



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique



Université Constantine 1 Frères Mentouri
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Microbiologie appliquée

جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري
كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم : ميكروبولوجيا تطبيقية

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Microbiologie appliquée

N° d'ordre :

N° de série:

Intitulé :

Évaluation de la qualité microbiologique des repas préparés destinés à la consommation en déplacement

Présenté par : **HALIMI Rania**
KADRI Ibtihal

Le :28/06/2025

Jury d'évaluation :

Président : BOUZRAIB Latifa **MCB Université Constantine 1 Frères Mentouri.**

Encadrante : LIFA Maroua **MCB Université Constantine 1 Frères Mentouri**

Examinateuse : MEDJEMAJD Maissa **MCB Université Constantine 1 Frères Mentouri**

**Année universitaire
2024 – 2025**

Remerciement

بسم الله الرحمن الرحيم، والصلوة والسلام على سيد الخلق وامام المرسلين، وعلى آله وصحبه الكرام ،
ومن اتبع نهجه إلى يوم الدين.

اللهم لا علم لنا إلا ما علمتنا إنك أنت العليم الحكيم، لا سهل إلا ما جعلته سهلاً، وأنت تجعل الحزن إذا
شئت سهلاً.

Nous souhaitons adresser nos remerciements à Mme. BOUZRAIB L. pour
l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider ce jury.

Nous remercions également Mme. MEDJEMAJD M. pour avoir accepté
d'examiner ce travail.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance à notre encadrante Mme. LIFA
M, pour sa disponibilité, sa patience, ses conseils pertinents, ainsi que pour son
accompagnement tout au long de ce travail. Son professionnalisme et son
soutien constant ont été essentiels à la réalisation de ce mémoire. Veuillez croire
à l'expression de notre sincère gratitude.

Nous remercions chaleureusement le personnel du laboratoire d'hygiène de
Constantine, service de microbiologie, pour leurs explications précieuses et leur
assistance technique.

Nos remerciements s'adressent également à tous les enseignants qui nous ont
transmis leur savoir, ainsi qu'à nos collègues de la promotion 2025 pour leur
aide, leur motivation et leur solidarité tout au long de cette expérience.

Nous concluons ces mots en adressant nos remerciements les plus sincères à
toutes les personnes qui nous ont soutenus moralement et encouragés durant
notre parcours.

MERCI

Table des matières

Remerciements

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 01

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Les repas prêts à consommer en contexte de mobilité : caractéristiques et qualité alimentaire	05
1.1 Définition	05
1.2 Caractéristiques générales	05
1.3 Spécificités des repas servis en zone aéroportuaire	05
1.4 Classification des repas prêts à consommer	05
1.4.1 Plats cuisinés sous vide / pasteurisés	06
1.4.2 Salades prêtes à l'emploi	06
1.4.3 Desserts et produits complémentaires	06
1.5 Qualité alimentaire des repas prêts à consommer	06
1.5.1 Définition de la qualité alimentaire	06
A) Qualité nutritionnelle	06
B) Qualité organoleptique	07
C) Qualité hygiénique (microbiologique)	07
1.5.2 Risques sanitaires associé	07
A) Altération d'origine alimentaire	08
B) Pathologie d'origine alimentaire	08
a. Intoxications alimentaires	08
b. Infections alimentaires	09
c. Toxi-infection alimentaire	09
2. Contamination microbiologique– sources et agents impliqués	09
2.1 Origine des contaminations microbiologiques	09

2.1.1	Contaminations issues des matières premières	09
2.1.2	Contaminations lors de la préparation et du conditionnement	10
2.1.3	Contaminations post-préparation (stockage, transport, personnel)	10
2.2	Micro-organismes indicateurs et pathogènes à surveiller	10
2.2.1	La flore totale aérobie mésophile (FTAM)	11
2.2.2	Coliformes	11
2.2.3	<i>Escherichia coli</i>	12
2.2.4	Streptocoques fécaux	12
2.2.5	Clostridiums	13
A)	<i>Clostridium perfringens</i>	14
B)	<i>Clostridium botulinum</i>	14
2.2.6	<i>Listeria monocytogenes</i>	15
2.2.7	<i>Salmonella</i>	16
2.2.8	<i>Staphylococcus aureus</i>	18
2.2.9	Les moisissures	18
2.2.10	Les levures	19
2.3	Facteurs influençant la croissance des micro-organismes dans les aliments	19
2.3.1	Facteurs internes	20
A)	pH (potentiel d'hydrogène)	20
B)	Activité de l'eau (<i>aw</i>)	21
C)	Potentiel d'oxydo-réduction	21
2.3.2	Facteurs externes	21
A)	Température d'entreposage	22
B)	Humidité relative	22
C)	Présence et concentration de gaz (l'atmosphère)	22
2.4	Normes microbiologiques	22
3.	Méthodes de traitements pour la maîtrise microbiologique des aliments	24
3.1	Traitements thermiques	24
3.1.1	Pasteurisation	24
3.1.2	Stérilisation	24
3.1.3	Cuisson	25
3.2	Traitements chimiques	25
3.2.1	Désinfectants	26

3.2.2 Conservateurs	26
3.3 Méthode de conservation	27
3.3.1 Réfrigération	27
3.3.2 Congélation	27
3.3.3 Séchage	27
3.4 Impact des traitements sur la qualité hygiénique	28

MATERIEL ET METHODES

1. Mode d'étude	31
2. Choix des sites de prélèvement	31
3. Echantillonnage	31
4. Analyses microbiologiques des aliments	32
4.1 Préparation des échantillons : suspension mère et dilutions.....	32
4.2 Dénombrement de la Flore Aérobie Mésophile Totale (FTAM)	32
4.2.1 Mode opératoire	32
4.2.2 Lecture et interprétation	33
4.3 Recherche et dénombrement des coliformes	33
4.3.1 Mode opératoire	33
A. Test présomptif	34
B. Test de confirmation (test de Mac Kenzie)	34
4.3.2. Lecture et interprétation	34
4.4. Recherche des salmonelles	35
4.4.1. Pré-enrichissement sur le bouillon sélinite au cystéine	35
4.4.2. Lecture et interprétation	35
4.4.3. Isolement sur milieu Hektoen	35
4.5. Recherche des microorganismes anaérobie sulfito-reducteur ASR	35
4.5.1. Préparation du milieu	36
4.5.2. Ensemencement et incubation	36
4.5.3. Lecture et interprétation	36
4.6. Recherche de <i>Staphylococcus aureus</i>	36
5. Les taux tolérés	37

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Dénombrement de la Flore Totale Aérobie Mésophile (FTAM)	39
1.1 Plats cuisinés	39
1.2 Les salades	43
2. Recherche d' <i>Escherichia coli</i>	46
3. Recherche des salmonelles	47
4. Recherche du Clostridium sulfite réducteur (ASR)	49
5. Recherche de <i>Staphylococcus aureus</i>	50
Conclusion	52
Les références bibliographiques	55
Annex	63

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Représentation tridimensionnelle <i>d'Escherichia coli</i>	12
Figure 2. Streptocoques fécaux sous microscope électronique à balayage	13.
Figure 3. Observation microscopique de <i>Clostridium perfringens</i>	14
Figure 4. Observation microscopique de <i>Clostridium botulinum</i>	15
Figure 5. Observation microscopique de <i>Listeria monocytoge</i>	16
Figure 6. Représentation tridimensionnelle de <i>Salmonella</i>	16
Figure 7. Observation microscopique à balayage <i>Staphylococcus aureus</i>	18
Figure 8. Variation de la flore totale (FTAM) dans les différents types des plats cuisinés	39
Figure 9. Colonies de FTAM sur gélose nutritive issus de plats cuisinés (30°C, 72 H)	42
Figure 10. Statistiques microbiologique des plats cuits (2016-2024).....	43
Figure 11. Variation de la flore totale dans les différent salades	44
Figure12. Tubes <i>d'Escherichia coli</i> issus des plats cuisinés et salades après l'incubation	46
Figure 13. Résultats du dénombrement des salmonelles dans les plats cuisinés et les salades.....	47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : limite inférieure de température pour la croissance de certains agents pathogènes	22
Tableau 2 : taux tolérés de microorganisme dans les plats cuisinés	23
Tableau 3 : taux tolérés de microorganisme dans les salades	23
Tableau 4 : les impacts des traitements sur la qualité hygiénique	29
Tableau 5 : résultats du dénombrement des germes indicateurs et pathogènes dans les plats cuisinés	41
Tableau 6 : Résultats du dénombrement des germes recherchés dans les salades analysées.....	45

Résumé

L'objectif de cette étude est de contribuer à minimiser le risque d'intoxication lié à la consommation de repas servis en restauration au niveau de l'aéroport de la wilaya de Constantine, en évaluant les facteurs de risque de biocontamination tout au long de la chaîne alimentaire. Un total de onze échantillons, dont six plats cuisinés et quatre salades de légume, a été soumis à une analyse microbiologique. Les échantillons ont été analysés afin de déterminer leur qualité bactériologique tout en prospectant les différentes flores microbiennes à savoir la flore mésophile aérobie totale (FTAM), les anaérobies sulfito-réducteurs, les coliformes (notamment *Escherichia coli*) et certains germes spécifiques (*Staphylococcus aureus*,

Salmonella). Tous les échantillons (100 %) se sont révélés conformes aux normes indiquées dans le Journal Officiel de la République Algérienne, avec une qualité globalement satisfaisante. Une présence modérée de bactéries a été détectée dans le test de la flore FTAM, mais cette charge reste dans les limites acceptables selon les normes algérienne. Aucun germe n'a été retrouvé dans la recherche des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR), ni parmi les coliformes totaux et fécaux. Les analyses ont confirmé l'absence totale de germes pathogènes. Ces résultats démontrent que les conditions d'hygiène et le contrôle de la qualité microbiologique des aliments, à différents niveaux de la chaîne de fabrication jusqu'aux consommateurs, sont globalement bien respectés.

Mots clés : Qualité microbiologique, plats cuisinés, normes algériennes, contrôle qualité, intoxication alimentaire.

Abstract

The objective of this study is to contribute to minimizing the risk of foodborne related to the consumption of meals served in food services at the airport of the Wilaya of Constantine, by assessing the risk factors for biocontamination throughout the food chain. A total of ten samples, including six cooked dishes and four vegetable salads, were subjected to microbiological analysis. The samples were analysed to determine their bacteriological quality by examining different microbial flora, namely flora total aerobic mesophile (FTAM), sulfite-reducing anaerobes, coliforms (notably *Escherichia coli*), and specific pathogens (*Staphylococcus aureus*, *Salmonella*). All samples (100%) complied with the standards indicated in the Official Journal of the People's Democratic Republic of Algeria, with generally satisfactory quality. A moderate presence of bacteria was detected in the FTAM test, but this rate remained within acceptable limits according to Algerian standards. No pathogens were found in the test for sulfite-reducing anaerobes (SRA), total coliforms, or fecal coliforms. The analyses confirmed the total absence of pathogenic germs. These results show that hygiene conditions and microbiological quality control of food, at various stages of the production chain up to consumers, are generally well observed.

Keywords: Microbiological quality, cooked dishes, Algerian standards, quality control, foodborne intoxication.

الملخص:

يهدف هذا البحث إلى المساهمة في تقليل خطر التسمم الغذائي الناتج عن استهلاك الوجبات المقدمة في خدمات الإطعام بمطار ولاية قسنطينة، من خلال تقييم عوامل خطر التلوث البيولوجي على امتداد سلسلة الغذاء. تم إخضاع عشر عينة، تضم ستة أطباق مطهية وأربع سلطات خضار، لتحليل ميكروبيولوجي. وقد أجريت هذه التحاليل لتحديد الجودة البكتريولوجية للعينات، من خلال دراسة مختلف أنواع الفلورا الميكروبية، مثل الفلورا الهوائية الوسطية الكلية (FTAM) ، واللاهوائيات المختزلة للكبريتات، والقولونيات (لا سيما الإشريشية القولونية)، وبعض الجراثيم النواعية مثل العنقوديات الذهبية والسامونيلا. أظهرت النتائج أن جميع العينات (100%) مطابقة للمعايير الواردة في الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، بجودة عامة مرضية. وقد تم الكشف عن وجود معتدل للبكتيريا في اختبارFTAM، لكنه بقي ضمن الحدود المقبولة حسب المعايير الجزائرية. لم يتم العثور على أي جراثيم في اختبارات اللاهوائيات المختزلة للكبريتات، ولا بين القولونيات الكلية أو البرازية. وقد أكدت التحاليل غياب الجراثيم الممرضة كلياً. تبرز هذه النتائج أن شروط النظافة ومراقبة الجودة الميكروبيولوجية للأغذية، عبر مختلف مراحل سلسلة الإنتاج وحتى وصولها إلى المستهلكين .

الكلمات المفتاحية: الجودة الميكروبيولوجية، الأطباق المطهية ، المعايير الجزائرية، مراقبة الجودة، التسمم الغذائي.

Liste des abréviations

AAFCO: Association of American Feed Control Officials (2000).

AFSSA : Agence française de sécurité sanitaire des aliments.

ASR : Anaérobies Sulfito-Réducteurs.

Aw : Activité de l'eau.

BLBVB : Bouillon Lactosé au Vert-Brillant Bilié.

BPL : Bonnes Pratiques de Laboratoire.

CAC : Codex Alimentarius Commission.

CO₂ : Dioxyde de Carbone.

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

FTAM : Flore Mésophile Aérobie Totale.

GN : Gélose Nutritive

HACCP : Hazard Analysis Critical Control Point.

HTST : High Temperature Short Time (Pasteurisation haute température courte durée).

ISO : International Organisation for Standardisation (Organisation internationale de normalisation).

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

LTLT : Low Temperature Long Time (Pasteurisation basse température longue durée).

MAP : Modified Atmosphere Packaging (Conditionnement sous atmosphère modifiée).

MEB : Microscopie Électronique à Balayage.

NPP : Nombre le Plus Probable.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé (WHO en anglais : World Health Organization).

PCA : Plaque de Comptage Aérobie.

pH : Potentiel d'hydrogène.

SM : Solution Mère.

UFC : Unité Formant Colonie.

UHT : Ultra Haute Température.

VF : Milieu Viande Foie.

VRBG : Violet Red Bile Glucose Agar.

INTRODUCTION

Introduction

Introduction

Depuis toujours, l'être humain a accordé une importance fondamentale à son alimentation, cherchant non seulement à survivre, mais aussi à améliorer ses conditions de vie grâce à une nutrition suffisante et adaptée. De nos jours, la question de la sécurité alimentaire s'impose comme un véritable enjeu mondial, en grande partie à cause de l'augmentation des maladies liées à la consommation de produits contaminés. Ces maladies ne touchent pas seulement la santé des personnes, elles ont aussi un impact économique important sur les entreprises agroalimentaires et les systèmes de santé (Kaferstein *et al.*, 1997).

Avant même l'apparition des symptômes chez les consommateurs, le problème trouve souvent sa source dans la nature même des aliments. En effet, la majorité des denrées que nous consommons ne sont pas stériles : elles abritent naturellement divers micro-organismes. Certains sont sans danger, voire bénéfiques, mais d'autres peuvent altérer la qualité du produit ou provoquer des infections. Quand ces microbes pathogènes dépassent un certain seuil, la sécurité de l'aliment n'est plus assurée, ce qui peut entraîner des intoxications alimentaires collectives (TIAC), définies comme l'apparition d'au moins deux cas présentant les mêmes symptômes après avoir consommé un aliment commun (Dubois-Brissonnet et Guillier, 2022).

Les chiffres mondiaux montrent à quel point ce phénomène est préoccupant. D'après l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 2015), environ 600 millions de personnes – soit une sur dix – ont été malades en 2010 après avoir consommé des aliments contaminés. Cette situation a causé environ 420 000 décès, dont 125 000 chez des enfants de moins de cinq ans. Les agents pathogènes les plus fréquents sont le norovirus (125 millions de cas), *Campylobacter spp.* (95 millions), *Salmonella spp.* non typhoïdiques (78 millions), et *Escherichia coli* pathogènes (30 millions). Parmi ces microbes, certains sont particulièrement dangereux, causant chaque année des milliers de décès, comme la salmonellose (59 000) et la listériose (4 500), cette dernière étant moins fréquente mais souvent mortelle.

L'analyse par région met en évidence de fortes inégalités : l'Asie du Sud-Est et l'Afrique sont les plus touchées, avec respectivement 150 millions de cas (175 000 décès) et 91 millions de cas (137 000 décès), ce qui reflète l'influence directe du niveau de développement et de la qualité des infrastructures sanitaires. À l'inverse, l'Europe et les Amériques enregistrent un nombre bien moindre de cas, grâce à des systèmes de surveillance et de contrôle plus efficaces

Introduction

(OMS, 2015). Cela souligne l'urgence d'un renforcement global des dispositifs de prévention, en particulier dans les régions les plus vulnérables.

Pour faire face à ces risques, la sécurité des aliments repose sur plusieurs mesures essentielles. Selon la FAO (2001), elle passe par un contrôle rigoureux des matières premières, la surveillance des étapes de fabrication, l'adoption de bonnes pratiques d'hygiène, ainsi que la mise en place du système HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points), qui permet de repérer les dangers potentiels et de les maîtriser.

