

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

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE & BIOCHI

N°:



DOMAINE : SCINCES DE LA NATURE ET DE LA

FILIERE : SCIENCE BIOLOGIQUE

OPTION : QUALITE DES PRODUITS ET

SECURITE ALIMENTAIRE

**Mémoire présenté pour l'obtention**

**Du diplôme de Master Professionnelle**

Par : AYATE Houria

BOUTERAA Ikram

**Intitulé**

*Étude de la qualité microbiologique, physico-chimique et de la stabilité au stockage des feuilles de brick de la marque DIOUL EDDAR : influence de l'emballage et des conditions de conservation*

**Soutenu devant le jury composé de :**

Dr. DRIF Seifeddin	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Président
Dr. KAMEL Cherif	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Rapporteur
Dr. BELBAHI Amine	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Examineur

Année universitaire : 2024/2025

## Remerciements

Au terme de ce travail , nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir accordé la santé, le bien-être et la force nécessaires pour commencer et mener à bien notre travail.

Nous adressons nos sincères remerciements au Dr **DARIF Seifeddine** pour avoir accepté de présider le jury d'examen. Nous remercions également le Professeur Dr **BELBAHI Amin** pour avoir accepté de relire notre travail.

Nous sommes donc honorés et heureux d'exprimer notre profonde gratitude et notre reconnaissance à notre directeur de thèse, le Dr **CHERIF kamel**, Maître de conférences, pour son aide précieuse et ses conseils, ainsi que pour le temps qu'il a consacré à notre encadrement.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les membres de notre laboratoire universitaire Mohamed Boudiaf El-Qutb, de M'Sila, ainsi qu'à tout le personnel de l'usine de Dioul El-Dar, dans la municipalité de Bou Saada, et en particulier au Professeur **ELBAHI Iman** pour son accueil chaleureux et son assistance à l'usine de Dioul El-Dar. Nous adressons également nos sincères remerciements à tous nos formateurs et à nos collègues, en particulier aux étudiants du cours « Contrôle qualité et sécurité alimentaire ». Nous remercions également chaleureusement tous ceux qui ont contribué, directement ou indirectement, à la réalisation de ce travail.

# **DEDICACE**

**Louange à Allah au commencement et à la fin, et la dernière de nos invocations est : louange à Allah, Seigneur de l'univers.**

**Celui qui dit : « Je suis à la hauteur », l'obtient.**

**Ce fut un long parcours, parsemé d'échecs et de réussites, fier·e de notre lutte pour réaliser nos rêves.**

**C'est un moment que j'ai tant attendu, tant rêvé, dans une histoire dont les chapitres sont désormais complets. Louange à Dieu en premier et en dernier.**

**À mon très cher père,**

**Pour tout le soutien moral et matériel que tu m'as apporté jusqu'à ce jour, pour ton amour et tes encouragements constants,**

**je te dédie ce travail en gage de fidélité et de reconnaissance.**

**Je prie Dieu, le Tout-Puissant, de te préserver, de t'accorder santé, bonheur et sérénité,**

**et de te protéger de tout mal.**

**À ma très chère mère, Aucune parole, aussi forte et sincère soit-elle,**

**ne saurait exprimer l'étendue de mon amour et de ma gratitude envers toi.**

**Tu ne m'as jamais abandonnée, toujours présente pour m'encourager**

**tout au long de mon parcours.**

**En ce jour si particulier, je t'offre ce travail**

**comme un témoignage de ma reconnaissance profonde.**

**Puisse Dieu t'accorder santé, bonheur et longue vie, afin que je puisse te rendre, un jour, une partie de ce que tu m'as donné.**

**À mes chers frères et sœurs, Pour toute la chaleur, l'amour, la spontanéité et la tendresse dont vous m'avez entourée,**

**pour votre patience, votre aide précieuse et votre soutien à chaque étape de mon parcours,**

**je prie Dieu de vous protéger et de vous accorder la réussite.**

**À tous les membres de ma famille et à tous mes amis, sans exception, à chacun de ceux qui m'ont soutenu·e par une parole, une prière ou un geste, et à mes professeurs bienveillants qui nous ont tendu la main et transmis leur savoir, je dédie ce travail avec toute ma gratitude.**

**Qu'Allah nous guide tous vers le bien.**

**IKRAM**

## **DEDICACE**

**Tout d'abord, je remercie Dieu Tout-Puissant,  
Qui m'a donné la force, la volonté et la patience pour terminer ce  
travail.**

**Louange et reconnaissance à Lui maintenant et pour toujours.**

**Je dédie ce fruit de mes efforts à ceux que Dieu m'a confiés, mes  
nobles parents. Que Dieu prolonge leur vie et leur accorde santé et  
bien-être.**

**À ceux qui ont partagé notre maison et qui ont été d'un grand  
soutien, mes chers frères, chacun par son nom.**

**À mes chers professeurs,**

**Pour leur encadrement, leurs connaissances et leurs précieux  
conseils.**

**Et à tous ceux qui m'ont enseigné une lettre tout au long de ma  
carrière universitaire et qui n'ont jamais hésité à donner, mes  
estimés professeurs, chacun par son nom et son poste.**

**A moi qui parie sur le succès, soyez patients et persévérants, car la  
route est encore longue. Et à tous ceux pour qui mon cœur est  
ouvert et ce papier est trop petit pour être mentionné. Je vous  
dédie mon humble travail en guise de remerciement pour votre  
soutien.**

**HOURIA**

# RÉSUMÉ

Cette étude visait à évaluer de manière exhaustive la qualité du papier DIOUL EL-DAR selon trois axes intégrés : la qualité microbiologique, les propriétés physico-chimiques et la stabilité du produit pendant le stockage. Dans ce contexte, nous avons réalisé des analyses microbiologiques afin de détecter la présence de micro-organismes considérés comme indicateurs d'hygiène et de sécurité alimentaire, tels que Salmonella, Escherichia coli et Staphylococcus aureus, ainsi que de levures et de moisissures. Les résultats ont montré une absence totale de bactéries pathogènes, démontrant la bonne application des pratiques d'hygiène lors de la fabrication. Cependant, des levures ont été détectées dans certains échantillons, bien que cela soit resté dans les limites des normes réglementaires algériennes. Les analyses physico-chimiques ont caractérisé les propriétés du papier DIOUL EL-DAR en termes de teneur en humidité, de pH et d'activité de l'eau. Ces propriétés affectent la croissance microbienne et peuvent se détériorer avec le temps, notamment en cas de stockage inapproprié ou de mauvais emballage.

**Mots clés :** Qualité microbiologique, propriétés physiques et chimiques, stockage, micro-organismes, humidité, pH, activité de l'eau, emballage

# ABSTRACT

This study aimed to comprehensively evaluate the quality of DIOUL EL-DAR paper based on three integrated criteria: microbiological quality, physicochemical properties, and product stability during storage. In this context, we conducted microbiological analyses to detect the presence of microorganisms considered indicators of hygiene and food safety, such as *Salmonella*, *Escherichia coli*, and *Staphylococcus aureus*, as well as yeasts and molds. The results showed a complete absence of pathogenic bacteria, demonstrating the proper application of hygiene practices during manufacturing. However, yeasts were detected in some samples, although this remained within the limits of Algerian regulatory standards. Physicochemical analyses characterized the properties of DIOUL EL-DAR paper in terms of moisture content, pH, and water activity. These properties affect microbial growth and can deteriorate over time, particularly in cases of improper storage or poor packaging.

**Keywords:** Microbiological quality, physical and chemical properties, storage, microorganisms, humidity, pH, water activity, packaging

## ملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم جودة ورق ديول دار بشكل شامل بناءً على ثلاثة معايير متكاملة: الجودة الميكروبيولوجية، والخصائص الفيزيائية والكيميائية، واستقرار المنتج أثناء التخزين. في هذا السياق، أجرينا تحاليل ميكروبيولوجية للكشف عن وجود كائنات دقيقة تُعتبر مؤشرات على النظافة وسلامة الغذاء، مثل السالمونيلا، والإشريكية القولونية، والمكورات العنقودية الذهبية، بالإضافة إلى الخمائر والعفن. أظهرت النتائج غيابًا تامًا للبكتيريا المسببة للأمراض، مما يدل على التطبيق السليم لممارسات النظافة أثناء التصنيع. ومع ذلك، تم اكتشاف الخمائر في بعض العينات، على الرغم من أن هذا لا يزال ضمن حدود المعايير التنظيمية الجزائرية. حددت التحاليل الفيزيائية والكيميائية خصائص ورق ديول دار من حيث محتوى الرطوبة، ودرجة الحموضة، والنشاط المائي. تؤثر هذه الخصائص على نمو الميكروبات، ويمكن أن تتدهور بمرور الوقت، لا سيما في حالات التخزين غير السليم أو سوء التغليف.

**الكلمات المفتاحية:** الجودة الميكروبيولوجية، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، التخزين، الكائنات الدقيقة،

الرطوبة، درجة الحموضة، النشاط المائي، التغليف

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

**AFNOR** : Association française de normalisation

**Aw** : Activité de l'eau

**BCPL** : Bouillon au pourpre de bromocrésol

**BPF** : Bonnes pratiques de fabrication

**BPH** : Bonnes pratiques d'hygiène

**DCLS** : Gélose au dichloroamphénicol et au sel de lysogénie

**EFSA** : European Food Safety Authority

**FAF** : Scientifique sur les additifs et les arômes alimentaires

**FTAM** : La flore totale aérobie mésophile

**HACCP** : Hazard Analysis and Critical Control Points

**IANOR** : Institut algérien de normalisation

**ISO** : Organisation internationale de normalisation

**NaCl** : Chlorure de sodium

**OGA** : Gélose oxytétracycline glucose

**PC** : Le propionate de calcium

**PE** : Polyéthylène

**PET** : Polyéthylène téréphtalate

**pH** : potentiel Hydrogène

**PP** : Polypropylène

**SFB** : Bouillon au sélénite de sodium

**SS** : Gélose Salmonella-Shigella

**TSE** : Bouillon d'enrichissement au soja Triptone

**UFC** : Unité formant colonie

## Table des matières

Remerciements .....	1
<b>DEDICACE</b> .....	2
<b>DEDICACE</b> .....	3
<b>RÉSUMÉ</b> .....	4
<b>ABSTRACT</b> .....	5
<b>ملخص</b> .....	6
<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b> .....	7
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	11
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	12
<b>Introduction</b> .....	1
<b>.CHAPITRE I</b> .....	0
<b>ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE</b> .....	0
<b>1.Généralité sur pâtes alimentaires (Diaul)</b> .....	4
<b>.1.1.Définition pâtes alimentaires (Diaul)</b> .....	4
<b>Composition de pâtes alimentaires (le Diaul)</b> .1.2.....	4
1.2.1 <b>Farina de blé tender</b> .....	4
1.2.2 <b>semoules de blé dur</b> .....	5
1.2.3 <b>Les conservateurs</b> .....	5
1.2.4 <b>Eau dans la farine et la pâte</b> .....	6
1.2.5 <b>Chlorure de sodium (NaCl)</b> .....	6
1.3 <b>chimique de pâtes alimentaires-caractérisation physico</b> .....	7
<b>.1.3.1pH</b> .....	7
1.3.2 <b>Teneur en eau</b> .....	8
<b>.1.3.3Activité de l'eau (aw)</b> .....	8
1.3.4 <b>couleur</b> .....	9
<b>.1.4 Procédé de fabrication industriel de pâtes alimentaires ( dioule)</b> .....	10
<b>2.Altération microbienne des pâtes alimentaires</b> .....	13
<b>.2.1.Principaux contaminants microbiens</b> .....	13
<b>.2.1.1La flore totale aérobie mésophile (FTAM)</b> .....	13
<b>.2.1.2Les Coliformes</b> .....	14
<b>.2.1.3Streptocoques</b> .....	14
<b>.2.1.4.Salmonelle</b> .....	15
<b>...2.1.5Facteurs influençant le développent microbien</b> .....	15
<b>2.2.1ingrédients</b> .....	15

2.2.2	manipulation .....	16
2.2.3	cuisson .....	16
2.2.4	Normes microbiologiques applicables .....	17
2.2.5	l'ISO .....	17
2.3	Institut algérien de normalisation (IANOR) .....	18
2.3.1	AFNOR (Association Française de Normalisation).....	18
chimiques-3	Altérations physico .....	19
chimiques-3.1	Altérations physico .....	19
3.1.1	Perte de texture (fermeté, élasticité, cohésion).....	19
3.1.2	Changements d'apparence et de couleur .....	19
3.1.3	Dessèchement .....	20
microbiologiques pendant le stockage	3.2Risques .....	20
chimiques-3.3	Impact de la cuisson sur les propriétés physico.....	21
3.3.2	Impact de la cuisson sur les propriétés chimiques .....	21
4	Stratégies conservation.....	22
4.1	Bonnes pratiques de fabrication .....	22
hygiène'4.2	Bonnes pratiques d .....	22
4.3	Maitrise du procédé .....	22
emballage'4.4	Choix de l .....	23
5	Emballage .....	24
emballage utilisés'5.1	Types d .....	25
5.2	Cutilisé aractéristiques .....	25
5.2.1	Comportement mécanique et thermique .....	25
5.2.2	Propriétés barrières.....	26
air'humidité et à l'5.3	Perméabilité à l.....	28

## *.CHAPITRE II*

### *MATÉRIEL ET MÉTHODES*

1	Lieux de stage .....	32
2	Ingrédients pour préparations de pâte alimentaire .....	32
3	Matériels .....	33
3.1	chimiques-Matériaux utilisés dans l'analyse microbiologique et physico .....	33
4	Analyses microbiologiques .....	33
4.1	Préparation des matériaux et des milieux de culture (selon NA JO N : 17/39) .....	34
4.2	Préparation de la solution mère .....	34
4.3	Préparation des ensemencement et incubation .....	35
4.3.1	Recherche de Salmonella (NA 10.97.60).....	35

(057-4.3.2de <i>Staphylococcus aureus</i> (NF V08 .....	35
4.3.4Recherche des levures et moisissures (NA.758/1990).....	36
4Expression du résultat.....	37
chimiques-5Analyses physico .....	38
5.1Teneur en eau .....	38
5.2Test de couleur .....	39
eau'activité de l'5.3Mesure de l .....	40
5.4Mesure de l'humidité.....	40

### CHAPITRE III

#### RESULTATS ET DISCUSSION

1Discussion des résultats microbiologiques .....	42
chimiques-2Discussion des résultats physico .....	44
2.1Discussion des résultats colorimétriques.....	44
chimiques-2.2Résultats de la discussion des paramètres physico .....	46
humidité des emballages utilisés pour les DIOULS'2.3Étude de la perméabilité à l.....	47
Conclusion Générale.....	51
Références Et Bibliographie.....	52

## **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau 1.</b> limites de croissance des micro-organismes	<b>8</b>
<b>Tableau 2.</b> Principales propriétés du PET amorphe et du PET semi-cristallin	<b>26</b>
<b>Tableau 3.</b> Propriétés barrières de PET amorphe et cristallin, T = 25°C	<b>27</b>
<b>Tableau 4</b> Perméabilité à l'oxygène (23°C 50 % ou 0 % d'humidité relative) et à la vapeur d'eau (23°C, 85 % d'humidité relative) et transition vitreuse de plusieurs polymères,	<b>29</b>
<b>Tableau 5.</b> Résultats d'analyse microbiologique pour les échantillons frais et anciens de DIOUL EL-DAR	<b>43</b>
<b>Tableau 6.</b> Résultats Teneur en eau base humide (H bh ), pH et l'activité de l'eau (a w ) des trois types de feuilles de brick : DIOUL EL-AYLA (référence), DIOUL EL-DAR 1 (feuilles fraîches, juste après production) et DIOUL EL-DAR 2 (feuilles stockées pendant trois mois).	<b>47</b>

## **LISTE DES FIGURES**

<b>Figure 1 .</b> Vitesse de détérioration des aliments en fonction de l'activité de l'eau	<b>9</b>
<b>Figure 2.</b> Méthode de mesure de la perméabilité l'emballage (Diol Dar) à l'aide du dispositif AIMEMO.	<b>41</b>
<b>Figure 3.</b> Résultats de l'analyse microbiologique des levures dans Diol Al-Dar	<b>43</b>
<b>Figure 4.</b> Résultats de Colorimétrie système CIELAB des trois types de feuilles de brick : DIOUL EL-AYLA (référence), DIOUL EL-DAR 1 (feuilles fraîches, juste après production) et DIOUL EL-DAR 2 (feuilles stockées pendant trois mois).	<b>45</b>
<b>Figure 5.</b> Évolution de l'humidité relative intérieure et extérieure du bocal au cours du temps pour les emballages PET des feuilles de DIOULS : DIOULS EL-AYLA (A) et DIOUL EL-DAR (B).	<b>49</b>

# ***INTRODUCTION***

### Introduction

La qualité est un pilier fondamental de tout système de production. Elle bénéficie d'une attention croissante et ses définitions varient selon la perspective adoptée. Joseph Juran la définit comme « l'aptitude à l'emploi » (**Juran, 1974**), tandis que Crosby privilégie la conformité, affirmant que « la qualité signifie la conformité aux exigences ». De ces deux définitions, on peut conclure que la qualité ne se limite pas aux seules caractéristiques techniques d'un produit, mais inclut également sa capacité à répondre aux attentes et à la satisfaction des consommateurs. Dans ce contexte, le contrôle qualité revêt une importance primordiale, car il vise à garantir que toutes les étapes de la production sont conformes aux normes établies. Cet objectif est atteint grâce à l'utilisation d'outils tels que le contrôle statistique des processus (qualité), qui permet la détection précoce des écarts et le suivi de la qualité du produit avant sa mise sur le marché. Dans le contexte des produits alimentaires traditionnels, les feuilles de dioul (ou dioul bourak) sont un exemple marquant de l'intersection des dimensions culturelles et de la qualité industrielle. Ce produit occupe une place importante dans la cuisine maghrébine et est associé aux coutumes et aux occasions familiales. On le connaît sous différents noms, comme « melsouka » en Tunisie et « warqa » au Maroc. Sa préparation exige traditionnellement un savoir-faire manuel méticuleux. Les femmes, surtout en milieu rural, fabriquaient de fines feuilles transparentes utilisées dans la préparation de plats spéciaux tels que le boraq, le brik, le briouat et les cigares.

