



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et  
de la vie  
Département des sciences de la nature et de la vie  
Filière : Sciences biologiques

Référence ..... / 2024

# MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Microbiologie Appliquée

---

Présenté et soutenu par :  
**Ben Aich Abdelwahab & Kebkoub Aida**

Le : mardi 25 juin 2024

## **Synthèse d'articles sur la capacité de production de biofilms des entérobactéries isolées a partir d'aliments de rue**

---

### **Jury :**

Dr.	Nacer BELOUCIF	MCA	Université de Biskra	Président
Dr.	Sara BOULMAIZ	MAA	Université de Biskra	Rapporteur
Dr.	Wassila DENDOUGA	MCB	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2023-2024

## Remerciement

*Avant tout nous remercions "Allah" tout puissant qui nous a donné le courage, la volonté, la force et patience pour pouvoir continuer dans les moments les plus difficiles... Pour nous aider à surmonter tous les obstacles, nous permettant de terminer cet humble travail.*

*Ces lignes sont peut-être les plus faciles et les plus difficiles que je dois écrire... il paraît simple de nommer, mais il sera difficile de les remercier assez... Je vais néanmoins essayer...*

*Nous tenons à remercier notre chère encadreur Dr. SARA BOULMAZ pour sa disponibilité, sa patience, ses remarques avisées, ces conseils, sa confiance et son aide durant toute la période du travail.*

*Nous avons le grand honneur de lui exprimer notre profonde gratitude pour nous avoir encadrés, pour la qualité exceptionnelle de son encadrement, pour sa patience toujours disponible et pour sa convivialité. Vos qualités et vos connaissances approfondies font de vous un modèle que tous les étudiants désirent. . Apprendre à vos côtés a été un réel plaisir. Ce fut une belle opportunité et un grand honneur pour nous.*

*Veillez agréer nos sincères remerciements aux membres du jury, et nous sommes honorés de votre présence pour avoir accepté d'évaluer ce mémoire.*

## DEDICACE

*Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur qu'on dédie  
du fond du coeur à ceux qu'on aime jusqu'à les frontières de  
l'imagination :*

*A Dieu, tout puissant, qui m'a donné la force, la santé et le courage  
de réaliser ce précieux travail.*

*A ma famille, elle qui m'a dotée d'une éducation digne .*

*À ceux qui ont légué un sens à mon existence, en me donnant une  
éducation irréprochable, ceux qui m'ont appuyé nuit et jour durant mon  
parcours ; à vous mes très chères parents, qui se sacrifient pour moi et  
pour lesquels je dois le mérite, pour ce qui je suis devenu aujourd'hui.*

*A mes chers frères et A mes très chères soeurs*

*J'ai beaucoup apprécié l'estime et l'amour fraternel que vous me portez.  
Que Dieu vous préserve.*

*A mes amis et à toutes les personnes qui j'aime...*

*A tous les enseignants qui m'ont accompagné tous le long de mon  
parcours et qui m'ont appris tout ce que je sais aujourd'hui*

*A tous ce qui m'ont apporté d'aide de près ou de loin.*

*A vous chers lecteurs.*



*Aida*

## DEDICACE

*Avec l'aide de DIEU, j'ai pu réaliser ce modeste travail à que je dédie :  
Ma chère mère REHIOUA, mon cher père MOUHATA, sans eux, je  
n'aurais pas abouti à ce stade d'étude, que Dieu puisse m'aider à les  
honorer, les servir et les combler.*

*\*A mes frères et mes sœurs MOHAMED, HICHAM, HANANE  
, RACHIDA, NAOUAL,*

*\*A Ma chère épouse FAYROUZ*

*\*A la prunelle de mes yeux, ma fillette d'amour NOURSSINE*

*\*A ma belle sœur hanane*

*\*A mes beaux freres SAKER MOHAMMED NADHIR ET TAHRI  
DJEMOUI*

*\*A mes neveux: MEOUATEZ, RIYAD, MOUAAD, KOSSAI,  
ASSIL, sans oublier ma nièce d'amour: SADIJA*

*\*A toute la famille*

*et à ceux qui me donnent de l'amour et le courage.*

*\*A tous mes amis qui m'ont soutenu, aidé et encouragé*

*\*A mes collègues de SÛRETÉ DAIRA OURLÈL*

*\*A tous les enseignants et professeurs qui ont fortement contribué à ma  
formation depuis l'école primaire jusqu'à l'université.*

