, le rendement moyen du blé a été enregistré est évaluée à 2,02 millions de tonnes Sur 1,6 million d'hectares, le rendement moyen en blé enregistré est estimé à 2,02 millions de tonnes, dont le rendement moyen décennal en blé enregistré est de 1,21 tonne/ha.

Ces rendements et ces performances en termes de rendement sont le résultat des politiques agricoles mises en œuvre par le gouvernement algérien depuis 2000.

Le Programme d'intensification céréalière a été lancé en 1998 et s'est poursuivi avec le Programme national de développement agricole et rural (PNDAR) qui a également donné des résultats prometteurs en termes de rendement et de rendement de 2000 à 2008.

Le Programme de Renouveau Agricole et Rural (PRAR) 2009-2015 vise à accroître la Productivité céréalière par le recours à l'irrigation d'appoint. Le plan Filaha 2016-2019 a

ensuite permis de compléter les plans sectoriels initiés par la politique PRAR, notamment la filière blé.

Ainsi, cette politique a permis d'initier un programme de sécurisation de la production céréalière par l'épandage d'irrigation complémentaire. En effet, la surface irriguée moyenne des céréales pour la décennie 2000- 2019 reste très faible, dans la mesure où elle ne représente que 5,25% de la surface moyenne des céréales durant la même période (**Bencharif et al., 2010**) et Estimation par les auteurs sur la base des statistiques du DSASI, 2020).

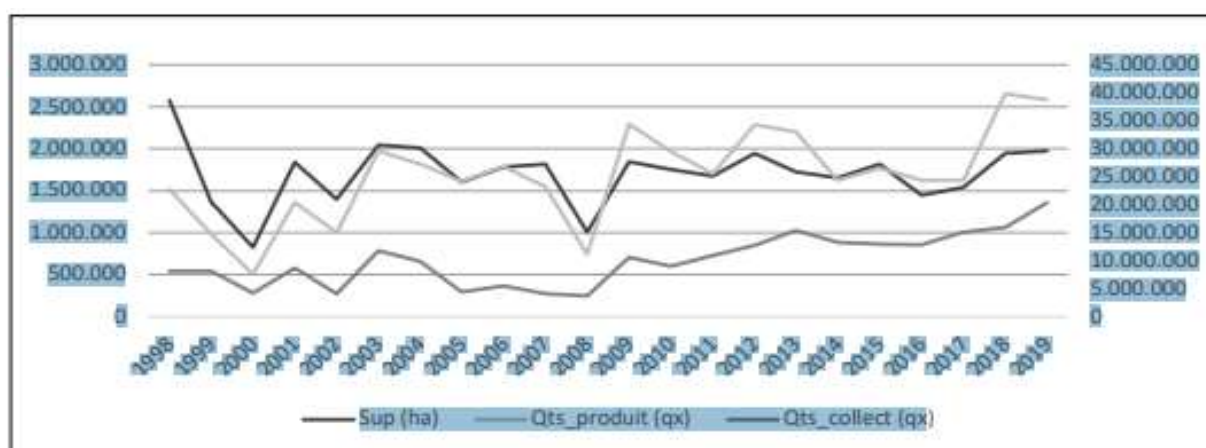


Figure n°2 : Évolution de superficie, production et collecte des blés durant 1998-2019

### **8. Consommation du blé tendre en Algérie :**

Chaque année, environ 3,3 millions d'hectares sont consacrés à des cultures céréalières dont environ 1,5 million d'hectares sont plantés de blé dur et 600 000 hectares de blé tendre. (**Abis, 2012**). Durant l'année 2014, l'Algérie est classée en quatrième position au niveau Africain et à la dix-septième position au niveau mondial avec une production du blé de 2,4 millions de tonnes, collectée et constituée en moyenne de 58,7% de blé dur et 33%, de blé tendre (**FAO, 2014**).

Le blé étant le produit de consommation de base. Les habitants des pays magrébins sont les plus gros consommateurs de cette denrée au monde notamment l'Algérie avec près de 600 grammes par personne et par jour (**Abis, 2012**). **Zettal (2017)** rapporte que cette consommation de blé a légèrement augmenté ces dernières années en raison de l'urbanisation accrue, de la croissance de la population et de l'augmentation de la capacité de la mouture (la transformation).

## **Chapitre 2**

### **Le levain naturel**





## **1. Généralité sur le levain :**

Le levain fermenté appelé également « sourdough » est l'une des plus anciennes fermentations de céréales connues par l'Homme (Zhou et al., 2014).

D'après le décret n°93-1074 de France du 13 septembre 1993 pris pour l'application de la loi du 1er août 1905 en ce qui concerne certaines catégories de pains, « **le levain naturel est une pâte composée de farine de blé et de seigle, ou de l'un seulement de ces deux ingrédients, d'eau potable, éventuellement additionnée de sel, et soumise à une fermentation naturelle acidifiante, dont la fonction est d'assurer la levée de la pâte** »

Sourdough est utilisé comme agent levant dans la production de pain et d'autres produits de boulangerie depuis l'origine de l'agriculture. Elle est utilisée comme alternative à la levure de boulanger pour faire lever la pâte à pain et a été proposée comme une technologie efficace pour la cuisson sans gluten (Bazalovà et al, 2022). Elle fermenté spontanément par **des Bactéries lactiques et des levures**, et ayant des capacités d'acidification et de levage (Arora, 2021).

La renaissance actuelle du levain en tant que biotransformation est encouragée par son effet bénéfique sur la saveur, la texture, la durée de conservation et les propriétés bénéfiques pour la santé des aliments dérivés, car il est considéré comme un processus prometteur pour répondre aux exigences du consommateur et représente une nouvelle opportunité pour l'industrie alimentaire (Montemurro et al., 2019).

Dans le levain, le rôle de la levure est de produire du CO<sub>2</sub> pour augmenter le volume de la pâte, et le rôle de Lactobacillus est de métaboliser de nombreux aldéhydes, alcools et acides pour rehausser la saveur de la pâte (Boisseleau, 2013).

## **2. Classification et préparation du levain :**

Le levain peut se trouver sous différentes formes physiques, ferme (solide) ou fluide (semi-solide et liquide). Ils peuvent également être classés en 4 types :

**2.1. Levain naturel :** levain type I, aussi appelés levains traditionnels, sont préparés en mélangeant de la farine et de l'eau pour obtenir une pâte avec un DY de 150 à 160 et on la laissant fermenter à température ambiante (20° C à 30°C) avec le BL et la levure déjà présents dans la farine (De Vuyst et al., 2002). Cette première pâte est par la suite utilisée comme inoculum (5% à 20% m/v) afin d'initier la fermentation d'un nouveau lot de farine et d'eau (rafraichissement par back-slopping) (Galanakis, 2019).

Les rafraichissements sont répétés 5 à 10 fois afin de sélectionner les souches les plus adaptées à l'écosystème du levain et d'optimiser le développement et les activités métaboliques du microbiote (De Vuyst et al., 2014).

**2.2. Le levain de type II :** appelé également levain liquide, est un type industriel produit dans une seule étape de fermentation. Tout d'abord une culture starter est ajoutée au mélange farine-eau contenant déjà quelques microorganismes autochtones pour obtenir une pâte à DY d'environ 200 (Galanakis, 2019).

La pâte sera par la suite fermentée à une température supérieure à 30°C pendant une longue période de 15h jusqu'à 3 jours (De Vuyst et al., 2014). Elle sera stabilisée par refroidissement

afin d'arrêter l'activité métabolique des cultures. Il pourra par la suite être stocké pendant plusieurs jours. Ce levain est utilisé pour l'acidification et l'aromatisation de la pâte seulement, donc pour la levée finale et les levures de boulanger commerciales sont rajoutées (**Vera et al., 2012 ; Gobbetti et Gänzle, 2013 ; Galanakis, 2019**).

**2.3. Les levains de type III** : sont des levains de Type II déshydratés et stabilisés. Ils sont Principalement utilisés par les boulangeries industrielles, car la qualité du produit finale est stable comparé aux levains de type I, de plus, leur volume est réduit et donc facile à transporter et à stocker (**Gobbetti et Gänzle, 2013 ; Galanakis, 2019**). Les techniques de déshydratation généralement utilisées sont le séchage par atomisation ou le séchage aux tambours rotatifs (**Chavan et Chavan, 2011**).

Les levains de type III sont des levains de Type II déshydratés et stabilisés. Ils sont principalement utilisés par les boulangeries industrielles, car la qualité du produit finale est stable comparé aux levains de type I, de plus, leur volume est réduit et donc facile à transporter et à stocker (**Gobbetti et Gänzle, 2013 ; Galanakis, 2019**).

Les techniques de déshydratation généralement utilisées sont le séchage par atomisation ou le séchage aux tambours rotatifs (**Chavan et chavan, 2011**)

**2.4. Les levains de type IV** : sont utilisés dans les boulangeries artisanales et lors des recherches en laboratoires. La fermentation est initiée par une culture starter définie, le levain est ensuite entretenu par des rafraichissements (**Galanakis, 2019**).

**Tableau 09 :** Les bactéries lactiques et levures généralement associés à la fermentation du sourdough.

Microorganismes	Type Fermentaire	Types de levains		
		Type I	Type II	Type III
<b>Bactéries Lactiques</b>	Homofermentaire Strictes	Lb. johnsonii, Lb. acidophilus, Lb. delbrueckii, Lb. salivarius Lb. Amylovorus	Lb. johnsonii,, Lb. amylovorus Lb. acidophilus, Lb. farciminis Lb. delbrueckii.	
	Hétérofermentaires Facultatifs	Lb. plantarum, Lb. alimentarius, Lb. paralimentarius, Lb. casei Lb. paracasei, P. pentosaceus.	Pediococcus pentosaceus Lb. Plantarum	P. pentosaceus, Lb. Plantarum
	Hétérofermentaires Strictes	Lb. sanfranciscensis, Lb. rossiae, Lb. fructivorans, Lb. pontis, Lb. spicheri, Lb. brevis W. confusa, Lc. mesenteroides Lb. sanfranciscensis, Lb. rossiae, Lb. fructivorans, Lb. pontis, Lb. spicheri, Lb. brevis W. confusa, Lc. Mesenteroides	Lb. panis, Lb. reuteri, Lb. pontis, Lb. fermentum Lb. brevis, Weissella spp.	Lb. Brevis
<b>Levures</b>		Candida humilis, Candida milleri, Candida holmii, Pichia anomala, S. cerevisiae, K. exiguus, Kazachstania exigua, Torulaspora delbrueckii	Saccharomyces cerevisiae ajouté	Saccharomyces cerevisiae Ajouté

Source : **(Gänzle, 2013)**

### **3. Composition du levain naturel :**

D'après : **Hou, G.G., Hsu, Y.H. (2013)**, les bactéries lactiques et la levure sont les deux principaux types de micro-organismes qui composent la flore présente dans le processus de levain, parce que chaque microorganisme nécessite un environnement spécifique propice aux conditions de reproduction,

#### **3.1. Les flores lactiques :**

Les bactéries lactiques forment un groupe hétérogène composé de sphériques (coques /genre streptococcus et lactococcus.) en bâtonnets (bacilles /genre lactobacillus) ou encore ovoïdes (leuconostoc ssp.). Non pathogènes, Gram positif, non-sporulantes et immobiles (**Badis et al., 2005 ; Yao et al., 2009 ; Bouzaid et al., 2016**).

Elles ont également un métabolisme aérobie facultatif et ne produisent pas de catalase. Les bactéries lactiques ont en commun la capacité de fermenter les sucres en acide lactique,

Ces bactéries lactiques sont également un groupe de micro-organismes bénéfiques capables de conserver les aliments grâce à la fermentation lactique. LAB sont des micro-organismes hétérotrophes avec des besoins nutritionnels élevés en acides aminés et en vitamines, car ils ont perdu la majeure partie de leur potentiel de biosynthèse au cours de l'évolution.

Pour cette raison, ils ne prospèrent que dans des environnements riches en nutriments. On les trouve couramment dans le lait et les produits laitiers, mais ils peuvent être isolés de sources végétales ou animales - [feuilles, fruits, racines]. Ils sont largement impliqués dans les produits céréaliers fermentés. (Penka et Kaloyan, 2020).

Les bactéries lactiques à système protéolytique jouent un rôle important dans le processus de fermentation des aliments et influencent les propriétés des aliments (goût, texture, disponibilité des nutriments). (Penka et Kaloyan, 2020).

### **3.1.1. Caractéristiques générales des bactéries lactiques (BL ou LAB) :**

Ces bactéries sont mésophiles avec une croissance de 10 °C à 40 °C et un optimum entre 25 et 35 °C, mais certaines sont capables de se développer à 5 °C ou 45 °C, elles supportent des pH de 4 à 8 (exceptionnellement de pH 3.2 à 9.6).

Ces bactéries exigeantes ne possèdent pas de cycle de Krebs, ni de cytochromes, ni porphyrines (composants de la chaîne respiratoire) ni catalase, ni nitrate réductase et leur croissance requiert des acides aminés, des bases azotées et des vitamines. (Dribine et al., 2018)

### **3.1.2. Caractéristiques des principaux genres de bactéries lactiques :**

Les bactéries lactiques regroupent plusieurs genres dont les plus étudiés sont : Enterococcus, Lactobacillus, Lactococcus, Leuconostoc, Oenococcus, Pediococcus, Streptococcus, Carnobacterium, Tetragenococcus, Vagococcus et Weissella (Al Atya, 2016).

#### **3.1.2.1. Le genre Lactobacillus :**

Lactobacillus est le genre principal de la famille **Lactobacillaceae**, qui contient de nombreuses espèces, qui sont des agents de fermentation lactique intervenant dans de nombreuses industries ou qui sont rencontrées comme contaminants. Il s'agit de bacilles longs et fins (parfois incurvés) souvent groupés en chaînes, il est immobile, asporulé, catalase négative, se développent à un optimum de température situé entre 30 et 40°C.

Les lactobacilles ont des exigences nutritionnelles très complexes en acides aminés, en vitamines, en acides gras, en nucléotides, en glucides et en minéraux (Menad, 2018).

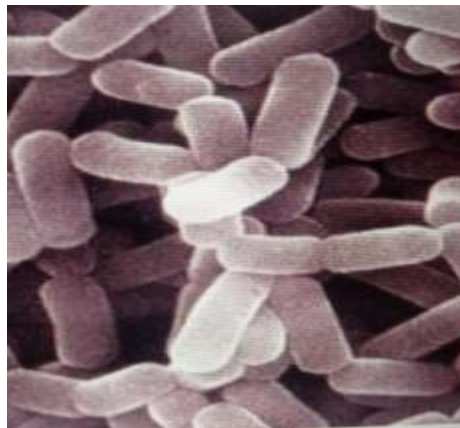
Les lactobacilles, utilisant le glucose comme source de carbone peuvent être soit homofermentaires, produisant plus de 85% d'acide lactique, soit hétérofermentaires, produisant de l'acide lactique, du CO<sub>2</sub>, de l'éthanol (et/ou de l'acide acétique) en quantités équimolaires (Hammes et Vogel, 1995).

C'est sur la base de cette fermentation qu'Orla-Jensen, a subdivisé les Lactobacillus en trois groupes distincts (Givry, 2006) :

**Groupe I** « Thermobacterium » : Comprend des lactobacilles homofermentaires thermophiles, se développant à 45°C mais pas à 15°C. Les espèces les plus fréquentes dans l'alimentation (lait, yaourt, fromage) sont *Lb. helveticus*, *Lb. delbrueckii*, *Lb. Acidophilus*, *L. lactis*, etc.

**Groupe II** « Streptobacterium » : Regroupe des lactobacilles homofermentaires mésophiles qui se développent à 15 °C et hétéro-fermentaires facultatifs en fonction du substrat. Les espèces les plus fréquentes dans l'alimentation sont *Lb. casei*, *Lb. curvatus*, *Lb. sake* et *Lb. Plantarum*.

**Groupe III** « Betabacterium » : Rassemblant des lactobacilles hétéro-fermentaires. Le sous-groupe comporte les espèces *Lb. fermentum*, *Lb. brevis* et *Lb. Sanfransisco* (**Boullouf, 2016**)

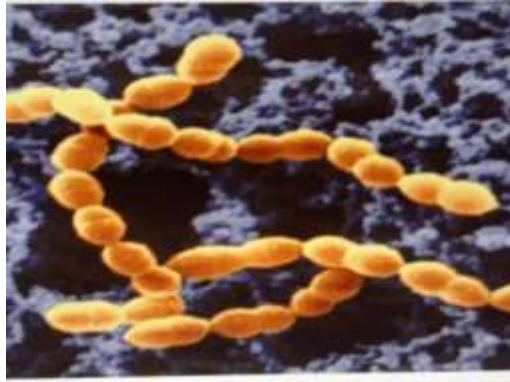


**Figure n°3** : Aspect microscopique électronique du genre *Lactobacillus* (**Kechagia et al., 2013**).

### 3.1.2.2. Le genre *Lactococcus* et *Streptococcus* :

Le genre *Lactococcus* représente les streptocoques dits « Lactiques » car ils sont associés à de nombreuses fermentations alimentaires et ne possèdent aucun caractère pathogène.

Le genre *Streptococcus* est toujours vaste et sa classification est très mouvementée. Ce genre est généralement divisé en trois groupes : pyogène (la plupart des espèces sont pathogènes et hémolytiques), oral (tel que *St. Salivarius* et *St. bovis*) et les autres streptocoques qui sont rencontrés dans les aliments tel que l'espèce *Streptococcus thermophilus* qui se différencie par son habitat (produit laitiers) et son caractère non pathogène. Ces genres partagent les caractères suivants : anaérobies facultatifs, chimio-organotrophes, homofermentaire, catalase négative, leur température de croissance est située entre 25 et 45°C (**Boudersa et al., 2017**).



**Figure n°4 :** Streptococcus thermophilus au microscope électronique (Furet et al., 2004).



**Figure n°5 :** Lactococcus lactis subsp. cremoris au microscope électronique (Pot, 2008).

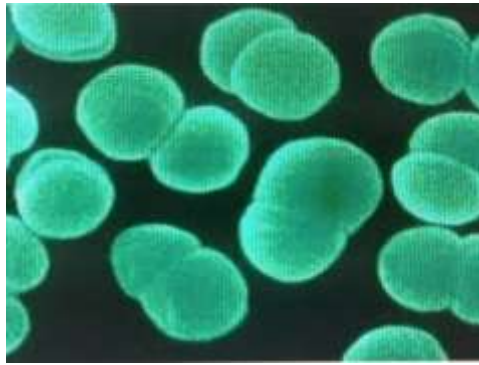
### 3.1.2.3. Le genre *Pediococcus* :

Les espèces du genre *Pediococcus* ont été parmi les premières bactéries étudiées par Louis Pasteur en relation avec leur rôle dans la détérioration de la bière.

Les *Pediocoques* se présentent comme des coques à Gram positif sphériques ou lenticulaires, asporulés, immobiles, catalase le plus souvent négative, à fermentation hétérolactique, anaérobies facultatifs, exigeants du point de vue nutritionnel et le GC % varie de 34% à 44%.

Ils sont généralement isolés du matériel végétal (*Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus parvulus*, *Pediococcus inopinatus* et *Pediococcus lolii*), des boissons fermentées, de la viande et des produits laitiers.

Ce genre se compose de 12 espèces, certaines se distinguent par leur capacité à se développer dans un milieu contenant des teneurs très élevées, jusqu'à 18% de NaCl, comme *Pediococcus halophilus* (Zhang et Cai, 2014).



**Figure n°6 :** *Pediococcus acidilactici* au microscope électronique (Furet et al., 2004)

### **3.1.3. Les bactéries lactiques comme probiotiques :**

#### **3.1.3.1. Définitions :**

C'est en 2002 que la FAO<sup>1</sup> et l'OMS<sup>2</sup>(2002) ont formulé la définition suivante :  
« Microorganismes vivants qui lorsqu'ils sont administrés en quantités adéquates, exercent une action bénéfique sur la santé de l'hôte qui les ingère ».

#### **3.1.3.2. L'effet prébiotique (Fermentation des fibres par BL).**

Les prébiotiques sont des glycanes qui ont la capacité de stimuler la croissance des bactéries probiotiques dans le tractus gastro-intestinal. Pour que les fibres soient considérées comme un prébiotique, au moins trois conditions doivent être remplies :

- ✓ Résister à l'hydrolyse ou à l'absorption dans le tractus intestinal supérieur (estomac ou intestin grêle) ;
- ✓ Être sélectivement digérées par des bactéries bénéfiques dans le côlon, induisant sa la croissance et l'activité ;
- ✓ Avoir des effets bénéfiques sur la santé des consommateurs (**Van laere et al., 2000**).

Les effets positifs des fibres alimentaires sur l'état de santé sont dus aux interactions symbiotiques avec des espèces probiotiques dans le côlon.

Dans ce processus, les prébiotiques ont un effet positif sur l'activité métabolique des probiotiques en tant que source de carbone (effet bifidométrique). Les acides gras à chaîne courte et l'acide lactique fournissent un pH acide dans la lumière et sont les principaux produits de la conversion des glucides.

BL dans la partie inférieure du GIT. L'acétate, le propionate et le butyrate produits par les bactéries lactiques fournissent une source d'énergie supplémentaire pour les cellules de la muqueuse intestinale, tandis que l'acide lactique augmente la teneur en amidon résistant (RS) (**Wang et al., 2019**).

### **3.2 Les levures :**

Les levures font parties des microorganismes dominants dans la plupart des céréales fermentées. En effet, des levures appartenant aux genres *Saccharomyces* et *Candida*. D'une

<sup>1</sup> Food and Agriculture Organization

<sup>2</sup> Organisation mondiale de la santé



manière générale les levures réalisent la fermentation alcoolique par transformation des substrats fermentescibles comme le glucose en éthanol et en gaz carbonique. (Boureima, K, 2019).

La dynamique de la levure de levain reste peu explorée (**Bazalovà., 2022**)

Micro-organisme unicellulaire faisant partie d'un champignon. Il en existe plusieurs espèces. Dans le levain, ils sont principalement responsables de la fermentation alcoolique, convertissant certains glucides (glucose, maltose, saccharose) en alcool, tout en libérant du dioxyde de carbone pour fermenter le levain et la pâte ; ils produisent également divers composés aromatiques et un peu d'acide acétique, mais ne produisent pas de l'acide lactique.

Leur densité varie de 1 à 100 millions (10<sup>6</sup> à 10<sup>8</sup>) cellules pour 1 g de levain.

Elles sont 10 à 100 fois moins nombreuses que les bactéries, et leurs cellules sont aussi plus grosses (de 2 à 10 microns).

La levure se développe en présence ou en l'absence d'oxygène. En présence d'oxygène, si la quantité de sucre est suffisante, la levure se retrouve dans les levains fermentent (**Roussael et al., 2020**).