Cependant, cette tradition familiale a connu une évolution qualitative ces dernières décennies avec l'avènement de l'industrialisation. Des techniques de production inspirées du papier sulfurisé et du double laminage, utilisés dans d'autres domaines, comme la pâtisserie et la métallurgie, ont été adoptées. Les feuilles de diol sont désormais largement produites à l'aide de machines modernes et distribuées dans des contenants en plastique à domicile, notamment dans les grandes villes.

Les feuilles de diol sont classées comme des pains plats et fins, une tradition ancienne dans les pays méditerranéens et du Moyen-Orient. Elles sont consommées sous diverses formes : fraîches, moelleuses ou séchées. Ce type de pain présente des caractéristiques physiques distinctes. Il est souvent de forme circulaire, d'environ 45 cm de diamètre et de 1 à 2 mm d'épaisseur. Le pain moelleux est une source importante d'énergie et de protéines (**Pasqualone A et al., 2022**). Avec la transition vers la production industrielle, il est urgent de contrôler les propriétés et la durée de conservation de ce produit, compte tenu de sa courte durée de conservation lorsqu'il est stocké dans des conditions inappropriées.

Le pain de mie, y compris les feuilles de diol, est sujet à une altération rapide. Il dégage des odeurs désagréables et moisit après une courte période de stockage, notamment en cas d'activité de l'eau et d'humidité élevées. Plus de 90 % de l'altération microbienne du pain est attribuée à la colonisation fongique, ce qui représente un risque sanitaire et des pertes économiques importants. La contamination microbienne survient souvent après la cuisson, ou pendant le transport, le stockage ou le conditionnement. L'identification des espèces de moisissures responsables de cette altération est une étape clé vers le développement de méthodes de conservation efficaces (**Santos JLP et al.,2016**).

Sur la base de ce qui précède, cette étude vise à déterminer les propriétés physiques, chimiques et microbiologiques des feuilles de diol produites industriellement, en se concentrant sur l'effet des conditions de stockage (température ambiante et réfrigération) sur leur durée de conservation et leur qualité. Elle vise également à proposer des solutions pratiques pour prolonger la durée de conservation de ce produit, garantir sa sécurité pour les consommateurs et améliorer sa durabilité commerciale.

***CHAPITRE I.***  
***ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE***

### **1. Généralité sur le Dioul**

#### **1.1. Définition le Dioul**

Le brik (et les pains similaires tels que le borek et le briouat) sont originaires du Moyen-Orient, où ils ont évolué à partir du pain pita traditionnel. Au fil du temps, il a été raffiné et développé pour devenir plus délicat. Sa grande popularité est due à l'Empire ottoman, qui a joué un rôle majeur dans la diffusion de ce type de préparation alimentaire dans de vastes régions, notamment la Turquie, les Balkans, le Levant et l'Afrique du Nord (Tunisie, Algérie, Maroc et Liban). À l'époque ottomane, ces fines feuilles étaient préparées dans les palais impériaux tels que le palais de Topkapi à Istanbul, puis se sont répandues parmi divers groupes, des musulmans aux chrétiens orthodoxes, où elles étaient principalement utilisées dans la préparation de divers types d'aliments emballés tels que le sambusak, le brivat et le börek. Historiquement, la méthode consistait à mélanger de la farine avec de l'eau tiède pour former une pâte molle qui était étalée en couches très fines, utilisées comme enrobage pour les garnitures salées ou sucrées.

Ainsi, la feuille de brick est devenue un symbole du patrimoine culinaire commun des pays qui étaient sous l'influence de l'Empire ottoman, à l'exception du Maroc, qui a conservé une partie de sa singularité dans ce domaine ( **Hommes et Migrations, 2003** ).

#### **1.2. Composition de Dioul**

À l'origine, ce type de pain était un pain pita traditionnel de la cuisine du Moyen-Orient et était généralement consommé avec une variété de légumes et de viandes, soit de la volaille ou des fruits de mer, et parfois une combinaison des deux. La réduction maximale de l'épaisseur de la pâte a constitué une évolution qualitative dans ce domaine, puisqu'elle a été transformée en feuilles fines et flexibles, semblables à du papier ou à des emballages, les rendant ainsi adaptées à l'emballage de divers types de garnitures.

La pâte est préparée à partir d'environ 300 grammes de farine de blé, avec un certain nombre de cuillères à soupe d'huile et d'eau tiède ajoutées, puis elle est divisée en deux boules. Chaque boule est ensuite aplatie à la main sur une surface farinée jusqu'à ce qu'elle forme une forme ronde d'environ un mètre de diamètre et de moins d'un millimètre d'épaisseur. De cette façon, on produit des feuilles de pâte phyllo, originaires des régions orientales de l'Empire ottoman et des Balkans. (Des conservateurs tels que E20, E202 et E282 ont récemment été ajoutés pour les améliorer et les conserver plus longtemps.) ( **Hommes et Migrations, 2003** ).

##### **1.2.1 Farine de blé tender**

La farine de blé tendre est définie comme le produit résultant de la transformation des grains de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) ou de blé fendu (*Triticum compactum* Host.) ou d'une combinaison d'entre eux, par des procédés de mouture ou de concassage visant à éliminer une grande partie du son et du germe, le reste étant transformé en une poudre fine (**Codex, 1985**). La fonction principale de la farine de blé est de former un réseau de pâte cohésif lorsqu'elle interagit avec l'eau, ce qui en fait une matière première clé dans de nombreuses industries alimentaires.

### **1.2.2 semoules de blé dur**

La semoule de blé dur est définie comme le produit préparé à partir de la mouture de grains de blé dur (*Triticum durum* Desf.) à l'aide de techniques de mouture dans lesquelles le son et le germe sont presque complètement éliminés, ce qui donne un produit avec des grains d'un certain degré de finesse. La semoule de blé entier est produite selon une méthode similaire, en conservant un pourcentage de son et de germe (**Codex, 1991**). Ce type de semoule est adapté à la réalisation de pâtisseries présentant des propriétés sensorielles satisfaisantes en termes de texture et de saveur selon les exigences des consommateurs (**Trentesaux, 1993**).

### **1.2.3 Les conservateurs**

- Le groupe scientifique sur les additifs et les arômes alimentaires (groupe FAF) de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) a examiné le document intitulé « Stabilité de l'acide sorbique (E 200) et de son sel de potassium (E 202) pendant la transformation et le stockage des aliments ». Ce rapport synthétise les résultats d'études publiées examinant la stabilité et les produits de dégradation potentiels de l'acide sorbique et du sorbate de potassium dans diverses matrices alimentaires et systèmes modèles au fil du temps. Les investigations ont été menées dans divers systèmes, notamment des modèles aqueux, du fromage de soja, des produits à base de courge orange, des jus, des pâtes de poisson et de la viande à teneur en eau intermédiaire. Il a été noté que la stabilité de ces sorbates dans les aliments est influencée par plusieurs facteurs, tels que le pH, l'activité de l'eau, la charge microbienne, la composition des aliments (y compris la présence d'acides organiques, de protéines et d'autres additifs comme l'acide ascorbique en présence de sels de fer), la température de stockage et les conditions d'emballage (Thomas et Delves-Broughton, 2014). La plupart des études menées se sont concentrées sur l'évaluation de l'efficacité antimicrobienne des sorbates (**Maged Younes et al.,2019**).

- Les propionates sont des substances naturellement présentes dans l'alimentation humaine. L'acide propionique, en particulier, est produit par certains types de bactéries et peut être présent dans divers aliments et aliments pour animaux grâce à l'activité microbienne. Le

propionate de calcium (PC) est un sel organique formé par la réaction entre l'hydroxyde de calcium et l'acide propionique, de formule chimique  $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_5\text{COO})_2$ . Il se présente généralement sous forme de cristaux incolores hautement solubles dans l'eau (Pongsavee, 2019). Le PC est un additif alimentaire reconnu, classé sous le numéro E 282 dans le Codex Alimentarius, et est l'un des dérivés de l'acide propionique (E 280). Il est fabriqué par réaction de l'acide propionique avec de l'oxyde de calcium dans l'eau, en présence d'un agent flocculant. Le produit obtenu est ensuite filtré, séché par atomisation, tamisé et conditionné. Le propionate de calcium est largement utilisé comme conservateur en boulangerie industrielle, ainsi que dans l'alimentation animale et les produits cosmétiques ( Lieshchova et al.,2023).

### 1.2.4 Eau dans la farine et la pâte

La farine contient généralement environ 15 % d'eau en poids après mouture. Plus la teneur en humidité de la farine est élevée, plus elle est périssable. Cela est dû au fait que l'humidité active les réactions d'hydrolyse et d'oxydation et crée un environnement propice à la croissance des moisissures, des levures et des bactéries.

Lors de la préparation d'une pâte avec un rapport de 45% d'eau pour 100 grammes de pâte, une partie de cette eau (environ 10%) provient de l'eau déjà présente dans la farine, tandis que le reste est ajouté lors du pétrissage.

La présence d'eau dans la pâte est nécessaire car :

Permet à la pâte de se former lors du mélange des ingrédients. Stimule les réactions biochimiques nécessaires lors du pétrissage et de la fermentation.

Il agit comme un agent adoucissant, aidant à abaisser les températures auxquelles les protéines et les amidons commencent à passer de leur état solide à un état élastique et caoutchouteux (c'est-à-dire la formation de pâte)( Loïc LEVAVASSEUR , 2007).

### 1.2.5 Chlorure de sodium (NaCl)

En pâtisserie, le chlorure de sodium est un exhausteur de goût. Certains ont été ajoutés. Quelques minutes avant la fin du pétrissage, provoquant une augmentation soudaine de la consistance. Pâte (fillet, 2000). Les quantités ajoutées varient selon la recette et le type de pain. Il est fabriqué, mais généralement le dosage ajouté est d'environ 2% par rapport à la farine. Les directives du Plan national de nutrition et de santé recommandent des niveaux de chlorure de sodium. Inférieur ou égal à 1,7 %. Le premier effet de l'ajout de chlorure de sodium à la pâte est de modifier Force ionique du milieu. La distribution des interactions peut donc être modifiée.

Faibles énergies entre les protéines du gluten (**Preston, 1981**), ce qui réduit leur solubilité et En améliorant leur assemblage. Deuxième effet : Le chlorure de sodium est décrit comme un inhibiteur de LOX (**Nicolas, (1978)**).

### 1.3 caractérisation physico-chimique de pâtes alimentaires

la cuisson constitue un processus thermodynamique complexe caractérisé par des transformations physiques et chimiques majeures (**Sablani, 1998**). Sur le plan physique, elle se manifeste par des transferts de chaleur et de matière, influencés principalement par la température et la durée de traitement thermique. L'interaction entre ces deux paramètres – température et temps de cuisson – conditionne de manière significative les propriétés sensorielles des aliments, notamment l'arôme, la couleur et la texture. Cette interaction est particulièrement déterminante dans le cas des produits céréaliers, dont la qualité organoleptique représente un facteur clé dans l'acceptabilité par les consommateurs. En outre, le développement des caractéristiques sensorielles dépend également de la composition de la pâte, en particulier de la nature des ingrédients utilisés (**Fahloul et al., 1994 ; Sablani et al., 1998**).

Les transformations chimiques et rhéologiques intervenant lors de la cuisson sont étroitement corrélées à la teneur en eau du produit, à la température de traitement ainsi qu'au temps d'exposition thermique (**Thorvaldson et al., 1999**).

#### 1.3.1.pH

Le pH joue un rôle crucial dans la sélection et la croissance de la flore microbienne, car la plupart des micro-organismes se développent dans des conditions proches de la neutralité acide, qui correspond au pH dans le cytoplasme bactérien (**Brulé et al., 2007**). Le tableau 1 indique les limites de croissance maximales et minimales pour différents types de micro-organismes susceptibles d'entraîner une détérioration du produit.

**Tableau 1:** limites de croissance des micro-organismes (**Bourgeois et al., 1998**).

---

Micro-organismes	pH min	pH optimum	pH max
------------------	--------	------------	--------

---

<b>Bactéries</b>	4,5	6,5 à 7,5	9
<b>Bactéries lactiques</b>	3,2	5,5 à 6,3	9,2
<b>Levures</b>	1,5 - 3,5	4 à 6,5	8 – 8,5
<b>Moisissures</b>	1,5 - 3,5	4,5 à 6,8	8-11
<b>E. Coli</b>	4,3	6 à 8	9
<b>Staphylococcus</b>	4,2	6,8 à 7,5	9,3
<b>Salmonella</b>	4,5	6,5 à 7,5	9

### 1.3.2 Teneur en eau

La teneur en eau, dans le contexte des pâtes alimentaires et des feuilles de brick, se réfère à la quantité d'eau présente dans ces produits, exprimée en pourcentage du poids total. C'est un facteur important pour la qualité, la texture et la conservation de ces aliments. Elle dépend essentiellement de celle de la semoule ou farina employée ainsi que de l'eau ayant servi au malaxage. Mais la qualité est tributaire également des soins apportés dans la fabrication et notamment au séchage et à la conservation. Les bonnes pâtes doivent être bien sèches: la teneur maximale en humidité ne doit pas dépasser 12 ou 13% (**Boudreau et Ménard, 1992**).

### 1.3.3. Activité de l'eau (AW)

La conservation et la stabilité des produits alimentaires sont étroitement liées à l'activité de l'eau, symbolisée par « Aw ». Par exemple, la plupart des bactéries pathogènes ne se développeront que si la valeur Aw du nutriment est supérieure à 0,91. Le mouvement de l'eau dans les aliments multicouches peut également entraîner des modifications des propriétés sensorielles en raison de l'équilibre des pressions partielles de vapeur d'eau entre les différentes couches (**BARKA L , MERAHI D, 2022**).

L'activité de l'eau est mesurée à l'aide d'un appareil appelé compteur AW et repose sur le principe suivant :

L'activité de l'eau (Aw) est le rapport entre la pression de vapeur d'eau P au-dessus de la surface de la substance alimentaire et la pression de vapeur d'eau Po de l'eau pure, c'est-à-dire

$$AW = \frac{Pp}{Pe}$$

La valeur  $A_w$  de tout produit alimentaire est toujours inférieure ou égale à 1. Si cette valeur est proche de 1, l'eau du produit s'évapore facilement comme s'il s'agissait d'eau pure. Ici, nous disons que le produit contient de l'eau libre, ce qui est courant dans les produits biologiques à forte teneur en humidité. Si la valeur  $A_w$  est inférieure à 1, cela signifie que les ingrédients du produit retiennent de l'eau et réduisent sa capacité à s'évaporer. Ce type est connu sous le nom d'eau liée, qui est stabilisée à des degrés divers par absorption.

Les produits alimentaires contiennent généralement plusieurs types d'eau à la fois, à savoir :

- Eau gratuite
- eau faiblement liée
- Eau fortement liée

Plus le degré de liaison de l'eau à la substance est élevé, plus il est difficile pour elle de s'évaporer. Au cours du processus de séchage, l'eau libre est d'abord éliminée, puis l'eau faiblement liée et enfin l'eau fortement liée. Par conséquent, la quantité d'énergie nécessaire pour évaporer l'eau augmente progressivement à mesure que le processus de séchage progresse, car l'évaporation du dernier gramme d'eau nécessite beaucoup plus d'énergie que le premier gramme évaporé. (BARKA Lakhdar, MERAHI Djihane. 2022).