*\*A tous ce qui m'ont apporté d'aide de près ou de loin.*

*\*A vous chers lecteurs.*



*Abd elwahab*

# Table des matières

Liste des Tableaux.....	I
Liste des Figures.....	II
Liste des abréviations .....	III
Introduction générale .....	1
Synthèse bibliographique	
Chapitre 1 . Généralités sur les entérobactéries	
1.1 Définition .....	3
1.2 Classifications.....	3
1.3 Habitat.....	3
1.4 Caractères bactériologiques .....	3
.1.41 Les caractères morphologiques ou Microscopiques .....	3
1.4.2 Les caractères cultureux .....	4
1.4.3 Les caractères biochimiques.....	4
Chapitre 2 . Généralités sur les biofilms	
2.1 Définition .....	6
2.2 Mécanisme de formation des biofilms .....	6
2.2.1 Adhésion (attachement) .....	7
2.2.2 L'adhésion irréversible.....	7
2.2.3 Le développement précoce du biofilm .....	7
2.2.4 Maturation.....	8
2.2.5 Dissémination (phase de dispersion).....	8
2.3 Les facteurs favorisant la formation d'un biofilm.....	8
2.3.1 Les caractéristiques de la surface .....	8
2.3.2 Les caractéristiques du milieu .....	8
2.3.3 Les caractéristiques des microorganismes .....	8
Chapitre 3 . Biofilms dans le domaine alimentaires	
3.1 Biofilm dans les environnements alimentaires.....	9
3.2 Biofilm et industrie alimentaire .....	9
3.2.1 Aspects de santé associés à biofilm de l'industrie alimentaire .....	9
3.2.2 Méthodes de contrôle de la formation de biofilm dans l'industrie alimentaire .....	9

Analyse des articles11

Chapitre 5 . Matériel et méthodes

4.1 Sélection des données .....	11
4.2 zone d'échantillonnage .....	11
4.3 Méthode de prélèvement .....	15
4.4 Isolment .....	16
4.5 Identification .....	17
Chapitre 5 . Résultats et discussion	
5.1 Isolement et identification des entérobactéries.....	20
5.2 La formation de biofilm.....	20
5.3 Déscussion général .....	22
Conclusion.....	24
References Bibliographie .....	25
Résumés	

# Liste des Tableaux

<b>Tableau 1.</b> Les caractères d'identification des genres le plus fréquemment rencontrés (Meziani, 2012) .	4
<b>Tableau 2.</b> Méthodes de contrôle des biofilms pour leur utilisation dans l'industrie alimentaire. ....	10
<b>Tableau 3.</b> Les échantillons à étudiés .....	11

## Liste des Figures

<b>Figure 1.</b> Structure et aspect microscopique des Enterobacteriaceae (Benameur, 2011).....	5
<b>Figure 2.</b> Observation microscopique d'un biofilm (Taoufik, 2020). .....	6
<b>Figure 3.</b> Les différentes étapes de la formation d'un biofilm bactérien (Lattab, 2018).....	7



## Liste des abréviations

**ADN** : Acide désoxyribonucléique.

**API 20 E** : Appareil pour identification de 20 *Entérobactéries*.

**ARN** : Acide ribonucléique.

**BHI** : Brain-Heart Infusion Broth.

**BLSE** :  $\beta$ -lactamases-à-spectre-étendu = **ESBL** : Extended-Spectrum- $\beta$ -Lactamases **BLSR** :  $\beta$ -lactamases-à-spectre-restreint = **NSBL** : Narrow-Spectrum- $\beta$ -Lactamases.

**EPS** : Extrapolymeric substances.

**MALDI-TOF MS** : en anglais “MALDI-TOF :Matrix Assisted Laser Desorption Ionization - Time of Flight , **MS**: Mass Spectrometry”.

**MLST**: Multi Locus Sequencing Typing.

**ONPG** : L'O-Nitrophényl- $\beta$ -D-galactopyranoside.

**PCR** : Polymerase Chain Reaction.

**TDA** : Tryptophane désaminase.

**VP** : Voges-Proskauer.

# **Introduction**

## **Introduction générale**

Le concept du biofilm a été proposé puis généralisé à d'autres environnements par William osterton dans les années 1980 indiquant que la majorité des microorganismes adhèrent à des surfaces biotiques ou abiotiques par des mécanismes déterminés qui leur offrent des avantages dans cette niche écologique particulière (Malek, 2013).