Les levures sont des microorganismes aérobies mésophiles qui, à 25°C et en milieu gélosé se développent à la surface du milieu en formant des colonies mates ou brillantes présentant un contour régulier et une surface plus ou moins convexe. Des levures se développant en profondeur, plutôt qu'à la surface d'un milieu, peuvent former des colonies rondes et lenticulaires. (**JORA, 2017**)

### **3.2.1. Les levures au levain et leur diversité :**

Les levures sont des champignons unicellulaires qui se développent généralement de manière végétative en bourgeonnant ou en se divisant. La reproduction sexuée se produit sans fructification.

Dans le levain, ils doivent résister à un environnement microbien spécifique et stressant, caractérisé par un pH bas, une faible tension en oxygène et des glucides (principalement du maltose) qui doivent être partagés avec les communautés LAB (**De Vuyst et al., 2014**).

Les levures fermentatives adaptées à de tels écosystèmes appartiennent typiquement au phylum Ascomycota, sous-phylum Saccharomycotina, classe Saccharomycetes, ordre Saccharomycetales, famille Saccharomycetaceae (**Huys et al., 2013**).

### **3.2.2. Action fermentaire des levures :**

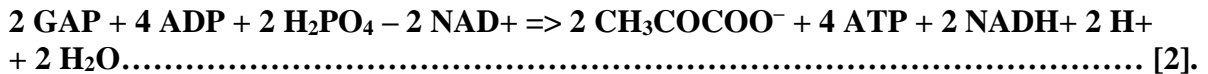
En condition anaérobie, les levures sont capables de fermenter. De plus, certaines levures (dites « Crabtree positive ») peuvent également fermenter les sucres en condition aérobie si la concentration en glucose est importante : c'est « l'effet Crabtree » (**Hagman et al., 2013 ; Rozpedowska et al., 2011**).

Au cours de la fermentation par les levures, le glucose est transformé en pyruvate par la voie de la glycolyse ou « voie d'Embden-Meyerhof ». La glycolyse a lieu dans le cytosol de la levure et permet l'assimilation des sucres d'un milieu par la cellule

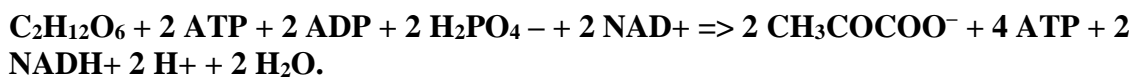
Dans un premier temps, la dégradation du glucose (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) en glycéraldéhyde-3-phosphate (GAP) met en jeu une chaîne de quatre réactions enzymatiques et implique la dégradation de deux molécules d'adénosine triphosphate (ATP) en adénosine diphosphate (ADP).



Dans un second temps, la conversion du GAP en pyruvate (CH<sub>3</sub>COCOO<sup>-</sup>) permet la récupération d'une partie de l'énergie du GAP sous forme d'ATP et il y a formation de NADH.

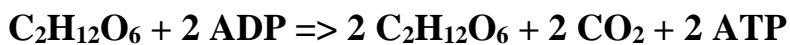


D'après [1] et [2], le bilan de la glycolyse s'écrit :



La voie de la fermentation convertit alors le pyruvate issu de la glycolyse et il y a production d'acétaldéhyde, qui produit ensuite de l'éthanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) via une réaction d'oxydation du NADH.

La production finale d'éthanol donne son nom à la "fermentation alcoolique". En 1815, Louis Joseph Gay-Lussac décrit l'équation globale de la fermentation alcoolique :



Il faut noter que les levures sont capables de cataboliser d'autres monosaccharides que le glucose, comme le fructose et le mannose qui sont phosphorylés en fructose-6-phosphate et entrent dans la glycolyse. Les disaccharides, comme le maltose, le saccharose et le lactose doivent être, quant à eux, hydrolysés en monosaccharide par des hydrolases ou phosphorylase.

Les polysaccharides, que l'on trouve dans les produits à fermenter, comme l'amidon des végétaux ou le glycogène des animaux, sont dégradés en mono et disaccharides par des amylases, notamment celles de bactéries et des mycètes (**Faria-Oliveira et al., 2013**).

**Tableau 10** : Composition symbiotique du levain naturel.

	Bactéries lactiques ou lactobacilles	Levures champignon unicellulaire du type Saccharomyces sauvages
<b>Proportion dans le levain</b>	0,1 à 10 milliards / g de levain	1 à 10 millions / g de levain
<b>Type de fermentation</b>	Lactique	Alcoolique
<b>Production d'acides</b>	Production importante d'acide lactique (75%) et acétique (25%)	—
<b>Production d'alcool</b>	—	Importante
<b>Production de CO2</b>	Faible	Importante
<b>Production d'acides volatils aromatiques</b>	Importante	Faible
<b>Production d'acides aminés - dégradation des protéines du pain</b>	Importante	Faible

Source : (Boisseleau, 2013)

Dans un levain, l'acide lactique peut être en quantité 5 à 10 fois supérieure à l'acide acétique. Le rapport entre ces deux acides est appelé **Quotient Fermentaire (QF)**.

$$QF = \frac{\text{acide lactique} \left( \frac{\text{en g}}{\text{kg}} \right)}{90} / \frac{\text{acide acétique} \left( \frac{\text{en g}}{\text{kg}} \right)}{60}$$

Le **quotient de fermentation (QF)** a été déterminé comme le rapport molaire entre la concentration d'acide lactique et l'acide acétique.

Un QF fort indique une concentration de lactate plus élevée, tandis qu'un QF faible établit un équilibre entre les deux.

Lors de la consommation du pain au levain, la sensation sera très différente car l'acidité variera en fonction du QF.

L'acide lactique est moins intense en bouche, juste aigre, tandis que l'acide acétique est plus fort, plus agressif et plus piquant (**Spécial levain, 2019**).

On voit sur le tableau 10 que le pain au levain est d'une part plus acide que le pain à la levure, il faudra donc être attentif à cette composante pour que l'acidité corresponde aux attentes du consommateur et du boulanger.

D'autre part, les bactéries lactiques du levain permettent une production plus importante d'arômes ainsi qu'une meilleure digestibilité des protéines.

Il est intéressant de noter que l'évolution du milieu du levain (acidité + CO<sub>2</sub>) grâce aux levures et aux lactobacilles, permet d'éliminer les bactéries aérobies (consommant de l'oxygène O<sub>2</sub>) et les moisissures pathogènes (**Boisseleau (APABA), 2013**).

#### **4. Taxonomie des bactéries lactiques (BL ou LAB)**

Les classifications taxonomiques bactériennes modernes font référence à 6 familles LAB et 39 genres. (Penka et Kaloyan,2020).

##### **4.1. Les flore lactiques et sons formes (homo-hétérofermentaires)**

- Soit **des formes bacilles** (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus sanfranciscensis*...).
- Soit **des formes coques** (*Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*...).

Il existe deux voies métaboliques pour la fermentation de glucose chez les bactéries lactiques :

##### **Les bactéries homofermentaires :**

(**Embden Meyerhof Parnas, EMP**) (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*...). A partir du sucre consommé, l'acide lactique peut être produit à partir de molécules de fructose et de glucose (**Lhomme, 2014**).

Elles produisent de l'acide lactique et des composés aromatiques. Cette flore est surtout rencontrée sur des levains récents, ayant subi un petit nombre de rafraîchis, mais aussi sur des levains plus hydratés avec une température supérieure.

##### **Des bactéries hétérofermentaires (voie des pentoses phosphate) :**

De nombreuses études suggèrent que les LAB hétérofermentaires dominent dans le levain. *Fructilactobacillus sanfranciscensis* et *Lactiplantibacillus plantarum* sont les espèces des LAB fortement observées dans le levain et sont les souches les plus abondantes.

Les espèces de *Leuconostoc*, *Weissella* et *Pediococcus* sont fréquemment observées dans le levain, tandis que les lactocoques, les entérocoques et les streptocoques sont rarement trouvés (**De Vuyst et Neysens, 2005 ; De Vuyst et Vancanneyt, 2007, Ripari et al., 2016, Sur (Bazalovà et al., 2022)**).

A Partir des sucres consommés, elles produisent de l'acide lactique, de l'acide acétique, du gaz carbonique et des composés aromatiques ou d'éthanol – et de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Celles-ci sont présentes dans des levains plus anciens, ayant subi de nombreux rafraîchis, mais aussi lorsque le levain est ferme et stocké en ambiance froide.

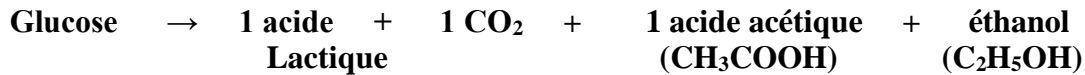
Si les populations microbiennes étaient élevées au démarrage, on constate au fil du temps leur diminution, due à une acidité plus importante. Ceci présente un aspect positif car les moisissures et bactéries pathogènes initialement présentes (*Streptococcus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* ...) se retrouvent dans un milieu défavorable à leurs multiples (**Spécial levain, 2019**)

#### **4.2. Bilan des réactions des voies homofermentaire et hétérofermentaire**

➤ **Métabolisme homofermentaire :**



➤ **Métabolisme hétérofermentaire :**



#### **5. Caractéristiques nutritionnelles de levain :**

La fermentation du levain peut affecter la qualité nutritionnelle en réduisant ou en augmentant les niveaux de composés et en améliorant ou en retardant la biodisponibilité des nutriments (Poutanen et al., 2009)

##### **5.1. Neutralisation de L'acide pythique :**

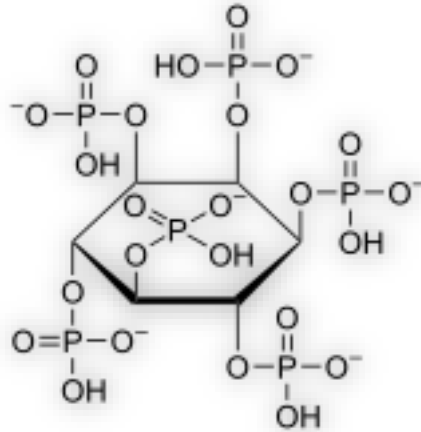
###### **5.1.1. L'acide pythique :**

L'acide phytique, également appelé phytate ou acide myo-inositol hexa phosphorique est une molécule d'origine végétale comme les céréales les Pseudo-céréales et les légumineuses, il forme des complexes insolubles avec des minéraux et d'autres composés, qui réduisent la biodisponibilité/bioaccessibilité alimentaire). ( Martínez et al., 1996).

Il constitue la principale forme de stockage du phosphate dans les tissus des végétaux, représentant 60 à 90% du phosphate total. La formule moléculaire de cette molécule est C<sub>6</sub>H<sub>18</sub>O<sub>24</sub>P<sub>6</sub> et la masse molaire est de 659,86 g/mole. Il se compose d'un cycle myo-inositol et de 6 phosphates (Kumar et al. 2010).

la fermentation au levain conduit à une déphosphorylation dépendante de la phytase de l'acide phytique (De Vuyst et al., 2016).

L'acide phytique chélate plusieurs minéraux divalents d'importance nutritionnelle, de sorte que sa dégradation améliore la biodisponibilité du fer, du zinc, du calcium et du magnésium. Une partie de l'activité phytase est endogène aux céréales, étant activée par l'acidification des LAB, tandis que l'autre partie est d'origine microbienne, étant produite à la fois par les levures et les BL ( Gobbetti et al., 2014 )



**Figure n° 7 : Structure de l'acide phytique (Anderson, 1914)**

### **5.1.2. L'hydrolyse de l'acide phytique :**

Les enzymes responsables de l'hydrolyse du phytate sont les phytases (myo-inositol hexakisphosphate phosphohydrolase; EC 3.1.3.8/EC 3.1.3.26), qui libèrent séquentiellement du phosphate inorganique soluble, du phosphate d'inositol de faible taille et myo-inositol.

Les articles de recherche, pour la plupart de la dernière décennie, ont abordé le problème de la détermination de la teneur en biodisponibilité de l'acide phytique résiduel ou des minéraux (principalement du fer) dans la pâte et le pain fermentés au levain. L'acidification du levain entraîne une augmentation significative de la biodisponibilité minérale, qui active indirectement les phytases endogènes de la farine et les activités enzymatiques microbiennes (Arora, 2021).

En général, les niveaux d'acidification les plus adaptés se situent entre 4,3 et 4,6, avec une réduction des niveaux de phytase de plus de 70 % (Larsson et Sandberg, 1991). Bien que la plupart des articles de recherche ne parviennent pas à démontrer la présence de l'enzyme et que l'activation indirecte de la phytase endogène puisse se chevaucher avec l'activité microbienne, toutes les données indiquent le caractère unique de la manière dont la fermentation dans le levain augmente la biodisponibilité minérale des produits de boulangerie. Céréales, pseudo grains et légumineuses (Arora, 2021).

D'autres études ont montré que le temps de fermentation est le facteur le plus important affectant la dégradation de l'acide phytique. Plus la durée est longue, plus la teneur en acide phytique est faible. Après 6h de fermentation, neutralise 100% d'acide phytique (grâce à la phytase) (Boisseleau, 2013).

## **5.2. Dégradation enzymatique des nutriments :**

### **5.2.1. Dégradation des protéines :**

Les preuves scientifiques empiriques et in vitro s'accordent à dire que la fermentation de levain est associée à une meilleure digestibilité du pain, principalement des protéines. Presque toutes les études in vitro ont conclu que la digestibilité des protéines (IVPD) augmente la stabilité de l'hydrolysat protéique et sa résistance au processus de digestion par la fermentation des levures (Arora, 2021).

Ceci mis à part les farines et les produits. D'autres indices se sont améliorés avec le levain, surtout sous fermentation prolongée. En particulier, la quantité de protéines nécessaire pour fournir le profil minimal d'acides aminés essentiels ; la qualité nutritionnelle des protéines en fonction du profil en acides aminés après hydrolyse (rapport d'efficacité protéique, PER) ; et l'indice nutritionnel(NI), qui normalise les variations qualitatives et quantitatives de la protéine par rapport à son état nutritionnel ( **Gaglio et al., 2020** ).

L'utilisation d'un levain sélectionné ciblant l'hydrolyse des pentosanes a retardé la fermeté et le rassissement du pain. La combinaison de son de blé, d'enzymes ( $\alpha$ -amylase, xylanase et lipase) et de levain a présenté le moins de changements dans la fermeté de la mie, amylopectine la cristallinité et la rigidité des polymères, qui ont toutes retardé le rassissement ( **Arora, 2021**).

L'effet synergique du levain et de la transglutaminase, une enzyme qui catalyse la formation de liaisons protéiques conduisant à des filets plus longs, est également prometteuse ( **Scarnato et al., 2017** ).

Dans d'autres cas, un rassissement retardé a été observé en combinant la fermentation du levain avec des ingrédients non issus du blé tels que le germe de blé ou les graines de lin, et le millet et le châtaignier farines. Bien que ni les mécanismes de rassissement ni les activités microbiennes n'aient été complètement compris, la preuve incontestable est que les produits de boulangerie au levain ont retardé le rassissement. La consommation de bactéries probiotiques ou d'aliments fermentés par des bactéries pouvant produire ces vitamines pourrait être intéressante dans les cas de déficiences chez l'Homme

### **5.2.2. Levain et solubilité des fibres :**

L'organisation Mondiale de la Santé recommande un apport journalier de DF de 25 g/jour, mais la consommation effective est nettement inférieure. Des interventions diététiques pour augmenter l'apport de DF sont donc souhaitables. L'effet de la fermentation du levain sur le DF total, le rapport entre le DF soluble et insoluble dans l'eau et les fractions individuelles.

Bien que les céréales et les pseudo-céréales en soi soient des sources de DF (ex. hémicellulose , amidon résistant ,  $\beta$ -glucanes, arabinoxylanes) ( **Williams et al., 2019**), l'augmentation de DF dans presque tous les produits sans gluten et augmenté l'aliquote de DF soluble dans l'eau dans les mélanges de céréales et de légumineuses ( **Chinma et al., 2016** ).

De plus, cela a permis l'exploitation de matrices naturellement riches en DF (par exemple, féverole, chanvre) ( **Wang et al., 2018** ) sans compromettre les caractéristiques sensorielles et rhéologiques des produits de boulangerie.

### **5.2.3. Levain et statut vitaminique :**

La fermentation prolongée du levain augmente la disponibilité de certaines vitamines dans l'organisme, comme la vitamine B1, l'acide folique ou la vitamine E. Une très longue fermentation assure la stabilité de la teneur en vitamine B1 du pain complet, tandis qu'elle ferait baisser celui du pain de levure ( **Batifoulier et al., 2005**).

Les BL représentent une proportion considérable de la population bactérienne Production de vitamines du groupe B (**Burgess et al., 2009**).

Ces vitamines sont Micronutriments essentiels en raison de leur importance dans le métabolisme cellulaire Humanité. La consommation de bactéries probiotiques ou d'aliments fermentés par des bactéries pouvant produire ces vitamines pourrait être intéressante dans les cas de déficiences chez l'Homme (**Arora, 2021**).

#### **5. 2. 4. Levain et les lipides :**

Les BL peuvent synthétiser des acides gras à partir d'acides aminés et de lipides présents dans l'aliment et ces acides ont essentiellement un rôle dans les propriétés organoleptiques, (**Ganesan et al., 2004**).

Les bactéries lactiques possèdent des lipases qui actives sur des substrats émulsifiés contenant des acides gras à longue chaîne (>C8) et d'estérases qui Hydrolysent de façon référentielle les esters formés avec les acides gras à chaîne courtes (C2-). Ces enzymes permettent donc d'hydrolyser les Tri, di, et monoglycérides présents dans certains aliments comme le lait (**Béal et al., 2008 ; Serhan et al., 2009**)

#### **5.3. Molécules du goût :**

Plus la température de fermentation est basse, plus le temps d'exposition des levures à l'acidification des BL est long, bien que les basses températures ralentissent le taux d'acidification des BL et favorisent donc la levée par la production de dioxyde de carbone par les levures .

L'activité des levures détermine la concentration d'acide acétique dans le levain naturel. En effet, comme les levures apparentées aux espèces LAB poussent bien à basse température, elles s'hydrolysent (glucofructan, et dégradation du glucose, donnant du fructose (**De Vuyst, 2016**). Le fructose est utilisé comme accepteur d'alternance d'exoélectrons. Espèces LAB strictement hétérofermentaires ; sa réduction en mannitol convertit la formation d'éthanol (récupération de NAD+) en production d'acétate (et d'ATP supplémentaire, augmentant ainsi la compétitivité des LAB) (**Gobbetti et al., 2005**).

L'acétate contribue donc à l'arôme typique des levures naturelles.

Le métabolisme primaire du carbone dans les micro-organismes en fermentation vise généralement à convertir les sucres en acides simples, en alcools et en dioxyde de carbone comme principaux produits finaux (**Penka et Kaloyan., 2020**).

#### **5.4. Dégradation des mycotoxines et des gliadines :**

Les mycotoxines sont très stables, et difficiles à éliminer et peuvent provoquer des maladies chez les plantes, les animaux et les humains. (**Chapeland-Leclerc et al., 2005**). Certaines flores lactiques, et majoritairement des espèces du genre Lactobacillus, ont été signalées comme inhibant la production de mycotoxines (**Gourama et Bullerman, 1995**).

Le déoxynivalénol (DON) et l'ochratoxine A (OTA) sont des mycotoxines produites par des espèces fongiques qui peuvent contaminer individuellement ou ensemble des produits céréales comme le pain (**Vidal et al., 2014**).

La réduction des niveaux de mycotoxines pendant la fermentation du levain dépendait de la souche BL utilisée et de la durée du processus. La transformation des aliments peut affecter



les mycotoxines dans les matières premières par élimination physique, transformation chimique (qui peut conduire à des métabolites plus ou moins toxiques), détoxification enzymatique et décontamination microbienne. La réduction des niveaux de mycotoxines pendant la fermentation du levain dépendait de la souche LAB utilisée et de la durée du processus (Zadeike et al., 2021).

#### **5.4.1 Mycotoxines :**

Les mycotoxines peuvent être classées en polycétoacides, terpènes, cyclo peptides et métabolites azotés selon leur origine biologique et leur structure. On peut aussi classer les mycotoxines plus simplement selon leurs principaux effets toxiques. On distingue parmi les groupes de mycotoxines considérées comme importantes du point de vue agro-alimentaire et sanitaire les aflatoxines, les ochratoxines et l'ochratoxine A en particulier, la patuline, les fumonisines, la zéaralénone et les trichothécènes et tout spécialement le déoxynivaléno. Il convient de remarquer que dans un groupe structural de toxines, la toxicité peut varier considérablement d'une toxine (Christine, 2006).

#### **5.4.2. Les allergènes du gluten (gliadines et gluténines) du grain de blé :**

Les travaux de Palosuo et al. (2001) ont montré que les  $\omega$  gliadines du blé sont responsables des allergies liées aux chocs anaphylactiques (WDEIA), de même que les  $\gamma$ -gliadines, qui sont en plus impliquées dans d'autres réactions allergiques comme les allergies urticaires alors que les  $\alpha$ -gliadines sont considérées comme le facteur principal de toxicité dans les maladies cœliaques. L'implication des gliadines dans des réactions allergiques déclenche plusieurs types de réponses immunitaires comme par exemple dans le cas des maladies cœliaques, où les gliadines sont reconnues par des anticorps IgA, alors que dans le cas d'un choc anaphylactique ou d'autres allergies (Zahid, 2010).

### **6. Influence du levain sur la digestibilité de l'amidon :**

Les glucides alimentaires représentent une source majeure de glucose plasmatique. Une augmentation de la quantité de glucides rapidement digestibles dans l'alimentation augmente la glycémie, en particulier dans la période postprandiale. Les principales sources de glucides dans un régime occidental contiennent de l'amidon rapidement digestible les produits à base de pommes de terre et les collations produisent des réponses glycémiques élevées (Poutanen et al., 2009).

Les produits à base de pommes de terre et les collations produisent des réponses glycémiques élevées. Il existe de fortes indications que les grandes quantités de glucose rapidement disponible dérivé de l'amidon et des sucres libres dans l'alimentation moderne (aliments à indice glycémique élevé, IG et indice d'insuline élevé, II) conduisent à des concentrations plasmatiques élevées périodiques de glucose et d'insuline qui sont préjudiciables à la santé (Barclay et al., 2008).

La macrostructure et la microstructure des aliments céréaliers ont une profonde influence sur la digestibilité de l'amidon.

En particulier, les caractéristiques de l'amidon en soi sont d'une importance cruciale pour la réponse au glucose. Les amidons riches en amylose sont plus résistants à l'amylyse que les amidons cireux ou normaux. In vitro, les amidons natifs sont hydrolysés très lentement, et dans une mesure limitée, par les amylases. En raison de la gélatinisation pendant le traitement,

le taux d'amylolyse in vitro augmente considérablement. Ainsi, plus l'amidon est gélatinisé, plus il sera digéré rapidement (Poutanen et al., 2009).