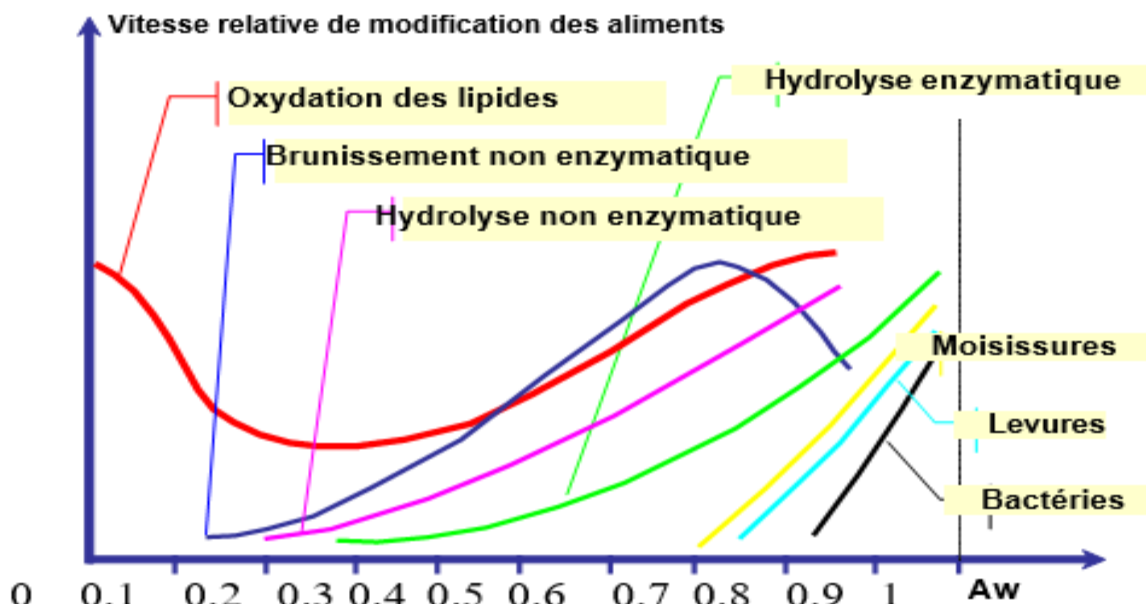


Figure 1: Vitesse de détérioration des aliments en fonction de l'activité de l'eau (BARKA L , MERAHI D, 2022).

### 1.3.4 couleur

La mesure de la couleur du blé a une importance principalement commerciale, Les consommateurs recherchent généralement des pâtes transparentes avec une belle couleur jaune ambrée. Il n'a aucune morsure. Elle est grandement influencée par le blé qui est placé.

Conditions de travail (teneur en pigments caroténoïdes et en lipoxigénase) et de broyage (Salmi et al., 2015). Le principe de mesure des couleurs repose sur l'analyse de l'énergie lumineuse.

Cela s'est également reflété dans un échantillon de pâte alimentaire à grains homogènes. Caractéristiques 03 composants : pointeur jaune, pointeur marron et indicateur Clarté, déterminée à l'aide d'un colorimètre Konica Minolta, modèle CR410 (KONICA MINOLTA, Japon).

### **1.4. Procédé de fabrication industriel de dioul**

Ce pain plat était à l'origine le pain pita traditionnel connu au Moyen-Orient, où il était servi avec un mélange de légumes, de divers types de viande, de volaille ou de poisson, et parfois tous mélangés ensemble. La véritable découverte a été de concevoir une méthode permettant de réduire au maximum l'épaisseur de la pâte, jusqu'à ce qu'elle devienne une feuille fine et flexible, utilisée comme couverture, vêtement ou emballage pour divers ingrédients alimentaires. Pour préparer cette pâte, mélangez 300 grammes de farine de blé avec un peu d'huile et d'eau tiède, puis pétrissez jusqu'à ce qu'elle devienne ferme et élastique, et divisez-la en deux boules. Étalez chaque boule sur un plan de travail fariné en un cercle d'environ 1 mètre de diamètre et d'une épaisseur maximale de 1 millimètre. C'est ainsi que la pâte filo est née dans les régions orientales de l'Empire ottoman, dans les Balkans, en Asie Mineure et au Levant (Wagda, 2005).

Le Maghreb est également connu pour la fabrication du dioul, une pâtisserie très fine et bien formée, selon une méthode bien spécifique. Tout d'abord, la pâte peut être réalisée à partir de farine ou de semoule fine et peut contenir ou non de l'huile. La principale différence entre la pâte filo et la pâte phyllo est leur texture ; ils sont tout aussi élastiques mais plus liquides et donc plus difficiles à manipuler. Ainsi, la crêpe fine sera créée non pas par un aplatissement obstiné, mais par un contact rapide de la pâte, appliquée en la touchant ou en la tapotant sur une surface chaude. Dans ce cas, la surface est une plaque de cuivre spéciale, avec un bord comme tous ses homologues mais plaqué d'étain sur sa face extérieure. Cette assiette ou ce plateau est placé pour préparer le malusqa (ou diol/warga) avec le bord vers le bas, soit sur une marmite relativement grande avec des braises légères, soit sur une marmite dans laquelle l'eau bout. Le processus semble presque magique : à partir d'une fine bande de pâte étalée sur une surface

légèrement huilée, on forme des feuilles fines et uniformes qui sont considérées parmi les meilleures( **Wagda ,2005** ).

Dans un environnement de production industrielle, le processus de fabrication de plaques de briques est hautement automatisé et standardisé pour garantir une efficacité et une qualité de produit élevées. Vous trouverez ci-dessous un procédé typique de fabrication de plaques de briques dans l'industrie :

## **Diagramme De Fabrication DIOUL**

### **Tamisage de la Farine**

### **Pesage**

Peser les ingrédients : Farine-Eau-Huile végétale- vinaigre-Sel-Conservateur.

### **Malaxage**

Mélanger les ingrédients pesés pour obtenir une pâte homogène.

### **Mise en report**

Conserver la pâte dans des cuves  
Pendant 24h À 16°C

### **Cuisson**

Faire cuire la pâte sur la plaque de cuisson chaude par étalement automatique.

### **Conditionnement**

Disposer les feuilles de Dioul en alternant avec les sachets d'intercalaire.

### **Mise en carton**

Emballer les paquets de Dioul dans l'emballage adéquat.

### **Stockage**

Entreposer les catons de produit fini dans chambres froides à une T° moins de 10°C.

### **2. Altération microbienne des pâtes alimentaires**

L'alimentation évolue au fil du temps, ce qui peut affecter, à des degrés divers, la qualité des produits ainsi que la santé des consommateurs. Ces changements peuvent entraîner des risques d'intoxication ou d'infection graves, ou altérer les propriétés sensorielles, commerciales et microbiologiques des aliments ( **Ait idir o et Ait haddad h ,2020.**) Des saveurs ou des odeurs désagréables peuvent apparaître suite à la production de métabolites par des micro-organismes, entraînant une biodégradation ayant un impact économique important. Cependant, les conséquences sur la santé publique ne doivent pas être négligées, même lorsque les micro-organismes ne sont pas pathogènes. D'autre part, la présence de micro-organismes pathogènes à des concentrations dépassant les limites acceptables met en péril la sécurité alimentaire, exposant ainsi les consommateurs à des maladies d'origine alimentaire (FBI) (**Naitali et al., 2017**).

#### **2.1. Principaux contaminants microbiens**

Les aliments sont rarement stériles, que ce soit en surface ou en profondeur. Ces matériaux sont généralement sujets à une contamination primaire, qui est ensuite aggravée par une contamination secondaire lors de différentes conditions de manipulation, de traitement ou de stockage.

Certains micro-organismes (tels que certaines bactéries, levures ou champignons) peuvent être présents sans présenter de risque pour les plantes ou les consommateurs. Cependant, d'autres micro-organismes sont pathogènes et peuvent constituer une menace importante pour la santé humaine.

De plus, certaines plantes ou certains micro-organismes provoquent une détérioration des aliments, ce qui peut avoir un impact négatif sur leur qualité commerciale et entraîner des pertes économiques importantes(**Ait idir o , Ait haddad h , 2020**).

##### **2.1.1. La flore totale aérobie mésophile (FTAM)**

Également appelés macrophytes ou macrospores, ces micro-organismes se développent en présence d'oxygène, avec une température optimale de croissance d'environ 30°C (**Dubi et Gavier, 2007**). Ils sont considérés comme des indicateurs techniques qui reflètent la charge microbienne totale dans les aliments. Lorsque le nombre dépasse  $10^5$  bactéries par gramme, cela indique que les processus de décomposition sont déjà en cours. Cette détérioration devient généralement évidente, révélant un manque d'hygiène à différentes étapes de la production (**Salivo et al., 2013**).

### 2.1.2. Les Coliformes

- **Coliformes totaux**

Ce groupe comprend de nombreuses espèces appartenant à la famille des Enterobacteriaceae. Ce sont des bacilles Gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz (dioxyde de carbone). Ils sont oxydase-négatifs, non sporulés et certaines souches d'E. coli de ce groupe sont pathogènes, tandis que d'autres sont opportunistes (**Karib et al., 2015**).

Ces bactéries servent d'indicateurs de la qualité microbiologique des aliments et permettent d'évaluer l'état de santé global (**Carib, 2008**). Sa présence dans les produits destinés à la consommation peut indiquer une contamination fécale potentielle

- **Coliformes thermo-tolérants**

Les bactéries coliformes thermorésistantes, également appelées bactéries coliformes fécales, sont des bactéries intestinales présentes dans le tube digestif des humains et des animaux. Il appartient à la famille des Enterobacteriaceae et est capable de pousser à une température de 44,5°C . Sa présence dans les aliments est un indicateur clair de contamination fécale, qu'elle soit humaine ou animale (**Theo, 2005**).

L'espèce Escherichia coli est le principal représentant de ce groupe. Les bactéries aérobies sont considérées comme la flore intestinale dominante . Cependant, certaines souches d'E. coli sont très virulentes, en particulier E. coli entérohémorragique. coli O157:H7 , responsable de maladies graves, voire mortelles. La détection de ces bactéries rend l'aliment impropre à la consommation et indique la présence éventuelle d'autres germes d'origine digestive (**Karib, 2008**).

### 2.1.3. Streptocoques

Les streptocoques sont des bactéries Gram-positives appartenant à la famille des Streptocoques. Elles se présentent sous la forme de cellules sphériques ou ovales de moins de 2 micromètres de diamètre. Ce sont des bactéries résistantes et qui nécessitent généralement des environnements complexes riches en divers facteurs de croissance. Ils peuvent apparaître en chaînes, en paires ou en tétrades et sont parfois de forme biconcave.

Ce sont des micro-organismes anaérobies oxytolérants , capables de se développer dans des environnements oxydants malgré l'absence de catalase, de cytochrome c et d'oxydase. De plus, ils ne convertissent pas les nitrates en nitrites (**Bush et Vazquez-Bertigo, 2023**).

À ce jour, il existe environ 160 espèces de streptocoques et de micro-organismes apparentés, répartis en 20 genres distincts, tels que *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Hierococcus*, *Gemella*, *Nasturtium*, *Pedicococcus*, etc. Ces bactéries colonisent divers habitats tels que les muqueuses et la peau des humains et des animaux, et se retrouvent également dans certains aliments comme le lait cru ou les produits laitiers fermentés.

Ces matières fécales sont considérées comme des indicateurs de contamination fécale et révèlent ainsi une mauvaise hygiène pouvant conduire à une intoxication alimentaire (**Waes, 1973**).

### **2.1.4. Salmonelle**

*Salmonella* est une bactérie Gram-négative, thermophile, appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae*. Ce sont des bactéries anaérobies facultatives, mobiles, capables de nitrification et de survie à basse température, jusqu'à 5°C, ce qui leur permet de résister à certains processus tels que la pasteurisation et les atteintes à la chaîne du froid.

De nombreux produits crus ou insuffisamment cuits (viande, œufs, lait, fromage, etc.) peuvent être contaminés par *Salmonella*. Chez l'homme, ces bactéries sont responsables de maladies telles que la gastro-entérite ou la fièvre typhoïde (**Gaüzère, 2023**), qui sont regroupées sous le terme général de salmonellose.

### **2.1.5. Levures et moisissures**

En général, les levures et les moisissures ne sont pas pathogènes. Ils jouent également un rôle bénéfique dans de nombreux processus de transformation des aliments, notamment la cuisson, la fabrication de boissons et la maturation du fromage (**Valley, 2023**).

Cependant, leur développement incontrôlé dans les aliments peut altérer leur qualité commerciale en modifiant les propriétés sensorielles telles que l'arôme, le goût et la couleur. Certaines espèces de moisissures sont capables de produire des mycotoxines, qui sont des substances toxiques pouvant provoquer une intoxication alimentaire si elles sont présentes en grandes concentrations (**Sherwana, 2018**).

## **2.2...Facteurs influençant le développent microbien**

### **2.2.1 ingrédients**

Dans les aliments préparés ou transformés, de nombreux ingrédients ou additifs sont ajoutés en quantités variables. Certains de ces ingrédients peuvent être une source potentielle d'altération ou de contamination par des micro-organismes pathogènes.

Certains ingrédients contiennent naturellement un pourcentage élevé de champignons ou de spores bactériennes. Par exemple, l'eau et la farine peuvent contenir des spores bactériennes thermophiles.

Il est donc essentiel d'établir des normes microbiologiques acceptables pour ces ingrédients afin de réduire le risque de transfert de micro-organismes aux aliments par l'intermédiaire des matières premières. **(Bibek Ray, 2005)**

### **2.2.2. manipulation**

Cette contamination se fait par contact direct, notamment par les mains (contamination). Matières fécales, y compris les germes responsables (staphylocoque, streptocoque, et contamination fécale (salmonelle, etc.) également par les vêtements.

Ces bactéries se transmettent principalement par la peau intacte, les plaies, les abcès ou les furoncles. Les plantes associées aux maladies humaines ont une origine similaire à celles associées aux maladies animales.

La pollution de l'air (toux, éternuements et gouttelettes respiratoires) rend également l'air riche en bactéries. L'air contient de la poussière chargée de germes (bacilles) et de bactéries non sporulées (microcoques).

Les équipements industriels sont une source de contamination, en particulier les surfaces poreuses (plan d'affaires), outils, machines, etc. Lors de la préparation des produits à partir de différentes matières premières, dont certaines contribuent particulièrement à microorganismes. **(GUIRAUD, 1998).**

### **2.2.3. cuisson**

La cuisson constitue une étape essentielle pour garantir la sécurité microbiologique des produits alimentaires, car elle joue un rôle direct dans la réduction ou l'élimination des micro-organismes pathogènes et altérants. La température est considérée comme le facteur le plus important, puisque la majorité des bactéries sont détruites à des températures comprises entre 60 et 100 °C. Il est impératif que la température au centre du produit atteigne au moins 70 °C afin d'assurer l'efficacité de la létalité thermique (FAO/OMS, 2009). De plus, la durée d'exposition à la chaleur influence directement l'efficacité de ce processus, et des « équations temps-température » sont utilisées pour déterminer le minimum requis pour l'inactivation microbienne **(ICMSF, 2005).**

Par ailleurs, la répartition de la chaleur à l'intérieur du produit affecte l'efficacité de la cuisson, car des zones froides dues à une distribution inégale de la chaleur peuvent permettre la survie des micro-organismes, notamment dans les produits à haute densité ou avec des farces (**Jay, 2000**). L'humidité relative et l'activité de l'eau ( $A_w$ ) jouent également un rôle dans le transfert de chaleur et le comportement des micro-organismes, car la chaleur peut réduire l'activité de l'eau, limitant ainsi la croissance microbienne. Toutefois, des environnements humides ou fermés peuvent maintenir des niveaux d'humidité favorables à la croissance si la chaleur appliquée n'est pas suffisante.

### **2.2.4. Normes microbiologiques applicables**

Une norme est un document de référence émis par un organisme reconstitué (comme l'AFNOR en France, le DIN en Allemagne, le BSI au Royaume-Uni, le NNI aux Pays-Bas, le CEN en Europe ou l'ISO pour la Coupe du monde). Elle est le fruit d'une collaboration entre les parties prenantes. Cette application est très populaire en raison de sa taille importante. Elle vise à apporter des solutions aux problèmes techniques et commerciaux actuels et à faciliter les échanges entre les acteurs économiques, scientifiques, techniques et sociaux. La norme est neutre, indépendante d'une marque ou d'un service spécifique, et contribue à l'intérêt général (**Alexandre L et al., 2000**).

### **2.2.5. l'ISO**

ISO est l'acronyme de l'Organisation internationale de normalisation. Bien que cet acronyme ne corresponde ni au nom de l'organisation en anglais ni en français, il a été choisi à partir du mot grec « iso », qui signifie « égal », afin d'unifier le nom et l'acronyme de l'organisation à l'échelle mondiale.

Les normes ISO visent à unifier les normes internationales dans divers domaines, sur la base de divers critères, notamment :

Sécurité , Production , Transport , Management , Environnement , Langues et symboles , Qualité , Information géographique, entre autres.

Cette unification contribue à faciliter le commerce mondial et à garantir un niveau uniforme de qualité et de sécurité des produits et services, tant pour les consommateurs que pour les organisations.

Parmi les normes ISO les plus connues, on trouve :

- ISO 9001 : Cette norme traite du système de management de la qualité et spécifie les exigences d'un système axé sur la qualité des produits et services et la satisfaction client.
- ISO 22000: La sécurité alimentaire est considérée comme l'une des normes les plus importantes reconnues à l'échelle mondiale, en particulier dans les chaînes d'approvisionnement alimentaire dans un monde globalisé.