Les biofilms bactériens sont généralement définis comme des agrégats de cellules bactériennes attachés à une surface et enrobés d'une matrice polymérique. Les bactéries peuvent tout aussi bien adhérer à une surface biotique (e.g. cellules de la muqueuse) qu'à une surface abiotique (e.g. plancher ou équipement à la ferme, à l'abattoir ou à l'usine de transformation). La formation d'un biofilm se fait en plusieurs étapes selon un modèle bien établi . La capacité de former un biofilm est maintenant reconnue comme une caractéristique propre à plusieurs microorganismes. On estime d'ailleurs que 80 % de la biomasse microbienne de notre planète réside sous forme d'un biofilm (Yannick, 2014).

Le contrôle du biofilm est un enjeu majeur dans le secteur industriel. Les biofilms des industries alimentaires sont reconnus être la source de lourds problèmes économiques et sanitaires. Ils sont responsables de la diminution des rendements et de l'augmentation des couts de production, dues aux altérations des produits transformés et aux détériorations des appareils et des matériaux. D'une part, les biofilms sont une source de contamination des aliments transformés par des germes indésirables et sont largement incriminés dans la dégradation de la qualité organoleptique et sanitaire des produits finis et la diminution de leur durée de vie. D'autre part, l'encrassement des échangeurs thermiques tels que les pasteurisateurs et les problèmes de corrosion diminuent l'efficacité de ces appareils avec des répercussions, notamment sur la qualité des produits traités. Dans les entreprises de transformation des aliments la lutte contre les biofilms s'inscrit dans les démarches visant l'amélioration de la qualité microbiologique des produits finis (Malek, 2013).

Les *entérobactéries* constituent une famille bactérienne hétérogène regroupant un grand nombre d'espèces. Au niveau phénotypique, ce sont des bacilles Gram négatif droits ; mobiles , par flagelles péritriches, ou immobiles; non sporulés ; aérobies facultatifs, produisant de l'acide à partir du glucose ; pas de besoin en sodium, ni de stimulation ; catalase positive ; oxydase négative ; réduisent habituellement les nitrates en nitrite (pas en N<sub>2</sub>) ( M. Aboubacar, 2021).

les *entérobactéries* peuvent former des biofilms en utilisant divers mécanismes d'adhérence, tels que la production de polysaccharides et de protéines adhésives qui favorisent leur fixation à la surface. Une fois qu'elles ont formé un biofilm, ces bactéries peuvent persister sur les surfaces des aliments, augmentant ainsi le risque de contamination croisée et de maladies d'origine alimentaire par conséquent, nous avons mené une recherche bibliographique basée sur des articles scientifiques étudiant de la production de biofilms des entérobactéries isolées a partir d'aliments de rue pour atteindre l'objectif de notre thèse finale dans diverses payes.

# **Partie 1.**

## **Synthèse bibliographique**

**Chapitre 1.**  
**Généralités sur les**  
**entérobactéries**

# **Chapitre 1 . Généralités sur les entérobactéries**

## **1.1 Définition**

Les *Enterobactéries* sont définies par un ensemble de caractères généraux communs. Ce sont des bacilles à Gram négatif, non sporulés, le plus souvent mobiles grâce à une ciliature péritriche mais immobiles dans le cas des bactéries des genres *Klebsiella* et *Shigella* et de *Yersinia pestis*. Elles sont aérobies anaérobies facultatives et elles cultivent sur les milieux ordinaires (Bernard *et al.*, 2003).

## **1.2 Classifications :**

La classification se fait en genres, selon les caractères biochimiques et métaboliques, puis en espèces surtout selon les caractéristiques antigéniques. Les principaux genres et espèces de cette famille sont:

*Escherichia* (espèce principale: *E. coli*).

*Shigella* (*S. dysenteriae*, *S. sonnei*, *S. boydii*, *S. flexneri*)

*Salmonella* (*S. typhi*, *S. paratyphi* et plusieurs milliers de sérotypes).

*Klebsiella* (*K. pneumoniae* et autres): *Enterobacter* (*E. cloacae* et autres).

*Proteus* (*P. mirabilis*, *P. vulgaris*).

*Yersinia* (*Y. enterocolitica*, *Y. pestis*...).

autres genres: *Morganella*, *Serratia*, *Hoffmannia*... (Cristian *et al.*, 2015).

## **1.3 Habitat**

Les microbes dans les tubes digestifs des humains et des animaux sont appelés *entérobactéries*, et ils peuvent être des hôtes normaux ou pathogènes (Yassine, 2022).

## **1.4 Caractères bactériologiques**

### **.1.41 Les caractères morphologiques ou Microscopiques**

Les *entérobactéries* présentent généralement la morphologie normale des bactéries à Gram négatif ; certaines sont mobiles en raison de la ciliature péritriche, tandis que d'autres sont statiques (Meziani, 2012).