## **7. Les paramètres influençant les propriétés du levain naturel :**

L'utilisation du levain cause des changements rhéologiques dans la pâte. Effectivement, l'ajout de levain réduit son élasticité et donne une pâte molle. Ces changements ont une influence importante sur la qualité de pain, ils peuvent être contrôlés en ajustant le temps de fermentation et le taux de cendre de la farine (Clarke et al., 2004).

Les propriétés du levain reposent sur les activités métaboliques de son micro biote (Bactéries lactiques et levures).

En effet, la fermentation lactique, la protéolyse, la synthèse de composés volatils, des composés antifongiques sont essentiels pour avoir un bon levain (Gobbetti et al., 1999).

Ce micro biote, D'un point de vue qualitatif et quantitatif, également influencés par des facteurs endogènes tels que la composition des glucides, des sources d'azote, des minéraux, des lipides et des enzymes dans la farine, ainsi que par d'autres paramètres exogènes tels que la température, le rendement en pâte "Dough Yield DY" (activité de l'eau), le niveau d'oxygène, le temps de fermentation et nombre d'ascensions (levées) (Ouidir Massinissa, 2019).

### **7.1. Les Facteurs exogènes qui influencent l'activité des levains :**

#### **7.1.1. Le Rendement (DY) :**

Le Rendement de la pâte « **dough yield** », Le **DY** correspond à la consistance du levain, c'est la proportion de la farine et d'eau utilisée, ce taux influence significativement la saveur du levain. En effet, quand le DY est bas, il y a une production plus élevée d'acide acétique et moins d'acide lactique produit. Quand le DY est élevé, l'acidification arrive rapidement, cela est probablement dû à une meilleure diffusion des acides organiques (Chavan et Chavan, 2011), il est calculé comme suit :

$$\text{DY} = (\text{la quantité de farine} + \text{la quantité d'eau}) \times 100 / \text{la quantité de farine}$$

#### **7.1.2. La température :**

La température est un paramètre important qui influence l'acidification du sourdough, mais également la diversité microbienne du levain. Si la température n'est pas bien contrôlée au cours de la fermentation ou bien lors des rafraîchissements, une partie du microbiote peut être perdue (Ouidir Massinissa, 2019). Les boulangers travaillent généralement dans la zone de température comprise entre 20 et 28°C ; la température de 20°C étant la température minimale (Lesaffre, 2015)

#### **7.1.3. L'hydratation :**

L'augmentation de l'hydratation favorise l'activité microbiologique et enzymatique. À forte hydratation, l'acidité lactique est favorisée par rapport à l'acidité acétique.

#### **7.1.4. Le Sel :**

Le sel a une action inhibitrice sur les levures et les bactéries. Son incorporation contribue à ralentir la fermentation.

#### **7.1.5. L'acidité du milieu :**

Une acidité du milieu comprise entre un pH de 4 et de 5,5 est favorable à l'activité des levures et des bactéries ; par contre, elle ralentit quand la concentration en acide acétique devient trop forte (pH < 4).

#### **7.1.6. L'oxygénation du milieu :**

La multiplication des levures est fortement accélérée en milieu aérobie. Les rafraîchis sont favorables à l'oxygénation du milieu et donc à l'augmentation des levures (**Lesaffre, 2015**)

#### **7.1.7. Les substrats :**

il est essentiel de choisir une farine avec un taux élevé de cendre, car elle contient beaucoup plus de fibres. En effet, les fibres sont riches en minéraux et en micronutriments essentiels au développement des bactéries lactiques. Il est également important que la farine contienne des enzymes comme l'amylase, car cette dernière libérera des sucres pour le microbiote (**Ouidir Massinissa, 2019**).

### **7.2. Facteur endogène :**

#### **7.2.1. Les composés antifongiques des BL :**

Durant la fermentation, les bactéries lactiques donnent au produit ces caractéristiques sensorielles spéciales, y compris le développement des saveurs. Les composés aromatiques sont formés par divers procédés par les bactéries lactiques, tels que la conversion du lactose et du citrate dans la glycolyse et le métabolisme du pyruvate, respectivement, la conversion des graisses dans la lipolyse et la conversion des protéines dans la protéolyse (**van Kranenburg et al., 2002**). Les composés aromatiques sont aussi les produits de la conversion d'une partie du pyruvate en diacétyle, acétaldéhyde, acétoïne et l'acide acétique, dont certains en quantité adéquate et équilibrée contribuent positivement aux saveurs typiques des aliments fermentés (**Pastink et al., 2008**).

#### **7.2.2. La protéolyse :**

Le système protéolytique des bactéries lactiques est composé de protéases associées à la paroi cellulaire, qui catalysent l'hydrolyse initiale des protéines en peptides. Ces peptides sont ensuite dégradés par des endopeptidases ou exopeptidases en acides aminés et oligopeptides facilement transférables à travers les parois cellulaires (**Belkhir, 2017**).

#### **7.2.3. La lipolyse :**

L'activité lipolytiques chez les BL est moins importante que l'activité protéolytique, Cette propriété varie aussi entre les genres bactériens, certaines espèces de *Lactococcus* sont considérés comme étant plus lipolytiques que *Streptococcus thermophilus* et les lactobacilles.

#### 7.2.4. Levain et composants bioactifs :

La couche extérieure des grains de blé contient plusieurs composants biologiques actifs : acides phénoliques, alkylrésorcinols, lignanes, phytostérols et tocophérols. Le levain de seigle rend certains de ces composants plus disponibles pour l'homme.

Il est avéré que la fermentation du levain influence donc favorablement la disponibilité des nutriments. Des recherches sont toutefois encore nécessaires pour déterminer les quantités précises de nutriments nécessaires pour voir apparaître les effets précités sur la santé (**Lopez et al., 2003**).

### 8. Microorganismes impliqués dans la fermentation du levain :

Le levain est un produit intermédiaire pour la préparation de la pâte et du pain et contient des micro-organismes métaboliquement actifs. En raison de leur manipulation artisanale et dépendante de la région, les levains sont une immense source de diverses espèces et souches de LAB et de levure. Les BL contiennent des densités cellulaires supérieures à  $10^8$  unités formant colonies (UFC)/g de pâte sont habituelles dans les ferments acides. En règle générale, les LAB sont les micro-organismes prédominants et dans de nombreux cas, les levures sont présentes en nombre significatif (**Vogel et al., 1999**, **Vogel et al., 1996**).

#### 8.1. La fermentation :

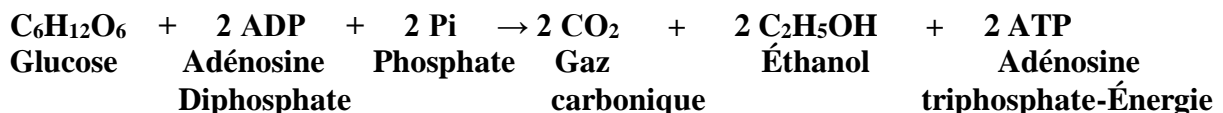
La fermentation au levain est une biotechnologie bien connue capable d'améliorer les propriétés sensorielles, rhéologiques et de durée de conservation des produits de boulangerie au levain (**Gobbetti, Rizzello, Di Cagno et De Angelis, 2014**). Le procédé au levain de type I ou traditionnelle repose sur la technique du backslopping à basse température d'incubation.

#### 8.2. Les types de fermentation du levain :

##### 8.2.1. Fermentation alcoolique :

Transformation de sucres (principalement glucose, mais aussi maltose, etc.) en gaz carbonique et en éthanol, par les levures :

**L'équation globale de la fermentation alcoolique a été décrite dès 1815 par Louis Joseph Gay-Lussac :**



D'autres métabolites sont formés au cours de la fermentation en quantité plus faible : glycérol, acide acétique, composés volatils.

##### 8.2.2. Fermentation lactique :

Les bactéries dites « lactiques » sont dénommées ainsi en raison de la production d'acide lactique au cours de leur multiplication. Les bactéries lactiques sont anaérobies ou anaérobies

facultatifs. À partir de substrats carbonés (hexoses : glucose, maltose, etc., ou pentoses : xylose, etc.), les bactéries lactiques produisent, soit essentiellement de l'acide lactique par la voie **homofermentaire**, soit un mélange d'acide lactique ( $\text{CH}^2\text{CHOH-COOH}$ ), d'acide acétique ( $\text{CH}^3\text{COOH}$ ) – ou d'éthanol – et de dioxyde de carbone ( $\text{CO}^2$ ) par la voie **hétérofermentaire** (Roussel et al., 2020).

### 8.2.3. Fermentation acétique :

C'est à **Louis Pasteur (1808-1873)** que nous devons la découverte de la nature biochimique du processus de formation du vinaigre. A partir de 1865, sur la base des recherches de Pasteur, la production industrielle de vinaigre a connu un grand essor. La bactérie du vinaigre "acétobacter" se développe dans le vin non bouché.

Les petites mouches qui sont fortement attirées par le vin placé à l'air libre et qu'on appelle mouches du vinaigre (drosophiles) véhiculent l'acétobacter. Les bactéries de l'acide acétique forment une couche à la surface que l'on appelle la mère du vinaigre. L'acétobacter utilise pour vivre l'énergie libérée par l'oxydation. Les processus qui ont lieu en présence d'oxygène de l'air sont dits aérobie. Toute solution alcoolique diluée peut donner de l'acide acétique ; dans ce cas le taux d'alcool correspond à la quantité d'acide acétique qui résultera de la transformation.

### 8.3. L'activité de fermentation :

Processus de transformation des substrats carbonés (sucres fermentescibles) par les micro-organismes qui produit de l'énergie. Cette activité conduit à la libération de composés de dégradation comme le gaz carbonique (nécessaire pour assurer la levée de la pâte), des alcools (dont l'éthanol), des acides (lactique, acétique, etc.) et des composés secondaires comme des composés volatils aromatiques (Roussel et al., 2020).

#### 8.3.1. L'activité fermentaire augmente avec :

- ✓ La quantité et la viabilité des micro-organismes.
- ✓ La température, optimale vers 25-30°C.
- ✓ L'activité **amylasique** de la farine qui libère des substrats (maltose et glucose) fermentescibles.
- ✓ La proportion d'amidons « endommagés » .
- ✓ La présence de sucres préexistants de la farine ou ajoutés (dans les fabrications enrichies, on considère que l'activité augmente jusqu'à 5 % de sucre incorporé par rapport à la farine).
- ✓ L'hydratation des pâtes.
- ✓ Pour un pH optimal des levures de 4-5 et des bactéries de 5-6.

#### 8.3.2. L'activité fermentaire diminue avec :

- ✓ La pression osmotique due à l'ajout de sel et de sucre.

- ✓ Un pH acide : fort ralentissement à  $\text{pH} < 4$ .
- ✓ La baisse de la température : ralentissement  $< 20\text{ }^\circ\text{C}$ , arrêt  $< 4\text{ }^\circ\text{C}$ .
- ✓ Une température au-delà de  $46\text{ }^\circ\text{C}$  (**Roussel et al., 2020**).

## **9. Conservation du levain :**

**D'après Boisseleau, (2013)** la conservation d'un bout de pâte a des limites. La température, la durée de conservation sont deux paramètres à tenir en compte. Une fois les huit heures dépassées l'activité fermentaire est descendante et plus que faible, il faut soit «renourrir » le levain, soit aider la mise en veille par le froid positif (le mettre au congélateur). En effet, un levain se bonifie avec le temps et s'enrichit : on voit apparaître des bactéries lactiques hétérofermentaires qui produisent non seulement de l'acide lactique, mais aussi de l'acide acétique et du  $\text{CO}_2$ , ce qui renforce la levée.

Il s'agit de revivifier le ferment en le ramenant doucement à température ambiante puis le rafraîchir aussi souvent que nécessaire. Il est préférable d'employer une farine intégrale pour re-nourrir le levain-chef. Pour des durées qui restent courtes (une semaine), on peut aussi le mettre au frais ( $6\text{-}10\text{ }^\circ\text{C}$ ) et le ramener pendant 2h à température ambiante avant de le rafraichir.

### **9.1. Techniques pour les longues durées :**

Il existe à priori 2 techniques pour conserver le levain (**Boisseleau, 2013**) :

#### **9.1.1. La déshydratation :**

**a) la technique des petites boules :** quand le levain est à son apogée, lui ajouter de la farine pour obtenir une pâte type pâte à modeler, puis façonner des petites boules de la taille d'une bille. Les laisser sécher sans qu'elles se touchent, puis les mettre dans un four à  $40\text{ }^\circ\text{C}$  pour finir le séchage. Les stocker ensuite dans une boîte au sec à température ambiante. Pour le réutiliser, réduire les billes en poudre avec et mélanger à de l'eau tiède et farine à parts égales pour réactiver. Quelques après le levain revit.

**b) La technique des pellicules fines** consiste en choisir le moment où son levain est en pleine forme (à son maximum de bulles). Étaler, sur une feuille de papier sulfurisé, une mince couche de levain et le faire sécher jusqu'à ce que le mélange blanchisse et qu'il n'y ait plus d'endroit sombre (signe d'humidité). Le levain doit se décoller automatiquement, de la feuille en séchant.

Émietter bien le levain et le conserver dans une boîte fermée propre et sèche. La conserver dans un placard à l'abri de la lumière (**Boisseleau, 2013**).

Pour le faire revivre il suffira, comme pour les « petites boules » de l'incorporer dans une pâte. Le levain redevient bien actif au bout de 24 à 36 h, mais c'est variable selon la température de la pièce et de la « force » qu'avait le levain avant déshydratation

### **9.1.2. La congélation ;**

C'est la technique la plus risquée car elle affaiblit beaucoup le levain. Mettre du levain « bien actif » qui a été récemment rafraîchi (par ex. 100 g.) dans une boîte hermétique et la stocker au congélateur. Pour le réactiver, laisser décongeler à température ambiante. Le levain ne sera pas très actif après ce passage au grand froid, il faudra être patient et le nourrir pendant quelques jours, en le rafraichissant régulièrement. Le levain décongelé sera réactivé au bout de 24 à 36 heures environ. L'activation après congélation est plus longue que celle après déshydratation, car beaucoup de cellules meurent à basse température, mais si votre levain était assez « fort » avant la congélation, il revivrait (**Boisseleau, 2013**).

## **10. Intérêt de l'utilisation du levain :**

Le levain fermenté apporte de nombreux effets bénéfiques au pain, comme décrit ci-après :

### **10.1. Amélioration de la qualité nutritionnelle et sensorielle :**

L'utilisation de levain apporte des améliorations à bien des égards. Effectivement, dans ce dernier, le gluten est dégradé, il y a plus de minéraux biodisponibles via la dégradation de phytates, aussi plus de vitamines, le temps de digestion de l'amidon et les réponses glycémiques sont réduits, le levain apporte aussi des prébiotiques à la microflore intestinale (**Katina et al., 2009., Chavan et Chavan, 2011**).

Dans le côté sensoriel, le levain apporte divers changements à la texture, la saveur et les arômes. L'acidité caractéristique du goût et de l'odeur est conférée par l'acide lactique et l'acide acétique produits par les BL. Ces dernières produisent également d'autres composés aromatiques comme le diacétyl, des aldéhydes, des alcools et des esters. Cependant, les levures produisent une plus large gamme de composés aromatiques volatils et en plus grande quantité. Par ailleurs, l'acidification causée par les BL désactive partiellement l'activité des  $\alpha$ -amylases ce qui limite l'hydrolyse excessive de l'amidon, donnant ainsi une pâte solide et moins collante. L'acidification améliore la dilatation du gluten ce qui augmentera la rétention de gaz donnant ainsi une pâte à volume massif et de meilleure texture, (**Chavan et Chavan, 2011**).

### **10.2. La durée de conservation :**

Durant la fermentation, les BL produisent divers composés antimicrobiens comme les acides organiques (lactate et acétate), des peptides, des composés volatils, des acides gras, etc. (**Gänzle, 2009 ; Rizzello et al., 2011**).

Le rassissement et la contamination fongique sont les principales causes de diminution de la durée de conservation des produits de boulangerie, dont l'importance varie selon le produit et la durée de stockage. Par rapport à la fermentation par la levure de boulanger, le levain *L. sanfranciscensis* et *L. plantarum* retardent le rassissement du pain en diminuant le taux de fermeté et de rétrogradation de l'amidon

La contamination fongique est devenue la principale cause d'altération des produits de boulangerie. Parallèlement, la réduction, ou mieux, l'élimination des conservateurs chimiques était une autre question soulevée par les industries (**Arora, 2021**). la fermentation du levain à inhiber dans une certaine mesure la détérioration fongique grâce à la synthèse d'un mélange d'acides acétique, caproïque, formique, propionique, butyrique et n-valérique (**Corsetti et al.,**

1998). Plus tard, les acides phényllactique et 4-hydroxy-phényllactique, qui ont également agi comme composés antifongiques, ont été identifiables lors de la fermentation du levain avec *L. plantarum* (Lavermicocca et al., 2000).

## **11. L'impact bénéfique des BL de fermentation des céréales sur la santé humain :**

Les bienfaits allégués pour la santé de la plupart fermentés probiotiques s'expriment soit directement par l'interaction de micro-organismes vivants ingérés, de bactéries ou de levures avec l'hôte (effet pro biotique), soit indirectement par l'ingestion de métabolites microbiens produits au cours du fermentation (effet biogénique) (Poutanen et al 2009).

Certains types de BL, principalement *Lactobacillus*, habitent le tractus gastro-intestinal humain (GIT) avec des effets probiotiques. Les lactobacilles et les bifidobactéries maintiennent l'équilibre entre les espèces microbiennes individuelles dans le tractus gastro-intestinal en raison de leur production de bactériocines et d'autres antimicrobiens (Mantziari et al., 2020).

Les bactéries lactiques facilitent la digestion des aliments en réduisant la teneur en glucides à haute chaîne et en certains polysaccharides et oligosaccharides non digestibles (Turpin et al., 2011).

Ils améliorent également la disponibilité des micronutriments fer, zinc et calcium (Chaves-López et al., 2020). Plus important encore, les bactéries lactiques ajoutent des propriétés fonctionnelles aux ingrédients des aliments céréaliers.

Premièrement, au cours du processus de fermentation, les bactéries lactiques produisent des substances antibactériennes qui inhibent la croissance des bactéries pathogènes et empêchent la formation de toxines bactériennes (Xiang et al., 2019).

En convertissant l'amidon, ils synthétisent également des acides gras essentiels à chaîne courte et d'autres composés organiques de faible poids moléculaire tels que les acides aminés et les vitamines B (Turpin et al., 2011).

De nombreux auteurs rapportent des effets sur l'amélioration de la santé humaine. Les LAB optimisent la prise de poids et abaissent la glycémie et le taux de cholestérol total (Xu et al., 2020).

Le levain d'acide lactique avait une teneur plus élevée en composés biogéniques, un niveau inférieur de facteurs antinutritionnels et une meilleure valeur de la réponse glycémique, ainsi qu'une meilleure absorption des minéraux (Gobbetti, 2012 ).

Il a été démontré que les probiotiques BL ont des effets anti-inflammatoires dans l'intestin, car ils sont capables de détoxifier le gluten chez les personnes atteintes de la maladie cœliaque (Laurent-Babot et Guyot, 2017).

Les BL soulagent les maladies cardiovasculaires et diabétiques grâce à l'acide gamma-aminobutyrique (GABA), aux peptides inhibiteurs de l'ECA et à la synthèse de la ménaquinone (Peñas et al., 2015). Il a été démontré que les peptides bioactifs obtenus lors de la fermentation. des céréales telles que le blé, le seigle, l'orge et l'amarante ont une activité anticancéreuse.



## **12. Les Bactéries lactiques comme antioxydants :**

Plusieurs mécanismes pourraient expliquer les propriétés antioxydantes des LAB (**Velikova et al., 2018**).

Les LAB favorisent également la production de certaines biomolécules antioxydantes, par exemple les exopolysaccharides (EPS). Divers avantages pour la santé ont été attribués aux EPS. Les LAB peuvent également présenter des activités de chélation des métaux. Toutes ces données suggèrent que les LAB présentes dans les aliments à base de céréales fermentées pourraient jouer un rôle thérapeutique dans les troubles gastro-intestinaux caractérisés par les ROS en agissant comme probiotiques.

La fermentation des céréales par différentes souches de LAB peut augmenter les concentrations de petits composés phénoliques tels que les acides phénoliques ou les flavonoïdes. Peut augmenter considérablement la concentration d'acides phénoliques libres, améliorant ainsi leur biodisponibilité (**Laurent-Babot et Guyot, 2017**).

## **Chapitre 3**

### **Panification au levain naturel.**

## **1. Données générales :**

La panification est l'ensemble des transformations physiques, de réactions chimiques et d'activités biologiques complexes se produisant au sein d'un mélange de farine, d'eau, de sel, de levure et parfois de quelques autres ingrédients (acide ascorbique, farine de fève, enzyme exogènes, émulsifiants...) sous l'action d'un apport contrôlé d'énergie mécanique et thermique (**Ladraa, 2012**). Pour obtenir du pain, il faut au départ trois composants dont l'action est complémentaire et indissociable qui sont l'amidon qui fournit les sucres, le gluten qui forme le fin réseau élastique et assure la cohésion de l'ensemble et en fin la levure qui produit, comme son nom l'indique, la levée et l'allègement de la pâte (**Mosiniak, 2018**).

## **Matières premières :**

- La farine : est une poudre fine provenant de la mouture de l'amarante de blé tendre ou d'une autre céréale. La farine de blé constitue l'aliment de base de l'alimentation humaine. C'est une source énergétique très importante. Elle est présente dans tous nos repas et sous plusieurs formes : pains, biscuits, pâtisseries, galettes, crêpes...
- Eau : L'eau servant à la fabrication du pain est nommée « eau de coulage ». Elle doit être potable, non calcaire et ne doit pas contenir trop de chlore ce qui inhiberait la fermentation, elle permet d'hydrater le gluten et l'amidon et elle est indispensable à la cohésion de la pâte (**Fredot, 2009**).
- Sel : Il est important mais non indispensable, il améliore les qualités organoleptiques de la pâte et il permet de régulariser la fermentation (en la freinant), participe à la bonne coloration de pain et retarde sa dessiccation (**Fredot, 2009**).

## **Agents de fermentation :**

### **Levain :**

Afin de fabriquer du levain, le boulanger prélève une petite quantité de pâte sur l'une des fournées du jour. Il la laisse ensuite reposer plus de 12 heures en ajoutant régulièrement de la farine et de l'eau. De minuscules micro-organismes capables de faire gonfler la pâte se forment alors peu à peu. Ils constituent la flore de levain constituée précisément d'un mélange de bactéries acidifiantes (lactiques et acétiques) et de levures sauvages (*Saccharomyces cerevisiae*). La fermentation au levain fait donc appel à une fermentation naturelle (**Boudroux, 1897**).