### **2.3.. L'Institut algérien de normalisation (IANOR)**

IANOR est un établissement public à caractère industriel et commercial, créé par le décret exécutif n° 98-69 du 21 février 1998, modifié par le décret n° 11-20 du 25 janvier 2011.

L'Institut est chargé des missions suivantes :

- Élaboration, publication et diffusion des normes algériennes
- Approbation des marques de conformité et des labels de qualité, délivrance des licences d'utilisation et contrôle de leur utilisation conformément à la législation en vigueur
- Fourniture de la documentation et des informations relatives à la normalisation des produits
- Suivi de la mise en œuvre des accords internationaux de normalisation ratifiés par l'Algérie.

L'Institut est également l'interlocuteur officiel en Algérie pour les obstacles techniques au commerce, conformément à l'Accord sur l'Organisation mondiale du commerce.

#### **2.3.1. AFNOR (Association Française de Normalisation)**

Fondée en 1926, l'AFNOR est une association française régie par la loi de 1901, qui compte environ 2 500 établissements membres. Sa mission principale est de coordonner et de gérer l'élaboration des normes (systèmes) et de promouvoir leur application dans divers secteurs économiques.

AFNOR est officiellement reconnue par les pouvoirs publics français, et le ministère de l'Industrie est chargé de la coordination et du contrôle de ses travaux. AFNOR est l'organisme central du système français de normalisation et travaille en collaboration avec divers acteurs économiques et sociaux, ainsi qu'avec 25 bureaux de normalisation spécialisés et autres organismes professionnels.

AFNOR propose également des services spécifiquement destinés aux entreprises, notamment :

- Publication de normes
- Formation et procédures de certification (certifications de conformité).

### 3. Altérations physico-chimiques

#### 3.1. Altérations physico-chimiques

Le terme "altérations physico-chimiques" fait référence aux modifications des propriétés physiques et chimiques d'un aliment ou d'un produit au cours du temps, souvent causées par des facteurs environnementaux ou biologiques. Ces altérations peuvent influencer la qualité, la sécurité et la stabilité du produit.

Voici quelques exemples courants d'altérations physico-chimiques dans les aliments :

##### 3.1.1. Perte de texture (fermeté, élasticité, cohésion)

La texture des pâtes est déterminée principalement par la teneur en protéines (en particulier en gluten) et la qualité de l'amidon. La teneur élevée en protéines contribue à favoriser la formation d'une matrice protéique solide qui enveloppe les granules d'amidon, réduisant ainsi les pertes à la cuisson et augmentant la consistance des pâtes. En revanche, une teneur plus faible en protéines ou en gluten peut donner une texture plus douce et moins moelleuse. De plus, une cuisson excessive ou un séchage inapproprié peuvent altérer la structure des pâtes, affectant leur élasticité et leur consistance ( **Dib A ,2013**).

##### 3.1.2. Changements d'apparence et de couleur

Ces changements peuvent être détectés visuellement bien après l'apparition des odeurs. Dans un premier temps, il s'agit de petites zones présentant des caractéristiques variables en termes de Sa forme (ronde, plate, courbée, irrégulière, etc.). Son aspect (opaque, mat, brillant, rugueux, etc.) et/ou sa couleur (blanc, noir, jaune, rouge, etc.) Complications. Ces zones sont constituées de bactéries, de levures et de sécrétions muqueuses qui s'étendent jusqu'à la surface de l'aliment est recouverte d'une couche principalement collante et visqueuse : cette étape est On le décrit comme collant. La croissance des moisissures se caractérise par la formation de zones décolorées avec une croissance centrifuge. Ces zones peuvent apparaître de différentes manières (peau, rugosités, etc.).

Les changements de couleur se produisent à la suite d'un ou plusieurs phénomènes :

- Synthèse d'un ou plusieurs colorants par des micro-organismes. Toutes les couleurs sont possibles (blanc -Noir - Bleu - Vert - Jaune - Rouge..). Les genres les plus couramment utilisés

dans la production de colorants sont : *Micrococcus*, *Pseudomonas aeruginosa* , *Chromobacterium*, *Serratia*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Rhodotorula*.

- Conversion du pigment interne des aliments. Oxydation du carotène (perte de la couleur orange)

De nombreux produits végétaux, modifications de la myoglobine (nombreux dérivés bruns vert)( **Jean-Louis ,2016**).

### 3.1.3.Dessèchement

Les feuilles de brick, en raison de leur nature hygroscopique, ont tendance à absorber l'humidité de l'atmosphère, ce qui les fait changer de forme, coller les couches ensemble et perdre l'élasticité nécessaire au remplissage et à la cuisson. À l'inverse, l'exposition à une sécheresse extrême ou un stockage prolongé dans des conditions de faible humidité peut entraîner une « fragilité physique », où le papier perd sa flexibilité et devient cassant lorsqu'il est plié ou cuit, ce qui a un impact négatif sur sa qualité et réduit sa valeur marchande (**Polygon G , 2020**).

## 3.2. Risques microbiologiques pendant le stockage

Le stockage des aliments joue un rôle essentiel dans la prévention de la contamination microbienne. Des conditions de stockage inadéquates peuvent favoriser la croissance de micro-organismes pathogènes ou d'altération, menaçant ainsi la sécurité et la qualité des produits alimentaires.

Les principaux facteurs de risque microbiologiques pendant le stockage sont les suivants :

- ✚ Température : Des températures inappropriées (trop élevées ou instables) favorisent la croissance de micro-organismes tels que *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* et *E. coli*. Par exemple, *Listeria monocytogenes* peut se développer à des températures réfrigérées si elle est stockée pendant une période prolongée.

- ✚ Humidité relative : Une humidité excessive peut favoriser le développement de moisissures ou de levures, en particulier dans les produits secs ou stockés en vrac.

- ✚ Durée de stockage : Des périodes de stockage prolongées augmentent le risque de croissance microbienne, en particulier si les conditions ne sont pas parfaitement contrôlées.

- ✚ Contamination croisée : Un contact entre des produits crus et cuits, ou entre des produits contaminés et crus, peut se produire pendant le stockage si les règles d'hygiène ne sont pas respectées.

Un stockage adéquat dépend donc du maintien de la chaîne du froid, de la séparation des produits par type et du suivi régulier des normes environnementales ( **Ray b ,2005**).

### **3.3. Impact de la cuisson sur les propriétés physico-chimiques**

Le processus de cuisson-séchage constitue une étape cruciale dans la fabrication des feuilles de dioul, car il influence directement la qualité finale du produit en termes de texture, de maniabilité, de résistance mécanique et de couleur. Cette étape implique une interaction complexe entre les transferts de chaleur et d'humidité d'une part, et les modifications structurales des composants de la pâte d'autre part.

#### **3.3.1. Impact de la cuisson sur les propriétés physique**

##### **A. L'amidon**

L'amidon représente plus de 70 % de la matière sèche de la farine de blé, et joue un rôle déterminant dans la formation de la structure superficielle de la feuille de dioul pendant la cuisson. Lorsqu'on expose la pâte à une plaque chauffante, généralement entre 140 et 180°C, l'amidon amorce une gélatinisation partielle en surface, en absorbant l'humidité. Cela entraîne une cohésion superficielle après l'évaporation rapide de l'eau. En raison de l'épaisseur extrêmement fine de la feuille (moins de 0,5 mm), cette gélatinisation reste superficielle (**Darimont et al., 2022**).

##### **B. Les protéines (gluten)**

Sous l'effet de la chaleur, les protéines, en particulier le gluten, subissent une dénaturation thermique qui entraîne une perte de leur conformation native, formant ainsi un réseau souple qui améliore la résistance mécanique de la feuille. Ce changement est nécessaire pour assurer un équilibre entre flexibilité (pliage) et tenue mécanique lors du remplissage et de la cuisson (**Lassoud et al., 2005**).

##### **C. L'eau et l'humidité**

L'eau s'évapore rapidement pendant la cuisson, ce qui conduit à un séchage progressif de la surface vers l'intérieur. Un contrôle précis du temps et de la température est essentiel pour éviter à la fois la casse due à un dessèchement excessif, et le collage ou la dégradation en cas de séchage insuffisant ( **Emmanuel P ,2010**).

### **3.3.2. Impact de la cuisson sur les propriétés chimiques**

#### **A. Réaction de Maillard**

Malgré l'absence de sucres libres en quantité significative dans la pâte de dioul, une réaction de Maillard limitée peut avoir lieu à la surface, entre les protéines et certains produits de dégradation de l'amidon. Cette réaction est responsable de la légère coloration dorée observée en fin de cuisson, et constitue un indicateur de traitement thermique suffisant (**Pico et al., 20015**).

### **4.Stratégies conservation**

#### **4.1. Bonnes pratiques de fabrication**

Il est essentiel que les installations de production soient maintenues dans un état de propreté irréprochable et que les équipements utilisés soient en bon état de fonctionnement. Les BPF couvrent plusieurs aspects, notamment les programmes d'approvisionnement, le transport, le nettoyage et la désinfection, le calibrage des instruments, la maintenance régulière, l'approvisionnement en eau, ainsi que la mise en œuvre d'une politique efficace de gestion des nuisibles. De plus, il est nécessaire de tenir à jour un registre documentant l'ensemble des opérations (**Moll et Manfred, 1998**).

#### **4.2. Bonnes pratiques d'hygiène**

Les Bonnes Pratiques d'Hygiène (BPH) concernent l'ensemble des processus visant à garantir l'hygiène, c'est-à-dire la sécurité et la salubrité des aliments. Il s'agit d'actions dont les effets sur le produit final ne peuvent pas toujours être mesurés directement.

Selon le Code international, les principes généraux d'hygiène constituent une base solide pour garantir la sécurité alimentaire. Elles doivent être appliquées en complément des lois spécifiques en matière d'hygiène, ainsi que des règlements et directives qui fixent les normes microbiologiques.

Ces principes s'appliquent tout au long de la chaîne alimentaire, de la production primaire à la consommation finale. Des contrôles d'hygiène doivent être mis en œuvre à chaque étape pour garantir la qualité et la sécurité des produits alimentaires (**Moll et Manfred, 1998**).

#### **4.3. Maitrise du procédé**

Lors de la visite sur le terrain et de l'analyse pratique du processus de production de papier à l'usine Borak étudiée, il a été constaté que l'usine ne mettait pas en œuvre le système d'analyse des risques et de maîtrise des points critiques (HACCP). Cependant, un contrôle expérimental du processus de production est assuré.

Ce contrôle repose principalement sur l'expérience acquise par les travailleurs, car les étapes fondamentales telles que la préparation de la pâte, la cuisson de la feuille, le séchage, le refroidissement et l'emballage sont surveillées par une évaluation sensorielle (visuelle et tactile) plutôt que par des méthodes de mesure scientifiques précises.

Par exemple, la maturité du papier est jugée par sa couleur et sa texture, et les temps de cuisson et de séchage sont estimés sur la base de l'expérience.

Malgré la simplicité de ces méthodes, elles permettent à l'usine de produire un produit commercialement acceptable. Cependant, l'absence de documentation et de contrôle systématique constitue une faiblesse susceptible d'avoir un impact négatif sur la sécurité et la qualité des produits, notamment en cas de modification des conditions environnementales ou des ressources humaines.

### **Aspirations futures :**

Lors d'entretiens avec la direction de l'unité, les responsables ont exprimé leur souhait de mettre en œuvre progressivement le système HACCP à l'avenir, avec pour objectifs :

- d'améliorer la qualité et la sécurité du papier diol
- de répondre aux exigences du marché national et, éventuellement, d'exporter ultérieurement
- d'améliorer la traçabilité et le suivi des étapes critiques de la chaîne de production
- de renforcer la confiance des consommateurs et de faciliter l'obtention des certificats de conformité.

Par conséquent, la première étape consiste à passer du contrôle sensoriel traditionnel à un contrôle systématique et scientifique, par

- l'identification des points sensibles
- l'introduction d'instruments de mesure simples (température, temps, humidité)
- l'établissement de registres de surveillance quotidiens
- la formation des employés aux principes fondamentaux du système HACCP

Cette approche est considérée comme une étape de transition nécessaire vers la mise en place d'un système qualité plus efficace et durable.

### **4.4. Choix de l'emballage**

Le rôle de l'emballage alimentaire est souvent négligé, alors qu'il est essentiel au maintien de la qualité et de la sécurité des produits que nous consommons. L'emballage protège non seulement les aliments des contaminations externes, mais remplit également de nombreuses autres fonctions, telles que la conservation, la promotion et la facilité de transport( **Ait idir o ,Ait haddad h , 2020**).

L'industrie de l'emballage se divise en plusieurs branches, selon le type de matériau utilisé. Les plus courantes, par ordre décroissant d'utilisation, sont :

- Papier et carton : Cela comprend le carton ondulé et le carton ordinaire, utilisés par exemple dans les boîtes de céréales. Ils peuvent être blanchis ou non blanchis et sont souvent recyclables.
- Plastique : Différents types de plastique, tels que le PE, le PP et le PET, sont utilisés dans l'eau, les boissons gazeuses et de nombreux produits alimentaires.
- Verre : Il peut être utilisé transparent ou coloré et se caractérise par ses propriétés non réactives.
- Métal : Il est utilisé dans les boîtes métalliques pour les conserves.
- Emballage composite ou multicouche : Il est utilisé pour le stockage du lait, des jus de fruits ou des glaces.
- Bois : Il est utilisé pour emballer certains types de fromages ou des boîtes contenant des bouteilles d'alcool.

L'industrie agroalimentaire cherche constamment à développer de nouvelles solutions d'emballage qui contribuent à améliorer la qualité de l'air à l'intérieur de l'emballage, prolongeant ainsi la durée de conservation du produit. Certaines de ces innovations peuvent ralentir considérablement la détérioration des aliments, contribuant ainsi à préserver leur fraîcheur et leur saveur plus longtemps ( **Ait idir o ,Ait haddad h , 2020**).

### **5.Emballage**

Le mot « emballage » vient du verbe « emballer », qui signifiait à l'origine « mettre en balle ». Dans le secteur alimentaire, il s'agit de tous les matériaux utilisés pour protéger un produit, en préservant ses propriétés nutritionnelles, sensorielles et fonctionnelles tout au long de la chaîne de distribution, jusqu'à sa consommation finale.

Pour l'entreprise, l'emballage alimentaire est un outil essentiel pour assurer la sécurité et la sûreté du produit lors de son transport et de sa distribution, dans des conditions appropriées et à un coût maîtrisé. Il est important de ne pas confondre l'emballage avec le conditionnement,

qui fait référence au processus de placement d'un produit dans son contenant ( **Mezroua E,2020**).

### 5.1.Types d'emballage utilisés

Selon **Gent et al. (2007)** Nous distinguons trois grandes catégories d'emballages :

- **Emballage de vente (ou emballage primaire):** Il s'agit du premier contenant qui entre directement en contact avec le produit. Il est conçu pour être, sur le point de vente, l'unité destinée au consommateur final. Exemples : contenants de yaourt en plastique, en verre ou en carton ciré.
- **Emballage assemblé (ou emballage secondaire) :** Assemble plusieurs unités de vente destinées au consommateur final, sans modifier les caractéristiques du produit. Il peut être supprimé sans affecter l'intégrité du contenu. Exemple : Un lot de 4, 8 ou 12 pots de yaourt regroupés dans une boîte en carton.
- **Emballage et transport (ou emballage tertiaire) :** Ce type d'emballage facilite la manutention, le stockage et le transport d'un ensemble d'emballages secondaires. Il est utilisé pour protéger les produits pendant le transport et pour éviter les dommages physiques. Un exemple courant est l'utilisation de palettes recouvertes d'un film plastique pour lier les produits ensemble. Veuillez noter que ce forfait n'inclut pas les conteneurs utilisés pour le transport terrestre, ferroviaire, fluvial, maritime ou aérien (**Gent et al. (2007)**).

### 5.2.Caractéristiques du PET utilisé

L'emballage PET (polytéréphtalate d'éthylène) est un type d'emballage plastique largement utilisé, notamment dans l'industrie alimentaire et des boissons. Il s'agit d'un polymère thermoplastique appartenant à la famille des polyesters, reconnu pour sa transparence, sa légèreté, sa résistance mécanique, et sa barrière efficace contre les gaz (comme l'oxygène et le dioxyde de carbone)( **Tsochatzis et al.,2021** ).

#### 5.2.1.Comportement mécanique et thermique

Les PET sont fortement influencées par les conditions de fabrication et les méthodes de transformation. Le PET semi-cristallin présente une fragilité plus élevée que le PET amorphe, en raison de la structure physique et organisationnelle spécifique de la phase cristalline.

Par conséquent, nous présenterons les propriétés générales du PET amorphe et du PET semi-cristallin (voir Tableau 2).