Certains types d'aliments présentent un niveau de risque plus élevé, notamment les fruits et légumes consommés crus, souvent utilisés dans les salades prêtes à manger. Bien qu'ils soient très recommandés pour leurs bienfaits nutritionnels (Combris *et al.*, 2007 ; Boeing *et al.*, 2012), leur composition – riche en eau, au pH neutre et chargée en nutriments – favorise la croissance microbienne. Lorsque ces produits sont mal lavés, manipulés dans de mauvaises conditions ou conservés à une température inadéquate, ils deviennent des vecteurs potentiels de contamination.

Les plats préparés et les salades sont également très sensibles, car ils peuvent être manipulés après cuisson, stockés sans respect strict de la chaîne du froid, ou consommés sans être réchauffés. Cela demande une vigilance particulière concernant l'hygiène du personnel, les équipements et l'organisation du travail.

Ce problème prend une dimension encore plus critique dans les lieux de grande affluence, comme les zones de restauration des aéroports. À l'aéroport de Constantine, ces plats sont destinés à des clients très variés – voyageurs, personnel de bord, agents au sol – et sont souvent consommés rapidement, dans des conditions peu contrôlées. Ce contexte exige donc un niveau élevé de sécurité sanitaire afin d'éviter l'apparition de TIAC.

En Algérie, bien que les données précises soient limitées, le ministère de la Santé a rapporté 105 cas d'intoxications alimentaires durant le premier semestre 2021, dont 41 % concernaient des plats variés. Les principales causes mentionnées sont le non-respect de la chaîne du froid et des conditions d'hygiène insuffisantes (APS, 2021). Cependant, il n'existe à ce jour aucune donnée spécifique concernant la qualité microbiologique des repas servis dans les aéroports.

C'est dans cette optique que s'inscrit la présente étude. Elle a pour but d'évaluer la qualité microbiologique des repas préparés dans la zone de restauration de l'aéroport de

Introduction

Constantine. Plus précisément, l'objectif est de mesurer la présence de germes pathogènes ou altérants dans les plats cuisinés et les salades, d'en faire le dénombrement et l'identification, puis de comparer les résultats aux normes définies par la réglementation algérienne (JORA).

Notre travail comprend 3 chapitres :

- Le premier chapitre est une synthèse bibliographique : ce chapitre présente une revue bibliographique sur les aliments, les contaminations microbiennes, et les principaux micro-organismes indicateurs rencontrés dans l'industrie alimentaire.
- Le deuxième chapitre du mémoire présente le matériel et la méthodologie adoptés pour mener l'étude. Ce chapitre expose la méthodologie de l'étude et les analyses microbiologiques réalisées sur les aliments, notamment la recherche des coliformes, *salmonelles*, FTAM, ASR et *Staphylococcus aureus*.
- Le troisième chapitre présente et analyse les résultats microbiologiques obtenus concernant cinq germes cibles (coliformes, *Salmonella*, FTAM, ASR et *Staphylococcus aureus*). Ce chapitre est consacré à la présentation et à l'analyse des résultats obtenus au cours de l'étude microbiologique des échantillons alimentaires en les comparant aux normes afin d'évaluer la qualité sanitaire des échantillons.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Les repas prêts à consommer en contexte de mobilité : caractéristiques et qualité alimentaire

1.1. Définition

Les repas préparés destinés à la consommation en déplacement, également appelés repas prêts à consommer (Ready-to-Eat foods), désignent des aliments ou plats entièrement élaborés, conditionnés et distribués sans nécessiter de transformation ou de cuisson supplémentaire avant leur consommation. Dans le contexte aéroportuaire, ces repas sont conçus pour être pratiques, rapides à consommer, hygiéniquement sûrs et adaptés aux contraintes de mobilité des passagers (EFSA, 2018 ; FAO, 2019).

Du point de vue de la sécurité alimentaire, ils entrent dans la catégorie des aliments sensibles, car ils sont souvent consommés sans réchauffage ni cuisson finale, et sont donc exposés aux risques de contamination ou de recontamination (Garrido *et al.*, 2020).

1.2. Caractéristiques générales

Les repas prêts à consommer se caractérisent par leur emballage hermétique, leur durée de conservation prolongée et leur facilité de consommation sans nécessiter de préparation supplémentaire. Ils sont souvent conditionnés sous vide ou en atmosphère modifiée pour garantir leur fraîcheur et leur sécurité microbiologique. De plus, ces repas sont conçus pour être compatibles avec les équipements de réchauffage disponibles à bord des moyens de transport.

1.3. Spécificités des repas servis en zone aéroportuaire

Les repas servis en aéroport présentent des spécificités liées aux exigences de sécurité alimentaire, aux normes de qualité et aux attentes des passagers. Ils sont préparés dans des installations spécialisées, telles que les cuisines de catering aérien, et doivent répondre à des critères stricts en matière d'hygiène et de traçabilité. Par exemple, Air Algérie Catering prépare en moyenne plus de 12 500 repas par jour, respectant des normes nationales et internationales de qualité et de sécurité alimentaire (Visa Algérie, 2023).

1.4. Classification des repas prêts à consommer

Les repas préparés consommés en déplacement peuvent être classés en différentes catégories en fonction de leur mode de préparation, de leur composition et de leur mode de consommation.

1.4.1. Plats cuisinés sous vide / pasteurisés

Ces plats sont cuisinés, puis conditionnés sous vide ou pasteurisés pour assurer leur conservation sans réfrigération. Ce procédé permet de prolonger leur durée de vie tout en préservant leur qualité gustative et nutritionnelle. Ils sont généralement réchauffés à bord avant d'être servis aux passagers.

1.4.2. Salades prêtes à l'emploi

Les salades prêtes à l'emploi sont composées d'ingrédients frais, soigneusement sélectionnés et conditionnés de manière à garantir leur fraîcheur et leur sécurité microbiologique. Elles sont souvent accompagnées de sauces et d'assaisonnements séparés pour préserver leur croquant et leur saveur jusqu'à leur consommation.

1.4.3. Desserts et produits complémentaires

Les desserts et produits complémentaires incluent une variété d'options sucrées, telles que des pâtisseries, des fruits frais ou des yaourts, conçus pour être consommés facilement en déplacement. Ils sont préparés en tenant compte des préférences des passagers et des contraintes logistiques liées au transport.

1.5. Qualité alimentaire des repas prêts à consommer

1.5.1. Définition de la qualité alimentaire

La norme ISO 9000 (2015) définit la qualité comme étant « le degré auquel un ensemble de caractéristiques inhérentes satisfait des exigences ». Appliquée au domaine alimentaire, la qualité alimentaire correspond à l'ensemble des caractéristiques d'un produit qui lui permettent de satisfaire les exigences nutritionnelles, hygiéniques et sensorielles des consommateurs et des réglementations en vigueur.

A. Qualité nutritionnelle

La qualité nutritionnelle d'un aliment correspond à sa capacité à couvrir les besoins nutritionnels quotidiens en apportant les nutriments essentiels comme les protéines, les fibres, les vitamines, les minéraux ou encore l'énergie (Nelinkia, 2020).

Dans le contexte des repas prêts à consommer, notamment en aéroport ou à bord des avions, cette dimension est cruciale car les passagers ne peuvent pas facilement corriger un déséquilibre alimentaire. Pourtant, les informations nutritionnelles sont rarement affichées sur ces repas. Une étude (Garrido *et al.*, 2020) indique cependant que la plupart de ces plats

présentent une densité énergétique modérée et des niveaux relativement faibles en graisses saturées, ce qui reste conforme aux recommandations diététiques.

B. Qualité organoleptique

Également appelée composante sensorielle, désigne l'ensemble des caractéristiques d'un produit perçues par les sens, telles que l'arôme, la saveur, l'arrière-goût, la texture, l'harmonie des couleurs, etc. Ces éléments influencent directement l'acceptabilité du repas par le consommateur. La transformation industrielle (comme la cuisson, la surgélation ou la

pasteurisation) peut altérer certaines de ces propriétés, en particulier la texture et l'intensité des arômes. Toutefois, des techniques comme le conditionnement sous atmosphère modifiée (MAP) ou la cuisson à basse température permettent de mieux préserver ces qualités. Par exemple, Garrido *et al.* (2020) ont observé que les plats stockés sous vide conservaient une meilleure couleur et une odeur plus agréable, comparativement à ceux conservés à l'air libre, selon des évaluations sensorielles réalisées en laboratoire.

C. Qualité hygiénique (microbiologique)

La qualité hygiénique, aussi appelée qualité microbiologique, fait référence à l'absence (ou au contrôle rigoureux) de micro-organismes pathogènes ou de toxines dans les aliments. Ce critère est fondamental dans le cas des repas consommés sans réchauffage ou avec une préparation minimale, comme les salades prêtes à l'emploi ou les sandwichs froids. La présence de bactéries telles que *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus* ou *Escherichia coli* constitue une menace réelle pour la santé publique, en particulier dans les environnements à forte densité comme les avions ou les zones d'embarquement (FAO, 2003). Merzouk (2022) rappelle que ces micro-organismes peuvent provoquer des infections alimentaires graves si les chaînes du froid et les bonnes pratiques d'hygiène ne sont pas rigoureusement respectées. L'application de systèmes de gestion de la sécurité alimentaire, tels que le plan HACCP, est donc indispensable dans les unités de production de repas en aéroport.

1.5.2. Risques sanitaires associé

Les repas préparés destinés à la consommation en déplacement présentent des risques sanitaires spécifiques, principalement liés aux altérations et aux pathologies d'origine alimentaire.

A. Altération d'origine alimentaire

L'altération des aliments peut avoir deux origines principales : microbiologique et biochimique. L'altération microbiologique affecte le goût et l'apparence du produit (par exemple, la texture, la couleur, l'apparence visqueuse, la présence de gaz), tandis que l'altération biochimique impacte le goût et la texture.

L'altération microbiologique est généralement plus rapide et plus manifeste dans les aliments à base de protéines tels que les viandes, les volailles, les poissons, les fruits de mer et les produits laitiers. Ces denrées sont riches en nutriments et présentent un pH neutre ou légèrement acide et un taux d'humidité élevé, ce qui favorise le développement d'une large gamme de microorganismes.

Les germes responsables de l'altération des aliments se répartissent en plusieurs groupes : bacilles à Gram négatif (comme *Pseudomonas* spp.), souvent impliqués dans la dégradation des produits frais ; bacilles à Gram positif (ex. : *Bacillus* spp.), capables de produire des enzymes thermorésistantes ; bactéries lactiques, responsables de fermentations indésirables ; ainsi que levures et moisissures, fréquentes dans les produits sucrés ou stockés en milieu humide (Rosset et al., 2002). Une bonne connaissance de ces groupes est essentielle pour prévenir les altérations alimentaires.

B. Pathologie d'origine alimentaire

Chaque année, plus de 600 millions de personnes dans le monde souffrent de maladies liées à la consommation d'aliments contaminés, causant environ 420 000 décès. Ces données, présentées dans le rapport 2015 de l'Organisation mondiale de la Santé, mettent en évidence l'ampleur de la charge mondiale de morbidité attribuée à 31 agents pathogènes alimentaires.

Ces maladies peuvent avoir des origines diverses, notamment infectieuses ou toxiques. Lorsqu'elles sont provoquées par des substances chimiques, les effets peuvent aller d'une intoxication aiguë à des pathologies chroniques graves, comme certains cancers. Dans les cas les plus sévères, elles peuvent entraîner un handicap durable, voire la mort (OMS, 2015).

a- Intoxications alimentaires

Les intoxications alimentaires sont causées par l'ingestion de toxines déjà présentes dans les aliments, produites par des micro-organismes comme *Staphylococcus aureus* ou *Clostridium botulinum* (Meda et al., 2022). Les symptômes apparaissent rapidement (dans les heures suivant la consommation) : vomissements, diarrhées, douleurs abdominales, parfois

troubles neurologiques, mais généralement sans fièvre. La prévention repose sur l'hygiène : lavage des mains, désinfection des surfaces, et respect des températures de conservation (WHO, 2023).

b- Infections alimentaires

Les infections sont causées par l'ingestion de micro-organismes vivants pathogènes qui colonisent le système digestif. Les agents les plus fréquents sont norovirus, *Salmonella*, *Campylobacter jejuni* et *Listeria monocytogenes*. Elles se manifestent par des symptômes digestifs accompagnés de fièvre, et nécessitent souvent plusieurs jours d'incubation (Scallan *et al.*, 2011)

c- Toxi-infection alimentaire

Ensemble de symptômes survenant après l'ingestion d'une quantité de micro-organismes pathogènes vivants dans un produit alimentaire (10^6 – 10^9 UFC/g), capables de produire des toxines directement dans l'organisme après consommation. Les bactéries responsables de ces infections libèrent leurs toxines in situ, une fois installées dans le tube digestif. C'est le cas de *Clostridium perfringens* et *Bacillus cereus*, qui causent des gastroentérites, ou encore de *Vibrio cholerae*, responsable du choléra (Merzouk, 2022).

Les symptômes, qui incluent diarrhées, douleurs abdominales, vomissements et fièvre, apparaissent après une période d'incubation moyenne (quelques heures à quelques jours), ce qui les distingue des intoxications alimentaires.

2. Contamination microbiologique– sources et agents impliqués

2.1. Origine des contaminations microbiologiques

2.1.1. Contaminations issues des matières premières

Les micro-organismes peuvent être présents dès l'origine, directement dans les matières premières. Par exemple, des légumes à feuilles, comme la laitue ou la roquette, peuvent être porteurs de bactéries intestinales telles que *E. coli* O157 :H7, souvent véhiculées par l'eau d'irrigation ou le sol (Beuchat, 2002). De même, les viandes, notamment le poulet, sont fréquemment contaminées par des bactéries comme *Salmonella enterica* ou *Campylobacter jejuni* (EFSA, 2022). Ces contaminations, invisibles à l'œil nu, peuvent persister, surtout si les aliments ne sont pas cuits par la suite.

2.1.2. Contaminations lors de la préparation et du conditionnement

L'étape de préparation constitue un moment critique pour la sécurité microbiologique des aliments. Même avec des matières premières saines, les contaminations peuvent survenir à travers plusieurs vecteurs : manipulation humaine, équipements mal nettoyés, surfaces non désinfectées, ou absence de séparation entre aliments crus et cuits. Des recherches ont mis en évidence que la manipulation post-cuisson représente une cause fréquente de recontamination, notamment dans les plats réfrigérés ou prêts à consommer (Redmond et Griffith, 2003).

Un autre risque, souvent sous-estimé, concerne les ingrédients ajoutés en fin de préparation. Épices, herbes fraîches, condiments ou sauces peuvent eux-mêmes contenir des germes, surtout lorsqu'ils n'ont pas été soumis à un traitement thermique. Certaines épices importées peuvent abriter des spores de *Bacillus cereus* ou de *Clostridium perfringens* (Marriott et Gravani, 2006), tandis que les sauces à base d'œufs ou de produits laitiers non pasteurisés offrent un environnement favorable à *Salmonella* ou *Listeria monocytogenes*.

2.1.3. Contaminations post-préparation (stockage, transport, personnel)

Même après une préparation adéquate, les aliments restent vulnérables à la contamination lors des étapes suivantes : stockage, transport et manipulation finale. Des études ont montré que des pratiques inadéquates à ces stades peuvent introduire ou favoriser la prolifération de micro-organismes pathogènes. Par exemple, une étude a révélé que des erreurs dans le stockage et la distribution des aliments ont contribué à des épidémies de salmonellose aux États-Unis (Holst *et al.*, 2025).

Pour prévenir ces risques, il est essentiel de maintenir une chaîne du froid rigoureuse, d'utiliser des contenants appropriés et de former le personnel aux bonnes pratiques d'hygiène. Le respect de ces mesures est crucial pour garantir la sécurité microbiologique des aliments jusqu'à leur consommation.

2.2. Micro-organismes indicateurs et pathogènes à surveiller

Dans le domaine de la sécurité des aliments, deux catégories de micro-organismes sont régulièrement surveillées : les indicateurs microbiens et les agents pathogènes.

Les micro-organismes indicateurs sont des germes non pathogènes utilisés pour évaluer l'hygiène ou la qualité microbiologique des aliments, de l'eau ou de l'environnement. Leur présence ne signifie pas une infection directe, mais indique des conditions favorables à une

contamination possible par des agents pathogènes. Ils jouent un rôle de signal d'alerte sur l'efficacité des procédés de nettoyage, de désinfection ou de traitement (FAO, 2022).

2.2.1. La flore totale aérobie mésophile (FTAM)

Les germes aérobies totaux ne constituent pas une famille bactérienne particulière. Il s'agit de micro-organismes formant des colonies dénombrables après leur multiplication dans des conditions de laboratoire définies, et exprimées en unités formant des colonies (UFC). La FTAM englobe trois grands types de flore en fonction de leur température optimale de croissance : la flore thermophile (45°C), la flore mésophile (entre 20°C et 40°C), et la flore psychrophile (20°C). L'analyse cible principalement la flore mésophile, tout en permettant d'évaluer indirectement les autres types de flore. Le milieu de culture généralement utilisé est le Plate Count Agar (PCA). L'incubation se fait dans des conditions atmosphériques ambiantes, à 30 °C pendant 72 heures (Ghafir et Daube, 2007 ; Dupin, 2007).