### **Levure de boulangerie :**

C'est un agent de fermentation plus facile à utiliser que le levain car il est produit industriellement et assure un résultat plus rapide et plus uniforme (**Fredot, 2009**).  
Améliorants : Pour corriger les déficiences de certaines farines ou faciliter certains types de panification, des produits peuvent être additionnés en boulangerie (additifs, adjuvants, auxiliaires technologiques 'naturels, synthétiques') (**Fredot, 2009**).

## **2. Les étapes de la panification**

La préparation du pain consiste principalement en un mélange des ingrédients cités précédemment suivie d'un pétrissage de la pâte puis d'une fermentation à une température ambiante.

En fin, la pâte sera mise en forme et cuite dans un four (**Kouassi-Koffi et al., 2016**)

### **Pétrissage :**

Le travail mécanique vise à mélanger les différents composants (**Dupin et al., 1992**), incorporer de l'oxygène à la pâte et développer l'élasticité du gluten (l'eau et la levure apportent la souplesse à la pâte). L'oxygène est utilisé en 15 secondes par les levures. La vitesse de pétrissage modifie les durées de fermentation (**Roudaut et Lefrancq, 2005**). La pâte lisse et homogène est formée au cours de pétrissage rapide (20-25 min). La levure peut être remplacée par du levain (**Alais et al., 2005**). Le pétrissage permet de réorganiser les protéines en un réseau viscoélastique, qui va contrôler l'expansion de la pâte pendant la fermentation. En fait, plus on pétrit, et plus on ensemence en levure, plus on aère le pain, ce qui conduit à un volume important (**Rémésy et al., 2014**)

**Première fermentation « pointage » :** Dans un milieu qui n'est pas strictement anaérobie : la levure fermente les glucides libres de la farine (environ 1%) pendant ce temps, la  $\beta$ amylase attaque les granules d'amidon endommagés au cours de la mouture (**Alais et al., 2005**). On laisse reposer la pâte dans le pétrin à 20-25°C pour permettre l'activité de la levure ou de levain qui réalisent leurs fermentations respectives en utilisant les oses résiduels de la farine. Durant le pointage, l'essentiel des arômes est formé en particulier de l'acide propionique et aussi par d'autres acides, ces acides non seulement exhausteurs d'arômes mais qui freinent aussi le rancissement (**Fredot, 2009**).

**Division de la pâte en pâtons :** La pâte est découpée en pâtons de poids identiques et cette phase se réalise grâce à une peseuse- diviseuse. Elle doit être faite pour assurer un poids de pain constant et garanti à la vente (**Ladraa, 2012 et Fredot, 2009**).

**Boulage :** Afin d'obtenir des pâtons réguliers en vue de façonnage, ces derniers sont « boulés ». Cette étape permet également de contrôler la force des pâtes et de la corriger éventuellement en boulant plus ou moins serré (**Fredot, 2009**).

**Détente :** Les pâtons sont laissés au repos une nouvelle fois ce qui permet au gluten de se détendre après les différentes étapes de division et de boulage. Sans cette phase, le réseau de gluten aurait en effet tendance à se déchirer au moment du façonnage (**Ladraa, 2012**).

**Façonnage :** C'est une mise en forme de la pâte. Il consiste à donner à chacun des pâtons sa forme voulue selon le type de pain (baguette...). Pendant cette phase, il y a encore production de Synthèse bibliographique 17 sucres fermentescibles (glucose et maltose : grâce à l'action des amylases sur l'amidon) (**Doumandji et al., 2003 et Fredot, 2009**). Deuxième fermentation « apprêt » : Elle se pratique aussi dans une enceinte thermostatée (20-25°C) et à hygrométrie suffisante pour éviter le « croûtage » des pâtes (**Doumandji et al., 2003**).

Le volume de chaque pâton est ainsi triplé avec la production de nombreux arômes. Il s'agit de la fermentation qui s'échelonne de la tourne à la mise au four. L'apprêt représente la

fermentation finale (**Ladraa, 2012**). Elle dure entre 1h 30mn et 2h. Des petits coups de lame sont donnés sur la partie supérieure des pâtons ce qui forme des incisions ayant pour but d'éviter lors de la cuisson, les déchirures peu esthétiques de la croûte. Elles permettent aussi d'obtenir de belles arêtes qui sont des éléments importants de l'esthétique de pain (**Fredot, 2009**).

**Cuisson :** Il y a une dilatation des alvéoles gazeuses ce qui permet au pain d'obtenir un volume suffisant et grâce à la gélatinisation de l'amidon et la coagulation du gluten, le pâton se fixe dans sa structure finale (**Dupin et al., 1992**).

La mie et la croûte vont se former progressivement au cours de la cuisson qui se fait dans un four dont l'atmosphère est saturée en vapeur d'eau. La cuisson se fait vers 250°C durant 20 à 30 minutes. Il reproduit les transformations suivantes : accroissement brusque du volume de pain par la production accélérée de CO<sub>2</sub> et la saturation en gaz de la pâte ; en même temps, il se forme en surface un film précurseur de la croûte. Ces deux changements s'arrêtent lorsque la température interne s'élève vers 60°C, alors l'alcool produit s'évapore (**Doumandji et al., 2003 et Alais et al., 2005**).

**Ressuage :** C'est la période durant laquelle le pain se refroidit. Ce refroidissement est accompagné d'un départ de vapeur d'eau et de CO<sub>2</sub> entraînant une légère perte d'humidité au niveau de la mie et pour le pain une perte de poids. Le pain chaud est refroidi lentement, de manière à ce que sa fraîcheur dure de 12 à 18 heures.

C'est donc un produit fragile ; il rassit même en atmosphère humide (ce n'est pas une simple dessiccation). Divers additifs ont été préconisés pour freiner le rassissement ; en particulier, les agents tensioactifs, comme les monoacylglycérols, qui formeraient un complexe avec l'amylose et empêcheraient sa diffusion (**Doumandji et al., 2003 et Alais et al., 2005**).

### **3. Essai de panification :**

Un essai de panification permet d'apprécier l'aptitude d'une farine à se transformer en pain de bonne qualité (**Autran, 2000**). Les pains ont été préparés par une formulation traditionnelle, dans les conditions de production qui y sont habituellement utilisées. Les pains ont été préparés en mélangeant de la farine de blé tendre (farine panifiable) avec de l'eau, le sel et un agent de fermentation (levain naturel).

Plusieurs essais de panification ont été réalisés pour savoir l'effet des différents types de farine (farine blanche, farine d'orge) sur la qualité du pain au levain.

La recette de pain consiste de mélanger 100 g de mélange de la farine, 1,7 g de sel, 5 g du levain naturel. Les ingrédients ont été soigneusement mélangés et ajoutés à la farine, ensuite ils ont été dissous dans une partie de l'eau et ajoutés à la farine (**Amandikwa et al., 2015**).

Après le pétrissage, la pâte a été bien malaxée pour améliorer le développement du gluten, manuellement divisé en pâton de 50g, arrondi à la main et laissé reposer pendant 15 minutes. Ensuite, les pains ont été façonnés et, placés dans un moule de cuisson. Ensuite, les pains ont été cuits dans un four à plaque pendant 15 minutes à 180°C. Une fois cuits, les pains ont été laissés refroidir pendant une heure (**Ameh et al., 2013**).

Les pains fabriqués à base de farine blanche et de farine d'orge ont des caractéristiques différentes tels que : la couleur du pain, le goût de la mie, l'odeur, la dureté de la croûte, .....

#### **4. Qualité du pain :**

Le pain est un aliment obtenu par cuisson au four d'une pâte pétrie, mise en forme et fermentée, composée essentiellement de farine (blé ou seigle), d'eau, de sel et d'un agent de fermentation (levure ou levain) (**Roussel et al., 2010**).

Les boulangers ne font pas usage d'ordinaire d'une farine provenant de la mouture d'une seule sorte de blé. Il est rare qu'une telle farine présente à la fois toutes les qualités requises pour la production économique d'un bon pain.

La composition chimique des diverses farines, surtout en ce qui concerne la proportion des matières azotées, est extrêmement variable. Elle dépend non seulement de la variété du blé qui produit la farine, mais encore, pour une même variété de blé, des conditions de la culture, richesse du sol, humidité, température. Les considérations principales qui guident le meunier sont : la teneur en gluten, la dureté du grain et son rendement en farine (les blés durs donnent un plus grand rendement), la couleur de la farine à obtenir.

Le pain d'une farine de blé tendre est bien blanc, si le taux de blutage est suffisamment élevé ; la farine de blé dur, employée seule, exige beaucoup plus de force pour la confection des levains ; elle donne un plus grand rendement en pain. L'acidité du levain, loin d'être à craindre à ce point de vue, est une protection contre le brunissement.

Si pour une raison quelconque une farine a été conservée trop longtemps, elle peut être devenue absolument impropre à la panification, à cause de l'altération de son gluten, et cependant il peut suffire d'y ajouter une certaine proportion de farine fraîche très riche en gluten pour en obtenir un pain parfaitement salubre et satisfaisant pour le goût (**Boutroux, 1897**) La qualité du blé est déterminée par la force du gluten et est affectée par les protéines dans la farine de blé (**Tao et al., 2018**). Sa qualité nutritionnelle se définit aussi par son index glycémique, c'est à-dire sa capacité à plus ou moins augmenter la glycémie postprandiale (**Fardet et al., 2006**).

Pour améliorer l'index glycémique du pain, il faudrait donc adoucir au maximum les procédés de pétrissage et panifier plutôt au levain (**Rémésy et al., 2014**). L'amidon intervient de différentes manières au cours de la fabrication du pain qui est une source inépuisable de sucres fermentescibles assurant la multiplication et la croissance des levures, les interactions qui se développent entre l'amidon et les protéines du gluten peuvent modifier les propriétés des pâtes et aussi les interactions qui se forment entre l'amidon et les protéines des farines de qualité supérieure seraient un facteur favorable à un volume de pain élevé (**Feillet, 2000**)

#### **4.1. La valeur nutritionnelle du pain :**

En s'appuyant sur les bases du fonctionnement énergétique de l'organisme humain, les spécialistes en nutrition recommandent que la fourniture d'énergie soit assurée à raison de 55% par les glucides, 15% par les protéines et 30% par les lipides.

En Europe, et depuis 1995, la tendance à la reprise de la consommation des produits céréaliers (dont le pain) devrait en principe contribuer à rééquilibrer le rapport glucides/lipides. C'est pourquoi, sur cet aspect, le pain devrait obligatoirement contribuer à élever la densité nutritionnelle des régimes car le pain idéal devrait avoir un meilleur index glycémique, un taux protéique suffisamment élevé, et être riche en fibres alimentaires bien tolérées.

**Tableau n° 11** : Valeurs nutritionnelles du pain au levain naturel

**Caractéristiques nutritionnelles notables :**

Avec 261 kcal pour 100 g, il s'agit d'un aliment moyennement calorique, qui constitue une source de glucides.

**Analyse nutritionnelle détaillée :**

<b>Pain, baguette ou boule, au levain : analyse nutritionnelle pour 100 g</b>	
<b>Energie</b> - selon le règlement UE N° 1169/2011	<b>261 kcal</b>
<i>Soit</i>	1092 kj
<b>Glucides</b>	<b>53,1 g</b>
Sucres	2,4 g
Amidon	49,3 g
<b>Lipides</b>	<b>1,3 g</b>
Acides gras saturés	0,17 g
Cholestérol	-
Acides gras mono-insaturés	0,12 g
Oméga 9 - acide oléique (18:1)	0,1 g
Acides gras poly-insaturés	0,43 g
Oméga 6 - acide linoléique (18:2)	0,39 g
Oméga 6 - acide arachidonique (20:4)	-
Oméga 3 - ALA : acide alpha-linolénique (18:3)	0,024 g
Oméga 3 - EPA : acide eicosapentaénoïque (20:5)	-
Oméga 3 - DHA : acide docosahexaénoïque (22:6)	-
<b>Protéines</b>	<b>7,41 g</b>
<b>Fibres alimentaires</b>	<b>2,1 g</b>
Sel - chlorure de sodium, NaCl	-
Polyols	0 g
Acides organiques	0 g
Alcool	0 g

**Tableau 12:** Teneur en vitamines du pain au levain naturel

<b>Pain, baguette ou boule, au levain : vitamines pour 100 g</b>		
<b>Vitamines hydrosolubles</b>		% AJR <sup>1</sup>
Vitamine B1 – thiamine	0,07 mg	6,36 %
Vitamine B2 – riboflavine	0,02 mg	1,43 %
Vitamine B3 - niacine, ex- vitamine PP	1,15 mg	7,19 %
Vitamine B5 - acide pantothénique	0,4 mg	6,67 %
Vitamine B6 – pyridoxine	0,06 mg	28,57 %
Vitamine B9 - folates, acide folique	13,8 µg	6,9 %
Vitamine B12 – cobalamines	0,1 µg	4 %
Vitamine C - acide ascorbique	-	-
<b>Vitamines liposolubles</b>		% AJR <sup>1</sup>
Vitamine A - activité vitaminique A <sup>2</sup>	0 µg	0 %
<i>Soit</i>	0 UI	-
Rétinol	-	-
Bêta-carotène	-	-
Vitamine D - ergocalciférol, cholécalficérol	-	-
<i>Soit</i>	-	-
Vitamine E - tocophérols, tocotriénols	0,16 mg	1,33 %
Vitamine K	1 µg	1,33 %
Vitamine K1 - phylloquinone, phytoménadione	1 µg	-
Vitamine K2 – ménaquinone	-	-



**Tableau 13** : La teneur en minéraux du pain au levain naturel

**Minéraux et oligo-éléments :**

<b>Pain, baguette ou boule, au levain : principaux minéraux pour 100 g</b>		
<b>Minéraux</b>		<b>% AJR<sup>1</sup></b>
Calcium – Ca	18,7 mg	2,34 %
Magnésium – Mg	18,7 mg	4,99 %
Phosphore – P	87,3 mg	12,47 %
Potassium – K	124 mg	6,2 %
Sodium – Na	-	-
<b>Oligo-éléments</b>		<b>% AJR<sup>1</sup></b>
Chlore – Cl	-	-
Cuivre – Cu	0,11 mg	11 %
Fer – Fe	1,3 mg	9,29 %
Iode – I	-	-
Manganèse – Mn	0,57 mg	28,5 %
Sélénium – Se	-	-
Zinc – Zn	0,53 mg	5,3 %

**Source** : Les valeurs nutritionnelles proviennent de la base de données de référence Ciqual 2017, fournie sous licence ouverte par l'Observatoire des aliments de l'ANSES

(*Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail*).

Il s'agit d'un organisme public certifié, ce qui offre une garantie sur la fiabilité et l'exactitude Des données.

## **5. Analyse sensorielle du pain au levain naturel :**

L'analyse sensorielle consiste à étudier" les caractéristiques sensorielles des produits, en utilisant les cinq sens humains. L'analyse sensorielle est un outil important permettant de suivre la vie d'un produit, de la conception jusqu'à la production, en passant par la rénovation. Avec ce type d'analyse, nous pouvons définir le profil d'un produit et ainsi comprendre la préférence et l'acceptance du produit par le consommateur.

La perception est un phénomène compliqué, surtout parce qu'il est susceptible de varier d'un type de pain à l'autre et d'un consommateur à l'autre. Dans le cadre de cette étude, nous avons travaillé avec du pain au levain fait maison à base de la farine de blé tendre variété Mawna.

Avant l'analyse, le pain a été découpé en morceaux de taille égale. Les pains ont été évalués sur la base de l'acceptation de leur apparence (aspect visuel), de la couleur de la croûte, de l'odeur, du goût, de la texture et de l'acceptabilité globale sur une échelle de neuf points. Les pains étaient jugés acceptables si leurs scores moyens pour l'acceptation globale étaient supérieurs à 5 (ni je n'aime ni je n'aime pas) (Dhen et al., 2018).

Le moment de dégustation a été fixé à au 1h après la sortie du four de pain. En suivant les étapes suivantes.

### **1ère Étape : Génération de descripteurs.**

La bibliographie nous a tout d'abord renseignés sur les descripteurs couramment utilisés pour l'analyse du pain.

### **2ème Étape : Rédaction de la fiche de dégustation.**

Dans un second temps, nous nous sommes mis d'accord sur les aspects à étudier qui nous paraissaient fondamentaux pour pouvoir distinguer au mieux les types de pain. Nous avons donc réalisé une grille de dégustation.

Le moment de dégustation a été fixé à au 1h après la sortie du four de pain.

### **3ème étape : Réalisation de la séance de dégustation.**

Nous avons utilisé le laboratoire d'hygiène de Blida par des membres de notre lieu de stage. Afin de réaliser cette étude, Nous avons essayé de réaliser nos analyses dans des conditions les meilleurs possibles : pas de discussion pendant la dégustation, chacun déguste individuellement, dans un environnement neutre. Nous avons tout d'abord étudié l'aspect visuel de pain, puis nous les avons coupés en tranches d'environ 2cm de largeur afin d'étudier la texture des pains, leur odeur. Nous avons également coupé les pains dans sa longueur afin de mieux voir l'aspect de la mie.

### **4<sup>ème</sup> : étape analyse des résultats Aspect Visuel.**

A première vue les différences entre les pains étaient évidentes comme :la couleur du pain, la dureté de la croûte, la texture de la mie.

Cette étude nous a bien démontré, que grâce à nos expériences, nous avons constaté que le pain au levain fait maison (traditionnel) est un pain diététique qui apportent des vertus bénéfiques pour l'organisme humain grâce à sa composition riche en éléments nutritifs.

Sur le plan organoleptique, le pain diététique élaboré à du levain naturel est caractérisé par une légère acidité, une mie moelleuse et une croûte dure.

L'acidité grasse est un indicateur de l'état de bonne conservation du blé, parce qu'au cours de la conservation, les lipides ont tendance à se dégrader en se transformant en acides gras libres.

En effet, nous observons que les résultats obtenus montrent une valeur de 0.041 % qui est conforme à la norme.



Partie 2  
Partie expérimentale.

# **Chapitre 4**

## **Méthodes et Matériels.**

### L'objectif de cette étude vise à :

- Analyser les échantillons de blé tendre complet endémique local et de la farine obtenue sur le plan physico-chimique, technologique et microbiologique.
- Élaborer un levain naturel à partir de cette farine, et ce pour dénombrer la flore dominante lactique et fongique contenue.
- Préparation d'un pain à base de ce levain.
- Evaluer la qualité organoleptique de ce produit (pain).

### Lieux du stage :

Les analyses physico-chimiques et microbiologiques ont été réalisées au **niveau** des laboratoires suivants :

- Analyses physico-chimiques de blé tendre (MAWNA) et de levain :  
Laboratoire de Contrôle de qualité, Beni Merad, Blida.
- Analyses physico-chimiques de la farine obtenue :  
Laboratoire de contrôle de qualité et de conformité, Zabana, Blida.
- Analyses microbiologiques de la farine et du levain.  
Laboratoire D'hygiène de la Wilaya, Ferroudja, Blida.

### Matériel végétal :

Les échantillons de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) variété MAWNA ont été fournis par OAIC- CCLS (coopérative des céréales et légumes secs) de Blida.



**Figure n°8** : matière première de blé tendre  
(Photo originale)

## **Préparation des échantillons :**

Avant de procéder à la mouture, le blé a subi un nettoyage manuel à sec, et ce pour éliminer les impuretés et les déchets physiques, après broyage la farine a été conservée à 4°C dans des récipients en verre.

## **Méthodes appliquées :**

### **I-Analyses physico-chimiques :**

#### **I.1. Analyse physique du grain de blé tendre :**

Notre travail a porté sur l'étude du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) variété Mawna. Les grains de blé ont été fournis par la Coopérative des Céréales et Légumes Secs (CCLS) de l'affroun.

##### **I.1.1. Recherche des impuretés :**

Les impuretés sont l'ensemble des éléments considérés conventionnellement comme indésirables dans l'échantillon. Elles sont constituées des :

- Débits végétaux secs : pailles ; épis.
- Éléments minéraux : terre, pierres, éléments métalliques ; d'éléments d'origine organique et non organique.
- Insectes morts ou débris d'animaux.
- Insectes et débris d'insectes : acariens, poids de rongeurs, déjections.

##### **But :**

La recherche des impuretés est l'opération qui a pour but de séparer, classer et de peser les différentes impuretés contenues dans un échantillon (**Feuillet, 2000**). Les impuretés ont été quantifiées selon le protocole décrit par la méthode (**Norme NF V03-706**) ; il repose sur les étapes suivantes :

- Le tamisage de l'échantillon pour extraire les grains cassés et les grains de petites dimensions.
- Le triage manuel de toutes les autres impuretés après examen visuel de l'échantillon.
- La pesée des différentes catégories d'impuretés

##### **Agréage : (nettoyage manuelle).**

Le processus d'agréage des céréales est un processus complexe et difficile à modéliser. En effet, c'est l'agréage qui détermine la nature, la quantité, la condition et la qualité de la marchandise, ainsi les prix des transactions à l'achat et à la vente des céréales et par conséquent qui régit les relations aussi bien techniques que juridiques entre les différents intervenants : producteurs, stockeurs, minotiers, agriculteurs (semences) et industriels des



céréales (boulangerie, pâtes alimentaires, nutrition animale ...).

Il existe plusieurs paramètres d'agrèage intervenant lors de l'évaluation d'un produit céréalier.



**Figure n°9** : Détermination des impuretés de blé tendre utilisé.  
(Photo originale).

**Tableau n°14** : Recherche des impuretés dans la matière première

<b>Classification des impuretés (50 g) *2.</b>	<b>Blé</b>
Grains brisés	11
Grains immatures	0
Grains carrés	0
Matière étranger inorganique (pierre .....etc.)	12
Grain coloré de germe	0

**Source** : nos résultats

✓ Nombres totaux des grains altérés : 23 grains dans 100g de blé tendre.