**Tableau 2** : Principales propriétés du PET amorphe et du PET semi-cristallin  
(Kako L , 2008)

Propriétés PET	amorphe PET	semi-cristallin
<b>PHYSIQUES</b>		
Masse volumique (g/cm <sup>3</sup> )	1,30 – 1,34	1,47
Absorption (24H, en %)	0,16	0,1
<b>MECANIQUES</b>		
Contrainte seuil (MPa)	56	75
Allongement au seuil (%)	5	2,5
Module d'Young (MPa)	2000 – 2200	2600 – 2800
Allongement à la rupture (%)	200 - 300	70 – 100
<b>THERMIQUES</b>		
Température de fusion (°C)	-	255
Transition vitreuse (°C)	67	81

Le PET semi-cristallin présente une rigidité mécanique plus élevée en raison de sa cristallinité, mais celle-ci s'accompagne d'une augmentation marquée de sa fragilité, liée à la nature de sa microstructure. De plus, sa transformation ne lui permet pas d'atteindre rapidement l'équilibre thermique, ce qui entraîne une température de recristallisation ( $T_c$ ) élevée, supérieure à la température de transition vitreuse. Cette différence de température permet aux chaînes moléculaires de se réorganiser suffisamment pour atteindre l'état cristallin, l'état le plus stable du matériau (Kako L , 2008)

### 5.2.2. Propriétés barrières

PET semi-cristallin présente une faible perméabilité aux gaz, tels que le dioxyde de carbone présent dans les boissons gazeuses, ainsi qu'à certains solvants. Compte tenu de son utilisation dans les emballages alimentaires, l'évaluation de sa perméabilité est une étape clé. Cette évaluation est souvent réalisée à l'aide de solvants imitant les produits alimentaires, tels que l'eau, l'éthanol, l'acide acétique et les huiles (R. franz et F. welle, 2002).

Ces solvants extraient les substances susceptibles de migrer de l'emballage vers les aliments, puis les analysent pour en déterminer la quantité. Ce procédé permet d'éviter la contamination des aliments par des substances liées à l'emballage, telles que l'acétaldéhyde et

le formaldéhyde, qui peuvent se former lors de la décomposition thermique pendant les processus de fabrication, ce qui peut avoir un impact négatif sur la qualité et la sécurité des produits.

Ces propriétés de résistance aux gaz sont particulièrement importantes dans l'industrie de l'emballage des boissons gazeuses, où il est crucial de maintenir la stabilité des gaz dans la bouteille le plus longtemps possible. Le tableau 3 présente les propriétés barrières du PET en fonction de son degré de cristallinité.

**Tableau 3 : Propriétés barrières de PET amorphe et cristallin, T = 25°C**

**(A michaels et al., 1963)**

	<b>Coefficient de perméabilité (cm<sup>3</sup> x 113)</b>	<b>Coefficient de diffusion (cm<sup>2</sup>.s-1 x 106)</b>	<b>Solubilité (cm<sup>3</sup> x 106)</b>
<b>PET amorphe</b>			
Azote N <sub>2</sub>	0,011	0,0019	0,55
Oxygène O <sub>2</sub>	0,044	0,0045	0,98
Dioxyde de carbone CO <sub>2</sub>	0,227	0,0008	28
<b>PET semi-cristallin (40 %)</b>			
Azote N <sub>2</sub>	0,005	0,0013	0,45
Oxygène O <sub>2</sub>	0,026	0,0035	0,72
Dioxyde de carbone CO <sub>2</sub>	0,118	0,0006	20

D'après le tableau 3, PET est classé comme un matériau présentant une faible perméabilité aux gaz, notamment à l'oxygène. Il convient de noter que ces valeurs sont fortement influencées par les conditions de mesure, notamment la température.

Lorsque la cristallinité du matériau ou l'orientation de ses chaînes polymères augmente, comme c'est le cas lors des procédés d'étirage ou de soufflage, sa perméabilité diminue considérablement. En effet, l'agencement serré des molécules limite l'espace disponible pour le passage des molécules de gaz, même dans les films minces.

En général, l'obtention de propriétés barrières optimales pour un type particulier de PET nécessite un contrôle minutieux des procédés de transformation, car cela a un impact direct sur la structure et les performances du polymère dans les applications finales (A  
**michaels et al., 1963**) .

### **5.3. Perméabilité à l'humidité et à l'air**

Les plastiques couvrent une large gamme de matériaux devant assurer la perméabilité, ou inversement l'imperméabilité, aux gaz, à la vapeur d'eau, aux vapeurs organiques et même aux odeurs. Par conséquent, une sélection rigoureuse des composants de matériaux d'emballage souvent complexes permet d'obtenir les propriétés barrières nécessaires à la conservation de tout produit alimentaire ( **René L,1961**).

Il convient de noter à cet égard que la perméabilité des plastiques dépend de plusieurs facteurs, dont la cristallinité et l'orientation moléculaire du polymère. La cristallinité joue ici un rôle crucial : plus le polymère est cristallin, plus son imperméabilité est élevée. C'est le cas, par exemple, du polychlorure de vinylidène ou du polytétrafluoroéthylène. Le polyéthylène basse pression est également cité pour sa faible perméabilité à l'humidité ( **René L ,1961**).

Dans ce contexte, le polyéthylène téréphtalate (PET) semi-cristallin offre un bon compromis entre transparence, résistance mécanique et barrière à l'humidité et à l'air. Sa structure microcristalline limite la diffusion des petites molécules, ce qui en fait un matériau idéal pour les applications d'emballage alimentaire nécessitant une protection modérée contre l'oxygène et la vapeur d'eau. Plus la phase cristalline se développe, plus sa perméabilité diminue, car les chaînes polymères deviennent densément compactées, empêchant le passage des gaz.

**Tableau 4.** Perméabilité à l’oxygène (23°C 50 % ou 0 % d’humidité relative) et à la vapeur d’eau (23°C, 85 % d’humidité relative) et transition vitreuse de plusieurs polymères, d’après Lange et Wyser, 2003.

Polymère	Perméabilité à l’oxygène (cm <sup>3</sup> mm/(m <sup>2</sup> .jour.atm))	Perméabilité à la vapeur d’eau (gmm / (m <sup>2</sup> jour))	Température de transition vitreuse (°C)
PET	1-5	0,5-2	73
PP	50-100	0,2-0,4	-10
PE	50-200	0,5-2	-110
PS	100-150	1-4	90
PVC	2-8	1-2	
PEN	0,5	0,7	
PA	0,1-1 (sec)	0,5-10	50 à 60
EvOH	0,001-0,01 (sec)	1-3	

#### 5.4. Influence de la température sur les performances des films d’emballage

La température influence tous les phénomènes cinétiques et thermodynamiques et modifie donc les coefficients d'absorption, de diffusion et de perméabilité selon la loi d'Arrhenius :

$$p = P_0 e \times p(-E_{a,p}/RT) \quad \text{Équation 1}$$

$$D = D_0 e \times p(-E_{a,D}/RT) \quad \text{Équation 2}$$

$$S = S_0 e \times p(-\Delta HS / RT) \quad \text{Équation 3}$$

Où  $E_{a,p}$ ,  $P$  et  $E_{a,D}$  représentent les énergies d'activation apparentes pour la perméabilité et la diffusion (kJ/mol),  $\Delta HS$  représente l'enthalpie d'absorption ou chaleur de solubilité (kJ/mol), et  $P_0$ ,  $D_0$  et  $S_0$  représentent les valeurs de référence (facteurs préexponentiels) pour la perméabilité, la diffusion et la sorption.  $R$  est la constante des gaz parfaits (8,3 kJ/mol.K) et  $T$  est la température absolue (K).

D’après l’équation 1, il s’ensuit l’équation suivante :

$$E_{a,p} = E_{a,p} \times \Delta HS \quad \text{Équation 4}$$

Pour les gaz et les vapeurs, y compris la vapeur d'eau,  $\Delta H_S$  est négatif, indiquant que la solubilité (ou la sorption) diminue avec la température.  $E_a, D$  est souvent positif, indiquant que la diffusion augmente avec la température (**Rogers, 1985**).

La perméabilité peut augmenter ou diminuer avec la température, selon que les phénomènes de transport sont contrôlés par la thermodynamique ou la cinétique. Plusieurs chercheurs (**Landmann et al., 1960 ; Biquet et Labuza, 1988 ; Fennema et Kester, 1991**) ont observé que la perméabilité pouvait augmenter avec la baisse de la température. Ce phénomène a été attribué à une hydratation accrue des groupes polaires, à une solubilité accrue dans l'eau, à une température de transition vitreuse plus basse ou à la présence de défauts structuraux.

Dans les membranes hydrophiles, telles que les membranes protéiques, la valeur  $E_a, P$  est négative, ce qui indique que l'adsorption joue un rôle important dans le processus de transport. D'autres études ont montré que des modifications de la structure membranaire peuvent entraîner une diminution de l'énergie d'activation de la perméabilité, comme l'ont observé **Gontard et al. (1992)** lors de la transition vitreuse des membranes protéiques, lors de l'incorporation de lipides dans des membranes composites.

En général, quels que soient le type de membrane et les conditions d'humidité, le flux de vapeur d'eau (ou coefficient de perméabilité) augmente toujours avec la température, ce qui entraîne une augmentation de l'activité de l'eau, comme l'ont noté plusieurs chercheurs (**Biquet et Labuza, 1988 ; Kaya, 2000**). Cependant, lorsque l'augmentation du flux est inférieure à l'augmentation de la pression partielle de vapeur d'eau, la perméabilité diminue avec la température. En effet, l'effet de la température sur l'adsorption de vapeur dans la membrane est supérieur à son effet sur la diffusion. Par conséquent, la perméabilité peut augmenter ou diminuer avec la température, selon que l'adsorption ou la diffusion est le phénomène dominant.

### Objectif de l'étude

Cette étude pilote vise à évaluer la qualité microbiologique et physico-chimique du DIOUL EL-DAR et à étudier la perméabilité de l'emballage et sa capacité à protéger le produit de l'humidité extérieure, préservant ainsi ses propriétés physiques et chimiques, ainsi que sa stabilité au stockage. Cette étude établit la sécurité microbiologique du produit final en détectant des bactéries indicatrices (par exemple, *E. coli*, *Staphylococcus*, *Salmonella*, levures et moisissures) et en déterminant ses propriétés physiques et chimiques. Nous cherchons à comprendre l'impact de ces variables sur la qualité du produit final. Cette compréhension est essentielle pour améliorer les formulations du DIOUL EL-DAR et proposer des produits de haute qualité répondant aux attentes des consommateurs en termes de goût et de texture. Les

## *Chapiter I. Étude Bibliographies*

---

paramètres physiques et chimiques évalués comprennent l'eau activée (AW), la couleur (analysée à l'aide d'un colorimètre) et le coefficient d'absorption (déterminé par gravimétrie). Nous étudions également l'effet du stockage (durée, température et emballage) sur la stabilité des propriétés microbiologiques et les modifications de l'apparence du produit final. Notre étude porte sur les analyses microbiologiques, physiques, chimiques et de perméabilité de l'emballage, en les comparant aux résultats du produit DIOUL AL-AILA et aux normes de qualité algériennes et internationales. Elle se concentre également sur la sécurité alimentaire.

***CHAPITRE II.***  
***MATÉRIEL ET MÉTHODES***

### **1. Lieux de stage**

Ce travail de recherche a été réalisé en collaboration avec DIOULS EL-DAR , une entreprise qui produit des pâtisseries en brique Dioul, et dont l'usine est située à Bou Saada.

Une partie de ce projet a également été mise en œuvre dans les laboratoires du département pour réaliser des analyses microbiologiques .Analyses physiques et chimiques au niveau du laboratoire des sciences alimentaires Département de biochimie et de microbiologie, Université de M'sila

### **2. Ingrédients pour préparations le DIOULS EL-DAR**

Le produit étudié est le DIOULS EL-DAR , composé de :

- Farine de blé tendre
- Farine de blé dur en faible quantité
- Huile
- Sel
- Conservateurs
- Vinaigre

### 3. Matériels

#### 3.1 Matériaux utilisés dans l'analyse microbiologique et physico-chimiques

Appareillage	Verrerie	Milieux de culture
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agitateur magnétique (RAYPA)</li> <li>- Bain-marie (NUVE BATH)</li> <li>- Balance électronique (ZENTI)</li> <li>- Bec Bunsen</li> <li>- Compteur de colonies</li> <li>- Fours réglés à différentes températures (30°C, 44°C, 25°C, et 130°C) (MEMMERT)</li> <li>- Microscope optique (HUND WETZLAR)</li> <li>- Balance analytique de précision (KERN 770)</li> <li>- le chroma mètre MINLOTA CR-400</li> <li>-pH-mètre</li> <li>- l'activi-mètre ( rotroni)</li> <li>- Biuret</li> <li>- Capsules en verre</li> <li>- Dessiccateur</li> <li>-Autoclave</li> <li>- Pincés, ciseaux spatules, anse à boucle....</li> <li>- les capsules</li> <li>- une cuvette</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-boîtes de Petri stériles</li> <li>- Éprouvettes graduées</li> <li>- Flacons et béchers</li> <li>- Pipettes graduées stériles et pipettes Pasteur</li> <li>- Tubes à essai</li> <li>- Cloches de Durham</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Bouillon au sélénite de sodium simple ou double concentration (SFB)</li> <li>-Gélose nutritive</li> <li>- Gélose Oxytétracycline Glucose (OGA)</li> <li>-Bouillon BCPL</li> <li>-Milieu de Giolitti Cantoni (GC)</li> <li>-Gélose (SS)</li> <li>- Tryptophane- sel-eau (TSE)</li> <li>-L'eau physiologique</li> </ul>

### 4. Analyses microbiologiques

Dans cette étude, une surveillance microbiologique a été réalisée sur trois types d'échantillons de Diol Aldar : un ancien échantillon, un nouvel échantillon et la pâte usagée. Les micro-organismes suivants ont été étudiés : bactéries aérobies thermophiles, levures et

moisissures, coliformes fécaux et Salmonella. Et les staphylocoques. Les premières étapes mises en œuvre comprenaient l'inspection et la désinfection des équipements (fours, autoclaves, micromètres, etc.), en plus de la préparation du plan de travail et du matériel nécessaire.

Les analyses microbiologiques ont été réalisées en plusieurs étapes de base, selon la norme NA JO N : 17/39. Il s'agit notamment de la préparation des matériaux et milieux de culture, de la collecte d'échantillons, de la préparation des suspensions mères, de la réalisation de dilutions décimales, de l'inoculation, de l'incubation et enfin du comptage des colonies (**Benner et al., 2007**).

### **4.1. Préparation des matériaux et des milieux de culture**

La préparation du milieu de culture microbiologique est réalisée selon une approche standardisée qui garantit la stérilité et l'efficacité du milieu de croissance. Tout d'abord, les composants du milieu – qu'il s'agisse de matériaux séchés individuels ou d'un mélange prêt à l'emploi sous forme séchée – sont soigneusement pesés puis dissous dans un volume approprié d'eau distillée, en respectant les proportions indiquées par le fabricant ou la norme en vigueur.

Une fois la dissolution complète assurée, la solution obtenue est stérilisée en autoclave, sous vapeur haute pression (température 121°C, pression 1 bar, pendant 2 heures). Cette étape vise à éliminer toute forme microbienne viable qui pourrait affecter les résultats des cultures.

Après stérilisation, le milieu de culture est maintenu à une température constante de 47°C à l'aide d'un bain-marie thermostaté. Cette température est considérée comme idéale pour éviter une solidification prématurée (notamment dans le cas du milieu gélosé) tout en conservant ses propriétés physiques et chimiques. Il est indispensable d'utiliser le milieu dans un délai maximum de 4 heures après la stérilisation pour garantir sa sécurité.

Parallèlement, tout le matériel destiné à entrer en contact avec le milieu de culture (tels que béchers, pipettes, cuillères, pailles, etc.) subit un nettoyage approfondi suivi d'une stérilisation, généralement à l'aide d'un autoclave à vapeur, afin d'éviter toute contamination croisée lors des manipulations expérimentales (**NA JO N : 17/39**).

### **4.2. Préparation de la solution mère**

Dans un flacon contenant 90 ml de diluant, un échantillon de farine de 10 grammes (échantillon profond) est placé et agité au vortex pour former une suspension 10-1. Le diluant utilisé est du sérum physiologique stérile à 121 °C/1 bar pendant 15 minutes. Les dilutions décimales sont préparées en mélangeant un volume spécifié de la suspension avec un volume égal de diluant (9 fois le volume initial). Ce processus est répété pour chaque dilution ainsi

préparée jusqu'à l'obtention d'un ensemble de dilutions décimales adaptées à l'inoculation des milieux de culture.

### 4.3. Préparation des ensemencement et incubation

#### 4.3.1.Recherche de Salmonella

Peser aseptiquement 25 g de l'échantillon dans un erlenmeyer à l'aide d'une balance de précision et ajouter 225 ml du milieu de pré-enrichissement (TSE). Après homogénéisation, incubé à 37°C/16 à 20h (La revivification).