Les sources de contamination des denrées alimentaires par les germes aérobies totaux sont très variées : l'environnement, les animaux (flore intestinale, cutanée, ou des muqueuses), la contamination croisée avec d'autres carcasses ou aliments, ainsi que la contamination par les manipulateurs. Seul un dénombrement de germes indicateurs plus spécifiques permet de déterminer l'origine de la contamination. Pris isolément, les germes aérobies totaux sont des indicateurs généraux fournissant peu d'informations précises (Ghafir et Daube, 2007).

2.2.2. Coliformes

Les coliformes sont un groupe hétérogène de bactéries d'origine fécale et environnementale, appartenant à la famille des Enterobacteriace. Les principaux genres incluent *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, et *Klebsiella*. Ces bactéries sont en forme de bâtonnets, à Gram négatif, oxydase négative et peuvent être aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz. Les coliformes se divisent en deux groupes : Coliformes totaux et fécaux.

Les coliformes totaux se caractérisent par leur capacité à fermenter le lactose à 35°C (ou 37°C). La presque totalité des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé (Edberg *et al.*, 2000 ; WHO, 2011).

Les coliformes fécaux (thermotolérants) sont des coliformes capables de fermenter le lactose à 44°C ou 44,5°C. Parmi ces coliformes, *Escherichia coli* est spécifiquement d'origine fécale et constitue un indicateur suffisant pour affirmer la nature fécale de la pollution.

2.2.3. *Escherichia coli*

Escherichia coli (Fig. 1) appartient à la famille des Enterobacteriaceae. C'est un bacille Gram-négatif, court et droit, aérobiose ou anaérobiose facultatif ; il se présente seul ou en paires, et ne forme pas de spores. Il est capable de fermenter plusieurs sucres, mais leur fermentation du lactose avec production de gaz est caractéristique. La multiplication à 44°C, la production d'indole et la présence d'une activité β -glucuronidase sont également caractéristique (Ghafir et Daube, 2007). Il est généralement mobile grâce à des flagelles périthriches et est souvent pourvu de fimbriae.

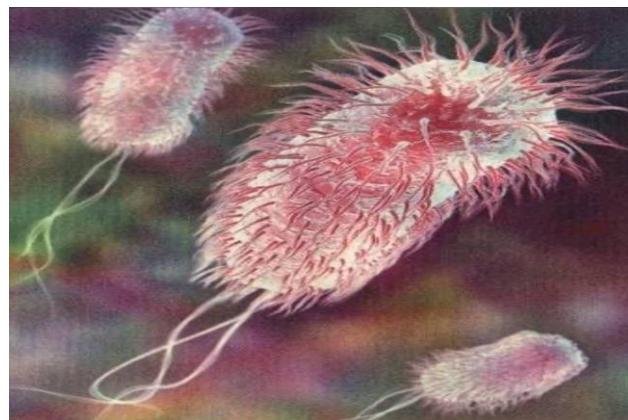


Figure 1. Représentation tridimensionnelle d'*Escherichia coli* (Henry *et al.*, 2014).

Escherichia coli est l'un des agents pathogènes d'origine alimentaire les plus répandus (Braz *et al.*, 2024). Il était encore souvent appelé *Bacillus coli* plus de 30 ans après avoir été nommé par Castellani et Chalmers (1919) en l'honneur de son découvreur, le Dr Theodor Escherich. (Sussman, 1997). Parmi les souches pathogènes, on trouve les *E. coli* entérohémorragiques ou EHEC dont le sérotype O157 est bien connu (Ghafir et Daube, 2007). Ils sont régulièrement responsables d'intoxications alimentaires. Ces intoxications surviennent principalement après la consommation de produits animaux (viande ou produits laitiers) mal cuits ou crus, ainsi que de fruits et légumes frais contaminés.

2.2.4. Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux, également appelés streptocoques du groupe D, font partie de la flore intestinale des humains et des animaux. Depuis les années 1980, la classification de ces bactéries a évolué : plusieurs espèces auparavant incluses dans le genre *Streptococcus* ont été transférées dans le genre *Enterococcus*, en raison de différences génétiques, biochimiques et écologiques (Huycke, Sahm et Gilmore, 1998). Ils sont principalement représentés par les espèces *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus avium*, *Enterococcus*

gallinarum, *Enterococcus durans*, ainsi que par *Streptococcus bovis* et *Streptococcus equinus* (Lebreton *et al.*, 2017).

Ces bactéries (Fig. 2). Sont des cocci Gram-positifs, de forme sphérique ou ovoïde, qui se divisent dans un seul plan, formant des diplocoques ou des chaînes de longueur variable. Ce sont des bactéries mésophiles, anaérobies aérotolérantes, dépourvues de cytochromes et de catalase. Leur optimum de croissance se situe à un pH compris entre 7,2 et 7,4, et elles fermentent les glucides pour produire principalement de l'acide lactique (Madigan *et al.*, 2018).



Figure 2. Streptocoques fécaux sous microscope électronique à balayage (Jones, 2019).

Les streptocoques fécaux sont largement utilisés comme indicateurs de pollution fécale. Leur utilisation à cette fin remonte à la fin du XIXe siècle. Ils sont considérés comme de bons traceurs de contamination d'origine fécale, notamment dans les environnements aquatiques. Par rapport aux coliformes fécaux, ils présentent une meilleure résistance aux conditions environnementales et peuvent survivre plus longtemps, en particulier dans les eaux salines ou faiblement contaminées. Cela renforce leur valeur comme indicateurs complémentaires dans les programmes de surveillance de la qualité microbiologique de l'eau (Sinton *et al.*, 1993).

2.2.5. *Clostridium*

Les Clostridies (ou *Clostridium* spp.) sont des bactéries Gram positives, en forme de bacilles, anaérobies stricts, appartenant principalement à la flore exogène, d'origine tellurique. Elles conservent leur vitalité dans les sols grâce à la formation de spores hautement résistantes aux facteurs physico-chimiques (Brooks *et al.*, 2013). La plupart des espèces sont mobiles grâce à des flagelles périthriches, bien que certaines puissent être immobiles. Leurs spores, souvent ovulaires ou sphériques, peuvent être déformantes.

Certaines espèces du genre *Clostridium* sont toxinogènes et responsables de maladies graves, tant chez l'humain que chez les animaux. Ces espèces sont qualifiées de bactéries pathogènes spécifiques (BPS) en microbiologie vétérinaire et médicale. Les principales espèces pathogènes sont :

a. *Clostridium perfringens*

Clostridium perfringens (Fig. 3). Est un agent pathogène majeur responsable de gangrène gazeuse (myonécrose) et de toxi-infections alimentaires. Il a été identifié pour la première fois par William H. Welch en 1891 à l'hôpital Johns Hopkins (Yao *et al.*, 2020). Ce microorganisme est souvent impliqué dans des intoxications alimentaires, notamment en lien avec la consommation de viande ou de volaille mal conservée ou insuffisamment cuite (McClane, 2007).

Clostridium perfringens fait partie du groupe des bactéries anaérobies sulfitoréductrices, car il est capable de réduire le sulfite en sulfure — une caractéristique utilisée pour son isolement en microbiologie de l'environnement.

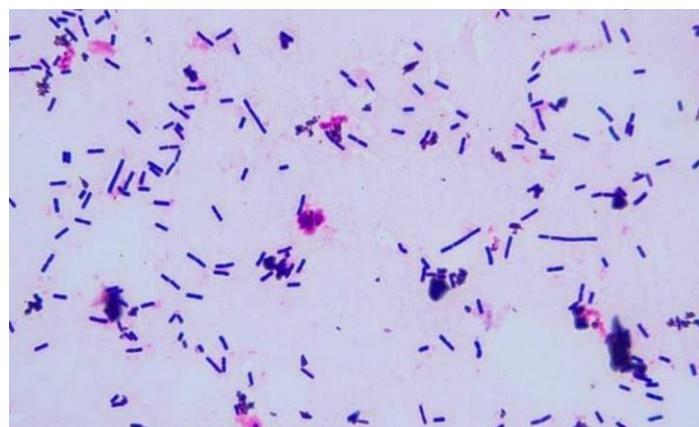


Figure 3. Observation microscopique de *Clostridium perfringens* (Takaori *et al.*, 2021).

b. *Clostridium botulinum*

Clostridium botulinum est une bactérie ubiquitaire appartenant au genre *Clostridium*, dans le phylum des Firmicutes. Il s'agit d'un bacille Gram positif (Fig. 4), anaérobiose strict, dont la forme est généralement droite à légèrement incurvée, avec des extrémités arrondies.

Sa taille varie de 0,5 à 2,4 µm de diamètre et de 1,6 à 22,0 µm de longueur (Peck, 2006). Cette espèce est capable de produire des spores ovales souvent légèrement déformantes, extrêmement résistantes à la chaleur, ce qui lui permet de survivre dans des conditions environnementales défavorables (Setlow, 2014).

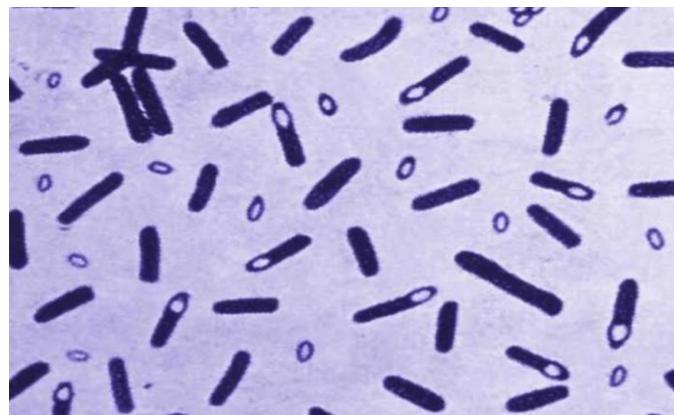


Figure 4. Observation microscopique de *Clostridium botulinum* (Henley *et al.*, 2022).

Sous sa forme végétative active, *C. botulinum* produit l'une des toxines biologiques les plus puissantes connues : la toxine botulique. Il en existe sept types (A à G), les types A, B, E et parfois F étant responsables du botulisme humain (Rossetto *et al.*, 2014). Ces neurotoxines sont thermolabiles et peuvent être inactivées par un traitement thermique à 80°C pendant au moins 10 minutes (FDA, 2012).

Le botulisme alimentaire est une intoxication grave causée par l'ingestion d'aliments contenant la toxine préformée. Il se développe uniquement lorsque certaines conditions spécifiques sont réunies : absence d'oxygène (milieu anaérobie), pH élevé (généralement > 4,6), présence de nutriments, et une température de conservation comprise entre +10°C et +48°C, conditions favorables à la croissance de la bactérie et à la production de toxine (Lund et Peck, 2000).

2.2.6. *Listeria monocytogenes*

Listeria monocytogenes est un coccobacille Gram positif, non sporulé, facultativement anaérobie, en forme de bâtonnet. Sa taille varie généralement de 0,5 µm de diamètre à 1–2 µm de longueur (Fig.5). Cette bactérie est capable de croître dans une large gamme de pH (4,3 à 9,6) et peut se reproduire à des températures situées entre 1 °C et 45 °C, ce qui en fait un pathogène particulièrement préoccupant pour les aliments réfrigérés (Gandhi et Chikindas, 2007).

L. monocytogenes est ubiquitaire dans l'environnement : on la retrouve dans le sol, l'eau, les matières fécales animales, ainsi que dans le tractus digestif des mammifères et des oiseaux. Les légumes peuvent être contaminés soit directement par le sol, soit par l'usage de fumier comme engrais. Des contaminations peuvent également survenir durant les étapes de

transformation des aliments, en particulier pour les produits prêts à consommer (Schlech, 2000).



Figure 5. Observation microscopique de *Listeria monocytogenes* (Schuppler, 2014).

La listériose est une infection rare mais grave, provoquée par la bactérie *Listeria monocytogenes*. Elle peut entraîner des complications sévères telles qu'une septicémie, une méningite, ou, chez la femme enceinte, un avortement spontané ou un accouchement prématuré. Cette maladie est classée parmi les principales zoonoses alimentaires en Europe et en Amérique du Nord. Les aliments les plus fréquemment associés à la listériose sont ceux qui peuvent être conservés longtemps au réfrigérateur, car *L. monocytogenes* est capable de se multiplier lentement même à basse température. De plus, les produits consommés sans traitement thermique ultérieur, comme la cuisson qui détruirait normalement la bactérie, présentent également un risque élevé (EFSA, 2018; WHO, 2020; Agence de la santé publique du Canada, 2022).

2.2.7. *Salmonella*

Les salmonelles sont un genre de bactéries appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae* et au groupe des protéobactéries. Ce sont des bacilles à Gram négatif, mesurant entre 0,7 à 1,5 µm de diamètre et de 2 à 5 µm de longueur. La majorité des souches sont mobiles grâce à des flagelles périthriches (Fig. 6).



Figure 6. Représentation tridimensionnelle de *Salmonella* (Boutou, 2025)

Le genre *Salmonella* comprend deux espèces principales : *Salmonella enterica* et *Salmonella bongori*. Parmi celles-ci, *S. enterica* est la plus fréquemment impliquée dans les infections humaines. Elle est subdivisée en six sous-espèces, selon des critères phénotypiques : *enterica*, *salamae*, *arizona*, *diarizonae*, *houtenae* et *indica* (Ajmera *et al.*, 2025 ; ANSES, 2016).

Le nom *Salmonella* provient de Daniel Elmer Salmon, un bactériologiste américain, qui a isolé la première souche de cette bactérie en 1884 à partir de l'intestin d'un cochon. Depuis, *Salmonella* est reconnue comme un pathogène majeur responsable de nombreuses toxiinfections alimentaires collectives (TIAC) à travers le monde (Crump *et al.*, 2015).

Les salmonelles sont naturellement présentes dans le tube digestif de nombreux animaux domestiques ou sauvages. Elles peuvent ainsi contaminer les produits d'origine animale tels que la viande crue ou insuffisamment cuite, les œufs, les produits laitiers non pasteurisés, ou encore les fruits de mer. La contamination croisée lors de la transformation ou de la préparation des aliments est également fréquente (CDS, 2024).

Sur le plan clinique, l'infection à *Salmonella* se manifeste généralement sous forme de gastro-entérite aiguë, caractérisée par une apparition brutale de fièvre, des douleurs abdominales, des nausées, vomissements et diarrhées. Chez les personnes immunodéprimées, les nourrissons ou les personnes âgées, l'infection peut évoluer vers des formes plus graves telles qu'une bactériémie, une méningite, ou d'autres infections focales sévères (Ajmera *et al.*, 2025).

La prévention repose essentiellement sur le respect des bonnes pratiques d'hygiène alimentaire, la cuisson adéquate des aliments et le contrôle sanitaire des produits d'origine animale.

2.2.8. *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus, ou *staphylocoque doré* (Fig. 7). Est un cocci Gram positif, immobile, asporulé, catalase positive et facultativement anaérobiose, appartenant à la famille des Staphylococcaceae. Il mesure généralement entre 0,5 à 1,5 µm de diamètre et se regroupe typiquement en amas irréguliers évoquant une grappe de raisin. *S. aureus* est un pathogène opportuniste largement répandu dans l'environnement et sur la peau ainsi que les muqueuses des humains et des animaux.

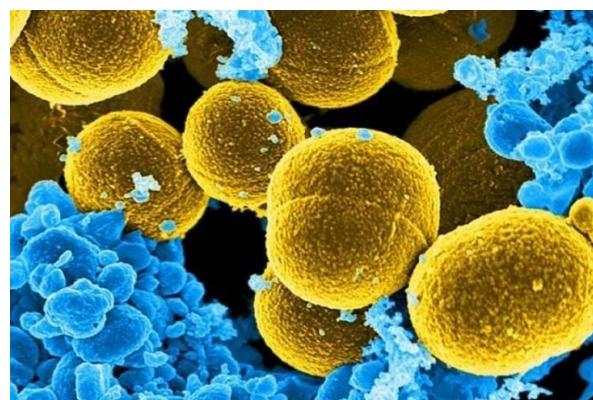


Figure 7. Observation microscopique à balayage *Staphylococcus aureus* (Loumé, 2016).

Chez l'être humain, *Staphylococcus aureus* peut provoquer une large gamme d'infections, allant des infections cutanées bénignes (furoncles, impétigo) à des infections plus graves telles que des pneumonies, endocardites, septicémies ou ostéomyélites. Par ailleurs, *S. aureus* est l'un des agents les plus fréquemment impliqués dans les toxi-infections alimentaires. Celles-ci résultent de l'ingestion d'aliments contaminés par les entérotoxines thermostables produites par certaines souches de la bactérie, généralement en raison d'une rupture de la chaîne du froid ou de mauvaises pratiques d'hygiène lors de la préparation des aliments (Argudín *et al.*, 2010 ; Hennekinne *et al.*, 2012).

2.2.9. Les moisissures

Les moisissures sont des champignons filamentueux appartenant au règne des Eucaryotes. Contrairement aux plantes, elles sont hétérotrophes, immobiles et incapables de photosynthèse. Bien qu'elles soient généralement qualifiées de multicellulaires, leur structure est particulière : elles se présentent sous forme de mycélium, un réseau de filaments appelés hyphes, qui peuvent être coenocytiques, c'est-à-dire contenant plusieurs noyaux dans un cytoplasme non cloisonné. Leur paroi cellulaire varie selon les espèces, mais le cytoplasme renferme des organites caractéristiques des cellules eucaryotes, tels que les mitochondries, les ribosomes, le réticulum endoplasmique, ainsi qu'un ou plusieurs noyaux (Mayer *et al.*, 2004).