## **I.2. Analyses physico chimiques de la farine de blé tendre (Mawna) :**

### **I 2.1.Dosage de l'humidité : (Méthode internationale ISO-712, 1979) :**

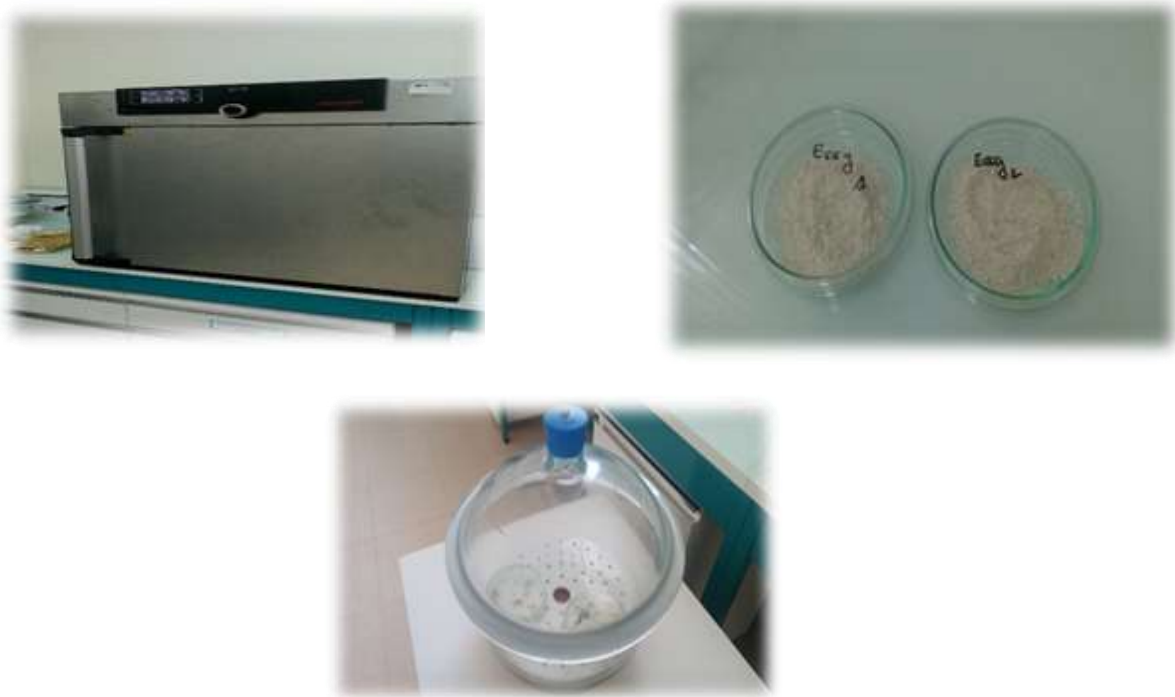
### - Principe :

La détermination de l'humidité conditionne la précision des résultats du fait qu'elle nous permet de rapporter les résultats par rapport à la matière sèche. La teneur en eau a été déterminée après séchage du produit à une température comprise entre 130 et 133°C, pendant 1h30 à pression atmosphérique normale, après broyage éventuel du produit.

### Expression des résultats :

Ce dosage a été réalisé avant toute analyse. Les résultats s'expriment en pourcentage :

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



**Figure n°10 : Détermination du taux d'humidité.  
(Photo originale)**

### I.2.2. Teneur en cendres : (Norme AFNOR NF V 03-720, 1981)

#### Cendres :

Résidu incombustible obtenu après incinération selon la méthode décrite dans la présente Norme internationale.

#### Principe :

Le principe repose sur l'incinération du produit dans une atmosphère oxydante à une température de 900°C (céréales et produits de mouture) jusqu'à combustion complète de la matière organique durant 1h15min à 2 heures. La teneur en cendres est déterminée par la pesée du résidu.

### Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés à 0,01% près et rapportés à la matière sèche.

Teneur en cendre % =  $m_1 * 100 / M_0 * 100 / 100 - H$  (%).

Où :

M0 : masse de la prise d'essai (en gramme)

M1 : masse du résidu (en gramme)

H : teneur en eau de l'échantillon (en pour-cent)



**Figure n°11** : Détermination du taux de cendre.  
(Photo originale).

### **I.2.3. Dosage de l'acidité grasse : (Norme AFNOR NF ISO 7305.11.1998)**

#### **Principe :**

Pour déterminer l'acidité grasse, 5g de blé broyé ont été ajoutés à 30 ml d'éthanol à 95%, le mélange est centrifugé pendant 5 min à 6000 trs/min. Après centrifugation, 20 ml de surnageant ont été titrés en présence de 5 gouttes de phénol phtaléine avec une solution de l'hydroxyde de sodium (NaOH) à 0.05 N jusqu'au virage de la couleur au rose. En parallèle, un essai à blanc a été réalisé dans les mêmes conditions (JORAN, 2013). L'acidité grasse a été déterminée selon la formule suivante :

$$AG = 7.35 \times (V1 - V0) / m \times 100 / 100 - H$$

Où :

V1 : volume de NaOH pour la titration de l'échantillon

V0 : volume de Na OH pour la titration de blanc

M : la masse en g de la prise d'essai

H : teneur en eau

- L'acidité grasse,  $A_{NA}$ , exprimée en milligrammes d'hydroxyde de sodium par 100 g de matière sèche, est obtenue à l'aide de l'équation suivante :

$$A_{NA} = 6000(V1 - V0) c/m * 100/100 * H.$$

Où :

C : est la concentration exacte, exprimée en moles par litre, de la solution titrée d'hydroxyde de sodium utilisée

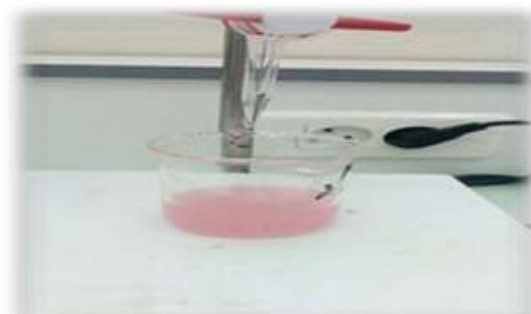
m : est la masse, en grammes, de la prise d'essai (10.1)

V1 : est le volume, en millilitres, de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour la détermination (10.2)

V0 : est le volume, en millilitres, de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour l'essai à blanc (10.3)

H : est la teneur en eau, en pourcentage en masse, de l'échantillon pour essai

6000 : est la constante applicable pour l'hydroxyde de sodium, soit  $(40 \times 1,5 \times 100)$ .



**Figure n°12 : Dosage de l'acidité grasse.  
(Photo originale).**

#### **I.2.4. Détermination de gluten sec et gluten humide (NA 736.1991, ISO 5545) :**

##### **Principe :**

Préparation d'une pâte au moyen d'un échantillon de farine et d'une solution de chlorure de sodium, isolement du gluten humide par lavage de cette pâte avec la solution de chlorure de sodium, puis essorage et pesée du produit obtenu.

##### **Réactifs :**

- Eau distillée
- Chlorure de sodium (NaCl)

##### **Mode opératoire :**

- Peser 10g de farine à 0,01.
- Verser 5,5 ml de solution de chlorure de sodium en agitant la farine avec la spatule, former une boule avec la pâte.

##### **Extraction :**

- Le lavage doit se faire au -dessus d'un tamis recouvert de gaze destiné à retenir les fragments.
- Malaxer le pàton en le plaçant dans la paume de la main tout en versant dessus goutte à goutte la solution de chlorure de sodium, poursuivre cette opération jusqu'à ce que l'eau du lavage ne soit plus trouble

##### **Expression des résultats :**

Formule de calcul du taux de gluten dans la farine de blé tendre, exprimé en % est la suivante :

$$GH (\%) = m1/m0 * 100$$

$$GS (\%) = m2/m0 * 100$$

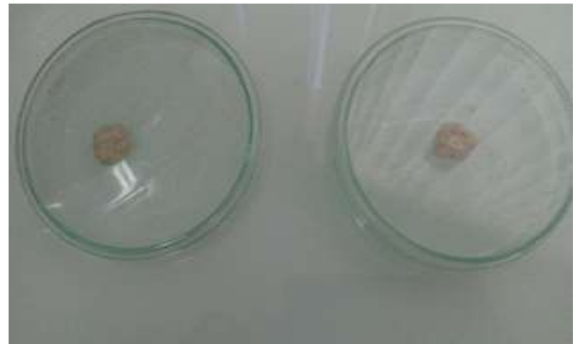
Où :

m1 : masse de la Boule de pâte avant étuvage.

m2 : masse de la Boule de pâte après étuvage

m0 : prise d'essai

- De point de vue quantitatif, pour la farine du blé tendre le gluten sec est de l'ordre de 8 à 12 %.



**Figure n°13 : Dosage du gluten humide et sec.  
(Photo originale).**

### **I.2.5. Détermination de la teneur en protéine : selon la méthode (Kjeldahl, 1883).**

#### **Principe :**

Pour déterminer la quantité des protéines contenues dans un échantillon, on procède à un dosage de l'azote total par la méthode de Kjeldahl qui faite par trois étapes :

1. Minéralisation (la digestion)
2. Distillation
3. Titrage
4. Les calculs

#### **Réactifs :**

Sulfate de potassium

Sulfate de cuivre II penta hydrate

Acide sulfurique

Solution de NAOH 40% m/v

Solution de NAOH : 0.1mol/l

Solution de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : 0.1 mol/

#### **Mode opératoire :**

##### **❖ Minéralisation :**

-En premier peser la matière première 1g de la farine de blé tendre. Puis, Ajoutez 15 g de catalyseur du sulfate de potassium+ 1 g cuivre + 25 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> chauffer, après l'apparition de couleur verte compter 2 heures et ajouté 50 ml d'eau.

##### **❖ Distillation :**

Ajouter 100ml de NAOH 40% puis distillé complètement

##### **❖ Titrage :**

Plonger l'extrémité du réfrigérant dans 25 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+rouge de méthyl.

Titré avec le NAOH : 0.1N.

Pour donner des complexes colorés (rose - jaune).

#### **Expression des résultats :**

L'azote total est calculé suivant la formule représentée ci- dessous :

#### **Formule :**

$$P=(v_0-v) *c*0.014*100*6.25/m$$

Où :

V<sub>0</sub>: volume de l'essai à blanc

V : volume titré

C : concentration du NAOH ; 0.1 N

m : prise d'essai



**Figure n°14:** Dosage des protéines.  
(Photo originale).

#### **I.2.6. Teneur en matière grasse selon la méthode d'extraction au soxhler (NF V 03-713) :**

##### **Objet :**

La présente norme expérimentale décrit une méthode de la détermination de la teneur en matière grasse totale dans les céréales et produits céréaliers destinés à l'alimentation humaine, y compris les produits de cuisson et les pâtes alimentaires par soxhlet.

##### **Réactifs :**

Ether de pétrole, température d'ébullition entre 60° C et 80 °C

##### **Principe :**

L'utilisation du soxhlet pour l'extraction par l'hexane des matières grasses, ensuite l'élimination du solvant et la pesée du résidu ainsi obtenu.

##### **Mode opératoire :**

###### **❖ Extraction :**

2g d'échantillon dans un volume d'éther de pétrole, puis laisser pendant quelques heures dans l'appareil soxhlet

Sécher un ballon rodé à 103°C pendant 1heure et le peser.

❖ **Distillation :** distiller l'éther de pétrole à l'aide d'un rota vapeur.

❖ **Etuvage :** étuver le ballon avec son résidu pendant 1 heure, puis peser





**Figure n°15 : Dosage de la matière grasse.  
(Photo originale).**

### **Expression des résultats :**

La formule du calcul de la teneur en matière grasse (Mg par %) :

$$Mg = (m - m_0) / P_E * 100$$

Où :

m : masse du ballon avec résidu

m<sub>0</sub> : masse du ballon vide

P<sub>E</sub> : masse de la prise d'essai

### **I.2.7. Teneur en cellulose brute (fibre alimentaires) selon la méthode de Weend :**

#### **Réactifs :**

-Solution de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : 0.13mol/l

-diluer 0.72ml de h<sub>2</sub>so<sub>4</sub> dans 100ml d'eau distillée

Solution de NAOH : 0.23mol/l

-diluer 0.92 g de NAOH dans 100ml d'eau distillée

#### **Mode opératoire :**

Peser le creuse vide, noter la masse.

##### **❖ Digestion acide :**

Bouillir le filtré 150ml NAOH : 0.23 mol/l pendant 30 minutes puis filtrer et laver avec de l'eau chaude 3 fois.

##### **❖ Etuvage :**

Étuver le résidu filtré de la digestion pendant 1 heure à 130°C, puis peser.

❖ **Incinération :**

Mettre dans le four à 550°C pendant 1 heure, puis peser.

**Expression des résultats :**

Formule de calcul teneur en cellulose C exprimé en % :

$$C = (b-c) / m * 100$$

Où :

m : masse d'essai en g.

b : prise de masse à la calcination (poids sorti étuve - poids sorti de four).

c : perte de masse d'essai.

**I.2.7. Teneur en sucre selon la méthode de Bertrand :**

**Réactifs :**

- Carrez I
- Carrez II
- HCL pur
- Solution tartrique
- Solution cuivrique
- Solution ferrique
- Permanganate de potassium 0.1N

**Mode opératoire :**

- Peser 10 g d'échantillon +200ml d'eau distillée+5 ml carrez I +5 ml carrez II, laisser reposer 15 minutes puis filtrer
- Prendre 50 ml du filtrat +2 gouttes de HCL pur, puis mettez au bain marie pendant 30min à 95 °C, Compléter à 100ml.
- Prendre 10ml + 20 ml solution tartrique +20 ml solution cuivrique faite bouillir 3 minutes, puis refroidir avec l'eau de robinet et incliner les erlens.
- Ajouter un peu de la solution ferrique et titré avec permanganate de potassium 0.1N,
- Pour donner des complexes colorés (vert - rose).

**Expression des résultats :**

Formule de calcul de la teneur en sucre en % :

$$S = 5 * C * M * V$$

Où :

S : sucre exprimé en %

C : concentration  $KMnO_4$

M : masse molaire du cuivre

V : volume de chute de  $KMNO_4$



**Figure n°16** : Dosage des sucres totaux (site web).

## **II. Analyses microbiologiques :**

Les paramètres recherchés dans les analyses microbiologiques ont été choisis selon le journal officiel de la république algérienne (**JORA**) étant les coliformes thermotolérants (*E. coli*), *Bacillus*, staphylocoques, levures et moisissures (farine), et ce pour assurer la sécurité et la salubrité des produits. En plus d'autres germes ont été recherchés tels que : *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Pediococcus* et *Loconostoc* (levain).

### **II. 1. Préparation de la solution mère et de ses dilutions :**

25g de la farine a été ajouté à 225ml de TSE pour obtenir la solution mère ( $10^{-1}$ ), 1ml de cette préparation a été ajouté à 9ml de TSE pour obtenir la dilution ( $10^{-2}$ ), 1ml de chaque dilution est ajouté à 9ml de TSE pour obtenir la dilution suivante jusqu'à  $10^{-5}$ , dans le cas de levain la solution mère ( $10^{-1}$ ), a été préparée en ajoutant 10g de ce dernier dans 90ml de l'eau physiologique stérile, pour les dilutions ont été préparées par le même principe que celui de la farine.



A



B

**Figure n°17** : A. B. Solution mère de la farine et ces dilutions.  
(Photo originale).

## **II.2. Analyses microbiennes du la farine complète Mawna :**

### **II.2.1. Recherche des coliformes fécaux (N FV08-017 ; Norme Jour /Alg /1991).**

#### **Principe :**

Les coliformes sont des bacilles à GRAM négatif, aérobie ou anaérobie facultatif, non sporulés, capable de se multiplier en présence de sel biliaire et capable de fermenter le lactose, avec production d'acide et de gaz en 48 heures et à 35 à 37°C. Les coliformes fécaux ont les mêmes caractères des coliformes totaux mais ils sont capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz à 44°C.

Leur recherche est effectuée sur des milieux riches en lactose avec les sels biliaires comme un agent sélectif.

#### **Mode opératoire :**

Cette opération doit être effectuée une fois pour une dilution :

- La première série de boîte sera réservée à la recherche des coliformes fécaux (*Escherichia Coli*). Compléter ensuite chaque boîte avec environ 20 ml de la gélose VRBL, fondu puis refroidie à  $45 \pm 1^\circ\text{C}$ . Faire en suite des mouvements circulaire de va et vient en forme de « 8 », bien mélanger la gélose à l'inoculum, laisser solidifier sur paillasse.

#### **Incubation :**

La deuxième série de boîte sera incubé à 44°C pendant 24 à 48 heures (recherche des *Escherichia Coli*).

### **II.2.2. Recherche et dénombrement des levures et moisissures (Norme XPV08-059).**

#### **Principe :**

Les moisissures sont des hétérotrophes, aérobies, acidophiles (pH de développement compris entre 3 et 7) et mésophiles (Température de croissance de 20 à 30°C).

Les levures sont typiquement unicellulaires de forme ronde ou ovoïde et se multiplient par bourgeonnement. Le dénombrement est effectué en milieux sélectif doté de propriétés antibactériennes (milieu OGA).

#### **Mode opératoire :**

A partir des dilutions décimales,  $10^{-3}$  à  $10^{-1}$ , porter aseptiquement 4 gouttes dans une boîte de pétri contenant de la gélose OGA ; étaler les gouttes à l'aide d'un râteau stérile ; puis incubé à 22°C pendant 5 jours.

### **II.2.3. Recherche et dénombrement des staphylococcus aureus (NF ISO 06888).**

#### **Principe :**

La forte concentration en chlorure de sodium inhibe la croissance de la plupart des bactéries autre que les staphylocoques.

### **Mode opératoire :**

- A partir des dilutions décimales de  $10^{-2}$  à  $10^{-1}$  porter aseptiquement 4 gouttes dans une boîte de pétri contenant le bouillon 9 ml de Giolitti contoni.
- Etaler les gouttes à l'aide d'un râteau stérile, puis incuber à  $37^{\circ}\text{C}$  pendant 24 à 48 heures.
- Staphylococcus aureus se présente alors sous forme de colonies de taille moyenne ; lisse ; brillante ; en jaune et pourvues d'une catalase et d'une coagulase.

### **II.2.4. Recherche et dénombrement des clostridium sulfito-réducteur (NFV08-061 ; Jour/Alg/1998).**

#### **Principe :**

Les clostridium sulfito- réducteurs sont des bacilles à GRAM positif, anaérobies strictes, mobiles par ciliature péritriche mais parfois immobiles et capsulés ; possèdent des spores résistantes ou moins 10 min à  $80^{\circ}\text{C}$ , ils sont capables de réduire les sulfites en sulfure par la sulfito-réductase présente dans le milieu de culture viande foie (VF). Ceci se combine avec un sel de fer pour donner du sulfure de fer avec dégagement de  $\text{H}_2$ , les colonies noires entourées d'un halo sont les caractéristiques des clostridium sulfito- réducteurs.

#### **Mode opératoire :**

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

1. D'abord à un chauffage à  $80^{\circ}\text{C}$  pendant 8 à 10 minutes.
2. Puis à un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet, dans le but d'éliminer les formes végétatives et de garder uniquement les formes sporulées.

A partir de ces dilutions ; porter aseptiquement 1ml de chaque dilution en double dans deux tubes à vis stérile de 16 mm de diamètre ; puis ajouter 15ml de gélose viande foie prête à l'emploi ; dans chaque tube laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes.

Ces tubes seront ainsi incubés à  $37^{\circ}\text{C}$  pendant 16 à 24 heures ou au plus tard 48 heures.

La première lecture doit se faire impérativement à 16 heures car :

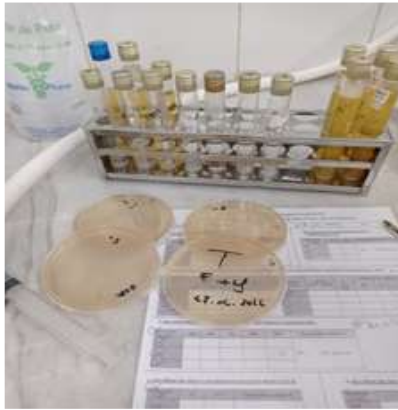
- D'une part les colonies de clostridium sulfito-réducteurs sont envahissantes. Si on trouve que notre tube est complètement noir ce qui rend l'interprétation difficile voire impossible ; alors l'analyse est à refaire.

- D'autre part ; il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussé en masse et d'un diamètre supérieur à 0,5 mm

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

### **II.2.5. Recherche de Bacillus cereus :**

Ce sont des bactéries à paroi gram positif, aérobies ou anaérobies facultatives, mobiles, sporulantes, souvent incriminées dans les TIAC. L'isolement de ces bactéries se fait par un ensemencement dans la masse d'une gélose à l'amidon, fondé sur des caractéristiques biochimiques telles que l'incapacité à dégrader le mannitol, sa résistance à la synthèse d'une lécithinase. Après une incubation de 72h à  $37^{\circ}\text{C}$ , les colonies de B. cereus apparaissent roses entourées d'un halo opaque de la même couleur, témoignant de la dégradation des lécithines du jaune d'œuf du milieu (**Ramarao, 2012**).



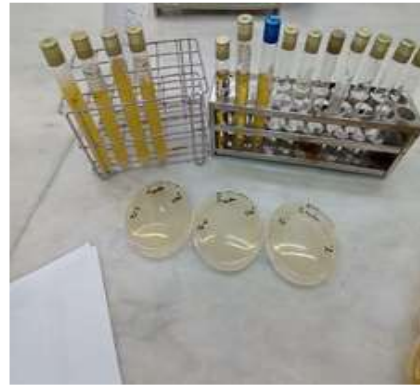
A : recherche des levures.



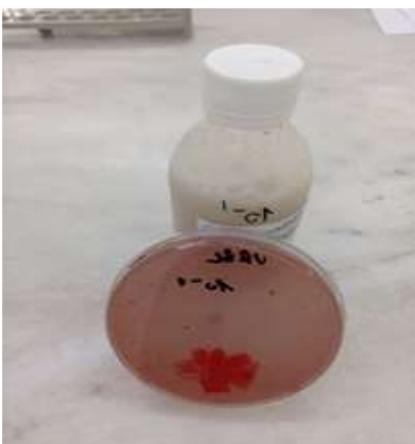
B : recherche de clostridium sulfitor.  
R.



C : recherche de CSR.



D : recherche de Bacillus.



E : recherche de coliformes fécaux.



F : incubation du milieu.

**Figure n°18 : A.B.C.D.E.F. Analyses microbiologiques de la farine.  
(Photo originale).**

**Tableau n°15** : Contrôle de qualité microbiologique de la farine complète de blé tendre (Mawna).

Flores microbiennes	Milieu de culture Utilisé	Limites Microbiologiques (ufc/g)	Incubation/ Lecteur
Coliformes thermo Tolérants	VRBL	$10^{-1}$	44C° /24h
Levures et moisissures	OGA	$10^{-3}$	25C° /72h
Bacillus cereus	gélose à L'amidon	$10^{-3}$	30C° /24h
Clostridium sulfite réducteur	gélose VF	$10^{-2}$	37C°/ 24h/48h
Staphylococcus aureus	Bouillon Giolitti Cantoni	$10^{-2}$	37C°/ 24h

Source : Nos résultats

### II.3. Préparation du levain :

Notre levain a été préparé par une technique traditionnelle durant 7 jours en mélangeant les ingrédients suivants : farine obtenue (MAWNA), l'eau et les dattes (voir ci-dessous). La température et le PH ont été mesurés quotidiennement.