- Après incubation, transférer 10 ml de la solution pré-enrichie dans un tube à essai et dessus ajouter 150 ml de bouillon au sélénite de sodium (SFB) + l'additif puis incubé à 37°C/24h.
- La formation d'un trouble orange indique la présence de Salmonelles,
  - On réalise un isolement sur le milieu SS et DCLS pour chercher et dénombrer les Salmonelles (NA 10.97.60).

#### 4.3.2.de Staphylococcus aureus

##### *-Enrichissement*

c'est une étape de revivification qui consiste à porter 1ml de chaque dilution dans 15 ml de milieu GC (Giolliti Cantonii), additionné de Téliurite de potassium,

après homogénéisation, on incube à 37°C pendant 24h à 48h. Les tubes ayant virées au noir seront considérés positifs.

##### *-L'isolement*

a partir les tubes positifs, on fait l'isolement sur Chapman préalablement fondue, coulée en boîtes de pétri. Les boîtes de Chapman ensemencées seront incubées à 37°C pendant 24h à 48h.

- La lecture consiste à dénombrer les colonies de taille moyenne, lisse, brillante et pigmentées en jaunes (NF V08-057).

#### 4.3.3. Recherche de Escherichia coli

Le principe se décompose en deux étapes :

##### *1.Étape présomptive*

## CHAPITRE II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

---

Inoculer l'échantillon à tester, dilué ou non, dans une série de tubes présomptifs : bouillon au pourpre de bromocrésol et lactose (BCPL), qui permet la croissance non sélective d'E. coli, puis incuber à  $37\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  pendant 24 et 48 heures.

Les tubes sont recouverts de cloches de Durham pour détecter les émissions de gaz.

**Tubes positifs** : turbidité (croissance bactérienne) + changement de couleur du milieu du violet au jaune (fermentation du lactose) + émission de gaz dans la cloche de Durham (1/10).

### 2.Étape de confirmation

Repiquer les tubes positifs dans des milieux plus sélectifs : bouillon au vert brillant bile et lactose (BLBVB) et/ou Schubert, incubés pendant 24 heures.

-Bouillon au vert brillant bile et lactose (BLBVB) : à  $44\text{ °C}$  pour détecter les E. coli thermorésistants.

Schubert : À  $44\text{ °C}$  pour détecter E. coli.

Les tubes sont recouverts de cloches de Durham pour détecter l'émission de gaz.

**Tubes positifs (BLBVB)** = turbidité (croissance bactérienne) + changement du milieu du rouge au jaune (fermentation du lactose) + émission de gaz dans la cloche de Durham (1/10).

Indique la présence de coliformes fécaux.

**Tubes positifs (Schubert)** = turbidité + anneau rouge à la surface après ajout du réactif de Kovacs (indole +). Indique la présence d'E. coli (**NA JO N° 64** ).

### ➤ Expression des résultats

À partir des tubes positifs, à l'aide du tableau de McGrady, le nombre de coliformes ou de coliformes thermorésistants pour 100 ml d'échantillon sera déterminé selon la formule suivante :

$$\frac{NPP}{d}$$

### 4.3.4.Recherche des levures et moisissures

Ce test repose sur l'utilisation d'un milieu de culture sélectif (OGA) sous forme solide (gelée), acidifié et additionné d'un antibiotique (oxytétracycline) pour inhiber la croissance bactérienne et ne permettre que la croissance fongique.

### ➤ Méthode

#### 1. Préparation du milieu

-Un flacon de milieu OGA est préparé puis refroidi à 45 °C.

-Le milieu est versé dans trois boîtes de Pétri et laissé à solidifier sur la paillasse.

#### 2. Ensemencement

-L'ensemencement est réalisé par la méthode de surface, en déposant 1 ml de chaque dilution ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ) à la surface du milieu de chaque boîte.

-La suspension est répartie sur toute la surface à l'aide d'une règle en verre stérile.

-Deux plaques supplémentaires contenant du milieu OGA non ensemencé sont préparées pour servir de témoins.

#### 3. Incubation

-Les plaques sont incubées à une température comprise entre 20 et 25 °C pendant 5 jours.

#### 4. Lecture et comptage

-Les colonies fongiques apparaissent sous forme d'épaisses formations, colorées ou incolores, et parfois invasives.

-Le comptage est effectué sur des plaques contenant entre 15 et 300 colonies.

-Le nombre de champignons est calculé en multipliant le nombre de colonies par l'inverse de la dilution utilisée (NA.758/1990).

### 4.Expression du résultat

#### ➤ Dénombrement des colonies

Le nombre de micro-organismes est exprimé en unités formant colonie (UFC) selon la formule suivante :

$$N(\text{UFC}) = \frac{\sum C}{(V \times n1 + 0,1n2) \times d}$$

N (UFC) = ...(Insérer la formule si nécessaire)

Où :

N : Nombre total de micro-organismes exprimé en unités formant colonie ;

c : Nombre de colonies dénombrées dans une boîte de Petri sélectionnée ;

V : Volume d'inoculant dans chaque boîte (en ml) ;

$n_1$  et  $n_2$  : Nombre de boîtes retenues respectivement à la première (la plus faible) et à la deuxième (la plus élevée) dilution (**selon XP V08-102, 1998**).

### ➤ Critères de sélection des boîtes de Petri

- Pour le dénombrement des levures et des moisissures, ainsi que des levures et moisissures osmotiques, seules les boîtes contenant entre 10 et 150 colonies sont prises en compte.

- Pour les autres types de micro-organismes, les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies sont considérées comme valides.

### ➤ Cas particuliers - Colonies invasives

-Si une colonie est invasive, elle doit être comptée comme une seule unité, quelle que soit sa taille.

-Si moins d'un quart de la boîte est envahi, seules les colonies de la zone non envahie doivent être comptées, puis le total pour la boîte entière doit être calculé. \* Si les colonies invasives envahissent plus d'un quart de la boîte, elles sont considérées comme ininterprétables et doivent être exclues du dénombrement (**NT.16.45-1/2001**).

## 5. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques de notre étude ont porté sur : - La détermination du pH, de l'humidité, de la teneur en eau et de l'activité de l'eau des diols nouveaux et anciens produits par les diols Aldar et les diols de la famille.

### 5.1. Teneur en eau

Généralement comprise entre 11.0% et 14.0%, elle est également importante dans le commerce puisqu'elle peut conditionner le prix de la marchandise. La teneur en eau du blé ne doit pas cependant dépasser 16% car le blé devient susceptible d'évoluer spontanément (échauffement et germination).

### ➤ Principe

Broyage éventuel d'un échantillon de 5g après conditionnement, si nécessaire. Séchage d'une prise d'essai à une température entre 130°C et 133°C, dans des conditions permettant

d'obtenir un résultat concordant avec celui qui est obtenu par la méthode de référence fondamentale.

### ➤ **Mode opératoire**

-Préparation des capsules :

Avant utilisation, les capsules découvertes et leurs couvercles doivent :

1- sécher à l'étuve durant 15 min à 130°C,

2- refroidir dans le dessiccateur jusqu'à la température du laboratoire (entre 30 min et 45 min).

- Broyer l'échantillon jusqu'à homogénéité.

- Peser les capsules avant utilisation.

-Mettre l'échantillon dans les nacelles.

- Introduire les capsules découvertes dans étuve et les y laisser séjourner pendant 2 heures. Temps compté à partir du moment où la température de l'étuve est à nouveau comprise entre 130°C et 133°C.

-Le temps d'étuvage écoulé, retirer rapidement la capsule de l'étuve et la placer dans le dessiccateur où elle restera jusqu'à atteindre la température du laboratoire (en général entre 30 et 45 min). La peser ensuite à 1 mg près (**ISO 712/2009**).

### **5.2. Test de couleur**

L'évaluation de la couleur se fait soit visuellement, soit instrumentalement. Le consommateur apprécie visuellement la teinte du produit mais il ne conserve pas toujours en mémoire les intensités voisines. Pour cela, il est judicieux de mesurer la couleur instrumentalement qui est usuellement mesurée en coordonnées trichromatique L, a, b. La couleur est quantifiée à l'aide d'un analyseur de couleur : le chroma mètre MINLOTA CR-400. Il s'agit d'un analyseur de couleur composé d'une tête de mesure qui présente une surface de 8mm de diamètre associée à un calculateur. Son principe repose sur l'émission de la lumière par une source à arc de xénon sur la surface l'échantillon sous un angle de zéro degré. Les rayons réfléchis par l'échantillon seront captés par les six cellules photoélectriques à haute sensibilité afin d'être analysé par un processeur qui calcule les valeurs tri stimuli dans l'espace de couleur L, a, b sur l'échelle de HUNTER.

Sur l'écran du calculateur, il sera affiché 3 valeurs qui sont :

**L** : représente une approximation mathématique non linéaire de la réponse de l'œil aux couleurs noires et blanches, elle correspond à 100 pour le blanc et 0 pour le noir.

**a** : varie entre -60 et +60 indiquant respectivement la dominance du vert et celle du rouge.

**b** : varie de -60 pour les nuances du bleu, à +60 pour les nuances du jaune.

Dans le cas des pâtes alimentaires ; ces termes signifient successivement :

**b** : Indice de jaune

100-L : Indice de brun

**a** : Indice de rouge

**L** : La brillance ou de luminance

4.3 . Mesure de pH

### ➤ Principe

Mesurage de la différence de potentiel entre deux électrodes, plongées dans le liquide à analyser.

### ➤ Préparation de l'échantillon

L'échantillon est préparé selon le protocole suivant : 10g de produit broyé et homogénéisé sont mélangés avec 90 ml d'eau distillée dans un bêcher. Le pH est directement mesuré à l'aide d'un pH-mètre préalablement étalonné par deux solutions tampons de pH 4 et 7(ISO 1842, 1991) .

### 5.3.Mesure de l'activité de l'eau

On remplit environ 5g du produit broyé dans une cuvette à échantillon. Celle-ci est par la suite placée dans l'enceinte de mesure, et l'acti-mètre( rotroni) est mis en marche.la valeur de l'activité de l'eau est lu directement.

### 5.4.Mesure de l'humidité

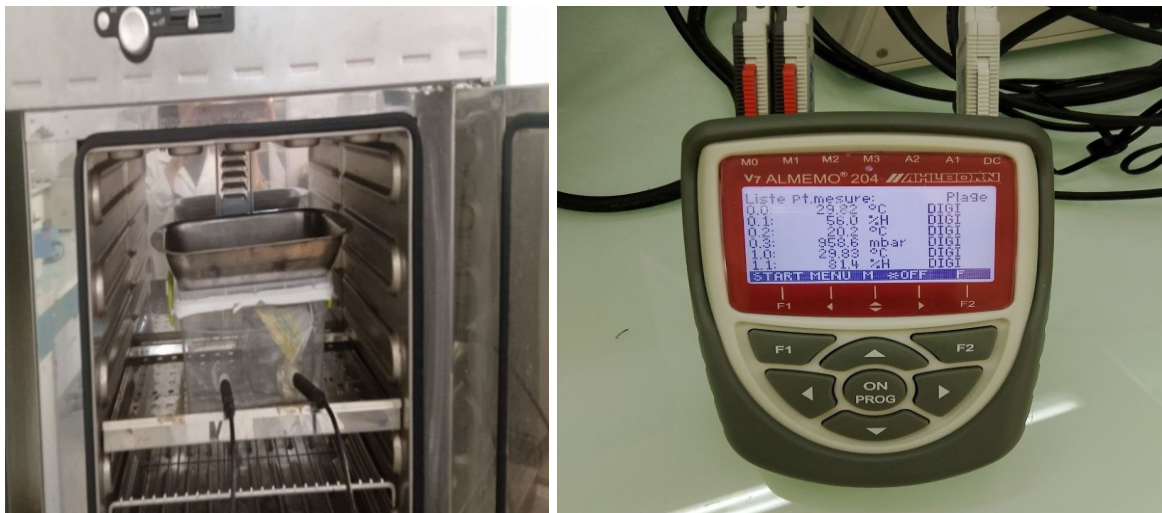
#### ➤ Principe

Mesure de la perméabilité des emballages PET à l'humidité en suivant l'évolution de l'humidité relative à l'intérieur et à l'extérieur d'un contenant emballé lorsqu'il est exposé à une température constante (dans un four thermique).

### ➤ Mode opératoire

- Placer la petite boîte dans une grande boîte fermée.
- Couvrir la petite boîte avec un joint diol.
- Placer une source d'humidité à l'intérieur de la grande boîte et la recouvrir entièrement.
- Insérer la première sonde dans la petite boîte (pour mesurer l'humidité relative et la température intérieures).
- Insérer la deuxième sonde dans la grande boîte (pour mesurer l'humidité relative et la température extérieures).
- Placer l'ensemble du système dans un four à température constante (30 °C).
- Enregistrez les valeurs avec l'appareil ALMEMO toutes les 10 minutes pendant une heure et demie

**Figure 2.** Méthode de mesure de la perméabilité l'emballage (DIOUL EL-DAR ) à l'aide du dispositif ALMEMO.



*CHAPITRE III*  
**RÉSULTATS ET DISCUSSION**

### 1. Discussion des résultats microbiologiques

Français D'après les résultats obtenus et présentés dans le Tableau 5, nous avons observé une absence totale de bactéries pathogènes ayant des implications sanitaires (telles que les coliformes fécaux, Salmonella et Staphylococcus aureus) au fil du temps et dans toutes les unités incubées. Ceci est très probablement dû à la température de cuisson très élevée qui a conduit à leur destruction et à la température de stockage qui a empêché leur émergence et leur multiplication, car ces bactéries ne se développent pas à très basse température. **Bourgeois et al. (1996)** ont rapporté que les bactéries pathogènes ne se développent normalement pas à des températures de réfrigération. Comme pour tous les aliments, les maladies d'origine alimentaire résultent toujours d'une rupture de la chaîne du froid. Un grand nombre de levures a également été observé dans le produit final de papier de brique, dépassant 300 unités formant colonie par gramme. Ce chiffre dépasse la limite acceptable selon le décret exécutif algérien (**Journal officiel**) du 2 juillet 2017, relatif aux normes microbiologiques des denrées alimentaires. La limite est la suivante :

- La limite acceptable pour la plupart des échantillons est de 1 000 unités formatrices de colonies (UFC/g).
- La limite maximale autorisée pour un échantillon est de 100 000 UFC/g.
- Le nombre maximal d'échantillons pouvant dépasser 1 000 unités formatrices de colonies (UFC/g) sans dépasser 1 000 unités formatrices de colonies (UFC/g) dans un lot de cinq échantillons est de 2 UFC.

Étant donné que les résultats ont dépassé la limite acceptable de 1 000 unités formatrices de colonies (UFC /g), tout en restant inférieurs au maximum de 1 000 unités formatrices de colonies (UFC/g), tous les échantillons testés se situaient dans la plage standard. La grande variation ( $p < 0,05$ ) du nombre total de levures dans les échantillons peut être attribuée aux différences de température de stockage, de teneur en humidité, d'activité de l'eau et de perméabilité de l'emballage, facteurs qui influencent la croissance microbienne et des moisissures (**Jideani VA ,2019**). Français Lorsque la température de stockage est passée de 4 à 25 °C, la durée de conservation des échantillons de DIOULS EL-DAR contre les moisissures et les levures a diminué. À 25 °C, en raison de la température élevée et de l'accumulation d'humidité à la surface des échantillons, des conditions favorables ont été créées pour l'activation des spores de moisissures et de levures, et les échantillons de Diol ont moisi plus rapidement. Dans de nombreux cas, leur couleur est restée intacte, mais leur consommation pouvait être dangereuse en raison de l'apparition de colonies de levures dans les résultats d'analyse microbiologique. ont montré que l'augmentation de la température de stockage du

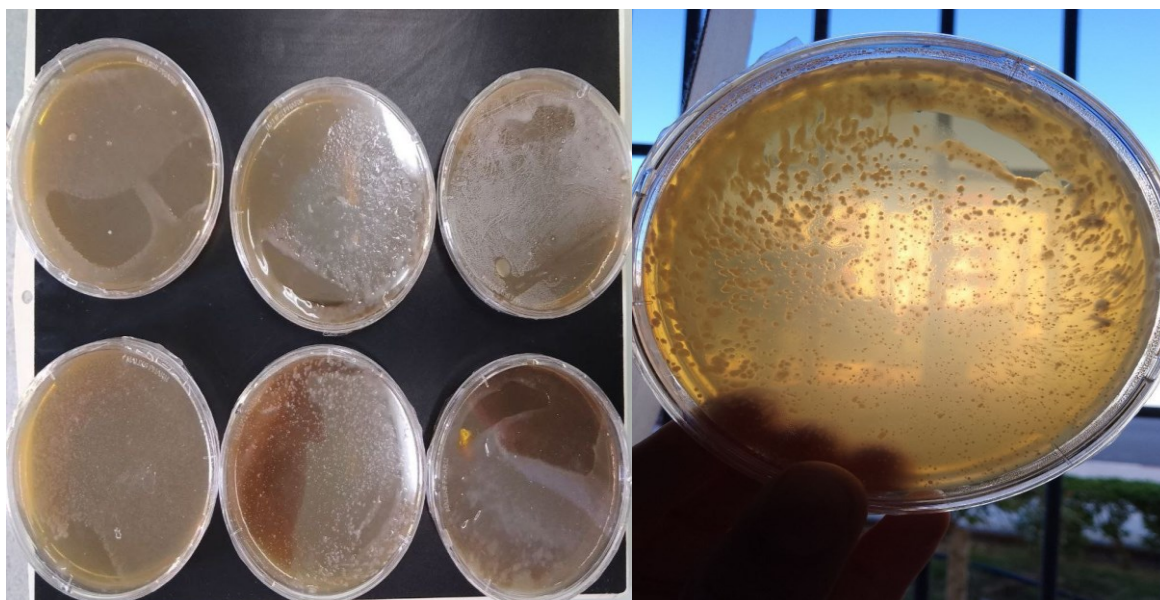
## CHAPITRE II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

pain de 5 °C à 25 °C et de 25 °C à 35 °C entraînait une augmentation du nombre total de micro-organismes et de moisissures. Alpers et al. (2021) ont également signalé que la température de stockage était un facteur affectant la durée de conservation microbienne du pain. La réduction des températures de stockage à des températures réfrigérées a ralenti le taux de croissance des champignons et des levures (Alpers T et al., 2021).