Selon un rapport de l'AFSSA (Agence française de sécurité sanitaire des aliments, devenue ANSES), plus de 300 métabolites secondaires produits par les moisissures ont été identifiés comme potentiellement présents dans les denrées alimentaires. Cependant, seule une trentaine de ces composés présentent une toxicité jugée préoccupante pour la santé humaine ou animale (AFSSA, 2009).

Certaines moisissures sont responsables de la production de mycotoxines dangereuses pour la santé humaine et animale. Par exemple, *Aspergillus flavus* et *A. parasiticus* produisent des aflatoxines, reconnues pour leur pouvoir cancérogène et fréquemment retrouvées dans les arachides ou les céréales stockées dans de mauvaises conditions (Wild et Gong, 2010). De même, *Fusarium* spp. est à l'origine de toxines comme le déoxynivalénol (DON), la zéaralénone (ZEN) ou encore la T-2, qui ont des effets immunotoxiques, neurotoxiques et endocriniens avérés chez l'homme et les animaux. Ces moisissures se développent principalement sur des aliments d'origine végétale, en particulier les céréales comme le maïs, le blé ou l'orge, lorsqu'ils sont cultivés ou stockés dans des conditions chaudes et humides (Gruber-Dorninger *et al.*, 2021). Enfin, *Penicillium verrucosum* et *P. nordicum* produisent l'ochratoxine A (OTA), une substance néphrotoxique, retrouvée notamment dans le café, les céréales, le vin, mais aussi certains fromages affinés si les conditions de maturation ne sont pas maîtrisées (Rodríguez-Cañás et Magan, 2024).

2.2.10. Les levures

Les levures sont des eucaryotes unicellulaires non photosynthétiques, dotées d'une paroi glucidique et d'un appareil végétatif unicellulaire appelé thalle. Elles vivent dans des milieux riches en sucres (fruits, plantes), mais aussi dans le sol, l'air ou le tube digestif. Le genre *Candida* est fréquemment isolé chez l'Homme. Bien qu'utiles en fermentation, certaines levures comme *Candida* ou *Zygosaccharomyces* peuvent contaminer les aliments, en particulier les produits sucrés ou acides, provoquant des altérations (fermentations indésirables, gonflements, mauvais goût) et parfois des risques pour la santé (Mrevol, 2013 ; Fleet, 2003).

2.3. Facteurs influençant la croissance des micro-organismes dans les aliments

La croissance des micro-organismes dans les aliments dépend de plusieurs facteurs, qui peuvent soit favoriser leur développement, soit au contraire le limiter. Ces facteurs, qu'ils soient internes (comme le pH ou l'humidité de l'aliment) ou externes (tels que la température ou les conditions de stockage), influencent directement la capacité des micro-organismes à se multiplier et à exercer leurs effets, qu'ils soient bénéfiques ou nuisibles. Comprendre ces paramètres est essentiel pour maîtriser la sécurité et la conservation des aliments.

2.3.1. Facteurs internes

A. pH (potentiel d'hydrogène)

Le pH joue un rôle essentiel dans la croissance des micro-organismes. Chaque microorganisme a un pH optimal dans lequel il se développe rapidement. Ce sont souvent des enzymes sensibles au pH qui déterminent cette capacité à croître ou non. En pratique, on distingue généralement deux grandes catégories d'aliments : ceux dont le pH est inférieur à 4,5 et ceux dont le pH est supérieur à 4,5.

Dans la première catégorie les microorganismes dangereux ne se multiplient généralement pas et *Clostridium botulinum* n'élabore pas sa toxine. Dans les aliments dont le pH est compris entre 4,5 et 9,5, de nombreuses altérations sont susceptibles de se produire et la plupart des bactéries pathogènes cultivent dans ces conditions (Cuq, 2007).

Certains micro-organismes, appelés acidophiles, préfèrent même les milieux acides. On les retrouve surtout chez les levures, les moisissures et chez certaines bactéries spécifiques, classées selon le type d'acide qu'elles produisent (comme les bactéries acétiques, lactiques ou propioniques).

B. Activité de l'eau (*aw*)

Les conditions optimales de survie et de développement d'un micro-organisme nécessitent un milieu contenant une certaine quantité d'eau libre. Ce paramètre est mesuré par l'activité de l'eau (*aw*), qui varie entre 0 (aucune eau disponible) et 1 (eau pure). En général, une *aw* supérieure à 0,6 est nécessaire à la croissance des microorganismes. Certains aliments, bien que secs, peuvent absorber l'humidité de l'air (on les dit hygroscopiques), ce qui augmente temporairement leur *aw* à la surface. Certains micro-organismes sont capables de se développer même dans des milieux peu hydratés : on parle alors de xérophiles (milieux secs), d'osmophiles (milieux sucrés) ou d'halophiles (milieux salés). Ces propriétés expliquent l'efficacité des techniques de conservation comme le salage, le sucrage ou le séchage (Boekel, 2003).

C. Potentiel d'oxydo-réduction

Selon Cuq (2016), « le potentiel redox des aliments conditionne la nature des microflores capables de s'y développer. » Ce potentiel, lié à la disponibilité en oxygène, influence le développement microbien : les germes aérobies, comme *Pseudomonas*,

nécessitent un environnement oxydé, tandis que les anaérobies, comme *Clostridium botulinum*, prolifèrent en milieu réduit.

Ce paramètre est crucial pour les aliments emballés sous vide ou en atmosphère modifiée — comme les repas servis à bord des avions — où l'absence d'oxygène freine certains germes mais peut en favoriser d'autres si la chaîne du froid est rompue.

2.3.2. Facteurs externes

Ces paramètres sont intimement liés aux caractéristiques de l'environnement de l'aliment et influencent à la fois la stabilité du produit et le comportement des microorganismes qu'il contient.

A. Température d'entreposage

La température influence la vitesse des réactions métaboliques (anabolisme et catabolisme) des micro-organismes. En général, plus la température augmente, plus leur croissance s'accélère. Selon leur tolérance thermique, on classe les micro-organismes en trois catégories principales :

- Les thermophiles, dans cette catégorie on rencontre des microorganismes capables de se multiplier en dessus de 45°C et parfois pour certains jusqu'à 80°C.
- Les mésophiles qui comprennent la majorité des microorganismes se développent entre 15 et 45°C. La plupart des germes pathogènes font partie de cette catégorie.
- Les cryophiles ont une température optimale de croissance voisine de 15°C.

Certains germes pathogènes peuvent même se développer à moins 10°C (Tableau 1), ce qui pose un risque pour les aliments réfrigérés. Parmi eux : *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Yersinia enterocolytica* et certaines souches d'*E. coli* pathogènes (ESR et Olsen, 2011).

Synthèse bibliographique

Tableau 1 : Limite inférieure de température pour la croissance de certains agents pathogènes (ESR et Olsen, 2011).

Agent pathogène	Température minimale de croissance (°C)
<i>Campylobacter jejuni</i>	25
<i>Staphylococcus aureus</i>	6-7
<i>Salmonella</i>	6-7
<i>STEC</i>	6
<i>Clostridium perfringens</i>	12.8 -1.5
<i>Listeria monocytogenes</i> <i>Yersinia enterocolitica</i>	-1.5

STEC : *Escherichia coli* producteur de shiga-toxines.

B. Humidité relative

L'humidité relative du lieu d'entreposage influe à la fois sur l'activité de l'eau de l'aliment (équilibre dynamique) et sur la croissance des microorganismes à la surface de cet aliment. Par exemple quand un aliment a une activité d'eau de 0,6 il faut éviter que les conditions d'humidité relative de l'atmosphère environnante ne conduisent à une augmentation de l'activité d'eau en surface jusqu'à une valeur compatible avec une croissance microbienne (Cuq, 2007).

C. Présence et concentration de gaz (l'atmosphère)

Une augmentation de la teneur en anhydride carbonique (jusqu'à 10 %) et une diminution de la teneur en oxygène permettent une meilleure conservation des fruits et légumes, en retardant le développement de certains microorganismes et plus particulièrement des moisissures. Une atmosphère d'azote ou un conditionnement sous vide permet d'éviter des contaminations par des microorganismes aérobies (Cuq, 2007).

2.4. Normes microbiologiques

2.4.1. Taux tolérés selon les réglementations

Selon la législation algérienne, les critères microbiologiques se basent sur le nombre de germes présents dans 1 g ou 25 g d'aliment, selon le type de micro-organisme recherché et la nature du produit. Ces seuils permettent de qualifier les aliments comme satisfaisants, acceptables ou non satisfaisants sur le plan sanitaire.

Synthèse bibliographique

Tableau 2 : taux tolérés de microorganisme dans les plats cuisinés (JORA, 2017).

Bactérie	c	m	M
FTAM	2	3.10^5	3.10^6
<i>Escherichia coli</i>	2	10	10^2
<i>Staphylococcus aureus</i>	2	10^2	10^3
<i>Salmonella</i>	0	Absence dans 25g	Absence dans 25g
Anaérobiose sulfito- réducteurs	2	10^2	10^3

Tableau 3 : taux tolérés de microorganisme dans les salades (JORA, 2017).

Bactérie	c	m	M
FTAM	2	10^6	10^7
<i>Escherichia coli</i>	2	10^2	10^3
<i>Staphylococcus aureus</i>	2	10^2	10^3
<i>Salmonella</i>	0	Absence dans 25g	Absence dans 25g
Anaérobiose sulfito- réducteurs	2	50	5.10^2

2.4.2. Importance pour la sécurité alimentaire

Les normes microbiologiques jouent un rôle fondamental dans le cadre de la sécurité alimentaire, en définissant des critères précis relatifs à la présence de micro-organismes pathogènes ou indicateurs dans les denrées alimentaires. Elles permettent de limiter les risques de toxi-infections alimentaires en assurant un niveau d'hygiène acceptable tout au long de la chaîne de production, depuis la récolte jusqu'à la consommation. Ces normes contribuent également à la protection de la santé publique, à la prévention des épidémies alimentaires, ainsi qu'au respect des exigences légales et commerciales. Établies par des organismes internationaux tels que la Commission du Codex Alimentarius (FAO/OMS), l'Union européenne (règlement CE n° 2073/2005) et l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 2015), elles constituent un outil indispensable pour l'évaluation et la gestion des risques microbiologiques dans les aliments.

3. Méthodes de traitements pour la maîtrise microbiologique des aliments

3.1. Traitements thermiques

Parmi les procédés les plus utilisés pour assurer la conservation des aliments figure le traitement thermique. Ce dernier a pour objectif principal la destruction ou l'inhibition totale des micro-organismes, de leurs toxines, ainsi que des enzymes susceptibles de provoquer des altérations de la denrée ou de compromettre sa salubrité. Afin de garantir l'efficacité du procédé, le traitement par la chaleur doit être rigoureusement contrôlé. Selon la FAO (1999), ce contrôle repose sur le suivi précis du couple temps-température, soit directement au sein de l'aliment traité, soit dans le milieu thermique utilisé (eau chaude, air chaud, sauce, etc.), de manière à s'assurer que le point le plus froid du produit atteigne les paramètres thermiques prescrits pour une inactivation efficace.

3.1.1. Pasteurisation

La pasteurisation est un procédé thermique largement utilisé dans l'industrie agroalimentaire pour améliorer la sécurité sanitaire des aliments et prolonger leur durée de conservation. Elle vise principalement à éliminer les micro-organismes pathogènes sous leur forme végétative, tout en réduisant l'activité enzymatique susceptible d'altérer le produit. Cette méthode n'assure pas une stérilisation complète, mais elle permet de prolonger la conservation des produits pendant quelques jours, tout en maintenant une qualité organoleptique acceptable.

Le principe repose sur un transfert de chaleur maîtrisé, à des températures généralement inférieures à 100 °C, adapté notamment aux produits liquides. Plusieurs techniques de pasteurisation sont utilisées, dont les plus courantes sont : la méthode à basse température et longue durée (LT LT), réalisée à 63 °C pendant 30 minutes, et la méthode à haute température et courte durée (HTST), à 72–80 °C pendant 15 secondes. Ces procédés permettent une désactivation efficace des micro-organismes, tout en limitant les altérations du produit fini (Azizi-Lalabadi *et al.*, 2023).

3.1.2. Stérilisation

La stérilisation des aliments repose sur un traitement thermique à des températures supérieures à 100 °C, permettant d'inactiver les formes végétatives et sporulées de microorganismes, à l'exception de certaines spores très thermorésistantes, non responsables de toxiinfections alimentaires. Le procédé classique d'appertisation utilise une température de

référence de 121,1 °C, appliquée principalement aux aliments faiblement acides (pH > 4,6), avec des plages allant de 110 à 130 °C. Le traitement UHT (Ultra Haute Température), quant à lui, chauffe le produit à plus de 135 °C durant 1 à 2 secondes. Il est surtout utilisé pour des produits liquides comme le lait ou les soupes, en lien avec un conditionnement aseptique. Une autre méthode, moins répandue, consiste à utiliser l'irradiation par rayons gamma pour stériliser certains aliments, notamment les épices ou les fruits secs. Ces différentes méthodes de stérilisation sont détaillées dans l'ouvrage de Renard (2015), qui souligne leur efficacité microbiologique ainsi que leurs limites technologiques selon les matrices alimentaires concernées.

3.1.3. Cuisson

La cuisson est un procédé thermique indispensable dans la maîtrise de la sécurité microbiologique des aliments. En soumettant les produits à une source de chaleur, elle permet de détruire une grande partie des micro-organismes pathogènes, à condition que la température et le temps d'exposition soient suffisants. Par exemple, une température interne d'au moins 71 °C est nécessaire pour assurer l'inactivation de *Salmonella* dans les œufs ou le porc (FDA, 2022 ; USDA, 2022). Cette efficacité dépend donc du respect du couple temps-température, qui doit être adapté au type d'aliment et à la nature des germes ciblés. En plus de son rôle sanitaire, la cuisson modifie les propriétés organoleptiques et facilite la digestion, bien qu'elle puisse parfois entraîner des pertes nutritionnelles si mal contrôlée (Jay *et al.*, 2005).

3.2. Traitements chimiques

Les substances chimiques jouent un rôle essentiel dans la production et la conservation des aliments. Les additifs, notamment les conservateurs comme les sorbates ou les sulfites, prolongent la durée de conservation en limitant la croissance microbienne (Leroy & De Vuyst, 2004). Les colorants améliorent l'apparence visuelle des produits afin d'attirer davantage les consommateurs, tandis que les arômes en renforcent ou en modifient le goût (Fleet, 2003). Les compléments alimentaires, quant à eux, enrichissent la valeur nutritionnelle en apportant des vitamines et des minéraux (Saarela *et al.*, 2002). L'utilisation de ces substances est strictement encadrée par des réglementations visant à garantir la sécurité alimentaire.

3.2.1. Désinfectants

L'utilisation de désinfectants occupe une place essentielle, notamment pour assurer l'hygiène des surfaces, équipements et parfois même des aliments eux-mêmes. Un désinfectant est un agent chimique capable d'éliminer ou d'inactiver les micro-organismes sur des surfaces inertes. Des substances comme l'hypochlorite de sodium (eau de Javel), l'ozone, ou encore l'éthanol à 70 %, sont couramment utilisées dans les environnements agroalimentaires pour limiter les risques de contamination croisée. Certains désinfectants sont également autorisés pour le lavage de fruits, légumes ou viandes, sous conditions strictes. Leur efficacité dépend de plusieurs facteurs (concentration, temps de contact, type de surface), et leur emploi doit être intégré dans les plans HACCP. En effet, bien que performants, ces produits peuvent présenter des risques chimiques s'ils sont mal utilisés, ce qui exige une manipulation rigoureuse et conforme aux bonnes pratiques d'hygiène (Piotrowski *et al.*, 2021).

3.2.2. Conservateurs

Les conservateurs sont des additifs autorisés utilisés pour prolonger la durée de vie des aliments en ralentissant la croissance des micro-organismes et en limitant l'action de l'oxygène. Ils permettent ainsi de prévenir la dégradation microbiologique tout en préservant la qualité nutritionnelle des produits. Parmi les substances les plus couramment utilisées figurent les acides organiques (formique, propionique, sorbique) ainsi que certains antioxydants et antiseptiques, tous strictement encadrés par les autorités sanitaires. Environ trente conservateurs chimiques sont actuellement autorisés après des évaluations rigoureuses de leur innocuité (Vidal, 2024).

Toutefois, l'effet des conservateurs n'est pas illimité dans le temps : les aliments finissent par se détériorer sous l'effet de l'oxygène et des micro-organismes. Il est donc crucial de respecter les dates limites de consommation pour éviter tout risque sanitaire, notamment d'intoxications alimentaires, qui peuvent avoir des conséquences graves (Vidal, 2024). Une revue récente souligne que les conservateurs, notamment d'origine naturelle, peuvent jouer un rôle clé dans la réduction des pathogènes alimentaires tout en répondant à la demande croissante de produits sans additifs de synthèse (Maktabi *et al.*, 2023).