#### II.3.1. Matériel nécessaire :

- ✓ Balance de cuisine
- ✓ Farine complète de blé tendre MAWNA
- ✓ Jarre en argile
- ✓ Bocal en verre
- ✓ L'eau minérale tiède 24C°
- ✓ Source glucidique (datte molle)
- ✓ Cuillère en bois



**Figure n°19** :: Matériel de préparation de levain (photo originale)



### **II.3.2. Étapes de préparation du levain naturel :**

#### **Jour 1 :**

- ✓ Poser 100g de farine variété Mawna.
- ✓ Ajouter 100ml d'eau.
- ✓ Additionner une Datte molle dénoyautée (source glucidique).
- ✓ Mélanger et pétrir le tout dans une jarre en argile.
- ✓ Mettre la préparation obtenue (levain) dans un bocal en verre.
- ✓ Mesuré immédiatement le pH et la température T°.
- ✓ À l'aide d'un marqueur, tracer la hauteur de ce mélange pour permettre de surveiller la fermentation du levain.
- ✓ Refermer le bocal et laisser reposer 24h dans un endroit ambiant à 24°C.



**Balance de cuisine.**



**Source glucidique (datte molle).**



**L'eau minérale tiède 24 °C.**



**Mélanger de la farine et de l'eau.**



**Mettre le mélange dans un bocal.**



**Surveiller la fermentation.**

**Figure n°20 : 1<sup>er</sup> jour de la préparation du levain naturel.  
(Photo originale).**



## Jour 2 :

- ✓ Mesurer le pH et la température de levain de 24h.
- ✓ Dans une jarre en argile, mélanger à l'aide d'une cuillère 50g de la farine, 50ml d'eau et ½ quantité de levain préparé précédemment (âgé 24h).
- ✓ Rajouter cette préparation au levain restant dans le bocal en verre et refermer puis laisser dans un endroit ambiant pendant 24h.

Cette étape s'appelle « rafraîchissement » : ce pour permettre la prolifération de la flore responsable de la fermentation.

## Jour 3 et plus

- ✓ Le rafraîchissement est répété jusqu'à le 7ème jour en surveillant la croissance quotidiennement avec un traçage et dénombrement sur un milieu solide.
- ✓ Le rafraîchissement sera arrêté une fois la croissance est stagnée avec une diminution progressive de PH.

En plus 3 levains ont été élaborés à base de la farine blanche, semoule et blé tendre complet par le même principe de notre préparation, et ce pour but de les comparer avec le nôtre.



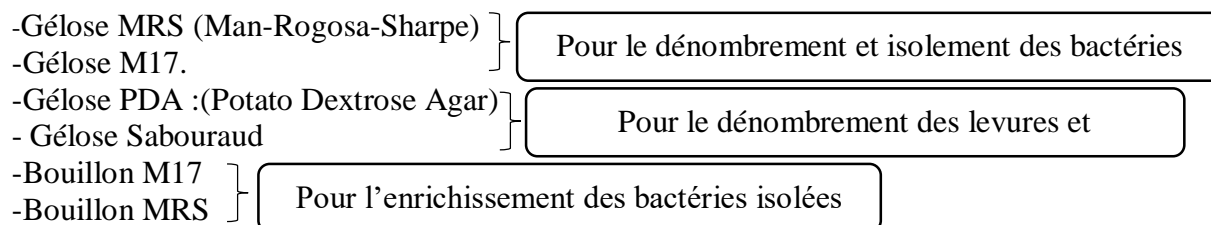
**Figure n °21** : Les trois levains à base de farine blanche, farine complète, semoule.  
(Photo originale).



**Figure n°22**: levain prêt à l'emploi à base de la farine complète Mawna.  
(Photo originale).

## **II.4. Analyses microbiologiques et physicochimique du levain naturel :**

### **II.4.1. Milieux de culture :**



### **II.4.2. Mesure l'évolution du pH et la température des échantillons du levain :**

Le paramètre de pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre, ceci consiste à émerger l'électrode dans notre préparation (levain) puis on note la valeur (**Doukani et al., 2013**).



**Figure n°23 : Mesure de pH et T° (Photo originale).**

### **II.4.3. Analyses microbiologiques du levain :**

Ces analyses consistent à dénombrer et isoler la flore lactique et fongique contenant dans notre levain. Pour ce faire des solutions et des dilutions à partir de levain âgé 1<sup>ère</sup> jour (RJ1), 4<sup>ème</sup> jour (RJ2) et 6<sup>ème</sup> jour (RJ3), ont été préparées (jusqu'à 10<sup>-8</sup>) pour but de diminuer la charge des micro-organismes afin de pouvoir les isoler.

#### **II.4.3.1. Dénombrement, isolement, purification, pré identification et conservation des bactéries lactiques :**

Le dénombrement et l'isolement ont été réalisés en utilisant les milieux de culture MRS et M17, et ce afin de pouvoir mettre en évidence la flore dominante et connue telles que : lactobacille, lactocoque, streptocoque, pediocoque et leuconostoque.

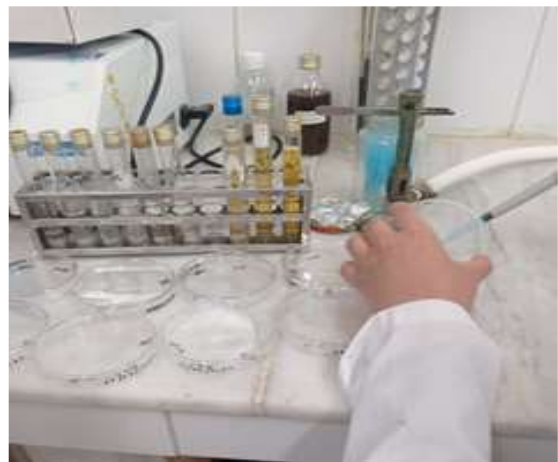
Après préparation des dilutions, l'ensemencement a été fait en masse et l'incubation à 37°C pour les boîtes de MRS (bactéries mésophiles) et à 42°C pour celles de M17 (bactéries thermophiles).

Pour le dénombrement seulement les boîtes contenant des colonies blanchâtres et/ou jaunâtres et un nombre compris entre 30 et 300 ont été prises.

La purification a été réalisée en prenant une colonie bien isolée et distincte et la mettre dans son bouillon approprié (MRS ou M17), après incubation (bouillon troublé) (**Guiraud, 1998**), à l'aide d'une anse de platine une goutte a été ensemencée en surface et incubée à la température adéquate ; la purification est confirmée macro (diamètre, couleur, forme) et microscopiquement après coloration de GRAM (gram, forme et mode d'arrangement) (**Larpent, 1977**), cette étape nous permet d'étudier ainsi les caractères morphologiques. Afin de pouvoir faire une pré-identification en supposant le genre existant 2 tests ont été réalisés tels que : le test de catalase et d'oxydase.



A : solution mère et les dilutions.



B : 1ml sur chaque boîte pétrie.



C : Solidification des milieux.



D : Après l'incubation des 3 milieux (RJ1, RJ2, RJ3).

**Figure n°24 : Pratique d'analyse de flore lactique  
(Photo-originale ABCD)**



A : Isolement des germes lactiques.



B : mettre des colonies dans le bouillon (MRS, M17).



C : L'ensemencement sur la gélose MRS, M17.



D : Solidification du milieu MRS, M17.



E : incubation de milieu.



F : Taste catalase

**Figures n° 25 : Isolement et purification, teste catalase et oxydase des BL (Photos-originales ABCDEF).**





A

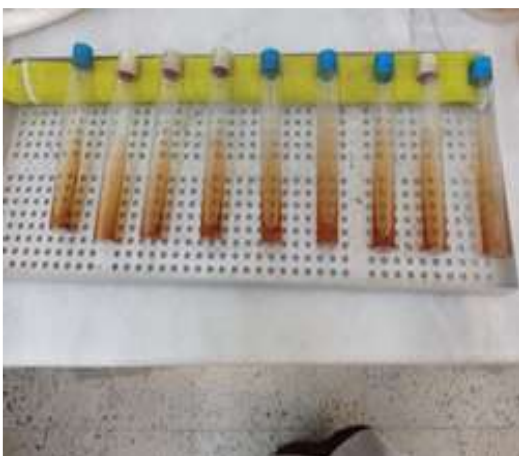
B

C

**Figures n°26 : A, B, C, méthode d'analyse de teste oxydase.  
(Photo-originale).**

## II.5. Conservation des souches du BL :

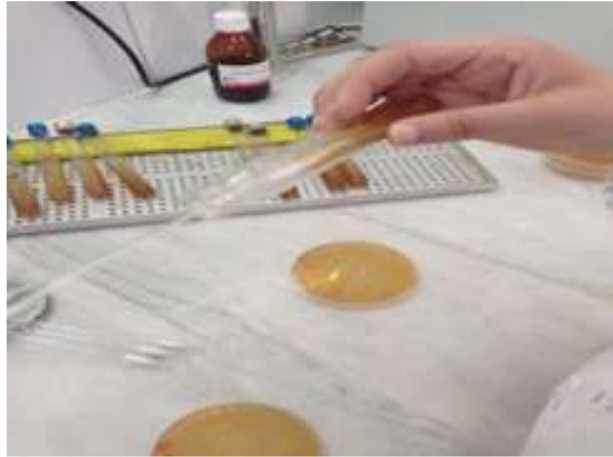
La conservation a été faite en court terme, les souches pures ont été ensemencées dans la gélose appropriée inclinée. Après incubation, les cultures ont été maintenues à 4°C et le renouvellement des souches se fait par repiquage toutes les quatre semaines (**Badis et al., 2005**).



**R** : Milieu de gélose inclinée.



**T** : prélèvement des souches pures.

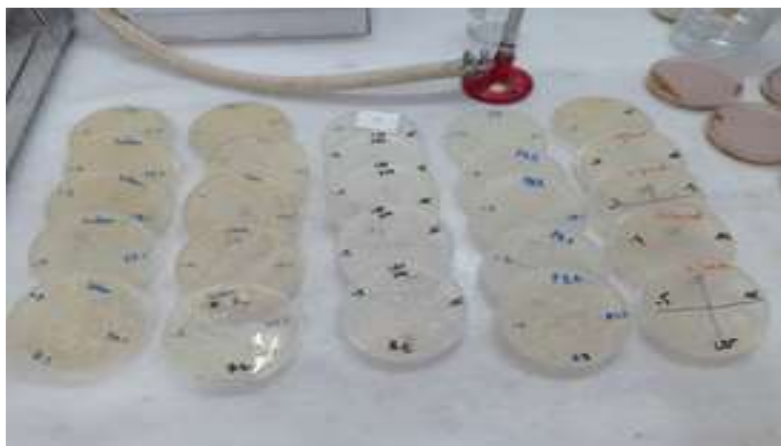


**Y** : l'ensemencement incliné à la surface.

**Figures n°27** : R, T, Y, Teste oxydase  
(Photos originales)

## **II.6. Dénombrement, isolement, purification, pré-identification et conservation des levures :**

Le même protocole que celui des bactéries lactiques sauf que les milieux utilisés sont (PDA et SABOURAUD),  $10^{-5}$  jusqu'à  $10^{-1}$  et l'ensemencement a été fait en surface en mettant 0,2 ml de chaque dilution citée ci-avant.



**Figure n°28** : la croissance de levure sur la gélose après l'incubation  
(Photo originale)

## **III. Essai de panification traditionnelle :**

Pendant notre stage nous avons préparés un pain traditionnel à base du levain naturel, qu'on préparer au laboratoire d'hygiène dans des conditions stériles, le levain élaboré à base de blé

tendre complet a été utilisé pour la préparer du pain.

On a mélangé les ingrédients : farine, levain naturel, sel, eau tiède, l'huile d'olive pour obtenir une pâte panifiable, qu'on laisse reposer avant de la cuire.

Cette préparation passe par des étapes qui sont les suivantes :

**Le pétrissage, Pointage, Division de la pâte en pâtons, Boulage, Détente, Façonnage, Cuisson, Ressuage**



**Figure n°29: étapes de pétrissage**  
**Photo originale.**



**Figure n°30 : mélange des ingrédients**  
**Photo originale**



**Figure n°31 : façonnage de la pate**  
**Photos originales**



**Figure n°32 : boulage de la pate**  
**Photo originale**





**Figure n°33 : détente de la pate**  
**Photo originale**



**Figure n°34 : 1<sup>er</sup> essai de panification à base semoule et du levain naturel.**  
**Photo originale**



**Figure n°35 : 2eme essai de panification à base de blé tendre et du levain naturel.**  
**Photo originale.**



## **Chapitre 5**

### **Résultats et discussion**

## 1. Résultats Pour les grains de blé tendre :

## 2. Résultats et discussion des analyses physiques du blé tendre :

### 2.1. Recherché des impuretés :

Notre échantillon de blé tendre a été nettoyé manuellement (agréage), les grains de blé endommagé sont de l'ordre de 23 grains dans 100 g de blé tendre (variété Mawna). Donc la farine de blé tendre Mawna possède des bienfaits sur le plan qualité du pain et le plan rendement élevé.

## 3. Résultats et interprétations des analyses physico-chimiques de la farine blé tendre,

Tableau n°16 : résultats des analyses physicochimiques de la farine de blé tendre.

Paramètres	Humidité	Taux de cendre	Acidité grasse	Taux de gluten sec	Taux de gluten humide
Résultats obtenus	11.14%	1.149%	0.0401%	12%	33.04%
Normes	≤15.5%	> à 1.8 %	0,041%	18%	27-37%

Source : **Nos résultats.**

### 3.1. Humidité :

Le mesurage de la teneur en eau des céréales et produits dérivés est une opération capitale qui présente un quadruple intérêt : technologique, analytique, commercial et réglementaire. Les interactions qui existent au niveau moléculaire entre l'eau et les constituants des produits alimentaires.

Des études récentes ont montré qu'une activité en eau de 65% à 20°C correspondait à une teneur en humidité maximale du grain de 11,8% pour l'avoine, de 13,7% pour le maïs grains, de 14% pour le blé, le triticale et l'épeautre, de 14,3% pour l'orge et le seigle. La teneur en humidité permettant de ne pas dépasser une activité en eau de 65% dépend du type de céréale, car la composition des grains et ainsi les proportions entre composantes hydrophiles et hydrophobes, varient d'une espèce à l'autre. Pour le maïs, la plus grande taille des grains joue aussi un rôle.

D'après le résultat mentionné on constate que le taux d'humidité du blé tendre est de (11.14%), il est conforme aux normes ( $H < 15.5\%$ ) homologué pour que le blé peut être stocké sans aucun dommage.

En effet, la différence d'humidité d'un échantillon à un autre peut être attribuée aux conditions climatiques, à la région de culture, et aux conditions de stockage. La teneur en eau est un critère essentiel de sa conservation (**Ladraa, 2012**).

### **3.2. Taux de cendre :**

Le taux de cendre d'une farine constitue l'une des caractéristiques de la pureté de celle-ci et peut aider à déterminer le taux d'extraction d'une farine. Plus le taux d'extraction est faible, plus la teneur en cendres est faible et réciproquement. Le taux de cendres varie dans le grain, selon la variété de blé, la région de culture, les méthodes culturales, l'origine géographique et l'année de récolte. La teneur en Cendres enregistrée est 1.149 %, donc cette valeur est conforme aux normes (entre %)

### **3.3. L'acidité grasse :**

L'acidité d'une farine est l'acidité des substances extractibles par l'alcool à 95°. Elle est due en grande partie à l'acidité des acides gras formés par hydrolyse ou par oxydation des lipides.

L'acidité varie avec :

- L'âge.
- l'état de conservation.
- et le taux d'extraction de la farine.

L'acidité grasse de notre échantillon est de 0.401%, selon les normes cette valeur trouvée est satisfaisante.

Les farines dont le taux d'extraction est supérieur à 70 %, le taux d'acidité est 0.040 g %.

L'acidité de la farine peut être augmentée par les agents de blanchiment qui provoquent l'oxydation des lipides.

### **3.4. Teneur en gluten :**

Concernant la teneur en gluten (réseau protéique insoluble), nous constatons, à l'inverse, que le pourcentage du gluten humide est de plus en plus élevé en fonction du raffinage des farines. Une teneur en gluten importante assure la formation d'une structure capable de retenir le gaz produit par la levure au cours de la fermentation, et favorise ainsi le gonflement et l'élasticité de la pâte.

D'après les résultats obtenus, le taux de gluten est 12%, il est donc acceptable par rapport à la norme exigée (entre 8 et 12 %).

Les farines qui présentent du gluten humide supérieur à 26% sont orientées vers la panification, selon (**Ugrinovits et al., 2004**) la force de la farine est décrite selon son gluten humide, les farines usuelles ont des teneurs de l'ordre de 27 à 37% celles de très fort blé peuvent atteindre 45%. Nos farines ont un taux de gluten qui varie entre 27 et 32 se sont des farines destinées à la panification

#### 4. Résultats et interprétations des analyses chimique du la farine :

Tableau n° 17 : Teneur en protéine, lipide, sucre, fibre de la farine complète.

<i>Quantité des nutriments (g/100g)</i>	<b>1<sup>er</sup> essai</b>	<b>2<sup>ème</sup> essai</b>	<b>3<sup>ème</sup> essai</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Normes</b>	<b>Références</b>
<i>Fibre alimentaire</i>	1,99	2.02	2.08	2.03	1à2	Méthode de weend (Servie ,1994).
<i>Sucre totaux</i>	1.30	1.20	1.10	1.20	1à2	Méthode de Bertrand (Servie,1994).
<i>Protéines</i>	13.70	13.72	13.74	13.72	8à12	Méthode de Kjeldahl (Servie ,1994).
<i>Matière grasse</i>	1.98	1.90	1.91	1.93	1.20à1.40	Extraction soxhlet (BORNET,1992).

Source : Nos résultats.

##### 4.1. Teneur en protéines :

C'est le point de fragilité de la filière céréalière. Pour un blé meunier, le taux de référence se situe de 11,5 %. Si les teneurs en protéines des récoltes varient d'une année sur l'autre, la tendance globale est à la diminution. Ce constat pénalise l'accès au marché, notamment international. Plusieurs facteurs ont un impact sur cette qualité : la pluviométrie et l'ensoleillement, la variété, l'assimilation d'oligo-éléments en fin de croissance, et la fertilisation azotée.

##### 4.2. Teneur en matière grasse :

La détermination des lipides renseigne sur le taux d'extraction. La matière grasse joue aussi un rôle prépondérant dans l'altération des farines par rancissement.

- Une teneur élevée en matières grasses fait soupçonner une extraction à un taux supérieur à celui annoncé et une diminution de la valeur boulangère
- Une teneur faible en matières grasse indique que la farine est ancienne par l'hydrolyse avec production d'acide organique.
- La valeur des lipides de la farine de blé tendre est de 1,93, cette dernière est conforme aux normes.

#### **4.3. Teneur en sucre totaux :**

Notre farine contient 1,20% de sucre, cette teneur convient aux normes, la quantité des sucres totaux présentent dans notre farine a permet la fermentation de notre levain au pout de 24h, le volume de levain c'est doublé, ainsi, cette teneur à influencer sur la couleur du pain pendant les rafraichissements.

#### **4.4. Teneur en fibres :**

Les fibres sont des éléments indispensables pour la digestion et l'élimination des déchets du corps humain via leur rôle de nettoyage du  
Notre échantillon de blé tendre contient 2,03% de fibres, cette teneur convient aux normes (2 à 4 % par rapport à la matière sèche).

## 5. Illustration des paramètres microbiologiques :

### 5.1. Résultats microbienne du la farine complété

Tableaux n°18 : Résultats microbienne du la farine complété (Mawna).

Germes recherchés	Coliformes thermo Tolérants	Levures et moisissures	Bacillus cereus	Clostridium sulfito Réducteur	Staphylococcus aureus
Résultats	Négatif (-)	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif

Source : Nos résultats

Selon (JORA ,2017) y a une norme pour ces germes indiquant le nombre des unités formant de colonies à ne pas dépasser pour chaque gramme de produit (UFC/g), nos résultats montrent une absence totale de germes cités ci-dessus ce qui signifie la salubrité de notre produit qu'on peut le traduire par une qualité microbiologique satisfaisante.

## 6. Evolution de levain préparé (farine Mawna) pendant 7 jours :



A : levain au moment de préparation.



B : levain après 2 heures de préparation.



C : 3<sup>ème</sup> Jour de levain de rafraichissement.



D : après 4 heures de 3<sup>ème</sup> rafraichissement





E : 4<sup>ème</sup> rafraichissement



F : 5<sup>ème</sup> rafraichissement de 6<sup>ème</sup> jour



G : levain chef après 7 jours.

**Figure n°36** : A.B.C.D.E.F.G. L'évaluation de levain préparé après 7<sup>ème</sup> jour de levain (levain chef) (**photo originale**).

## 6.1. Résultats de l'évolution de levain :

**Tableau n°19** : Observation de l'évolution de levain (farine Mawna) pendant 7 jours.  
**Photo originale.**

Jours	Control du levain	Ph	T°
1 <sup>ère</sup> jour Avant rafraîchissement	Après 2h, la couleur de la pâte était marron, la texture a commencé de se changer.	6,98	28C°
2 <sup>ème</sup> jour (RJ1) premier rafraîchissement	L'odeur était légèrement différente (amélioré), apparition des premières bulles d'aires fines homogènes et La texture était complètement changée.	5,66	26C°
3 <sup>ème</sup> jour deuxième rafraîchissement	L'odeur est légèrement changé (celui de lait), La couleur est devenue moins jaune qu'était, formation d'autres bulles fines	4,88	25C°
4 <sup>ème</sup> jour (RJ2) troisième rafraîchissement	L'odeur est devenue légèrement acide, Formation des bulles un peu importantes (gonflement de la pâte) et la couleur da la pâte commence à se changer vers le jaune	4,77	24,5C°
5 <sup>ème</sup> jour (quatrième- septième rafraîchissement)	L'odeur est devenue plus en plus acide	4,54	24,6C°
6 <sup>ème</sup> jour cinquième rafraîchissement	formation da croute sur la surface (couche blanche)	4,53	25C°
7 <sup>ème</sup> jour (RJ3) seizième rafraîchissement	Levain en situation constante (comme celle de 6 <sup>ème</sup> jour)	4,52	24,1C°
8 <sup>ème</sup> jours septième rafraîchissement	<b>levain tout à point (levain chef)</b>	<b>4,51</b>	<b>24C°</b>

Source : Nos résultats.

Selon les résultats obtenus, on constate une diminution progressive de la valeur de PH de 6,98 en premier jour, jusqu'à 4,51 en huitième jour (levain mature).

Cette diminution revient à l'action de la flore lactique qui se trouve dedans, il est démontré par plusieurs chercheurs d'entre eux ceci (**De Vuyst et al., 2014**).