**Tableau 5.** Résultats d'analyse microbiologique pour les échantillons frais et anciens de DIOUL EL-DAR .

Détermination	Echantillons		Reference
	E Frais	E Ancien	
Salemonella	Absence	Absence	NA 10.97.60
Staphylocoques à coagulase +	Absence	Absence	NF v 08-057
Escherichia coli	Absence	Absence	NA jo N64
Levures et moisissures	≥ 300	≥ 300	NA758/1990

**Figure 3.** Résultats de l'analyse microbiologique des levures dans Dioul El-Dar.



### 2. Discussion des résultats physico-chimiques

#### 2.1. Discussion des résultats colorimétriques

L'évaluation instrumentale de la couleur joue un rôle important dans l'analyse de la qualité visuelle des aliments. Parmi les systèmes colorimétriques les plus couramment utilisés, le système CIELAB est particulièrement adapté pour caractériser de façon précise et objective les nuances de couleur des produits alimentaires. Ce système tridimensionnel repose sur trois paramètres :  $L^*$  (luminosité, allant de 0 = noir à 100 = blanc),  $a^*$  (axe vert-rouge, avec des valeurs négatives indiquant une teinte verte et positives une teinte rouge) et  $b^*$  (axe bleu-jaune, avec des valeurs négatives indiquant une teinte bleue et positives une teinte jaune). En plus de ces composantes, la distance colorimétrique globale  $\Delta E$  permet d'évaluer la différence perceptible entre deux couleurs. L'intérêt majeur de ce système réside dans sa proximité avec la perception humaine : une variation de  $\Delta E$  supérieure à 2-3 unités est généralement considérée comme visuellement perceptible. Son utilisation dans cette étude permet ainsi de quantifier objectivement les changements de couleur intervenus au cours du stockage, en lien avec les conditions de conservation et le type d'emballage, tout en facilitant les comparaisons entre différentes marques de feuilles de brick.

L'analyse des résultats (voir Figure 4) révèle des différences notables entre les trois types de feuilles de brick : DIOUL EL-AYLA (référence), DIOUL EL-DAR 1 (feuilles fraîches, juste après production) et DIOUL EL-DAR 2 (feuilles stockées pendant trois mois). Le paramètre  $L^*$  (Figure 4A), indicateur de clarté, est identique pour les feuilles DIOUL EL-AYLA et DIOUL EL-DAR 1 (28,99), traduisant une coloration sombre similaire entre la référence de qualité et les feuilles fraîchement produites. En revanche, une augmentation significative de  $L^*$  est observée pour DIOUL EL-DAR 2 (58,8), indiquant un éclaircissement notable après stockage. Ce phénomène peut être dû à des altérations structurelles ou à une déshydratation progressive, entraînant une modification de la réflexion lumineuse en surface.

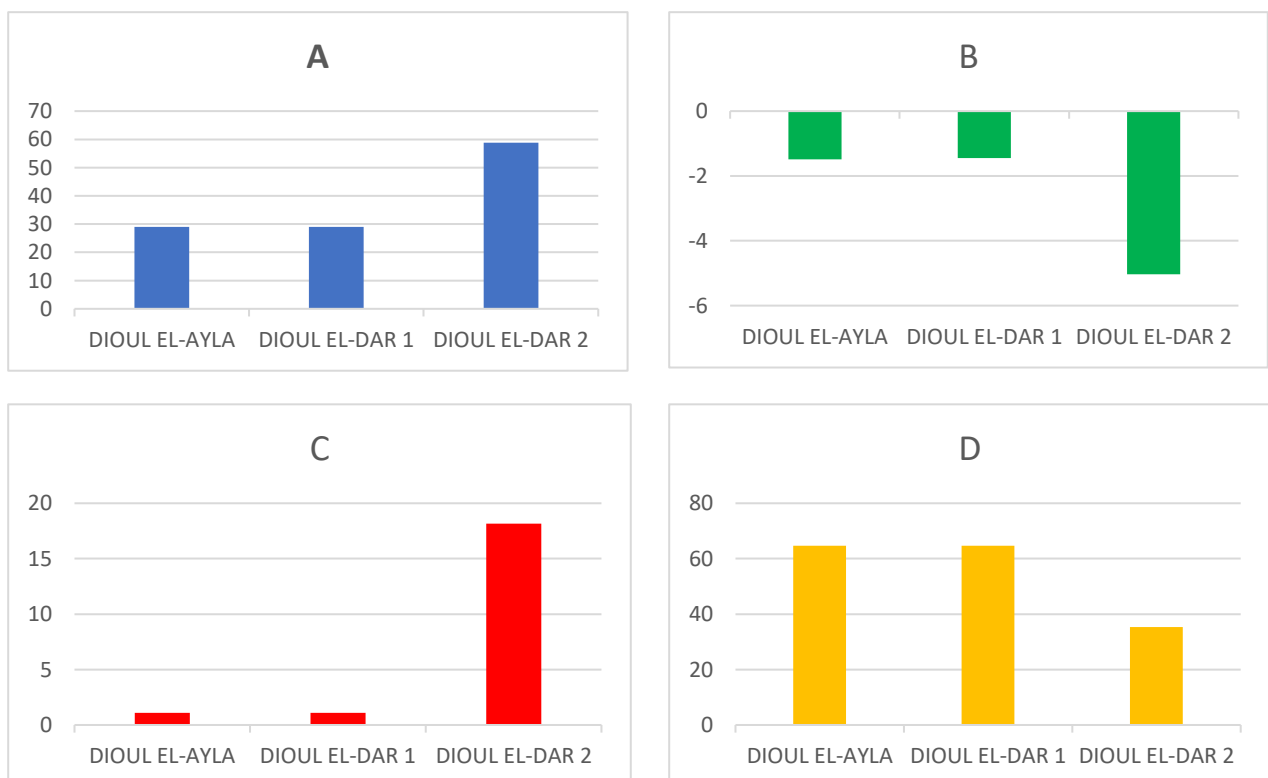
Pour le paramètre  $a^*$  (Figure 4 B), qui traduit une composante rouge-vert, les feuilles EL-AYLA et EL-DAR 1 présentent des valeurs proches de -1,49 et -1,45 respectivement, suggérant une teinte légèrement verdâtre. La valeur de  $a^*$  devient plus négative après stockage (-5,0 pour EL-DAR 2), ce qui suggère une accentuation de cette teinte verte, probablement due à des modifications chimiques des pigments ou à une dégradation des composés responsables de la coloration initiale.

Le paramètre  $b^*$  (Figure 4 C), indicateur de la dominance jaune, évolue de façon marquée : les deux premiers échantillons présentent des valeurs très faibles (1,1 pour EL-AYLA et 1,09 pour EL-DAR 1), témoignant d'une teinte très peu jaunâtre. En revanche, DIOUL EL-DAR 2

## CHAPITRE II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

montre une valeur élevée (18,2), révélant une accentuation significative de la teinte jaune au cours du stockage. Cette évolution peut résulter d'un brunissement non enzymatique ou de réactions de Maillard, qui sont fréquentes dans les produits contenant des glucides et des protéines. Enfin, l'écart colorimétrique  $\Delta E$  (Figure 4 D) est plus élevée pour DIOUL EL-DAR 1(64,71) et DIOULS EL-AYLA (64,7), tandis qu'elle est plus faible pour DIOUL EL-DAR 2 (35,3). Cette différence indique que les feuilles fraîchement produites et la référence de qualité sont visuellement très proches, tandis que celles stockées pendant trois mois présentent une couleur moins éloignée du centre de référence choisi. Ce paradoxe apparent peut s'expliquer par le fait que la formule de  $\Delta E$  dépend du point de référence utilisé ; dans le cas présent, DIOUL EL-DAR 2 se distingue davantage par un changement global de ton (clarté et jaunissement) que par une simple variation autour d'un modèle initial.

En conclusion, ces résultats suggèrent que le stockage a un effet notable sur les propriétés colorimétriques des feuilles de brick. On observe un éclaircissement et un jaunissement progressifs, accompagnés de modifications des composantes  $a^*$  et  $b^*$ . Ces évolutions peuvent s'expliquer par des réactions physico-chimiques (oxydation, brunissement) accentuées par les conditions d'emballage et de conservation. Ces altérations visuelles peuvent être perçues négativement par les consommateurs, soulignant l'importance de maîtriser les conditions d'emballage et de conservation.



**Figure 4.** Colorimétrie système CIELAB des trois types de feuilles de brick : DIOUL EL-AYLA (référence), DIOUL EL-DAR 1 (feuilles fraîches, juste après production) et DIOUL EL-DAR 2 (feuilles stockées pendant trois mois).

### 2.2. Résultats de la discussion des paramètres physico-chimiques

L'étude des propriétés physico-chimiques des feuilles de brick constitue une étape essentielle pour évaluer leur qualité et leur stabilité au cours du stockage. Trois paramètres fondamentaux présentés dans le Tableau 6 ont été analysés dans ce cadre : le pH, la teneur en eau et l'activité de l'eau ( $a_w$ ). Ces critères sont directement liés à la conservation du produit, à sa texture, ainsi qu'à sa sensibilité au développement microbien.

Concernant  $a_w$ , qui reflète la quantité d'eau libre disponible pour les réactions chimiques et la croissance microbienne, les résultats indiquent une valeur relativement élevée pour tous les échantillons. L'échantillon fraîchement produit (DIOUL EL-DAR 1) présente la valeur la plus haute (0,951), ce qui est cohérent avec son état initial plus humide. Après deux mois de stockage, l'activité de l'eau diminue légèrement (0,925), traduisant une perte d'eau libre due probablement à l'évaporation ou à une redistribution de l'humidité dans la matrice alimentaire. L'échantillon témoin DIOULS EL-AYLA présente quant à lui une valeur de 0,920, comparable à celle de DIOUL EL-DAR 2, ce qui suggère que les niveaux atteints après stockage sont conformes à ceux d'un produit stable et bien maîtrisé en termes de formulation.

En ce qui concerne le pH, les valeurs sont relativement stables et homogènes entre les trois échantillons : 5,23 pour DIOUL EL-DAR 1 et DIOUL EL-DAR 2, contre 5,25 pour la référence DIOULS EL-AYLA. Ce pH légèrement acide est typique des produits céréaliers hydratés, et constitue un environnement peu favorable au développement de nombreuses bactéries pathogènes. L'absence de variation significative au cours du stockage témoigne d'un faible risque de fermentation ou d'altération acido-basique.

Enfin, l'analyse de la teneur en eau révèle des différences plus marquées. L'échantillon frais (DIOUL EL-DAR 1) affiche une teneur élevée de 32,8 %, ce qui est cohérent avec sa récente production. Cette valeur diminue légèrement après deux mois de stockage pour atteindre 29,4 %, traduisant une déshydratation partielle, probablement favorisée par le type d'emballage utilisé. En comparaison, la feuille de brick de référence DIOULS EL-AYLA contient 23,8 % d'eau, soit une teneur sensiblement plus faible. Ce résultat indique que cette marque pourrait utiliser une formulation différente en termes d'hydratation, visant à améliorer la stabilité du produit et à limiter les risques microbiologiques liés à une humidité trop élevée.

En résumé, ces résultats montrent que le stockage entraîne une légère diminution de l'activité de l'eau et de la teneur en eau, sans pour autant affecter significativement le pH. Cette évolution semble aller dans le sens d'une meilleure stabilité du produit, à condition que les conditions de conservation soient bien contrôlées. L'échantillon de référence DIOULS EL-AYLA se

## CHAPITRE II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

distingue par une formulation probablement plus sèche, ce qui peut expliquer sa bonne réputation en matière de qualité et de durabilité.

**Tableau 6.** Teneur en eau base humide (H bh ), pH et l'activité de l'eau (a w ) des trois types de feuilles de brick : DIOUL EL-AYLA (référence), DIOUL EL-DAR 1 (feuilles fraîches, juste après production) et DIOUL EL-DAR 2 (feuilles stockées pendant trois mois).

Paramètres DIOULS	EL-AYLA DIOULS	EL-DAR 1 DIOULS	EL-DAR 2
aw	0.920 ± 0.005 a	0.951 ± 0.005 b	0.925 ± 0.005 a
pH	5.3 ± 0.0a	5.2 ± 0.0b	5.2 ± 0.0b
Hbh (%)	23.8 ± 0.0a	32.8 ± 0.0b	29.4 ± 0.0c

Les valeurs sont affichées en moyenne ± écart type. Les moyennes suivies des mêmes lettres sur la même ligne ne sont pas significativement différentes ( $p < 0,05$ ).

### 2.3. Étude de la perméabilité à l'humidité des emballages utilisés pour les DIOULS

La perméabilité à l'humidité d'un matériau d'emballage est un critère essentiel dans la conservation des aliments, notamment ceux à forte teneur en eau comme les feuilles de DIOULS. Un emballage peu perméable permet de maintenir une humidité interne stable, préservant ainsi les propriétés sensorielles et microbiologiques du produit. Dans le cadre de cette étude, une méthode simple a été mise en œuvre pour évaluer la perméabilité de deux types d'emballages tous les deux fait de PET (polyéthylène téréphtalate) : celui utilisé pour la marque de référence DIOULS EL-AYLA (comme référence), et celui utilisé pour les produits DIOULS EL-DAR. L'expérimentation consistait à séparer l'atmosphère intérieure d'un bocal hermétiquement fermé de l'extérieur (saturé en humidité) à l'aide d'un film d'emballage. L'humidité relative (HR) de l'intérieur et de l'extérieur a été mesurée pendant 150 minutes, grâce à des enregistreurs placés de part et d'autre de l'emballage.

Les résultats indiqués dans la Figure 5 montrent une nette différence entre les deux matériaux. Dans le cas de l'emballage DIOULS EL-AYLA, l'humidité intérieure augmente très lentement, passant de 51,9 % à 57,4 % après 150 minutes, soit une variation d'environ +5,5 %. En revanche, avec l'emballage DIOULS EL-DAR, l'humidité intérieure est élevée dès le départ (92,4 %) et atteint rapidement une quasi-saturation (environ 95,7 %) en seulement 30 minutes, restant ensuite pratiquement stable.

## **CHAPITRE II. MATÉRIEL ET MÉTHODES**

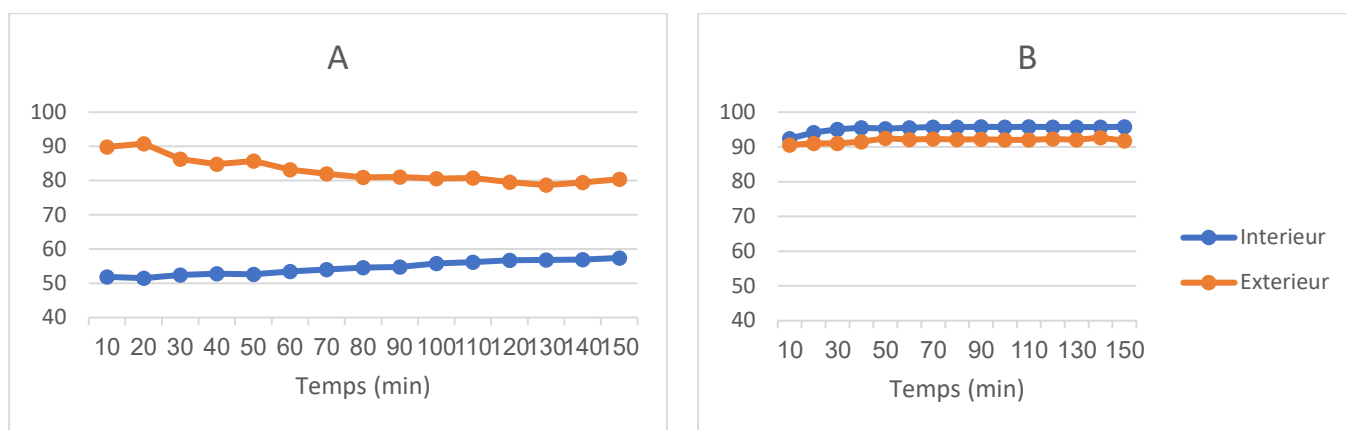
---

Cette différence de comportement met clairement en évidence une perméabilité bien plus élevée de l'emballage utilisé par DIOULS EL-DAR, qui laisse rapidement pénétrer l'humidité extérieure vers l'intérieur du bocal. Cela pourrait s'expliquer soit par une faible densité du film plastique, soit par une structure poreuse ou plus fine, moins apte à faire barrière aux molécules d'eau. À l'inverse, le film de DIOULS EL-AYLA montre une perméabilité limitée, ce qui ralentit considérablement la migration de l'humidité, et témoigne d'une meilleure aptitude à préserver les caractéristiques du produit.