3.3. Méthode de conservation

3.3.1. Réfrigération

La réfrigération est une méthode de conservation qui consiste à maintenir les aliments à basse température, généralement entre 2 et 8 °C, afin de ralentir la croissance des microorganismes responsables de la dégradation des denrées. Bien qu'elle ne les élimine pas, cette température permet de prolonger la durée de vie des aliments périssables à court ou moyen terme, comme les produits laitiers, les viandes ou les fruits. Contrairement à d'autres procédés thermiques plus agressifs, la réfrigération préserve la majorité des qualités nutritionnelles, bien que certaines vitamines sensibles, comme la vitamine C, puissent se dégrader progressivement après quelques jours (James et James, 2010).

3.3.2. Congélation

La congélation est une méthode de conservation efficace qui repose sur la transformation de l'eau contenue dans les aliments en glace, ce qui inhibe ou stoppe l'activité des micro-organismes et des enzymes. En réduisant drastiquement la température, généralement en dessous de -18 °C, la congélation permet une conservation à long terme des denrées, sans altérer de manière significative leur valeur nutritionnelle, à condition que le processus soit correctement maîtrisé (Vidal, 2024).

La performance du congélateur est un facteur crucial : un appareil noté trois ou quatre étoiles assure une température de -18 °C ou moins, adaptée à une conservation prolongée. En revanche, un congélateur deux étoiles (-12 °C) permet seulement une conservation de quelques semaines, et une seule étoile (-6 °C) n'est efficace que pour quelques jours. Il est essentiel d'éviter les variations de température, qui peuvent provoquer des recongélation et dégrader la qualité microbiologique et sensorielle des produits (Leygonie *et al.*, 2012).

3.3.3. Séchage

Le séchage, ou déshydratation, est une méthode de conservation ancienne et efficace qui repose sur l'élimination quasi totale de l'eau contenue dans les aliments. En réduisant l'humidité, cette technique empêche la croissance microbienne et limite l'activité enzymatique, l'eau étant essentielle au développement des bactéries, levures et moisissures. Elle permet de conserver des produits comme les fruits secs, légumes déshydratés, céréales ou pâtes alimentaires pendant plusieurs mois, voire plus d'un an, à condition de les protéger de l'humidité ambiante.

Outre sa stabilité microbiologique, la déshydratation modifie la densité nutritionnelle des aliments. Elle concentre les fibres, les minéraux (comme le potassium et le fer), ainsi que certaines vitamines comme le bêta-carotène. En revanche, la vitamine C est presque entièrement détruite durant le processus, notamment sous l'effet de la chaleur (Ahmed *et al.*, 2013). Bien réalisée, cette méthode offre une excellente conservation tout en minimisant les risques sanitaires liés aux pathogènes alimentaires.

3.4. Impact des traitements sur la qualité hygiénique

Pour assurer la sécurité microbiologique des aliments, plusieurs méthodes de traitement sont utilisées. Chaque technique présente des avantages spécifiques, mais aussi des inconvénients qu'il convient de connaître pour garantir une utilisation optimale. Le tableau 4 ci-dessous présente une comparaison des principaux traitements appliqués aux aliments, en mettant en évidence leurs bénéfices, les risques potentiels, ainsi que les recommandations de l'OMS et de la FAO en matière d'hygiène et de sécurité alimentaire.

Synthèse bibliographique

Tableau 4 : les impacts des traitements sur la qualité hygiénique.

Traitement	Avantages	Risque/inconvénients	Recommandations
OMS/ FAO			
Pasteurisation	Réduit les pathogènes	Ne détruit pas toutes les bactéries	Conservation réfrigérée obligatoire
Stérilisation	Élimine tous les microorganismes	Altération des vitamines	Utiliser pour les conserves longue durée
Désinfectants	Tue les bactéries sur les surfaces	Risque de résidus chimiques	Rincer abondamment les aliments
Conservateurs	Inhibent les bactéries pathogènes	Potentiel allergène/cancérogène	Limiter les nitrites, privilégier les alternatives naturelles
Réfrigération	Ralentit la croissance microbienne	Danger si température $> 4^{\circ}\text{C}$	Contrôle strict des températures
Congélation	Bloque la prolifération bactérienne	Risque décongélation incorrecte	Éviter de recongeler
Séchage	Réduit l'activité de l'eau (aw)	Perte de vitamines hydrosolubles	Privilégier la lyophilisation pour qualité

MATERIEL ET METHODES

1. Mode d'étude

Les analyses microbiologiques des aliments ont été réalisées au sein du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Constantine, plus précisément au service de microbiologie alimentaire, durant le mois de février 2025. En complément, des données statistiques couvrant la période 2016 à 2024 ont été exploitées afin de comparer les résultats récents avec les tendances observées sur plusieurs années.

Le travail a consisté en la détermination de la qualité bactériologique de différents aliments, notamment des repas transportés composés de plats cuisinés et de salades. Les échantillons ont été prélevés au niveau du service de restauration de l'aéroport de Constantine. L'objectif principal était d'évaluer leur charge microbienne afin d'estimer leur qualité sanitaire.

2. Choix des sites de prélèvement

Les échantillons ont été collectés dans un lieu de distribution alimentaire soumis à des contraintes logistiques spécifiques, notamment en lien avec le transport, la conservation et le service rapide de repas prêts à consommer. Ce site a été choisi pour son importance stratégique, car il représente un environnement où les aliments sont préparés à l'avance, stockés, puis consommés dans un délai relativement court, ce qui augmente le risque de prolifération microbienne en cas de non-respect des conditions d'hygiène et de température.

Ce type de contexte est particulièrement pertinent pour une évaluation microbiologique, car il permet d'analyser des repas transportés, comme des plats cuisinés et des salades, fréquemment exposés à des variations thermiques. L'objectif de ce choix était donc de mettre en évidence d'éventuelles défaillances dans la chaîne de froid ou les pratiques de manipulation, susceptibles d'affecter la sécurité sanitaire des aliments.

3. Echantillonnage

Un total de 10 prélèvements (6 plats, 4 salades) a été effectué en respectant les Bonnes Pratiques de Laboratoire (BPL) et les règles d'asepsie. Chaque échantillon a été soigneusement étiqueté, puis transporté dans une glacière et transporté vers le laboratoire.

4. Analyses microbiologiques des aliments

Les analyses microbiologiques sont des moyens d'autocontrôle pour vérifier la conformité de l'hygiène des aliments par rapport à la réglementation en vigueur.

L'intérêt de ce control est de :

- Vérifier la qualité sanitaire et commerciale du produit par identification des, microorganismes et quantification du nombre de colonies.
- Apporter aux producteurs de denrées une information sur la stabilité et la qualité technologique de son produit et le respect des bonnes pratiques d'hygiène tout au long de la production.

4.1. Préparation des échantillons : suspension mère et dilutions

Pour procéder à l'analyse, une suspension mère a été préparée en pesant 10 g de l'échantillon alimentaire dans un sac stomacher stérile, auquel ont été ajoutés 90 mL d'eau physiologique stérile. L'ensemble a été homogénéisé à l'aide d'un stomacher pendant 30 secondes, opération répétée trois fois pour assurer une dilution homogène à 10^{-1} . À partir de cette suspension, des dilutions décimales successives ont été réalisées selon les besoins de l'analyse microbiologique, en transférant 1 mL de chaque dilution dans 9 mL d'eau physiologique stérile, en respectant les conditions d'asepsie.

4.2. Dénombrement de la Flore Aérobie Mésophile Totale (FTAM)

La Flore Aérobie Mésophile Totale (FTAM) désigne des agents d'altération. Leur identification permet d'estimer l'efficacité du traitement thermique et la conservation des aliments. Elle constitue un indicateur sanitaire essentiel, permettant d'évaluer le nombre d'Unités Formant une Colonie (UFC) présentes dans un produit ou sur une surface. Ce dénombrement se fait à une température de 30 °C pendant 72 heures.

Les colonies de la FTAM se présentent sous forme lenticulaire en masse.

4.2.1. Mode opératoire

La suspension mère ainsi que les dilutions décimales (10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4}) sont préparées comme décrit précédemment. À partir de ces dilutions, 1 mL est prélevé aseptiquement à l'aide d'une pipette Pasteur, puis ensemencé en masse dans une boîte de Pétri contenant de la gélose nutritive (GN). L'inoculum est réparti en traçant une figure de huit, afin d'assurer une

bonne homogénéisation avec le milieu. Les boîtes sont ensuite incubées à 30 °C pendant 72 heures, avec des lectures réalisées toutes les 24 heures, soit à 24h, 48h et 72h, pour suivre la croissance microbienne. Cette méthode permet de détecter aussi bien les bactéries rapides que celles qui sont lentes ou stressées.

4.2.2. Lecture et interprétation

Chaque boîte retenue doit contenir entre 15 et 300 colonies. Le comptage des colonies se fait à l'aide d'un compteur de colonies après la période d'incubation.

Le nombre de micro-organismes par gramme de produit est calculé à partir des boîtes retenues, en utilisant deux dilutions successives et la formule suivante :

$$N = (\text{Somme } C) / ((N_1 + 0,1N_2) \times D) \text{ Où :}$$

- N : le nombre de micro-organismes par gramme de produit.
- C : la somme des colonies comptées sur les boîtes retenues.
- N₁ : le nombre de boîtes retenues à la première dilution.
- N₂ : le nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution.
- D : le taux de dilution correspondant à la première dilution.

4.3. Recherche et dénombrement des coliformes

Les coliformes sont des bactéries indicatrices de contamination fécale ou d'hygiène insuffisante. Ils se distinguent par leur capacité à fermenter le lactose en produisant des acides et du gaz, dans un délai de 24 à 48 heures, à une température de 37 °C. Cette fermentation est rendue possible par l'enzyme β -galactosidase, qui permet l'hydrolyse du lactose. De plus, ces bactéries sont capables de se multiplier en présence de sels biliaires, ce qui facilite leur isolement dans des milieux sélectifs.

4.3.1. Mode opératoire

La recherche et le dénombrement des coliformes totaux, ainsi que la mise en évidence *d'Escherichia coli*, ont été réalisés selon la méthode du Nombre le Plus Probable (NPP), également appelée colimétrie. Cette technique repose sur une approche statistique permettant d'estimer la concentration bactérienne dans un échantillon à partir de résultats qualitatifs (présence ou absence de croissance dans des milieux ensemencés).

La méthode s'effectue en deux étapes principales : un test présomptif, suivi d'un test de confirmation.

A) Test présomptif

Il a été réalisé à l'aide du bouillon lactosé au vert-brillant bilié (BLBVB), conformément aux recommandations du Journal officiel de la République algérienne n°31. Trois tubes de BLBVB munis d'une cloche de Durham ont étéensemencés pour chacune des dilutions 10^{-2} ,

10^{-3} et 10^{-4} . Après élimination de l'air contenu dans les cloches, les tubes ont été incubés à 37°C pendant 24 à 48 heures. Un résultat était considéré comme positif lorsque deux critères étaient observés : la formation d'un gaz occupant plus de 10 % de la cloche de Durham, et la présence de turbidité dans le milieu, traduisant une fermentation du lactose. Le nombre de tubes positifs par dilution a été reporté sur la table de Mac Grady afin d'estimer le nombre le plus probable de coliformes présents dans l'échantillon.

B) Test de confirmation (test de Mac Kenzie)

Ce test visait à détecter la présence de coliformes thermotolérants, en particulier *Escherichia coli*. Les tubes présomptivement positifs ont été repiqués dans deux milieux : un tube de BLBVB muni d'une cloche de Durham et un tube de bouillon peptonée exempt indole. Après homogénéisation et élimination du gaz, les tubes ont été incubés à 44°C pendant 24 heures. La croissance bactérienne accompagnée de la production de gaz confirmait la présence de coliformes fécaux. En cas de doute, un test complémentaire de recherche d'indole pouvait être réalisé pour identifier spécifiquement *E. coli*.

4.3.2. Lecture et interprétation

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois : un dégagement gazeux dans les tubes de BLBVB au niveau de la cloche de Durham et un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *E. coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs dans le tube d'Eau Peptonée Exempte d'Indole. Le nombre de coliformes par ml ou g d'aliment est calculé par la méthode du NPP.

4.4. Recherche des salmonelles

La détection des bactéries du genre *Salmonella* repose sur une procédure en plusieurs étapes, débutant par un pré-enrichissement, suivi d'un enrichissement sélectif et d'un isolement sur un milieu de culture spécifique.

4.4.1. Pré-enrichissement sur le bouillon sélénite aux cystine

Le pré-enrichissement permet la multiplication des bactéries éventuellement présentes en faible quantité, tout en réduisant l'effet inhibiteur des conditions environnementales.

À partir de la suspension mère, un volume de 1 ml a été prélevé aseptiquement, puis ensemencé dans 9 ml de bouillon sélénite, un milieu d'enrichissement sélectif destiné à favoriser la croissance des *Salmonella spp*. L'incubation a été menée à 37 °C pendant 24 heures.

4.4.2. Lecture et interprétation

La présence d'une turbidité dans le tube après incubation est généralement interprétée comme un signe de croissance microbienne, potentiellement liée à *Salmonella spp*. Toutefois, d'autres entérobactéries peuvent également se développer dans ce milieu, ce qui justifie la nécessité de poursuivre l'analyse sur un milieu sélectif et différentiel.

4.4.3. Isolement sur milieu Hektoen

Le milieu solide Hektoen a été coulé dans des boîtes de Pétri stériles et laissé à solidifier à proximité d'un bec Bunsen afin de garantir les conditions aseptiques. À l'aide d'une anse stérile, un ose du bouillon au sélénite trouble a été prélevé et étalé en stries serrées puis espacées sur la surface du milieu. Cette technique d'ensemencement a pour but d'obtenir des colonies isolées. Les boîtes de Pétri ont ensuite été incubées à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

4.5. Recherche des microorganismes anaérobiose sulfito-reducteur ASR

Le genre *Clostridium perfringens* et les microorganismes anaérobies sulfito-réducteurs sont généralement considérés comme des indicateurs de la contamination des aliments et de leur qualité hygiénique. Ces bactéries ont la capacité de se transformer en une forme résistante, la spore, dans des conditions défavorables. Elles servent également d'indicateurs de l'efficacité des traitements thermiques.

4.5.1. Préparation du milieu

Faire fondre un flacon de milieu VF, puis le refroidir à 45°C, ajouter une ampoule d'alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium et mélanger soigneusement et aseptiquement.

Maintenir le milieu dans une étuve ou au bain-marie à 45°C jusqu'à son utilisation.

4.5.2. Ensemencement et incubation

Pour l'ensemencement, 5 ml de la prise d'essai sont versés dans un tube stérile, puis chauffés au bain-marie à 80 °C pendant 10 minutes, afin d'éliminer les formes végétatives. Le tube est ensuite refroidi rapidement sous un jet d'eau. Une fois cette étape terminée, 15 ml de gélose VF en surfusion sont ajoutés au contenu du tube. Le mélange est homogénéisé avec précaution, en évitant l'introduction de bulles d'air, puis laissé à température ambiante pour solidification. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

4.5.3. Lecture et interprétation

Les colonies situées dans la profondeur de la gélose, donc en anaérobiose, et entourées d'un halo noir (résultat de la réduction des sulfites en sulfure et de la précipitation du sulfure de fer) correspondent aux spores thermorésistantes des anaérobies sulfito-réducteurs.

4.6 Recherche de *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus est l'une des principales bactéries responsables des toxiinfections alimentaires. Sa recherche a été réalisée à l'aide du milieu Giolitti-Cantoni, supplémenté en tellurite de potassium. Pour cela, 1 ml de la solution mère a été ensemencé dans un tube contenant 9 ml de ce milieu, puis incubé à 37 °C pendant 24 à 48 heures. Après incubation, les tubes ayant viré au noir sont considérés comme présumés positifs pour *Staphylococcus aureus*. Un isolement a ensuite été effectué sur gélose Chapman : 1 ml de la solution mère a été étalé à la surface par un rateau sur la gélose, puis incubé à 37 °C pendant 24 à 48 heures. En présence de *S. aureus*, on observe généralement l'apparition de colonies de taille moyenne, lisses, brillantes, pigmentées en jaune et entourées d'un halo clair.

5. Les taux tolérés

Pour l'interprétation des résultats, nous nous sommes référées aux critères microbiologiques définies par l'Arrêté du Journal Officiel de la République Algérienne n°39-02.07.2017. Ces critères sont les suivants :

- **m** : seuil minimale du nombre de germes présent dans un gramme de produit analysé, résultat inférieure ou égale à **m**, la qualité microbiologique du produit est considérée comme satisfaisante.
- **M** : seuil maximale du nombre de germes présent dans un gramme de produit analysé ; au-delà de **M** la qualité microbiologique du produit est considérée comme non satisfaisante.
- Résultats compris **entre m et M** : qualité microbiologique acceptable.
- La présence de *Salmonella* rend l'aliment impropre à consommation humaine.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats du dénombrement obtenus à partir des échantillons prélevés au niveau de l'aéroport sont présentés dans les tableaux (5, 6).