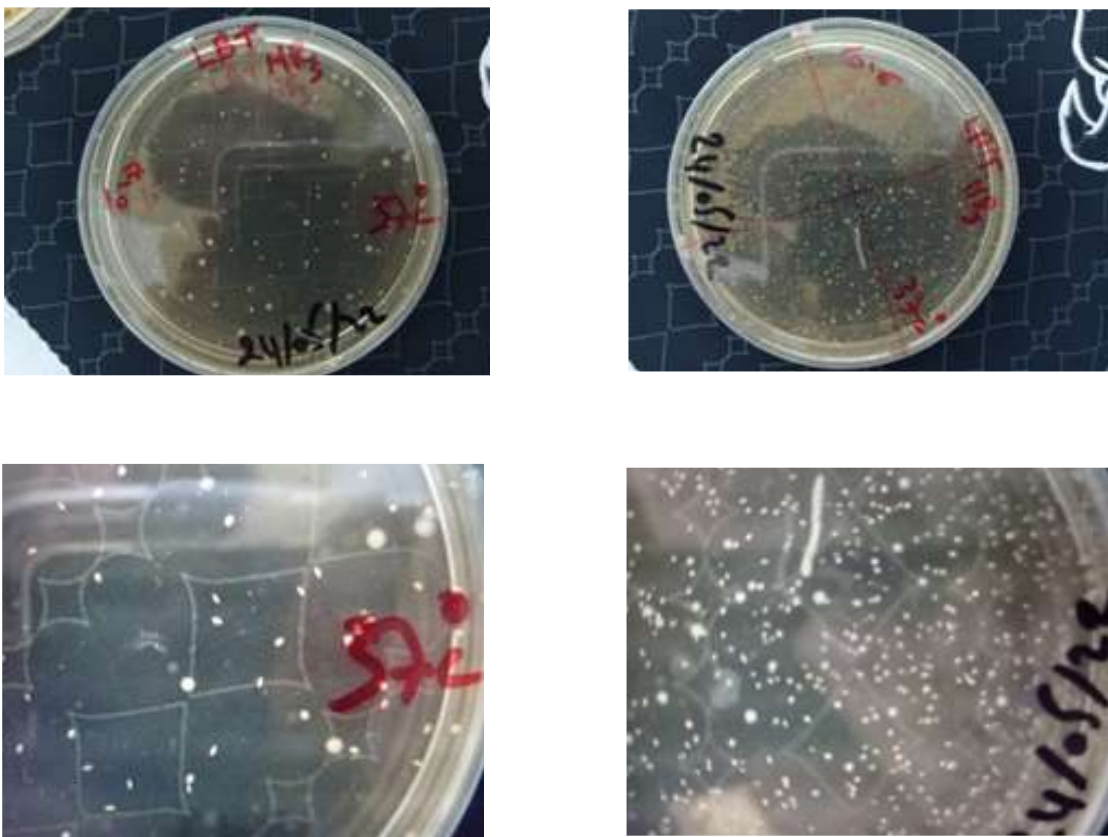
la production de l'acide lactique par les bactéries homo et hétérofermentaires qui a un action directe sur l'acidité du milieu (levain), en plus de cet effet les hétérofermentaires produisent d'autres composés en plus de l'acide lactique tels que : l'éthanol, l'acide acétique et le CO<sub>2</sub> qui ont ainsi une action sur la qualité organoleptique et surtout texture (formation de bulles d'air) (**Boureima, K, 2019**).

Le changement de la couleur de blanc cassé (forte concentration de sucre) vers le marron (formation d'autres composés) revient à la dégradation des sucre par l'action des bactéries lactiques pour produisent des composés comme cité ci-dessus et ceux qui sont responsables de la nouvelle couleur. Concernant la température, il y a une légère diminution (de 28°C en

jour 1 jusqu'à 24°C en 8<sup>ème</sup> jour), cette diminution a permis le développement de la flore fongique et qui se traduit le travail en collaboration (De Vuyst, 2016).

### 7. Observation macroscopique et dénombrement de la flore lactique et fongique :

Après incubation seulement les colonies présentant une couleur blanche et/ou jaune, forme lenticulaire et un diamètre entre 1 et 2 mm sur les milieux MRS et M17, et celles qui présentent une couleur blanche avec un diamètre un peu grand sur milieux PDA et SABOURAUD ont été retenues.



**Figures n°37 :** Colonies de la flore lactiques sur milieu MRS et M17  
**Photo originale.**



**Figure n° 38** : Colonies de la flore fongique sur milieu PDA et SABOURAUD.  
**Photo originale.**

Les boîtes qui ont été retenues pour le MRS et M17 sont celles présentant un nombre de 30 jusqu'à 300 colonies. Pour PDA et SABOURAUD sont celles qui présentent un nombre situé entre 10 et 100 colonies.

### 7.1. Les résultats du Nombre des colonies comptées sur milieu MRS, M17, PDA et SABOURAUD

Les résultats obtenus sont démontrés dans les tableaux suivant :

**Tableau n° 20** : Nombre des colonies comptées sur milieu MRS.

R/dilution	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>
RJ1	IND	IND	IND	IND	IND	796	180	12
RJ2	IND	IND	IND	406	240	32	4	2
RJ3	IND	346	142	25	Ab	Ab	Ab	Ab

**Source** : Nos résultats

**Tableau n° 21** : Nombre des colonies comptées sur milieu M17.

R/dilution	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>
RJ1	IND	104	19	5	Ab	Ab	Ab	Ab
RJ2	IND	188	11	7	3	Ab	Ab	Ab
RJ3	190	52	3	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab

**Source** : Nos résultats

**Tableau n° 22** : Nombre des colonies comptées sur milieu PDA.

R/dilution	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-5</sup>
RJ1	IND	347	120	40	7
RJ2	IND	IND	400	280	92
RJ3	IND	IND	IND	720	310

**Source** : Nos résultats

**Tableau n° 23** : Nombre des colonies comptées sur milieu SABOURAUD.

R/ dilution	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>
RJ1	IND	680	68	15	1
RJ2	IND	IND	500	180	96
RJ3	IND	738	600	510	202

**Source** : Nos résultats

## 7.2.. Calcul du nombre des bactéries lactiques et les levures : (Norme NF 08 – 051) :

Le dénombrement a été calculé selon la formule suivante : nombre UFC/g = nombre de colonies comptés sur boîte x facteur de l'inoculum x facteur de la dilution.

Calcul de la moyenne : (la somme des UFC/g de chaque dilution) / le nombre des dilutions.

**Tableaux n°24** : Le nombre en UFC/g pour chaque milieu :

Millieux/J	MRS (UFC/g)	M17 (UFC/g)	Saburaud (UFC/g)	PDA (UFC/g)
RJ1	$1,80 \times 10^9$	$1,04 \times 10^4$	$5,4 \times 10^5$	$2 \times 10^6$
RJ4	$2,8 \times 10^7$	$1,88 \times 10^4$	$4,8 \times 10^7$	$4,6 \times 10^7$
RJ7	$1,42 \times 10^5$	$3,550 \times 10^3$	IND	IND

**Source** : Nos résultats

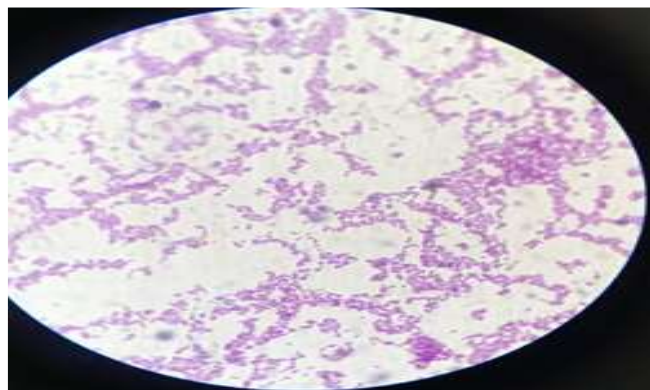
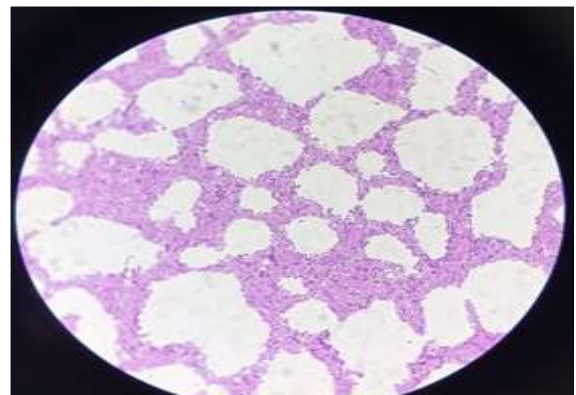
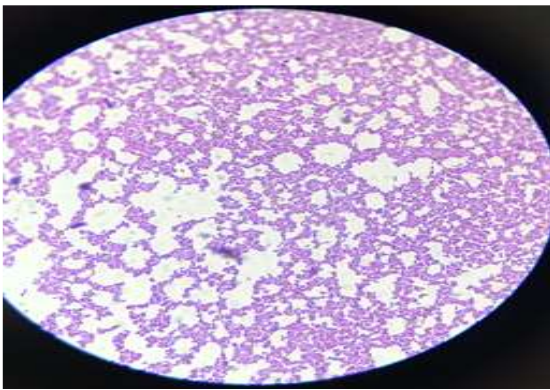
Selon les résultats mentionnés sur le tableau, on constate que le nombre des bactéries poussées sur les milieux MRS et M17 diminue après chaque rafraichissement de  $1,8 \times 10^9$  UFC/g après 24H de sa préparation jusqu'à  $1,42 \times 10^5$  UFC/g en dernier jour, et de  $1,04 \times 10^4$  UFC/g après 24H de sa préparation jusqu'à  $3,55 \times 10^3$  UFC/g en dernier jour respectivement, ce qui est contraire para port les résultats finale de (Arora, 2021)  $\log 8,5$  UFC/g ou  $3,162 \times 10^8$  UFC/g.

De en revanche le nombre des levures et moisissure augmente parallèlement sur le Milieu SABOURAUD et PDA, de  $5,4 \times 10^5$  UFC/g jusqu'à un nombre indéterminé et de  $2 \times 10^6$  UFC/g jusqu'à un nombre indéterminé respectivement. Aussi (Arora., (2021) montrée le même résultat de nombre de la levure ( $\log 6,54$ UFC/g ou  $3,46 \times 10^6$ UFC/g) mais par différent rafraichissement.

Cette action de diminution de nombre de la flore bactérienne et l'augmentation de la flore fongique peut être expliquée par l'effet des acides produits (lactique, acétique et phytique) ou la présence des mycotoxines et/ou aflatoxines (Zadeike et al., 2021), qui sont secrétés par des champignons.

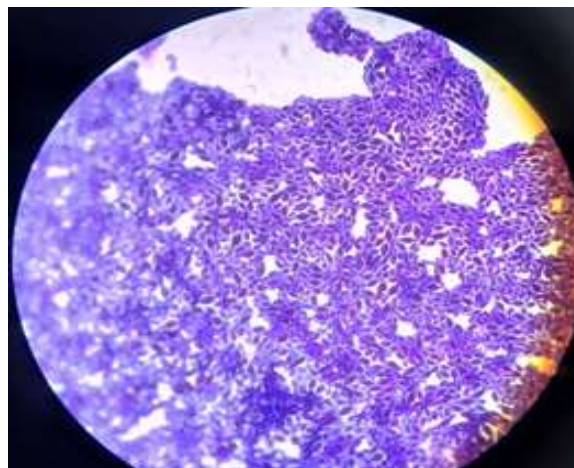
Nous pouvons supposer l'épuisement de notre levain des matières essentielles pour la croissance des bactéries lactiques, et ces dernières ont favorisé la prolifération des champignons en produisant des métabolites essentiels ou les champignons ont produit des composés inhibiteurs des bactéries lactiques, ce qui traduit par l'effet antagonisme.

#### 8. Observation microscopique de la flore lactique et fongique :



**Figures n°38 : A, B Forme coque des BL  
(Photo originale).**





**Figures n° 39** : les formes de levures  
(Photo originale)

### 9. Résultat de l'isolement et pré identification des souches lactiques :

Après isolement et purification, les souches ont été étudiées morphologiquement (macro et micromorphologie), le tableau suivant montre les résultats trouvés :

**Tableau n°25** : Isolement et pré identification des souches lactiques :

Milieu	Souche	Aspect macroscopique			Aspect microscopique			Tests	
		Taille	forme	couleur	gram	forme	Arrangement	Oxydase	catalase
MRS	Souche 1 (SR1)	1 mm	Circulaire	blanche	+	bacille	Chainette En deux Isolé	-	-
	Souche 2 (SR2)	1 mm	Circulaire	blanche	+	bacille	Chainette En deux Isolé	-	-
	Souche 3 (SR3)	1 mm	Circulaire	blanche	+	bacille	Chainette En deux Isolé	-	-
	Souche 4 (SR4)	1 mm	Circulaire	blanche	+	bacille	Chainette En deux Isolé	-	-
	Souche 5 (SR5)	1 mm	Circulaire	blanche	+	bacille	Chainette En deux Isolé	-	-
	Souche 6 (SR6)	1 mm	Circulaire	blanche	+	bacille	Chainette En deux Isolé	-	-
	Souche 7 (SR7)	1 mm	Circulaire	blanche	+	bacille	Chainette En deux	-	-

							Isolé		
	Souche 8 (SR8)	1 mm	Circulaire	blanche	+	bacille	Chainette En deux Isolé	-	-
<b>M17</b>	Souche 1 (SM1)	1 mm	Circulaire	blanche	+	cocci	Chainette En deux Isolé	-	-
	Souche 2 (SM2)	1 mm	Circulaire	blanche	+	cocci	Chainette En deux Isolé	-	-
	Souche 3 (SM3)	1 mm	Circulaire	blanche	+	Cocci	Chainette En deux Isolé	-	-
	Souche 4 (SM4)	1 mm	Circulaire	blanche	+	Cocci	Chainette En deux Isolé	-	-
	Souche 5 (SM5)	1 mm	Circulaire	blanche	+	cocci	Chainette En deux Isolé	-	-
	Souche 6 (SM6)	1 mm	Circulaire	blanche	+	cocci	Chainette En deux Isolé	-	-
	Souche 7 (SM7)	1 mm	Circulaire	blanche	+	cocci	Chainette En deux Isolé	-	-
	Souche 8 (SM8)	1 mm	Circulaire	blanche	+	cocci	Chainette En deux Isolé	-	-
<b>PDA</b>	Souche 1 (SP1)	5 mm	Circulaire bombé	blanche	/	Ovale	/	/	/
	Souche 2 (SP2)	5 mm	Circulaire bombé	blanche	/	Ovale	/	/	/
	Souche 3 (SP3)	5 mm	Circulaire bombé	blanche	/	Ovale	/	/	/
	Souche 4 (SP4)	5 mm	Circulaire bombé	blanche	/	Ovale	/	/	/
	Souche 5 (SP5)	5 mm	Circulaire bombé	blanche	/	Ovale	/	/	/
<b>SABO URAU D</b>	Souche 1 (SS1)	5 mm	Circulaire bombé	blanche	/	Ovale	/	/	/
	Souche 2 (SS2)	5 mm	Circulaire bombé	blanche	/	Ovale	/	/	/
	Souche 3 (SS3)	5 mm	Circulaire bombé	blanche	/	Ovale	/	/	/
	Souche 4 (SS4)	5 mm	Circulaire bombé	blanche	/	Ovale	/	/	/
	Souche 5 (SS5)	5 mm	Circulaire bombé	blanche	/	Ovale	/	/	/

**Source :** Nos résultats

Les résultats de l'étude morphologique des bactéries isolées sur les milieux MRS et M17 montre les caractéristiques principaux des bactéries lactiques, macroscopiquement sont des colonies blanchâtre ou jaunâtre de diamètre varie entre 1 et 2mm et de forme lenticulaire, microscopiquement, ce sont des cellules gram + de forme coccique ou bacille (**Bouzaid et al., 2014**), avec un regroupement en chainette, en deux ou isolé, catalase et oxydase négative.



Selon ces caractéristiques on peut préidentifier les genres qui sont : streptococcus et lactocoque pour les formes cocci et le mode d'arrangement en chaînette, pedicocque et leuconostoc pour la forme cocci et le regroupement en deux (diplocoque), lactobacille pour les formes bacille et quel que soit le mode d'arrangement. Mais sa reste à confirmer par une identification biochimique (fermentation des sucre) et génotypique par séquençage de gène (PCR) ou MALDITOF (dosage des protéines).

#### **10. Résultats des essais de panification (sensorielle et organoleptique)**

Le pain au levain préparé après 3 essais de panification traditionnelle est comestible, cela explique la fonctionnalité de notre levain naturel élaboré à base de blé tendre (Mawna). Donc le levain naturel apporte des bienfaits sur la qualité nutritionnelle du pain traditionnel qui impact positivement sur la santé des consommateurs.

Sur le plan sensorielle et organoleptique notre pain est caractérisé par une légère acidité, une mie moelleuse et une croûte dure.

# CONCLUSION

## 11. Conclusion :

Cette étude a été conduite dans le but d'élaborer un levain naturel fonctionnel à base d'une farine complète de la variété Mawna présentant d'innombrables valeurs nutritionnelles.

En effet, nous avons réalisé un pain diététique à partir de ces ingrédients : farine complète, l'eau, levain naturel, sel.

Dans le premier temps, notre étude consiste de déterminer les propriétés physicochimiques de la farine de blé tendre (taux d'humidité, taux de cendre, taux de l'acidité grasse, taux de gluten, taux des protéines, taux des lipides.....).

Ensuite, la préparation du levain est réalisée sous des conditions favorables et stériles (température, substrats, l'environnement...). Nous avons remarqué que la fermentation du levain est très rapide, le volume de levain c'est doublé au bout des premières 24h. par la suite, les analyses microbiennes consistent de dénombrer, isoler la flore lactique et fongique du levain.

Pour la purification des bactéries lactiques, la pré identification, et la conservation des bactéries lactiques. Les résultats révèlent que le dénombrement des bactéries lactiques diminue par l'âge de levain, par contre le nombre des levures augmente après chaque rafraichissement

L'étude macroscopiques montrent les caractéristiques morphologiques des bactéries lactiques, et l'étude microscopiques montrent la forme des colonies avec gram (+) ou (-).

Au début de notre travail nous avons posé la question suivante :

### Comment élaboré un pain diététique à base du levain naturel ?

Pour essayer de répondre à cette question, nous avons posé les hypothèses suivantes :

**Hypothèse 1** : Le pain au levain est plus nutritif que le pain ordinaire ; parce qu'il fournit un apport énergétique quotidien très important et contribue à l'équilibre alimentaire, en favorisant un pain plus digeste et plus nutritifs qui assure une meilleure absorption des minéraux.

**Hypothèse 2** : les bactéries lactiques et les levures sont responsables de la fermentation du pain au levain, leur interaction permet la protection et la conservation du pain via des métabolites produits par les bactéries lactiques et la levure.

Via nos résultats obtenus de la détermination des propriétés physiques et chimiques du blé tendre. Nous avons obtenu des résultats satisfaisants, ou nous confirmant la première hypothèse.

Ainsi, les résultats de l'étude morphologique des bactéries isolées montrent les caractéristiques principales des bactéries lactiques, macroscopiquement sont des colonies blanchâtre ou jaunâtre forme lenticulaire, microscopiquement, ce sont des cellules gram (+) ou (-) de forme Cocci ou bacille, avec un regroupement en chaînette, en deux ou isolé, suivi par les deux tests catalase et oxydase négative.

Ces résultats nous permettent d'avoir une meilleure conservation du pain ce qui confirme notre deuxième hypothèse.

Par ailleurs, ce travail nous a amené à tracer des perspectives pour des recherches futures notamment :

- La réalisation des analyses nutritionnelles du produit finale (pain au levain).
- Les caractéristiques moléculaires des souches par une identification génotypique par séquençage de gène (PCR).

## **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques :

1/ **Abis, S. 2012.** Le blé en Méditerranée sociétés commerce et stratégies. Économie et territoire relations commerciales, CIHEAM Paris : 241-247 p.

2/ **Arora, K., Ameer, H., Polo, A., Di Cagno, R., Rizzello, C.G. and Gobbetti, M., (2021).** Thirty years of knowledge on sourdough fermentation: A systematic review. Trends in Food Science & Technology, v 108, p.71-83.

3/ **AI Atya, A., Kh. (2016).** Recherche et caractérisation de nouveaux peptides antimicrobiens à partir de bactéries lactiques isolées de méconium, Thèse de Doctorat, Spécialité : Ingénierie des fonctions biologiques, Université de Lille 1, p12- 14.

4/ **Afdiag - Association Française Des Intolérants Au Gluten (2003).** In L'Église en Alsace : p49-52.

5/ **Article 4 du décret n°93-1074 du 13 septembre 1993 pris pour l'application de la loi du 1er août 1905** en ce qui concerne certaines catégories de pains.

6/ **Batifoulier, F., Verny, M.A., Chanliaud, E., Rémésy, C., Demigné, C. (2005).** Effect of different breadmaking methods on thiamine, riboflavin and pyridoxine contents of wheat bread. Journal of Cereal Science, Juillet, v 42, n1, p. 101-108.

7/ **Barclay, AW., Petocz, P., Flood, VM., Prvan, T., Mitchell, P., JC Brand-Miller, JC., McMillan, Price, J. (2008).** Glycemic index, glycemic load, and chronic disease risk-a meta-analysis of observational studies. 87. 3.p.627-637.

8/ **Bekkis, S., Benmehaia, M.A. and Kaci, A., 2022.** Les enjeux de la dépendance de la filière de blé en Algérie: Analyse par asymétries de réponses de l'offre dans la chaîne de valeur. NEW MEDIT, v21, n1, p.133-147.

9/ **Brahimi, S. (2015).** Isolement et caractérisation biotechnologiques des bactéries lactiques isolées à partir des margines d'olives « Amoredj » fermenté, Thèse de Magister en biodiversité et micro-organisme . Université d'Oran 1, département de Biologie, Année Universitaire 2014/2015 . 203p.

10/ **Bazalová, O., Cihlár, J.Z., Dlouhá, Z., Bár, L., Dráb, V., Kavková, M. August. (2022).** Rapid sourdough yeast identification using panfungal PCR combined with high resolution melting analysis. Journal des méthodes microbiologiques, August, v 199, 106522.

11/ **Badis A., Guetarni D., Kihal M. et Ouzrout R. (2005).** Caractérisation phénotypique des Bactéries lactiques isolées à partir de lait de chèvre de deux populations locales "Arabia et Kabyle ». Sciences Technologie. C – v°23, juin (2005), p. 30-37.

12/ **Boureima Kagambèga, Hama Cissé, François Tapsoba, Adama Sawadoga, Cheikna Zongo, Yves Traoré et Aly Savadogo. (2019).** Bouillies fermentées traditionnelles à base de céréales au Burkina Faso : diversité, technologies de production et microorganismes à potentiel

11/ **Boutroux L, 1897 :** Le pain et la panification : chimie et technologie de la boulangerie et de la

meunerie. Collection : Encyclopédie de chimie industrielle (livre).