### 1.4.2 Les caractères cultureux

Les *entérobactéries* sont des bactéries aer-anaérobies facultatives qui peuvent se développer jusqu'à huit heures à 37°C, résistent aux changements de pression osmototique et ont souvent des besoins nutritionnels modestes (Meziani, 2012).

### 1.4.3 Les caractères biochimiques

Le diagnostic familial et l'espèce et le genre sont basés sur l'examen des traits biochimiques (Meziani, 2012).

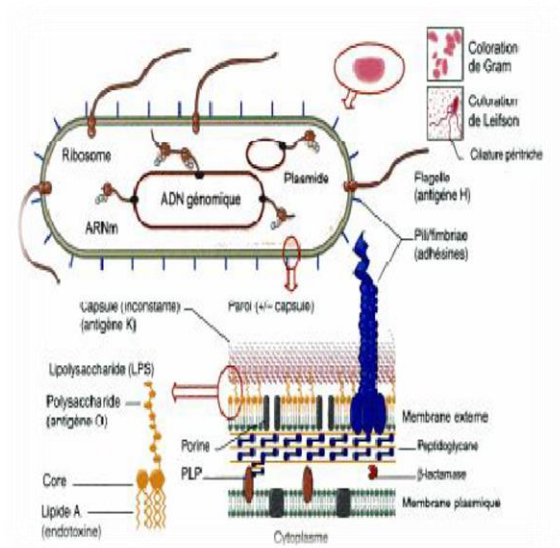
**Tableau 1.** Les caractères d'identification des genres le plus fréquemment rencontrés (Meziani, 2012).

	<i>Escherichia</i>	<i>Citrobacter</i>	<i>Enterobacter</i>	<i>Klebsiella</i>	<i>Serratia</i>	<i>Salmonella</i>	<i>Shigella</i>	<i>Proteus</i>	<i>Providencia</i>	<i>Yersinia</i>
<b>Lactose</b>	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<b>ONPG</b>	+	+	+	+	+	-	+/-	-	-	+
<b>Indole</b>	+	-	-	+/-	-	-	+/-	+/-	+	+/-
<b>VP (Acétoïne)</b>	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+ *
<b>Citrate</b>	-	+	+	+	+	+/-	-	+/-	+	-
<b>Mobilité</b>	+	+	+	-	+	+	-			+ *
<b>Urée</b>	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+
<b>TDA</b>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<b>H2S</b>	-	+/-	-	-	-	+	-	+/-	-	-

\* à 20°C seulement, (+) : Résultat positif, (-) : Résultat négatif.

Les caractères antigéniques : l'identification biochimique des *entérobactéries* nécessite un typage du syndrome, car il existe de nombreuses communautés d'antigènes entre les espèces et les genres. Les *entérobactéries* (Figure 1) possèdent plusieurs types d'antigènes différents (Benameur, 2011).





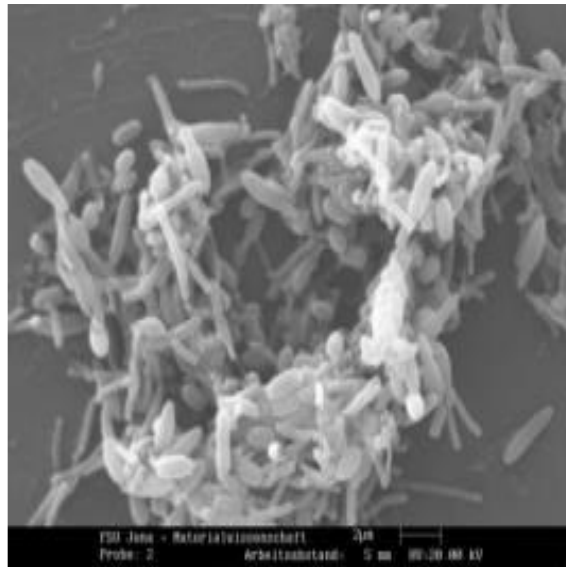
**Figure 1.** Structure et aspect microscopique des *Enterobacteriaceae* (Benameur, 2011)