Il est également intéressant de noter que dans le cas de DIOUL EL-DAR, l'humidité intérieure est même initialement supérieure à celle de l'atmosphère extérieure (92,4 % contre 90,6 % à  $t = 10$  min), ce qui laisse penser que le film n'empêche pas la condensation ou les échanges d'humidité dans les deux sens. Cette faible barrière pourrait contribuer à une altération plus rapide des feuilles de brick au cours du stockage, en favorisant le ramollissement, la moisissure ou une perte de croustillant.

En conclusion, cette expérience met en évidence les différences de perméabilité à l'humidité entre les deux types d'emballages étudiés. Bien que les deux soient constitués de PET, un polymère couramment utilisé dans l'industrie alimentaire pour sa transparence, sa rigidité et ses propriétés barrières modérées il apparaît que leurs performances diffèrent. Ces écarts peuvent être dus à la qualité du film (épaisseur, traitements de surface, structure monocouche ou multicouche, taux de cristallinité) ou à un manque de conformité lors de la fabrication ou de l'usage.

L'emballage utilisé pour les feuilles de brick DIOUL EL-DAR, bien qu'en PET, montre une perméabilité à l'humidité élevée, laissant rapidement s'équilibrer l'humidité intérieure avec celle de l'extérieur. Cela suggère soit un film plus fin ou moins dense, soit une absence de couche barrière supplémentaire (comme l'EVOH ou l'aluminium, souvent ajoutés dans les emballages multicouches). À l'inverse, le film PET utilisé pour DIOULS EL-AYLA présente une bien meilleure résistance aux échanges d'humidité, ce qui indique une meilleure qualité ou formulation du matériau, lui conférant une plus grande efficacité pour préserver la texture et la qualité du produit.



**Figure 5.** Évolution de l'humidité relative intérieure et extérieure du bocal au cours du temps pour les emballages PET des feuilles de DIOULS : DIOULS EL-DAR (A) et DIOUL EL-DAR (B).

# ***CONCLUSION GENERALE***

### **CONCLUSION GENERALE**

Cette étude nous a permis d'évaluer avec précision et exhaustivité la qualité des feuilles de Dioul (DIOUL EL-DAR ) d'un point de vue microbiologique et physicochimique, ainsi que leur stabilité au stockage. Les résultats ont révélé un niveau de qualité global acceptable, avec une absence totale de micro-organismes pathogènes tels que Salmonella, Escherichia coli et Staphylococcus aureus, démontrant ainsi une conformité acceptable aux exigences de sécurité alimentaire pendant le processus de fabrication.

Cependant, des teneurs élevées en levures et moisissures observées dans certains échantillons, bien que respectant les limites réglementaires, indiquent la présence de conditions favorables à la croissance fongique, susceptible de menacer ultérieurement la sécurité du produit, notamment pendant le stockage.

Nos résultats démontrent clairement que l'interaction de plusieurs facteurs, tels qu'une humidité élevée, une activité de l'eau élevée du produit et une mauvaise protection de l'emballage contre l'humidité et l'air, entraîne l'activation et la propagation des spores de moisissures à la surface des feuilles de Dioul. L'impact de cette contamination ne se limite pas à une dégradation des caractéristiques sensorielles et visuelles du produit. Elle s'étend également à la formation potentielle de mycotoxines, des composés dangereux pour la santé des consommateurs, même présents en faibles quantités. Par conséquent, garantir la qualité et la sécurité sanitaire des feuilles de diol nécessite un contrôle rigoureux des taux d'humidité et de l'activité de l'eau pendant les étapes de production et de séchage, l'utilisation de matériaux d'emballage hermétiques, le stockage du produit dans un endroit frais et sec, à l'abri des sources de contamination, et une surveillance périodique et rigoureuse des contaminants fongiques, en particulier ceux susceptibles de produire des toxines.

L'amélioration de ces aspects est essentielle non seulement pour garantir la sécurité des consommateurs, mais aussi pour améliorer la qualité du produit et sa compétitivité sur le marché, dans le strict respect des normes sanitaires et commerciales en vigueur en Algérie.

## ***REFERENCES ET BIBLIOGRAPHIE***

- ALEXANDRE LECLERCQ (2000), Bertrand Lombard et David Alexandre Musil, Standardisation des méthodes d'analyse dans le cadre du contrôle microbiologique de la sécurité alimentaire en France : avantage ou inconvénient, Food Science
- ALPERS T, KERPE R, FRIOLI M (2021), et al. Impact of storing condition on staling and microbial spoilage behavior of bread and their contribution to prevent food waste.
- AIT IDIR OUARDIA , AIT HADDAD HANNA (2020). Péremption des denrées alimentaires: Détermination, impact et étude de cas Mémoire de Fin de Cycle En vue de l'obtention du diplôme MASTER.
- A.S. MICHAELS, W.R. VIETCH, J.A. BARRIE(1963), « Solution of gases in poly(ethylene terephthalate) », in Journal of Applied Physics .
- BALLET M. (2020). Impact de l'ajout d'antibiotiques dans les ciments orthopédiques sur la prévention de la formation de biofilm au cours d'infection sur prothèse articulaire à Staphylococcus aureus. Thèse de doctorat en pharmacie, Université de Claude Bernard Lyon .
- BOURGEROIS C.M. MESCLE J F., et ZUCCA J.(1996). Microbiologie Alimentaire : Aspect de la Qualité et de la Sécurité Alimentaire. Technique et Documentation, 2ème Ed., Lavoisier, Paris.
- DARIMONT, LISA,2022. Conception de biscuits pour enfants à base de farine de pois chiches. Master en management de l'innovation et de la conception des aliments .
- BUSH L.M., VAZQUEZ-PERTEJO M.T (2023). Infections streptococciques. Le manuel MSD version pour professionnels de la santé.
- BRULE G, CROGUENEC T, JEANTET R. ET SCHUCK P( 2007). Conditionnement. In : Sciences des aliments. Lavoisier, Paris, France .
- BOURGEOIS C.M, MESCLE J ET ZUCCA J (1998). Microbiologie alimentaire- Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire. Lavoisier, Paris, France .
- BARKA LAKHDAR, MERAHI DJIHANE (2022). MEMOIRE Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER Sujet Étude comparative entre les différentes techniques de séchage solaire des feuilles de menthe
- BIQUET B, LABUZA T.P (1988). Evaluation of the moisture permeability characteristics of chocolate films as an edible moisture barrier.

## REFERENCES ET BIBLIOGRAPHIE

---

- CARIP (2008). Microbiologie Hygiène bases microbiologiques de la diététique, Edition Tec\$ doc et médicales internationales, Londres-Paris .
- CARIP C, SALAVERT M. H, TANDEAU A (2015). Microbiologie, hygiène et droit alimentaire. 2ème édition. Lavoisier TEC & DOC, Paris.
- CERF O (1968). La numération des spores de Clostridium et son application au lait at aux produits laitiers. Le lait. 48 (475): 276. champ à partir des céréales de Constantine (Blé dur, blé tendreet orge) et évaluation de l'effet antagoniste des extraits des racines d'une plante endémique. Mémoire de master en sciences de la nature et de la vie, Université de Frères Mentouri Constantine, Algérie.
- COUDERC C (2015). Impact des antibiotiques sur l'histoire naturelle de la colonisation nasale par Staphylococcus aureus. Thèse de doctorat en santé publique, Université Pierre et Marie Curie, France.
- CODEX STAN 152 (1985). Norme codex pour la farine de blé .
- CODEX STAN 178 (1991). Norme codex pour la semoule et la farine de blé dur .
- DIB AHLEM (2013). Aptitudes technologiques et culinaires de pâtes alimentaires enrichies au germe de blé, Mémoire présenté en vue de l'obtention,du diplôme de Magister en Sciences Alimentaires, UNIVERSITE CONSTANTINE 1.
- EMMANUEL PURLIS(2010), Browning development in bakery products.
- FAHLOUL, D., TRYSTRAM, G., DUQUENOY, A. AND BARBOTTEAU, I. (1994). Modeling heat and mass transfer in band oven biscuit baking. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie .
- FEILLET, P(2000). Le grain de blé, composition et utilisation. INRA. Paris, INRA.
- FENNEMA O, KESTER J.J (1991). Resistance of lipid films to transmission of water vapour and oxygen. In : Water Relationships in Food. Levine H., Slade L. (Eds.), Plenum Press, New-York .
- JAY, J. M. (2000). Modern Food Microbiology, 6th edition. Aspen Publishers, Gaithersburg, Maryland.
- JEAN-LOUIS CUQ(2016) .Microbiologie Alimentaire.
- JIDEANI VA (2019). Bread storage and preservation. Encycloped Food Sec Sustainabil.
- J. M. Juran, F. M. Gryna and R. S(1974). Bingham "Quality control handbook," 3d ed., New York, McGraw-Hill,.

## REFERENCES ET BIBLIOGRAPHIE

---

- HOMMES ET MIGRATIONS, n°1245, Septembre-octobre 2003. France-USA : agir contre la discrimination. I – Philosophies et politiques.
- ICMSF (2005). *Microorganisms in Foods 6: Microbial Ecology of Food Commodities*. Springer, New York.
- GONTARD N., GUILBERT S., CUQ J.L. (1992). *Edible wheat gluten films : influence of the main process variables on film properties using response surface methodology*.
- LASSOUED, NEJLA(2005). *Structure alvéolaire des produits céréaliers de cuisson en lien avec les propriétés rhéologiques et thermiques de la pâte: Effet de la composition*. Diss. ENSIA (AgroParisTech),
- LOÏC LEVAVASSEUR (2007). *Sciences alimentaires.Soutten .suivi simultané de la consommation d’oxygène and consistence des peters de la farine du blé à l’aide d’un pétrin instrumenté (le sitoxygraphe): tentative d’explication biochimique et rhéologique. demande à l’ajout de laccases.(agroparistech, massy)*
- M. A. LIESHCHOVA (2023), *Effect of calcium propionate on rats with a high-fat hypercaloric diet* Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine
- MAGED YOUNES, GABRIELE AQUILINA, LAURENCE CASTLE, KARL-HEINZ ENGEL, PAUL FOWLER, MARIA JOSE FRUTOS FERNANDEZ, PETER F€ URST, RAINER G€ URTLER, URSULA GUNDERT-REMY, TRINE HUSØY,WIM MENNES, PETER MOLDEUS, AGNETA OSKARSSON, ROMINA SHAH, DETLEF W€ OLFLE, CLAUDE LAMBRE,ANNA CHRISTODOULIDOU AND INE WAALKENS-BERENDSEN , 30 January 2019, *Opinion on the follow-up of the re-evaluation of sorbic acid (E200) and potassium sorbate (E202) as food additives* EFSA Panel on Food Additives and Flavourings (FAF)
- MOLL N. ET MANFRED M. (1998) *Additifs alimentaires et les auxiliaires technologiques*. Ed, 2 Dunod .
- MEZROUA EL YAMINE(2020). *Emballage et Conservation*, Polycopié pour le Master Qualité des produits et Sécurité Alimentaire, Université 8 Mai 1945 Guelma .
- NICOLAS J (1978). *Effets de différents paramètres sur la destruction des pigments caroténoïdes de la farine de blé tendre au cours du pétrissage*.
- PASQUALONE A, VURRO F, SUMMO C(2022), et al. *The Large and Diverse Family of Mediterranean Flat Breads: A Database*. Foods.

## REFERENCES ET BIBLIOGRAPHIE

---

- PICO J, BERNAL J, GÓMEZ, M. (2015). Wheat bread aroma compounds in crumb and crust: A review. Food Research International .
- PRESTON, K.R. (1981). Effect of neutral salts upon wheat gluten proteins properties. I. Relationship between hydrophobic properties of gluten and their extractibility and turbidity in neutral salts. Cereal Chem .
- René LEFAUX (1961). Les matières plastiques et l'industrie fruitière Leur rôle dans l'emballage et le conditionnement .
- R. FRANZ, F. WELLE(2002), « Recycled poly(ethylene terephthalate) for direct food contact applications : challenge test of an inline recycling process », in Food Additives and Contaminants, volume 19, N° 5 .
- GAÜZERE B.A. (2023). Les salmonelles. Médecine tropicale.
- . GUIRAUD.J.P. (1998). Microbiologie alimentaire. Dunod, Paris.
- KAYA S., KAYA A. (2000). Microwave drying effects on properties of whey protein isolate edible films. J. Food Eng .
- KAKOU LINDA NAIT ALI (2008), Recyclage du polyéthylène téréphtalate dans les emballages alimentaires, thèse de doctorat, Université Montpellier II, Lyon.
- LANGE J, WYSER Y. (2003). Recent innovations in barrier technologies for plastic packaging – a review. Packaging Technology and Science .
- LANDMANN W., LOVEGREN N.V., FEUGE R.O. (1960). Permeability of some fat products to moisture. JAOC .
- RAY BIBEK (2005), Essential Food Microbiology --Third Edition.
- ROGERS C.E. (1985). Permeation of gases and vapours in Polymers. In : Polymer permeability. Comyn, J., (Ed.), Elsevier Applied Science .
- SABLANI S. S., MARCOTTE M., BAIK O. D. AND CASTAIGNE F (1998). Modeling of Simultaneous Heat and Water Transport in the Baking Process. Lebensm.-Wiss. u.Technol
- SALMI M, MERBAH, S (2015). Etude de la qualité globale de semoules du commerce Algérien.Memoire d'Ingeniorat en Agronomie. FAC agro Biologie. Spécialité: Technologie Alimentaire .
- SALIFOU A., MENSAH, G., DAHOUDA M., BOKO K., HOUAGA I., FAROUGOU S. (2013). Evaluation de la qualité technologique et organoleptique de la viande de bovins de races

## ***REFERENCES ET BIBLIOGRAPHIE***

---

Borgou, Lagunaire et Zébu Peulh, élevés sur des pâturages naturels. *Journal of Applied Biosciences* .

-SANTOS JLP, BERNARDI AO, POZZA MORASSI LL(2016), et al. Incidence, populations and diversity of fungi from raw materials, final products and air of processing environment of multigrain whole meal bread .

-THEAU A, (2005). Flore totale aérobie mésophile, Le laboratoire partenaire de votre qualité.

-THORVALDSSON, K. AND JANESTAD, H., (1999). A model for simultaneous heat, water and vapour diffusion, *Journal of Food Engineering* .

- TRENTESAUX E. (1993). Evaluation de la qualité du blé dur. Centre de recherche européen, Marseille, France .

-TSOCHATZIS ET ALBERTO LOPES ET CORREDIG, PLASTICSEUROPE. (2021). Polyethylene Terephthalate (PET) – *PlasticsEurope* .

-VALLE M. (2023). Effets des conditions de stockage et de formulation des produits laitiers sur la physiologie des moisissures d'intérêt technologique ou d'altération. Thèse de doctorat en Microbiologie et Parasitologie, Université de Bretagne occidentale, Bretagne .

- WAGDA MARIN(2005). La feuille de brick assimilée .

8 Chaoual 1438 2 juillet 2017		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 39				23
9- Céréales et produits dérivés						
Catégories des denrées alimentaires	Micro-organismes/ métabolites	Plan d'échantillonnage		Limites microbiologiques (ufc/g)		
		n	c	m	M	
Farines et semoules	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10	10 <sup>2</sup>	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
	<i>Bacillus cereus</i>	5	2	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	
	Moississures	5	2	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	
	Anaérobies sulfite-réducteurs	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
Céréales en grains destinées à la consommation en l'état et non à la transformation	Moississures	5	2	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	
	Anaérobies sulfite-réducteurs	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
Couscous et pâtes alimentaires	Moississures	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
	Anaérobies sulfite-réducteurs	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
Pâtes précuites séchées (diouls, ktacf, rectha...)	Levures et moississures	5	2	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	
	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
Pâtes fraîches (nature ou farcies)	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10	10 <sup>2</sup>	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
	Anaérobies sulfite-réducteurs	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
	<i>Bacillus cereus</i>	5	2	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	
	Moississures	5	2	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
Produits de biscuiterie	Germe aérobie à 30 °C	5	2	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	
	<i>Escherichia coli</i>	5	2	3	30	
	Moississures	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
	<i>Salmonella</i> <sup>(1)</sup>	5	0	Absence dans 25 g		