13/ **Bouzaid M., Chatoui R., Latrache H. et Hasib A. (2016).** Activité antimicrobienne des souches de bactéries lactiques isolées de viande hachée de dromadaire et du lait cru de vache (maroc). *Revue de Microbiologie Industrielle Sanitaire et Environnemental*, V 10, n1, p 1-12.

14/ **Boudersa, W et Nekkaa, R. (2017).** Étude de l'activité antibactérienne de bactéries lactiques isolées a partir d'un produit laitier fermenté : le yaourt brassé, Diplôme de Master en Microbiologie générale et biologie moléculaire des microorganismes .Université des Frères Mentouri Constantine Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. *Année universitaire 2016-2017.* , 84p.

15/ **Boisseleau , P. (APABA). (2013).** Quelles techniques pour bien réussir son levain? P.10. FRAB Midi Pyrénées - Fédération régionale des agriculteurs biologiques 61 allée de Brienne - BP 7044 - 31069 Toulouse Cedex  
Tel/Fax : 05 61 22 74 99 - frab@biomidipyrenees.org - www.biomidipyrenees.org

16/ **Corsetti, A., Gobetti, M., Rossi, J., Damiani, P. (1998).** Antimould activity of sourdough lactic acid bacteria: Identification of a mixture of organic acids produced by *Lactobacillus sanfrancisco* **CB1**. *Applied Microbiology and Biotechnology*, August, V 50, p 253-256.

17/ **Clarke, CI., Schober, TJ., Dockery, P.O., Sullican, K., Arendt, EK. 2004.** Wheat sourdough fermentation: effects of time and acidification on fundamental rheological properties. *Cereal Chem.* , v3. n3, p 409-417.

18/ **Chaves-López C., Rossi C., Maggio F., Paparella A., Serio A. (2020).** Changes occurring in spontaneous maize fermentation: An overview. *Fermentation*,v 36, n6, 25p

19/ **Chavan, R. S., Chavan, S.R. 2011.** Sourdough Technology-A Traditional Way for Wholesome Foods: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* , v10, n 3, p169-182.

20/ **Chapeland-Leclerc, F, Papon, N., Noel, T., J Villard, J. (2005).** Moisissures et risques alimentaire (mycotoxicoles), *Revue Francophone des Laboratoires*, v2005. p373, p61-66.

21/ **Gourama H, Bullerman L.B., (1997).** Anti-aflatoxigenic activity of *Lactobacillus casei* *Pseudoplatantum*. *International Journal of Food Microbiology*, v 34, p131-143.

22/ **Chinma, CE , Anuonye, JC , Ocheme, OB , Abdullahi, S , Oni, S , Yakubu, CM , et al.(2016).** Effet de l'adjonction de farine au levain d'acha et de noix de bambara sur la qualité du pain. - *Science et technologie alimentaires*, v 70, p. 223- 228.

23/ **De Vuyst, L., Van Kerrebroeck, S., Harth, H., Huys, G., Daniel, H. M., Weckx, S. (2014).** Microbial ecology of sourdough fermentations: diverse or uniform,. *Food Microbiol*, Juin , v 37, p. 11-29.

24/ **De Vuyst, L., Harth, H.,Van Kerrebroeck, S., Leroy, F.(2016).** Yeast diversity of sourdoughs and associated metabolic properties and functionalities. *Journal international de microbiologie alimentaire*, n 239, p 26-34 .

- 25/ **Djermoun, 2009** : Production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Nature et Technologie*.45-53p.
- 26/ **Dribine, A., Khellal, Y. (2018)**. Evaluation de l'activité antibactérienne de quelques souches de bactéries lactiques. Mémoire de Master en biochimie appliquée. Université Akli Mohand Oulhadj de Bouira, SNV, Année Universitaire 2017/2018.75p.
- 27/ **De Vuyst, L., Schrijvers, V., Paramithiotis, S., Hoste, B., Vancanneyt, M., Swings, J. (2002)**. The biodiversity of lactic acid bacteria in Greek traditional wheat sourdoughs is reflected in both composition and metabolite formation. *Appl. Environ. Microbiol.* Decembre, v 68, n12, p 6059-6069.
- 28/ **Di Cagno, R., Rizzello, CG., De Angelis, M., Cassone, A., Giuliani, G., Benedusi, A., et al. (2008)**. Utilisation de souches de levain sélectionnées de *Lactobacillus* pour éliminer le gluten et améliorer les propriétés nutritionnelles du pain sans gluten. *Journal of Food Protection*, v 71, p1491 - 1495 .
- 29/ **FAO/OMS,(2002)**. Guidelines for the evaluation of probiotics in foods: report of a joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. London, Ontario, Canada, April 30 and May 1, 2002
- 30/ **Faria- oliveira, F., Puga,S., Ferreir,C. (2013)**. « Yeast: World's Finest Chef ». In Innocenzo Muzzalupo.Food Industry. COPYRIGHT ANNEE 2013. P 760.
- 31/ **Feillet. P. (2000)**, Le Grain de blé : composition et utilisation, Editions Quae, p124- 128
- 32/ **Furet, J.P., Tailliez, P., Quénée, P. (2004)**. Molecular quantification of lactic acid bacteria in fermented milk products using real-time quantitative PCR. *Journal international de microbiologie alimentaire International*.n2,v 97 .p197-207.
- 33/ **FOB.2017**. Fédération des boulangers, Comment le pain est fait. Fiche N07. 1-5.
- 34/ **Hou, G.G., Hsu, Y. H. (2013)**. Comparing fermentation gas production between wheat and apple sourdough starters using the Risographl , n 3, p75-81.
- 35/ **Gobbetti, M., Gänzle, M. 2013**. Handbook on sourdough biotechnology. Springer.Boston,MA. Springer US: 183-216.
- 34/ **Gobbetti, M., De Angelis, M., Arnault, P, Tossut, P., Corsetti, A., Lavermicocca, P. (1999)**. Added pentosans in breadmaking: fermentations of derived pentoses by sourdough lactic acid bacteria. *Food Microbiology*, v16, n 4, p409–418.
- 35/ **Gobbetti, M. (2012)**. Bactéries lactiques et microbiotes de levures de 19 levains utilisés pour les pains italiens traditionnels/typiques : interactions entre les ingrédients et la diversité des espèces microbiennes *Microbiologie appliquée et environnementale*, v78, n4, p 1251 – 1264.
- 36/ **Godon.B.(1982)**. Valeur meunière et boulangère des blés tendres et de leurs farines conservation et stockage des grains et produit dérivé céréales, oléagineuse protéagineux aliments pour animaux, , p. 1009 –1028.
- 37/ **Galanakis, C. M., 2019**. Innovation in Traditional Foods. 1 st edition. Elseiver, p. 127-157.
- 38/ **Gobbetti, M., De Angelis, M., Corsetti,A., Di Cagno,R.(2005)**. Biochimie et physiologie des bactéries lactiques du levain *Tendances Food Sci. Technol.* , article, v 16, p. 57 – 69.

- 39/ **Gobbetti, M., Rizzello, C.G., Di Cagno, R., De Angelis, M. (2014).** Comment le levain peut affecter les caractéristiques fonctionnelles des produits de boulangerie au levain Microbiol Alimentaire. LWT, v 37, p. 30 – 40.
- 40/ **Gaglio, R., Cirlincione, F., DiMiceli, G., Franciosi, E., R. DiGerlando, R., N. Francesca, N. (2020).** Dynamique microbienne des grains de blé dur au cours du vieillissement Journal international de microbiologie alimentaire, v 324, . p 108631.
- 41/ **Huys, G., Daniel, H, M., De Vuyst, L. (2013).** Taxonomy and biodiversity of sourdough yeasts and lactic acid bacteria In Gobbetti, M., Gänzle, M (Eds.), Handbook on Sourdough Biotechnology, Springer, New York, p105-154.
- 42// **Hammes, W. P., Hertel, C., Genus, I. (2009).** Lactobacillus Beijerinck 1901, 212 AL. In: De Vos, P., Garrity, G.M., Jones, D. (eds), Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, The Firmicutes. Springer, v 3, p. 465–51
- 43/. <https://www.inbp.com> ›, 2019. PDF (Spécial levain – Encarts techniques-INBP). 01/06/2022.
- 44/ **Hagman, Arne, Torbjörn Säll, Concetta Compagno, et Jure Piskur. (2013).** « Yeast “Make-Accumulate- Consume” Life Strategy Evolved as a Multi-Step Process That Predates the Whole Genome Duplication ». PLoS ONE ,v 8, n 7, p 68734.
- 45/ **JORA, N°39.(2017).** Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires.
- 46/ **JORF n0213 Décret n93–1074 du 13 septembre 1993** . Article pris pour l'application de la loi du 1er août 1905 en ce qui concerne certaines catégories de pains.de la loi du 1er août 1905 en ce qui concerne certaines catégories de pains. Article 3.
- 47/ **Jukonyte, R., Zadeike, D., Bartkiene, E., et al .,( 2018).** Un potentiel du poli de riz brun comme substrat pour la production d'acide lactique et de composés bioactifs par les bactéries lactiques nouvellement isolées à partir de produits fermentés à base de céréales LWT-Food Science and Technology, v 97, p. 323 – 331.
- 48/ **Kumar, V., Sinha, A. K., Makkar, H. P. S., Becker, K. (2010).** Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition. Food Chemistry. Vol. 120, n° 4, p. 945-959.
- 49/ **Katina, K., Maina, NH., Juvonen, R., Flander, L., Johansson, L., Virkki, L., Tenkanen, M0, Laitila, A. (2009).** In situ production and analysis of Weissella confusa dextran in wheat sourdough. Microbiol alimentaire, v26, p 734-43.
- 50/ **Kechagia M., Basoulis D., Konstantopoulou S., Dimitriadi D., Gyftopoulou K., Skarmoutsou N. et Fakini. (2013).** Health Benefits of Probiotics: A Review. International Scholarly Research Notices, vol. 2013, . p1-7.
- 51/ **Kouassi-Koffi et al., (2016)** . Étapes essentielles du processus de fabrication du pain en raison des paramètres rhéologiques pertinents de la matière première
- 52/ **Lavermicocca, P., Valerio, F., Evidente, A., Lazzaroni, S., Corsetti, A., Gobbetti, M. (2000).** Purification et caractérisation de nouveaux composés antifongiques du levain *Lactobacillus plantarum* souche 21B Microbiologie appliquée et environnementale, v 66, p. 4084 – 4090.
- 53/ **Les nouvelles de la Boulangerie-Pâtisserie .INPB. (2019).** Encarts techniques. Spécial levain (en ligne).INPB. <https://www.inbp.com> › uploads › 2020/03 › 2021. PDF (Spécial levain – INBP).



Consulte le 01/06/2022.

54/ **Luc De Vuyst, Patricia Neysens.**: The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions, Trends in Food Science & Technology, Volume 16, Issues 1–3, 2005, P 43-56.

55/ **L'HOMME, E. (2014).** Caractérisation biomoléculaire des bactéries lactiques issues des levains de panification français. Thèse de Doctorat, laboratoire de microbiologie alimentaire et industrielle. 130p.

56/ **Lesaffre.(2015),** Le levain naturel, Les starters de levain [en ligne] <https://www.lesaffre.com/fr/levain-naturel>. Consulte le .....

57/ **Larsson, M., Sandberg, A. S.(1991).** Phytate reduction in bread containing oat flour, oat bran or rye bran. Journal of Cereal Science, v14, n 2), p.141-149.

Nicholas,R., Chen, Z., Yassour, M., Dawn, A., Thompson, Brian J. Haas, Naomi Habib, Wapinski,I., et al ( 2011). « Comparative Functional Genomics of the Fission Yeasts ». Science v 332, n 6032 , p930-936.

58/ **Laurent-Babot, C., Guyot, J.P.(2017).** "Should research on the nutritional potential and health benefits of fermented cereals focus more on the general health status of populations in developing countries?" Microorganisms, v 5, n3, p 40.

59/ **Liu, Zhou, W., Hui, Y. H., De Leyn, I., Pagani, M. A., Rosell, C. M., Selman, J. D., Therdthai, N. (2014).** Bakery Products Science and Technology, Second Edition John Wiley & Sons, p2-16.

60/ **Martinez, C., Ros, G., Periago, MJ., Lopez, G., J. OrtuñoJ., Corner,F. (1996).** L'acide phytique dans l'alimentation humaine Food Science and Technology International, v 2, p. 201 – 209.

61/ **Menad, N. (2018).** Effet antagoniste des bactéries lactiques isolées à partir du lait de vache vis à vis de salmonella sp. Thèse de doctorat. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie ,196p.

62/ **Mantziari A., Tölkö S., Ouwehand A.C., Löyttyniemi E., Isolauri E., Salminen S., Rautava S.(2020).** The effect of donor human milk fortification on the adhesion of probiotics in vitro. Nutrients, PMC free article, v,12, 182p.

63/ **Montemurro, M., Coda, R., Rizzello, C.G. (2019).** Recent Advances in the Use of Sourdough Biotechnology in Pasta Making. Author information Article notes Copyright and License information Disclaimer, v 8, n4, p 129.

64/ **Madr, 2012 :** Statistiques Agricole, série B du Ministère de l'agriculture et du développement rural.

65/ **Rachedi Kounouz, Bekhouche Sena, Boughachiche Faiza1, Zerizer Habiba :** Contrôle microbiologique de denrées alimentaires servies en restauration collective . Algerian Journal of Nutrition and Food Sciences (AJNFS) – Open Volume 01, n 03, p 22-30

66/ **Rozpędowska, E., Hellborg, L., P.O Ishchuk, L.O., et al. (2011).** « Parallel Evolution of the Make–accumulate–consume Strategy in Saccharomyces and Dekkera Yeasts ». Nature Communications v2, 302.

67/ **Rizzello, C.G., Cassone, A., Coda, R., Gobbetti, M.( 2011).** Antifungal activity of sourdough fermented wheat germ used as an ingredient for bread making. Food Chemistry, v 127. p 952–959.

- 68/ **Rizzello C.G., Nionelli L., Coda R., Gobbetti M. (2012)**. Synthesis of the cancer preventive peptide lunasin by lactic acid bacteria during sourdough fermentation. *Nutr. Cancer. MPC free article*, v 64, p111–120.
- 69/ **Roussel, P., Onno, B., Michel, E. and Sicard, D., 2020**. La panification au levain naturel . Éditions Quae. p 100.
- 70/ **Ouiddir Massinissa, A. (2019)**. Etude de l'activité antifongique des bactéries lactiques et de la biopréservation des aliments. Thèse de Doctorat 3eme cycle en micro biologie appliquée. Université Ahmed Ben Bella d'Oran. Année universitaire 2018-2019., 208p.
- 71/ **Palosuo, K., Varjonen, E., Kekki, OM., Klemola, T., Kalkkinen, N., Alenius, H., Reunala, T. (2001)**. Wheat omega-5 gliadin is a major allergen in children with immediate allergy to ingested wheat v 108, n4, p 634-638.
- 72/ **Penka, P., Kaloyan, P. (2020)**. Lactic Acid Fermentation of Cereals and Pseudocereals: Ancient Nutritional Biotechnologies with Modern Applications.v 12, n4.11182.
- 73/ **Petrova, P., Petrov, K. (2020)**. Lactic Acid Fermentation of Cereals and Pseudocereals: Ancient Nutritional Biotechnologies with Modern Applications. *Nutrients*, v 12, n4.1118.
- 74/ **Pastink, M.I., Sieuwerts, S., de Bok, F.A.M., Janssen, P.W.M., Teusink, B., Van Hylckama Vlieg, J.E.T. et al., (2008)**. Genomics and high-throughput screening approaches for optimal flavour production in dairy fermentation. *Int Dairy J.* 18,781-789.
- 75/ **Peñas, E., Diana, M., Frias, J., et al. (2015)**. Une approche multistratégique dans le développement du pain au levain visant à réduire la pression artérielle. *Plant foodsnts Hum. Nutr.*, v 70, p97–103.
- 76/ **Poutanen, K., Flander, L., Katina, K. (2009)**. Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective. *Food Microbiology*, v 26, n7, p 693-699.
- 77/ **Pot, B. (2008)**. The taxonomy of lactic acid bacteria. In : *Bactéries lactiques de la génétique aux ferments*. Corrieu G. et Luquet F.M. Ed : Lavoisier. Paris.1-106.
- 78/ **Scarnato, L., Montanari, C., Serrazanetti, DI., Aloisi, I., Balestra, F., S. Del Duca, S et al.(2017)**. Nouvelle formulation de pain avec des propriétés rhéologiques améliorées et une durée de conservation plus longue grace à l'utilisation combinée de la transglutaminase et du levain *Science et technologie alimentaires - Science et technologie alimentaires*, v 81 , p 101 – 110.
- 79/ **Turpin W., Humblot, C., Guyot, J. P. (2011)**. Criblage génétique des propriétés fonctionnelles des bactéries lactiques dans une bouillie de mil fermenté et dans le métagénome de féculentsfermentés. *Appl. Environ. Microbiol.* v 77, p 8722–8734..
- 80/ **Van Laere, K. M., Hartemink, R., Bosveld, M., Schols, H.A. and Voragen, A.G., 2000**. Fermentation of plant cell wall derived polysaccharides and their corresponding oligosaccharides by intestinal bacteria. *Journal of agricultural and food chemistry*, v 48, n5, p.1644-1652.
- 81/ **Van Kranenburg, R., Kleerebezem, M., Van Hylckama, J., Ursing, B., Boekhorst, J., Smit, B. et al. (2002)**. Flavor formation from amino acids by lactic bacteria: Predictions from genome sequence analysis. *Int Dairy J.* v12, p111-121.
- 82/ **Velikova, P., Petrov, K., Lozanov, V., Tsvetanova, F., Stoyanov, A., Wu, Z., Liu Z., Petrova P.(2018)**. Diversité microbienne et propriétés bénéfiques pour la santé du yaourt bulgare

traditionnel. *Biotechnol.* *Biotechnol.* v32, p 1205–1217.

83/ **Vidal, A., Marin, S., Morales, H., Ramos, A. J., Sanchis, V. (2014).** The fate of deoxynivalenol and ochratoxin A during the breadmaking process, effects of sourdough use and bran content. *Food and Chemical Toxicology*, v 68, p 53-60.

84/ **Vera, A., Ly-Chatain, M. H., Rigobello, V., Demarigny, Y. (2012).** Description of a French natural wheat sourdough over 10 consecutive days focussing on the lactobacilli present in the microbiota. *Antonie van Leeuwenhoek*, v101, p 369-377.

85/ **Zadeike, D., Vaitkeviciene, R., Bartkevics, V., Bogdanova, E., Bartkiene, E., Lele, V., Juodeikiene, G., Cernauskas, D., Valatkeviciene. (2021).** The expedient application of microbial fermentation after whole-wheat milling and fractionation to mitigate mycotoxins in wheat-based products, v 137, 110440.

86/ **Zhang H. et Cai Y. (2014).** *Lactic acid bacteria fundamentals and practice*. Ed :Springer Dordrecht Heidelberg. New York. 536p.

87/ **Xiang H., Sun-Waterhouse D., Waterhouse G.I.N., Cui C., Ruan Z.( 2019).** Fermentation-enabled wellness foods: A fresh perspective. *Food Sci. Hum. Wellness.* v, 8, p203–243.

88/ **Xu Y., Zhou T., Tang H., Li X., Chen Y., Zhang L., Zhang J. (2020).** Probiotic potential and amylolytic properties of lactic acid bacteria isolated from Chinese fermented cereal foods. *Food Control*, v 111, 107057.

89/ **Williams, B.A., D. Mikkelsen, D., Flanagan, B.M., Gidley, M.J. (2019).** « Fibres alimentaires » : Aller au-delà de la classification « solubles/insolubles » pour la nutrition monogastrique, avec un accent sur les humains et les porcs *Journal of Animal Science and Biotechnology*, v 10, p 1186.

90/ **Wang, M., Wichienchot, S., He, X., Fu, X., Huang, Q. and Zhang, B., 2019.** In vitro colonic fermentation of dietary fibers: Fermentation rate, short-chain fatty acid production and changes in microbiota. *Trends in Food Science & Technology*, 88, p.1-9.

91/ **Williams, TURPIN. (2011).** Vers une évaluation des potentialités probiotique et nutritionnelle des bactéries lactiques constitutives du microbiote d'un aliment fermenté traditionnel à base de mil par une approche moléculaire. Thèse dirigée par M. Jean-Pierre GUYOT Encadrement Mme Christèle HUMBLLOT, Docteur de l'Université de Montpellier v2 ,299.

92/ **Zettal, Y.( 2017).** Le blé : importance, santé et risque. Mémoire de Master. Biologie et génomique végétale. Université des Frères Mentouri. Constantine : 34-37 p.

# Annexe I



## Fiche de dégustation.

Date :

dégustateur N° :

Sexe :

Age :

	Couleur	Croute	Texture de la mie	Arome	Gout	Noté /5
<b>Pain traditionnel au levain naturel.</b>						

**Remarques :**

# Annexe II

## **Composition des milieux de cultures utilisés dans les analyses microbiologiques :**

### **Milieu MRS :**

Gélose MRS est utilisée pour la culture et le dénombrement des Lactobacilles dans les produits laitiers et les autres produits alimentaires ainsi que dans les produits destinés à l'alimentation animal (Guiraud, 2003). Constituants Milieu MRS gélose (Guiraud, 2003) Peptone 10g/l Extrait de viande 10g/l Extrait de levure 20g/l Glucose 05g/l Tween 80(=polysorbate80) 01ml Tween 80 (=polysorbate80) 02g/l Acétate de sodium 05g/l Citrate triammonique 02g/l Sulfate de magnésium 200mg/l Sulfate de manganèse 50mg/l pH 0.6 gélose 15.

### **Milieu M 17 :**

Sert pour la culture et la numération des Streptocoques lactiques dans le lait et les produits laitiers, ainsi que pour la caractérisation et la différenciation des Streptocoques lactiques et de leurs bactériophages. Il est également bien adapté pour le dénombrement de Streptococcus thermophilus dans les yaourts naturels ou aromatisés, brassés ou non, ainsi que dans les yaourts contenant des morceaux de fruits (Guiraud, 2003). Composition du milieu de culture M17 (Guiraud, 2003): Composition (grammes/litre) Tryptone 5,0 Peptone de soja 5,0 Infusion de viande 5,0 Extrait de levure 2,5 Acide ascorbique 0,5 Sulfate de magnésium 0,25 Glycérophosphate disodique 19,0 Agar 11,0 pH 6,9 ± 0,

# ANNEXE III

*La mouture de blé tendre.*



Figure n° 10 : Grains de blé tendre variété Mawna  
**Photo originale.**



Figure n°11 : broyeurs utilisés pour la mouture de blé tendre.  
**Photo originale**



Figure n°12 : Farine blanche de blé tendre (Mawna)  
**Photo originale**



Figure n°13 : Les essais de préparation du levain naturel.  
**Photo originale.**



Figure n°14 : Essai de panification à base de la farine blanche de blé tendre.  
**Photo originale**