1 Dénombrement de la Flore Totale Aérobie Mésophile (FTAM)

1.1 Plats cuisinés

La présence de la Flore Totale Aérobie Mésophile au-delà des limites définies peut indiquer un défaut d'hygiène lors des différentes étapes de préparation des plats cuits. En effet, une mauvaise maîtrise des opérations de cuisson, de manipulation et de conditionnement peut entraîner une contamination des plats par des micro-organismes présents sur les surfaces de travail, les ustensiles, ou encore sur la peau et les mains des manipulateurs.

Les résultats de la contamination des plats cuits importée par la FTAM sont représentés dans la figure 8. Les échantillons prélevés présentent une charge en flore aérobie totale qui varie d'une valeur de $1,4 \times 10^3$ UFC/g à une valeur $2,4 \times 10^5$ UFC/g avec une moyenne de $2,1 \times 10^5$ UFC/g.

charge de Flore Totale Aérobie UFC/g

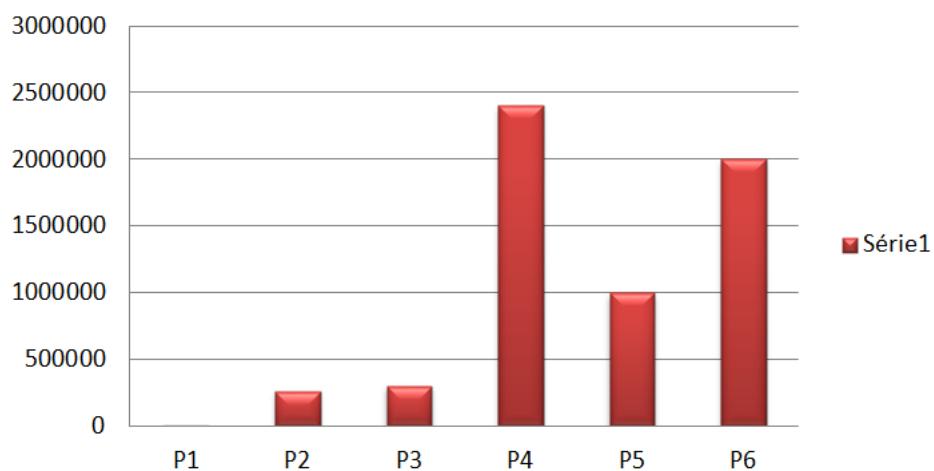


Figure 8. Variation de la flore totale (FTAM) dans les différents types de plats cuisinés.

L'étude des plats cuisinés a montré que la quantité de germes (FTAM) varie beaucoup d'un plat à un autre, selon les ingrédients, la façon dont ils sont cuits, et surtout comment ils sont manipulés après cuisson. Le plat le plus contaminé est celui à base d'omelette, courgette et poulet grillé. Il a atteint une charge de $2,4 \times 10^5$ UFC/g, ce qui reste dans les normes, mais montre clairement que des plats préparés en plusieurs étapes, avec des ingrédients cuits

Résultats et discussion

séparément, sont plus à risque de se recontaminer, surtout s'ils sont mal conservés ou manipulés longtemps avant d'être servis.

Un autre exemple intéressant est celui du plat à base de viande rouge poêlée, de pommes de terre et de carottes, qui présente également une charge microbienne élevée (1×10^5 UFC/g). Même si la cuisson à la poêle permet de réduire considérablement la présence de microorganismes, une cuisson incomplète à cœur ou une exposition prolongée à l'air ambiant après cuisson peuvent favoriser une recontamination. Cela montre que ce mode de cuisson, contrairement à une cuisson lente comme dans une sauce, n'est pas toujours suffisant pour garantir une faible charge microbienne.

En revanche, certains plats ont montré de très bons résultats. C'est le cas du plat à base de viande rouge, pommes de terre, poivron vert et sauce, qui affiche la charge la plus basse ($1,4 \times 10^3$ UFC/g). Ce résultat s'explique sûrement par une cuisson complète et homogène, et peu de manipulations après. Le plat avec poulet, courgette et pommes de terre s'en sort aussi bien ($2,6 \times 10^3$ UFC/g), ce qui suggère que la cuisson a été bien maîtrisée, même avec des légumes sensibles comme la courgette.

Pour les autres plats, les résultats sont moyens. Par exemple, le macaroni présente une charge de 2×10^4 UFC/g, probablement à cause des pâtes qui gardent l'humidité, ce qui favorise la croissance des microbes. La chekhchoukha au poulet atteint 7×10^4 UFC/g, ce qui reste acceptable, mais ce type de plat est souvent long à préparer, avec plusieurs manipulations, ce qui augmente les risques. Enfin, le plat contenant viande rouge, tomate, courgette, carotte et pomme de terre montre aussi une charge modérée (3×10^4 UFC/g), sans doute à cause de la diversité des légumes, souvent riches en eau, et donc plus favorables au développement microbien.

Ce qui est rassurant, c'est qu'aucune bactérie pathogène comme *E. coli*, *Salmonella* ou *Staphylococcus aureus* n'a été détectée dans aucun des plats. Cela veut dire que, même si certains plats ont plus de microbes que d'autres, l'hygiène générale est bonne et les pratiques de préparation restent globalement maîtrisées. Il faut juste faire attention aux étapes après cuisson, surtout pour les plats complexes ou avec des ingrédients sensibles.

Résultats et discussion

Tableau 5. Résultats du dénombrement des germes indicateurs et pathogènes dans les plats cuisinés.

Plats	Image	Germes aérobies 30°	<i>E. Coli</i>	<i>S.aureus</i>	ASR	<i>Salmonelle</i>	Remarque
Viande rouge, pomme de terre, poivron vert, sauce		1,4.10 ³ UFC/g	00 UFC/g	00 UFC/g	00 UFC/g	Absence	Satisfaisant
Poulet, courgette, pomme de terre		2,6.10 ³ UFC/g	00 UFC/g	00 UFC/g	00 UFC/g	Absence	Satisfaisant
Viande rouge, tomate, courgette, carotte, pomme de terre		3.10 ⁴ UFC/g	00 UFC/g	00 UFC/g	00 UFC/g	Absence	Satisfaisant
Omelette, courgette, poulet grillée		2,4.10 ⁵ UFC/g	00 UFC/g	00 UFC/g	00 UFC/g	Absence	Satisfaisant
Viande rouge, pomme de terre, carotte		10 ⁵ UFC/g	00 UFC/g	00 UFC/g	00 UFC/g	Absence	Satisfaisant
Macaroni		2.10 ⁴ UFC/g	00 UFC/g	00 UFC/g	00UFC/g	Absence	Satisfaisant
La moyenne		2,1*10 ⁵ UFC/g	0UFC/g	0 UFC/g	0UFC/g	0	/
L'écart type		2,3*10 ⁵ UFC/g	0UFC/g	0 UFC/g	0UFC/g	0	/

En comparaison aux critères définis par le JORA, nos résultats montrent que 100 %

des échantillons (c'est-à-dire 7/7) sont de qualité satisfaisante, et qui ont donné des niveaux de contamination inférieurs ou égaux au seuil admis.

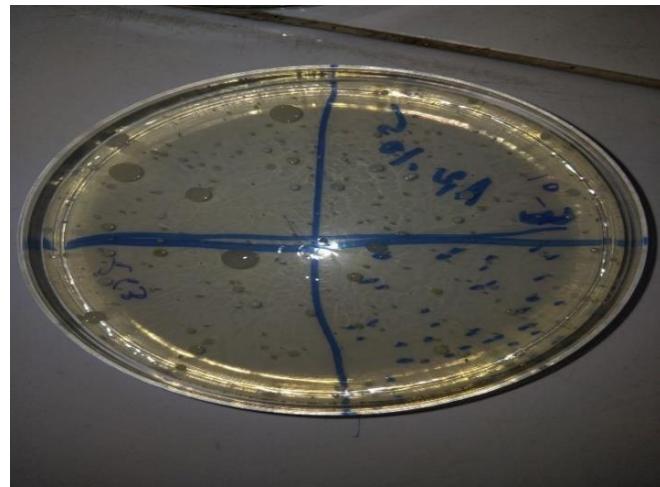


Figure 9. Colonies de FTAM sur gélose nutritive issues de plats cuisinés (30 °C, 72 h).

Des résultats similaires ont été rapportés par Maina et ses collaborateurs (2012) dans une étude menée à l'aéroport international Jomo Kenyatta de Nairobi, où la majorité des repas servis à bord présentaient une contamination microbienne, en particulier les plats froids. Toutefois, les repas chauds restaient globalement conformes aux normes. De même, une étude récente réalisée en 2023 à l'aéroport de Pattimura (Ambon, Indonésie) a montré que plusieurs plats cuisinés affichaient des charges microbiennes allant jusqu'à $2,5 \times 10^5$ UFC/g, tout en respectant les limites réglementaires (Mahaza *et al.*, 2024).

Par ailleurs, les données statistiques recueillies auprès du laboratoire d'analyse sur une période de neuf ans (2016–2024) (Fig.10) montrent que, sur un total de 1 718 échantillons de plats cuisinés analysés, toutes sources confondues, la grande majorité étaient conformes aux normes microbiologiques. En effet, plus de 85 % des échantillons ont été classés comme satisfaisants, tandis que les cas non satisfaisants restent peu nombreux (environ 3,6 %). Ces résultats indiquent que, de manière générale, les plats cuisinés ne représentent un risque sanitaire que dans un nombre limité de cas, à condition que les règles d'hygiène soient correctement appliquées tout au long de leur préparation, manipulation et conservation.

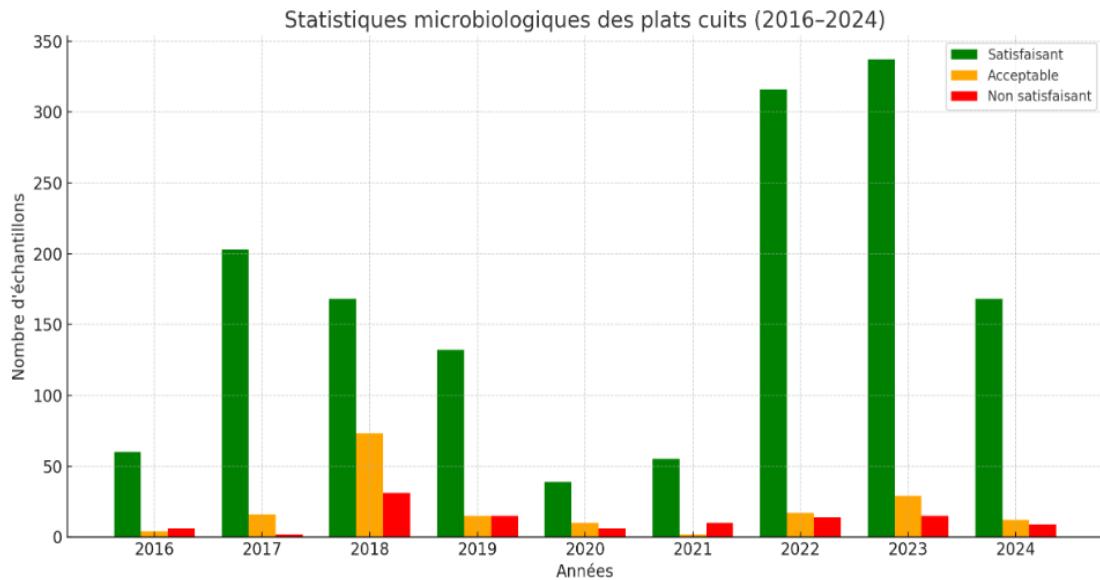


Figure 10. Statistiques microbiologique des plats cuits (2016-2024).

En comparaison, nos résultats montrent une situation plus rassurante : aucun germe pathogène détecté, et des niveaux de flore aérobio mésophile totale (FTAM) similaires, voire inférieurs, à ceux relevés dans ces études. Cela reflète une bonne maîtrise des pratiques d'hygiène, tout au long des étapes de cuisson, de manipulation et de conditionnement.

1.2 Les salades

L'analyse microbiologique des salades révèle des niveaux de contamination compris entre $1,5 \times 10^3$ et 8×10^4 UFC/g, avec une moyenne estimée à $2,2 \times 10^4$ UFC/g (figure 10). Ces variations dépendent principalement des ingrédients utilisés et des conditions de préparation, mais il est important de noter que toutes les valeurs restent dans les limites microbiologiques acceptables.

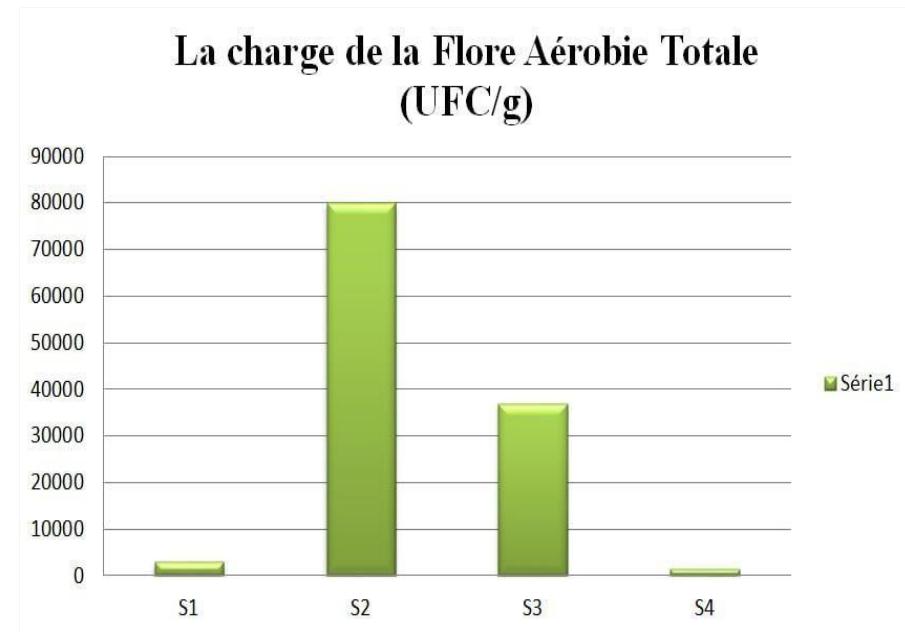


Figure 11. Variation de la flore totale dans les différents salades.

La salade de pâtes au thon affiche la charge la plus faible ($1,5 \times 10^3$ UFC/g), probablement grâce à la cuisson des pâtes et du maïs. La salade avec œuf dur et légumes crus suit avec 3×10^3 UFC/g, ce qui reste bas, montrant une bonne maîtrise de l'hygiène. En revanche, la salade au thon et légumes crus variés atteint $3,7 \times 10^4$ UFC/g, un niveau plus élevé lié à la présence de laitue et concombre, souvent sources de contamination s'ils sont mal lavés. Enfin, la salade au gruyère, pommes de terre brouillées et carottes râpées est la plus contaminée (8×10^4 UFC/g), ce qui peut s'expliquer par les ingrédients sensibles et une préparation plus complexe. Ces résultats soulignent l'importance de l'hygiène, du lavage des légumes et de la conservation au froid.

Une étude menée à l'aéroport international de Tripoli (Khwildi *et al.*, 2010) sur des salades servies à bord d'avions a révélé des charges moyennes en germes aérobies mésophiles (FTAM) comprises entre $6,4 \times 10^3$ et $11,4 \times 10^3$ UFC/g, avec des niveaux plus élevés observés avant la mise en place stricte du système HACCP. Ces résultats mettent en lumière

Résultats et discussion

Tableau 6. Résultats du dénombrement des germes recherchés dans les salades analysées.

Salades	Image	FTAM	<i>E.coli</i>	<i>S.aureus</i>	ASR
Œuf, concombre, poivron vert, tomate, citron, laitue, olive noir		3.10 ³ UFC/g	00 UFC/g	00 UFC/g	00 UFC/g
Gruyère, p.de terre brouille, carotte râpée, citron, tomate, poivron vert, olive noir		8.10 ⁴ UFC/g	00 UFC/g	00 UFC/g	00 UFC/g
Laitue, thon, concombre, poivron vert, olive noir, tomate, laitue, citron		3,7.10 ⁴ UFC/g	00 UFC/g	00 UFC/g	00 UFC/g
Pate, thon, tomate, maïs, olive noir		1,5.10 ³ UFC/g	00 UFC/g	00 UFC/g	00 UFC/g
Moyenne	$2,2 \times 10^4$ UFC/g	0 UFC/g	0 UFC/g	0 UFC/g	0 UFC/g

Résultats et discussion

L'importance des bonnes pratiques d'hygiène pour réduire la contamination microbienne dans ce type de préparations. Ces résultats restent néanmoins globalement inférieurs à ceux observés par N'Zi (2023) dans une étude menée à Abidjan sur des salades prêtes à consommer vendues en grande surface, où les charges en FTAM variaient de $5,65 \times 10^2$ à $1,69 \times 10^8$ UFC/g, avec plus de 60 % des échantillons non conformes. Cette forte non-conformité reflète des défaillances significatives en matière d'hygiène.

Les principales sources de contamination bactérienne des salades sont bien connues. Elles peuvent être d'origine primaire, notamment par l'usage d'eau d'irrigation contaminée, de sols souillés ou par contact avec des animaux ou insectes vecteurs. À cela s'ajoutent des contaminations secondaires, fréquentes au cours de la récolte, du lavage, de la découpe ou du conditionnement, lorsque les équipements, les surfaces de travail ou les mains des manipulateurs ne sont pas correctement désinfectés.

2. Recherche d'*Escherichia coli*

Escherichia coli est un indicateur classique de contamination fécale et de mauvaises conditions d'hygiène. Sa présence peut provenir d'eau contaminée, de légumes mal lavés, ou encore du contact avec des viandes crues ou des surfaces souillées. Elle est donc surveillée de près dans les contrôles microbiologiques alimentaires (Ekici et Dümen, 2019).

Dans notre étude, aucun échantillon (Fig. 13) – ni parmi les plats cuisinés (n = 7), ni parmi les salades (n = 4) – n'a révélé la présence d'*Escherichia coli* (0 UFC/g). Ce résultat indique un respect satisfaisant des conditions d'hygiène, aussi bien lors de la préparation que du conditionnement et de la conservation des aliments.



Figure 12. Tubes de détection d'*Escherichia coli* issus des plats cuisinés et salades Après l'incubation

Résultats et discussion

Ces données sont encourageantes, surtout lorsqu'on les compare à d'autres travaux. Par exemple, N'Zi (2023) a observé la présence d'*E. coli* dans 21,05 % des salades prêtées à consommer analysées à Abidjan, avec des charges atteignant jusqu'à 10⁷ UFC/g au 7^e jour d'analyse. De même, Sagoo *et al.* (2003) ont détecté *E. coli* dans 1,3 % de 3 843 échantillons de salade à légume analysés au Royaume-Uni. De plus, Maina *et al.* (2013) ont étudié 361 repas servis à bord depuis l'aéroport Jomo Kenyatta de Nairobi, y compris des plats froids et chauds.

Ils ont constaté que 8,2 % des repas chauds dépassaient le seuil recommandé d'*E. coli*, et que 68,7 % des plats froids étaient contaminés par des coliformes totaux, incluant des traces possibles d'*E. coli*.

L'absence totale d'*Escherichia coli* dans nos échantillons démontre l'efficacité des procédures et l'engagement envers la sécurité alimentaire. Ceci peut s'expliquer par les mesures prise par l'établissement pour la qualité hygiénique des repas. La charge trop élevée des repas en coliformes thermotolérants témoigne de la contamination fécale des produits. Ceci proviendrait surtout des légumes mal lavés entrés en contacts avec les viandes crues, ellesmêmes contaminées lors de l'abattage. La contamination par les mains mal lavées des manipulateurs est aussi possible tout au long de la chaîne alimentaire, les professionnels de l'agroalimentaire doivent appliquer de bonnes pratiques d'hygiène et des mesures spécifiques pour maîtriser les contaminations. Des autocontrôles doivent par ailleurs être réalisés afin de surveiller et de vérifier l'efficacité des mesures mises en place.

4. Recherche des salmonelles



Figure 13. Résultats du dénombrement des salmonelles dans les plats cuisinés et les salades.

Résultats et discussion

Les Salmonelles sont responsables non seulement d'infections bénignes à sévères, mais aussi d'infections potentiellement mortelles. De nature zoonotique, elles altèrent gravement la qualité des aliments et constituent un danger pour la société humaine. L'augmentation des infections d'origine alimentaire causées par *Salmonella* s'explique principalement par l'apparition de nouvelles caractéristiques spécifiques chez la majorité des souches (**Bajpai et al., 2012**).

Les résultats d'analyse microbiologique des échantillons des plats cuisinés (Fig. 14). Ont révélé une absence totale de *Salmonella* dans les différents échantillons analysés (0 UFC/25

g). Cette absence peut être due à la bonne cuisson des plats à une température suffisamment élevée jusqu'au cœur de l'aliment, et conforme aux réglementations sanitaires en vigueur, qui exigent la non-détection de cette bactérie dans les denrées alimentaires destinées à la consommation humaine.

Meskine (2020) a rapporté l'absence de *Salmonella* dans les plats servis au restaurant de la résidence universitaire A, contrairement à la résidence B où il a constaté la contamination de

11,11 % des échantillons (1/9), rendant le plat impropre à la consommation humaine. La contamination globale des plats analysés par ces germes est de 5,88 % (1/17).

En ce qui concerne les salades, on sait qu'elles sont parmi les terrains les plus propices à la croissance de la Salmonelle. Si elle est présente, elle va rapidement croître à des niveaux qui peuvent déclencher une intoxication alimentaire, même si la salade est placée au réfrigérateur. Toutefois, l'analyse microbiologique de nos salades a révélé son absence dans tous les prélèvements.

Des résultats différents ont été rapportés dans l'étude menée au centre de catering de la compagnie Libyan Airlines, situé à l'aéroport international de Tripoli. Dans cette étude, des analyses microbiologiques sur des salades servies aux passagers ont révélé la présence de *Salmonella* dans 3,4 % à 6,7 % des échantillons (Al-Tayar *et al.*, 2010).

L'absence de *Salmonella* dans nos échantillons est un indicateur essentiel de la sécurité sanitaire, en particulier pour les produits crus comme les salades, qui ne subissent pas de traitement thermique avant leur consommation, cette absence peut être liée à l'application de

bonnes pratiques d'hygiène tout au long de la chaîne de production : de la culture à la distribution. Toutefois, bien que ces résultats soient satisfaisants, une surveillance continue reste nécessaire.

4. Recherche du *Clostridium* sulfito réducteur (ASR)

La présence des ASR est un indicateur essentiel de contamination fécale et de mauvaises conditions d'hygiène, pouvant entraîner des toxi-infections alimentaires graves. Leur détection met en évidence la nécessité de respecter des normes d'hygiène strictes à chaque étape de la chaîne alimentaire, depuis la préparation jusqu'au stockage et à la distribution des repas. En effet, ces bactéries peuvent se développer en cas de défaillances dans les procédures de refroidissement ou de conservation, favorisant ainsi leur prolifération (Abouda *et al.*, 2014).

Les résultats d'analyse ont montré une absence totale de *Clostridium* sulfito-réducteur dans tous les échantillons testés, qu'il s'agisse de salades ou de plats cuisinés (0 UFC/g). Ce résultat est conforme aux critères du JORA, qui fixent la limite acceptable à 1 UFC/g, ce qui signifie que 100 % des échantillons sont satisfaisants.

Cette performance est particulièrement remarquable pour des salades, qui sont des produits souvent consommés crus ou avec une transformation minimale. L'absence de *Clostridium* dans les salades suggère une rigueur exceptionnelle tout au long de la chaîne de production : sélection de matières premières de haute qualité, lavage et désinfection minutieux des légumes, prévention des contaminations croisées et maintien de conditions de stockage adapté empêchant la germination des spores. En effet, bien que les spores de *Clostridium* puissent être présentes dans l'environnement (sol, végétaux), leur non-détection à de tels niveaux indique des pratiques d'hygiène préventives très performantes.

Ces observations sont en accord avec les conclusions de Söderqvist (2017). En revanche, une autre étude menée par Abouda *et al.* (2014) à l'hôpital de Sousse (Tunisie) entre 2005 et 2010 a montré que les ASR étaient fréquemment détectés, avec un taux global de contamination d'environ 30 %.

Les ASR à 46 °C étant des bactéries résistantes à la chaleur, leur présence signale souvent une rupture de la chaîne du froid ou un mauvais stockage. Leur absence dans nos échantillons reflète donc un bon niveau de maîtrise des conditions de conservation.

5. Recherche de *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus est une bactérie pathogène couramment impliquée dans les intoxications alimentaires, principalement en raison de toxines thermorésistantes qu'elle peut produire dans des aliments mal conservés ou manipulés sans précaution. Ces intoxications se traduisent par des symptômes gastro-intestinaux aigus tels que des nausées, vomissements et douleurs abdominales quelques heures après ingestion (Gotfried, 2023).

Dans notre étude, aucun des échantillons analysés, ni parmi les plats cuisinés, ni parmi les salades, n'a révélé la présence de *Staphylococcus aureus* (0 UFC/g). Ces résultats indiquent une absence totale de contamination par cette bactérie, et traduisent une bonne maîtrise des pratiques d'hygiène tout au long de la chaîne de préparation, de la cuisson au conditionnement.

Ces données sont cohérentes avec celles rapportées par Sylla et Seydi (2003), où aucune contamination par *S. aureus* n'a été détectée dans les échantillons étudiés. En revanche, elles sont similaires avec celles de la thèse de N'Zi (2023), qui a rapporté une contamination dans 23,68 % des salades prêtées à consommer analysées à Abidjan, avec des charges atteignant jusqu'à $4,63 \times 10^5$ UFC/g.

Cette divergence peut s'expliquer par plusieurs facteurs : une hygiène plus rigoureuse dans notre contexte, un respect strict de la chaîne du froid limitant la prolifération du germe, ainsi que des différences dans les méthodes d'échantillonnage ou le type de produits analysés. *S. aureus* étant une bactérie commensale de la peau et des voies respiratoires, sa présence est généralement liée à des manipulations humaines non conformes.

En somme, l'absence de *S. aureus* dans nos échantillons reflète un bon niveau de sécurité microbiologique, témoignant de l'efficacité des mesures sanitaires mises en place tout au long de la chaîne de production.

CONCLUSION

Conclusion

L'accès à des repas sûrs, équilibrés et de qualité constitue un droit fondamental de l'être humain et un facteur essentiel de santé publique. La qualité des aliments repose sur plusieurs critères, tels que leurs propriétés nutritionnelles, organoleptiques et hygiéniques. Parmi ceuxci, la qualité microbiologique occupe une place majeure, car la présence de micro-organismes indésirables ou pathogènes peut entraîner des risques sanitaires sérieux.

Dans ce cadre, la présente étude visait à évaluer la qualité microbiologique de plats prêts à consommer, servis au niveau de l'aéroport de la wilaya de Constantine. Pour cela, un total de onze échantillons alimentaires (sept plats cuisinés et quatre salades) a été soumis à des examens microbiologiques classiques, afin d'identifier différentes flores microbiennes, notamment la flore aérobie mésophile totale (FTAM), les coliformes, les Clostridium sulfito-réducteurs, ainsi que certains germes pathogènes tels que *Salmonella* et *Staphylococcus aureus*. Ces tests avaient pour objectif de détecter la présence éventuelle de micro-organismes pathogènes susceptibles d'altérer les propriétés hygiéniques de ces aliments.

Les résultats obtenus ont mis en évidence une charge microbienne relativement élevée en Flore Aérobie Mésophile Totale (FTAM) dans les 10 variétés d'échantillons analysés. Toutefois, malgré ces niveaux de contamination, l'ensemble des produits testés demeure conforme aux exigences microbiologiques définies par la réglementation algérienne en vigueur concernant les plats préparés. Ainsi, la qualité microbiologique globale des échantillons peut être considérée comme satisfaisante. En effet, aucune souche de *Salmonella spp.* n'a été détectée, de même que l'absence complète de *Staphylococcus aureus* a été constatée dans toutes les analyses. Par ailleurs, les coliformes totaux et coliformes fécaux étaient totalement absents, ce qui témoigne d'un bon niveau d'hygiène. De plus, aucun échantillon n'a montré la présence de spores de Clostridium sulfito-réducteurs, indiquant un bon contrôle des germes anaérobies sporulés. Ces résultats témoignent d'une maîtrise globale satisfaisante des conditions d'hygiène tout au long de la chaîne de production, jusqu'au service au consommateur.

Afin de renforcer ces résultats positifs et prévenir toute dérive hygiénique, plusieurs actions sont recommandées :

Conclusion

Concernant le personnel :

- Porter des vêtements de travail distincts des vêtements civils.
- Interdire le port de bijoux (piercings, montres, bagues).
- Interdire de fumer et de manger dans les cuisines.
- Exiger un certificat médical valide pour chaque manipulateur.
- Mettre en place une équipe dédiée au nettoyage et à la désinfection pour garantir une hygiène optimale.

Concernant les produits et les pratiques

- Contrôler la qualité à la réception et le respect de la chaîne du froid.
- Veiller à l'état des emballages.
- Appliquer les principes HACCP dans toutes les étapes de production.

Concernant les locaux

- Assurer une bonne aération avec des systèmes de ventilation filtrante régulièrement entretenus.
- Suivre un plan rigoureux de nettoyage et de désinfection avec des produits agréés pour la restauration collective.
- Aménager les espaces selon des normes sanitaires validées par des spécialistes de l'hygiène.

En conclusion, cette étude met en lumière l'importance d'un contrôle strict des conditions d'hygiène et de sécurité, particulièrement dans les zones sensibles comme les aéroports, afin de garantir la santé des consommateurs et de prévenir tout risque de toxi-infection alimentaire.

Perspective :

- Renforcement des contrôles microbiologiques.
- Mise en place d'une surveillance sanitaire régulière.
- Formation continue du personnel sur l'hygiène.
- Application rigoureuse des normes HACCP.

Conclusion

- Réalisation d'études comparatives avec d'autres aéroports.
- Sensibilisation des usagers à l'hygiène alimentaire.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- Abouda, Y., Bouafia, N., Mahjoub, M., Bannour, W., Mzoughi, R., & Njah, M. (2014).** Évaluation de la qualité bactériologique des aliments servis à l'hôpital de Sousse (Tunisie) entre 2005 et 2010. *Nutrition Clinique et Métabolisme* [en ligne], 28(3), (consulté le 23 mai 2025). <https://doi.org/10.1016/j.nupar.2014.05.004>
- Agence de la santé publique du Canada (2022).** *Fiche de biosécurité sur Listeria monocytogenes*
- APS. (2021).** *Hausse des cas d'intoxications alimentaires en Algérie durant l'été 2021.*
- ⌚ <https://www.aps.dz/sante-science-technologie/125670>
- Argudín, M. A., Mendoza, M. C., & Rodicio, M. R. (2010).** Food poisoning and *Staphylococcus aureus* enterotoxins. *Toxins*, 2(7), 1751–1773.
<https://doi.org/10.3390/toxins2071751>
- Bajpai, V. K., Baek, K., & Kang, S. C. (2011).** Control of *Salmonella* in foods by using essential oils: A review. *Food Research International*, 45(2), P 722–734.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.052>
- Cavin, J. F., et al. (2002).** *Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry.* *Trends in Food Science & Technology*, 15(2), 67–78.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.09.004>
- CDC. (2018).** *Outbreak of *Salmonella* Typhimurium Infections Linked to Pre-Packaged Chicken Salad – USA, 2018.*
- ⌚ <https://www.cdc.gov/salmonella/outbreaks.html>
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2024).** *How *Salmonella* Infections Happen.* <https://www.cdc.gov/salmonella/spread/index.html>
- Combris P., Amiote-Carlin M. J., Caillavet F., Causse M., Dallongeville J., Padilla M., Renard C., Soler L. G. (2007).** Les fruits et légumes dans l'alimentation : Enjeux et déterminants de la consommation. Paris : INRA. 371P. – (Expertise scientifique collective)
- Crump, J. A., Sjölund-Karlsson, M., Gordon, M. A., & Parry, C. M. (2015).** Epidemiology, clinical presentation, laboratory diagnosis, antimicrobial resistance, and antimicrobial management of invasive *Salmonella* infections. *Clinical Microbiology Reviews*, 28(4), 901–937. <https://doi.org/10.1128/CMR.00002->
- Cuq, J.-L. (2016).** *Microbiologie de nos aliments.* Académie des Sciences et Lettres de

Références bibliographiques

Montpellier. Disponible en ligne

Doulgeraki, A. I., Paramithiotis, S., Kagkli, D. M., & Nychas, G.-J. E. (2012). Spoilage microbiota associated to the storage of raw meat in different conditions. *International Journal of Food Microbiology*, 157(2), 98–105.

Dubois-Brissonnet F., Guillier L. (2020). Les maladies microbiennes d'origine alimentaire. *Cahiers de Nutrition et de Diététique* [en ligne], 55 (1), pp. 30–38 (page consultée le 29/05/2025). <https://hal.science/hal-03080053v1>

Dupin H. (2007). *Alimentation et nutrition humaines*. Paris : ESF Éditeur. p. 1333.

Ebengo Gnanga A.R. (2013). Étude de l'hygiène dans une restauration collective commerciale moderne de Dakar. Mémoire de Master II : Spécialité Produits d'Origine Animale (POA). École Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaires Dakar. 25 p.

Ekoudi, M. Emanda, Mekoulou, F.C. Benga, Ngouateu, A.G., Soppo, L.V., Nko'o, M.H.J., Maniepi, J.S. Ngouopiho, Nyangono, M. Ndongo, Minyem, A.P. Ngombi, Maniben, B.P., Nga, Nnanga (2023). Contrôle microbiologique des plats cuits vendus dans les grandes surfaces de la ville de Yaoundé. Édition spéciale. Yaoundé : [SOAPGI].

ESR, J. A. H., & Olsen, L. (2011). Minimum Growth Temperatures of Foodborne Pathogens and Recommended Chiller Temperatures.

FAO. Principes régissant l'établissement et l'application de critères microbiologiques pour les aliments [en ligne]. (Page consultée le 28/05/2025).

<https://www.fao.org/4/y1579f/y1579f04.htm#bm4.8>.

FAO/OMS (2007). Principes généraux d'hygiène alimentaire – Codex Alimentarius CAC/RCP 1-1969, Rév. 4 (2003). Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture / Organisation mondiale de la santé.

Faye, S., Thiaw, C., Kane, A., Diouf, A., Mbengue, M., & Sow, D. (2025). Knowledge of Foodborne Illnesses: A Prerequisite for Improving Food Safety in University Catering in Senegal. *Food and Nutrition Sciences* [en ligne], 16(5). (Consulté le 26 mai 2025). <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=142498>.

FDA (U.S. Food and Drug Administration). (2012). *Bad Bug Book: Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook*. 2nd edition.

FDA. (2022). *Cooking Food Safely*. U.S. Food and Drug Administration.

Fleet, G. H. (2003). *Yeast interactions and wine flavour*. *International Journal of Food*

Références bibliographiques

Microbiology, 86(1-2), 11–22. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00245-9](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00245-9)

Gandhi, M., & Chikindas, M. L. (2007). Listeria: A foodborne pathogen that knows how to survive. *International Journal of Food Microbiology*, 113(1), 1–15.

Ghafir Y, Daube G (2007). Le point sur les méthodes de surveillance de la contamination microbienne des denrées alimentaires d'origine animale. *Ann Med Vét*;151:79–100. Université de Liège, Belgique. Disponible sur : <https://hdl.handle.net/2268/499>

Google Scholar. Résultats de recherche pour « *escherichia coli in food* » [en ligne]. (Consulté le 28mai2025).

https://scholar.google.com/scholar?hl=ar&as_sdt=0%2C5&q=escherichia+coli+in+food

Gruber-Dorninger, C., Jenkins, T., & Schatzmayr, G. (2019). *Global mycotoxin occurrence in feed: A ten-year survey*. *Toxins*, 11(7), 375.

<https://doi.org/10.3390/toxins11070375>

Gullo, M., Caggia, C., De Vero, L., & Giudici, P. (2006). Characterization of acetic acid bacteria in traditional balsamic vinegar. *International Journal of Food Microbiology*, 106(3), 209–212. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2005.06.024>

Hennekinne, J. A., De Buyser, M. L., & Dragacci, S. (2012). *Staphylococcus aureus* and its food poisoning toxins: characterization and outbreak investigation. *FEMS Microbiology Reviews*, 36(4), 815–836. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2011.00311.x>

Holst MM, Wittry BC, Crisp C, Torres J, Irving D, Nicholas D (2025). Contributing Factors of Foodborne Illness Outbreaks — National Outbreak Reporting System, United States, 2014–2022. *MMWR Surveill Summ*;74(No. SS-1):1–12. DOI: <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.ss7401a1> <https://hal.science/hal-03080053/document>

Huycke, M. M., Sahm, D. F., & Gilmore, M. S. (1998). Multiple-drug resistant enterococci: the nature of the problem and an agenda for the future. *Emerging Infectious Diseases*, 4(2), 239–249.

ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods). (2005). *Microorganisms in Foods 6: Microbial Ecology of Food Commodities*. Springer.

IntechOpen. (2016). *Sources and types of microbial contaminants in food*. In *Food Industry Contaminants and Health Risk*.

James, S. J., & James, C. (2010). *The food cold-chain and climate change*. Food Research

Références bibliographiques

- International, 43(7), 1944–1956. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.02.001> **Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005).**
- Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). *Modern Food Microbiology* (7th ed.). Springer Science & Business Media.
- Kaferstien F. K., Motarjemi Y., Bettcher D. W. (1997).** Foodborne Disease Control : A Transnational Challenge. *Emerging Infectious Diseases* [en ligne], 3 (4), (page consultée le (28/05/2025)).
https://www.researchgate.net/publication/13860691_Foodborne_Disease_Control_A_Transnational_Challenge
- Lanciotti, R., Gianotti, A., Patrignani, F., Belletti, N., & Guerzoni, M. E. (2005).** *Microbial diversity during the fermentation of traditional balsamic vinegar: A study of the microbiota of the mother and the fermentation process. Trends in Food Science & Technology*, 16(2), 65–72. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.06.003>
- Lebreton, F., et al. (2017).** Tracing the Enterococci from Paleozoic origins to the hospital. *Cell*, 169(5), 849-861.
- Leroy, F., & De Vuyst, L. (2004).** *Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. Trends in Food Science & Technology*, 15(2), 67–78. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.09.004>
- Loucif L.** Les altérations microbiennes des aliments et moyens de lutte [en ligne]. (page consulté le 28/05/2025).
https://scholar.google.com/scholar?hl=ar&as_sdt=0%2C5&q=La+d%C3%A9s+aliments+&btnG=%d=gs_qabs&t=1748458731180&u=%23p%3DXvG-RmnLboUJ
- Lund, B. M., & Peck, M. W. (2000).** Clostridium botulinum. In *The Microbiological Safety and Quality of Food* (pp. 1057–1109). Aspen Publishers.
- Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M., & Stahl, D. A. (2018).** *Brock Biology of Microorganisms* (15th ed.). Pearson.
- Mahaza, A., Suhardono, S., Firmansyah, Y. W., & Juliana Noya, L. Y. (2024).** *Food and water safety monitoring at Pattimura Airport, Ambon City. International Journal of Environmental and Industrial Engineering*, 7(4), 73–79.

Références bibliographiques

<https://doi.org/10.18280/ijei.070413>

Maina, T. S. N., Kamau, L., Kabiru, E. W., Ogata, B. R., & Shitandi, A. (2011).

Evaluation of bacteriological quality of aircraft food at the Jomo Kenyatta International Airport, Nairobi, Kenya (Doctoral dissertation, School of Health Sciences, Kenyatta University).

Maktabi, S., Barba, F. J., Gálvez, F., & Saraiva, J. A. (2023). *Spices as Sustainable Food Preservatives: A Comprehensive Review of Their Antimicrobial Potential.* Pharmaceuticals, 16(10), 1451. <https://www.mdpi.com/1424-8247/16/10/1451>

Meda, L. et al. (2022). *Food safety and microbial hazards in Africa.* Current Research in Food Science, 5, 988–1001.

Medus, C., Smith, K. E., Bender, J. B., Besser, J. M., & Hedberg, C. W. (2006). *Salmonella*

Outbreaks in Restaurants in Minnesota, 1995 through 2003: Evaluation of the Role of Infected Foodworkers. *Journal of Food Protection*, 69(8), P 1870–1878. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-69.8.1870>

Merzouk, N. (2022). *Microbiologie des aliments – My TCM.* <https://fr.scribd.com>

MESKINE B. (2021). Evaluation de l'utilisation de cartes de contrôle pour l'analyse bactérienne du niveau de contamination des plats cuisinés servis dans les restaurants de quatre résidences universitaires de la wilaya d'Alger. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master : Sciences vétérinaires. Faculté de Médecine Vétérinaire Algérie, 50 p.

Montet, D., & Ray, R. C. (2015). *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers.* WileyBlackwell.

N'ZI, N. P. (2023). Qualité hygiénique des salades de fruits et de légumes prêtées à consommer (4^e gamme) vendues dans les grandes surfaces de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat : Microbiologie et Biologie Moléculaire. Université Jean Lorougnon Guédé., 112 p.

2025). <http://www.ijias.issr-journals.org/>.

Organisation mondiale de la Santé. (2015). *Estimates of the global burden of foodborne diseases: Foodborne disease burden epidemiology reference group 2007-2015.* OMS.

<https://www.who.int/publications/i/item/9789241565165>

Peck, M. W. (2006). Clostridium botulinum and the safety of minimally heated, chilled foods:

Références bibliographiques

- an emerging issue? *Journal of Applied Microbiology*, 101(3), 556–570. **Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009).**
- Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009). *Fungi and Food Spoilage* (3rd ed.). Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-92207-2> **Pretorius, I. S. (2000).**
- Pretorius, I. S. (2000). *Molecular manipulation of yeast strains used in winemaking. Trends in Biotechnology*, 18(4), 156–165. [https://doi.org/10.1016/S0167-7799\(00\)01462-0](https://doi.org/10.1016/S0167-7799(00)01462-0)
- Ray, B., & Bhunia, A. K. (2013).** *Fundamental Food Microbiology* (5th ed.). CRC Press.
- Rodríguez-Cañás, L., Magan, N. (2024).** *Exploring a Cheese Ripening Process That Hinders Ochratoxin A Production by Penicillium nordicum and Penicillium verrucosum*. *Biology*, 13(8), 582. <https://doi.org/10.3390/biology13080582>
- Rossetto, O., Pirazzini, M., & Montecucco, C.** (2014). Botulinum neurotoxins: genetic, structural and mechanistic insights. *Nature Reviews Microbiology*, 12(8), 535–549. **Saarela, M., Mogensen, G., von Wright, M., & Mattila-Sandholm, T. (2002).** *Probiotic bacteria: Safety, functional and technological properties*. *International Dairy Journal*, 12(2–3), 133–146. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(02\)00006-2](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(02)00006-2)
- Sagoo, S., Little, C., Ward, L., Gillespie, I., & Mitchell, R. (2003).** Microbiological Study of Ready-to-Eat Salad Vegetables from Retail Establishments Uncovers a National Outbreak of Salmonellosis. *Journal of Food Protection*, 66(3), 403–409. <https://doi.org/10.4315/0362028x-66.3.403>.
- Santé publique France. (2023). *Bulletin épidémiologique hebdomadaire – Foyers de toxiinfections alimentaires collectives déclarés en France en 2022*.
- ✉ <https://www.santepubliquefrance.fr>
- Scallan, E., Hoekstra, R. M., Angulo, F. J., Tauxe, R. V., Widdowson, M. A., Roy, S. L., Jones, J. L., & Griffin, P. M. (2011).** Foodborne illness acquired in the United States—major pathogens. *Emerging Infectious Diseases*, 17(1), 7–15. <https://doi.org/10.3201/eid1701.P11101>
- Schlech, W. F. (2000). Foodborne listeriosis. *Clinical Infectious Diseases*, 31(3), 770–775.
- Sciensano. (2023).** *Sécurité microbiologique des aliments*.

Références bibliographiques

- Setlow, P.** (2014). Spore resistance properties. *Microbiology Spectrum*, 2(5), TBS-0003-2012.
- Söderqvist, K.** (2017). Is your lunch salad safe to eat? Occurrence of bacterial pathogens and potential for pathogen growth in pre-packed ready-to-eat mixed-ingredient salads. *Infectious Ecology & Epidemiology* [en ligne], 7(1), (consulté le 20 mai 2025). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29230273>.
- Thierry, A., et al.** (2005). Lactic acid bacteria in dairy products. *Journal of Dairy Science*, 88(6), 2075–2084. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72994-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72994-7)
- Université de Lorraine.** (2014). Les microorganismes dans l'alimentation [Projet professionnel 2013–2014]. ASTEP.
- USDA.** (2022). *Safe Minimum Internal Temperature Chart*. U.S. Department of Agriculture.
- WHO (Organisation mondiale de la Santé).** (2020). *La listérose véhiculée par les aliments*
- Wild, C. P., & Gong, Y. Y. (2010). *Mycotoxins and human disease: a largely ignored global health issue*. *Carcinogenesis*, 31(1), 71–82. <https://doi.org/10.1093/carcin/bgp264>
- Brooks, G. F., Carroll, K. C., Butel, J. S., & Morse, S. A.** (2013). *Jawetz, Melnick & Adelberg's Medical Microbiology* (26th ed.). McGraw-Hill Education.
- McClane, B. A.** (2007). *Clostridium perfringens*. In *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers* (3rd ed.). ASM Press.

ANNEXES

Annexe 1

1/Milieu de culture et réactifs

- Bouillon lactosé au vert brillant bilié (BLBVB).
- Eau Peptone Exempte d'Indole(EPEEI).
- Milieu Giolliti Cantonii.
- Milieu viande-foie (VF).
- Bouillon Sélénite cysteine(SFB).
- Milieu Hecktoen.
- Gélose Nutritive (GN).
- Réactif de Kovacs.
- Additif Alun de Fer.
- Additif Sulfite de Sodium.

➤ Diluant

- Eau physiologique.

2/La composition des milieux de culture

Bouillon lactosé au vert brillant et à la bile (BLBVB)

Peptone.....	10g
Lactose.....	10g
Bile de l'œuf desséchée.....	20g
Vert brillant.....	0,01 33g pH =7,2

Milieu Eau peptonée tamponnée (EPT)

Peptone.....	10,0g
Cloruredesodium(NaCl).....	5,0g
Hydrogéno-orthophosphate disodique dodécahydrate (Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O).....	9,0g
Dihydrogéno-orthophosphate de Potassium (KH ₂ PO ₄).....	1,5g
Eau.....	1000ml

Bouillon de GIOLITTI-CANTONI :

Peptone de caséine	10g
Extrait de viande	5g
Extrait de levure.....	5g
Chlorure de lithium.....	5g
D(-) mannitol.....	20g
Chlorure de sodium.....	5g
Glycine.....	1,2g
Pyruvate de sodium.....	3g
Ajouter :	
Téllurite de potassium.....	0,052g
PH final.....	6,9

Milieu viande-foie (VF)

Base viande foie.....	30,0g
D glucose.....	2, 0g
Chlorhydrate de cystéine.....	0, 5g
Amidon.....	2,0g
Agar.....	8, 0g

Milieu Sélénite au cystéine

Peptone.....	5,0g
Tryptone.....	5,0g
Mannitol.....	4,0g
Disodique.....	4,0g
pH=7	

Milieu Hecktoen (HEKT)

Protéose Peptone.....	12g
Extrait de levure.....	3g
Sels biliares.....	9,0g
Lactose.....	12,0g
Saccharose.....	12,0g
Salicine.....	2,0g
Chlorure de sodium.....	5,0g
Hyposulfite de sodium.....	5,0g
Citrate de fer ammoniacal.....	1,5g
Bleu de Bromothymol.....	0,06g
Fushine acide	0,040g
Gélose.....	13,5g
pH=7,5	

Gélose Nutritive :

Extrait de levure.....	1g
Extrait de viande.....	1g
Agar	5g
Peptone.....	5
g Chlorure de	
sodium.....	5g pH=7,4

Eau physiologique :

Chlorure de Sodium.....	9,0g
Eau distillée.....	100,0g

Annexe 2

Tableau : Statistiques microbiologiques des plats cuits analysés au laboratoire d'hygiène de Constantine (2016 et 2024)

2016	Satisfaisant	60	70
	Acceptable	4	
	Non satisfaisant	6	
2017	Satisfaisant	203	221
	Acceptable	16	
	Non satisfaisant	2	
2018	Satisfaisant	168	236
	Acceptable	73	
	Non satisfaisant	31	
2019	Satisfaisant	132	162
	Acceptable	15	
	Non satisfaisant	15	
2020	Satisfaisant	39	55
	Acceptable	10	
	Non satisfaisant	6	
2021	Satisfaisant	55	67
	Acceptable	2	
	Non satisfaisant	10	
2022	Satisfaisant	316	337
	Acceptable	17	
	Non satisfaisant	14	
2023	Satisfaisant	337	381
	Acceptable	29	
	Non satisfaisant	15	
2024	Satisfaisant	168	189
	Acceptable	12	
	Non satisfaisant	9	

Année universitaire : 2024-2025

Présenté par : HALIMI Rania
KADRI Ibtihal

Évaluation de la qualité microbiologique des repas préparés destinés à la consommation en déplacement

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Microbiologie Appliquée

Résumé

L'objectif de cette étude est de contribuer à minimiser le risque d'intoxication lié à la consommation de repas servis en restauration au niveau de l'aéroport de la wilaya de Constantine, en évaluant les facteurs de risque de biocontamination tout au long de la chaîne alimentaire. Un total de onze échantillons, dont sept plats cuisinés et quatre salades de légume, a été soumis à une analyse microbiologique. Les échantillons ont été analysés afin de déterminer leur qualité bactériologique tout en prospectant les différentes flores microbiennes à savoir la flore mésophile aérobie totale (FTAM), les anaérobies sulfito-réducteurs, les coliformes (notamment *Escherichia coli*) et certains germes spécifiques (*Staphylococcus aureus*, *Salmonella*). Tous les échantillons (100 %) se sont révélés conformes aux normes indiquées dans le Journal Officiel de la République Algérienne, avec une qualité globalement satisfaisante. Une présence modérée de bactéries a été détectée dans le test de la flore FTAM, mais cette charge reste dans les limites acceptables selon les normes algérienne.

Aucun germe n'a été retrouvé dans les recherches des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR), ni parmi les coliformes totaux et fécaux. Les analyses ont confirmé l'absence totale de germes pathogènes. Ces résultats démontrent que les conditions d'hygiène et le contrôle de la qualité microbiologique des aliments, à différents niveaux de la chaîne de fabrication jusqu'aux consommateurs, sont globalement bien respectés.

Mots clés : Qualité microbiologique, plats cuisinés, normes algériennes, contrôle qualité, intoxication alimentaire.

Laboratoires de recherche : laboratoire de Mycologie, de Biotechnologie et de l'Activité Microbienne (U Constantine 1 Frères Mentouri).

Président : BOUZRAIB Latifa

MCB Université Constantine 1 Frères Mentouri.

Encadrante : LIFA Maroua

MCB Université Constantine 1 Frères Mentouri

Examinatrice : MEDJEMAJD Maissa

MCB Université Constantine 1 Frères Mentouri