# **Chapitre 2. Généralités sur** **les biofilms**

## **Chapitre 2. Généralités sur les biofilms**

### **2.1 Définition**

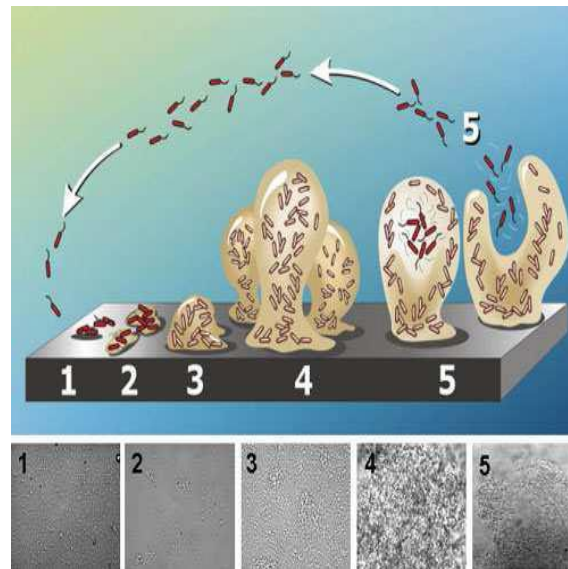
Les biofilms sont une communauté de microbes sessiles attachés à une surface biotique ou abiotique, chargés d'une matrice extracellulaire en polymère de substances (EPS). En raison de la façon dont les bactéries sont disposées en microcolonies divisées par des canaux aqueux, la structure des bactéries a évolué pour fournir des gradients de composants métaboliques vitaux, qui aident à construire des niches écologiques et à renforcer la résilience des microorganismes au stress environnemental (Lattab, 2018).



**Figure 2.** Observation microscopique d'un biofilm (Taoufik, 2020).

### **2.2 Mécanisme de formation des biofilms**

La matière solide est colonisée par des bactéries dans un processus en plusieurs étapes qui implique des variables biologiques et physico-chimiques. Le processus de création de biofilms peut être décomposé en 5 étapes, qui sont les suivantes (Kamila *et al.*, 2011) :



**Figure 3.** Les différentes étapes de la formation d'un biofilm bactérien (Lattab, 2018).

### **2.2.1 Adhésion (attachement)**

Les bactéries s'attachent aux surfaces par des moyens actifs ou passifs, influencés par les propriétés de la surface. Initialement minime, l'adhérence est réversible en raison de changements morphologiques (Sokunrotanak *et al.*, 2012).

### **2.2.2 L'adhésion irréversible**

L'adhésion irréversible, quant à elle, correspond à une fixation active et spécifique des micro-organismes sur une surface (Géraldine, 2011). Lorsque les bactéries forment un lien permanent avec les surfaces en PSE, le processus d'attachement passe de réversible à irréversible (Sokunrotanak *et al.*, 2012).

### **2.2.3 Le développement précoce du biofilm**

Lorsque les microbes prolifèrent et s'accumulent en même temps, ils créent des colonies qui renforcent le lien entre les bactéries et le substrat. Ce processus est connu sous le nom de formation de microcolonies (Sokunrotanak *et al.*, 2012).

### **2.2.4 Maturation**

Selon la source de nutrition, le processus de maturation du biofilm aboutit à la formation d'une structure ordonnée qui peut être plate ou en forme de champignon. (Sokunrotanak *et al.*, 2012).

### **2.2.5 Dissémination (phase de dispersion)**

La dernière phase de production du biofilm, permet aux cellules de revenir à leur état planctonique. Le détachement peut résulter de la libération de protéines de liaison à la surface ou d'EPS, de processus de biofilm internes ou de perturbations externes (Sokunrotanak *et al.*, 2012)

## **2.3 Les facteurs favorisant la formation d'un biofilm**

### **2.3.1 Les caractéristiques de la surface**

La recherche montre une corrélation positive entre l'adhérence et la rugosité de surface, affectant la rétention des microorganismes (Nassima, 2015).

### **2.3.2 Les caractéristiques du milieu**

L'attachement des bactéries aux surfaces est influencé par la disponibilité, la concentration, le pH et la température des nutriments (Nassima, 2015).

### **2.3.3 Les caractéristiques des microorganismes**

La formation de biofilm est influencée par des caractéristiques cellulaires telles que les flagelles, les exopolysaccharides, les protéines extracellulaires, les appendices, la communication cellule-cellule et la production d'EPS, qui peuvent également former des liaisons d'adhésion (Nassima, 2015).

# **Chapitre 3 . biofilms Dans** **le domaine alimentaires**

## **Chapitre 3 . Biofilms dans le domaine alimentaires**

### **3.1 Biofilm dans les environnements alimentaires**

Les bactéries attachées aux aliments et aux surfaces de contact causent des problèmes hygiéniques et économiques, et la croissance du biofilm dans les systèmes alimentaires peut se produire dans les bonnes circonstances. (C.Ganesh et al.,1998)

### **3.2 Biofilm et industrie alimentaire**

Les biofilms ont une longue histoire dans l'industrie alimentaire car ils sont responsables de la contamination des produits transformés. L'étude des biofilms dans le milieu des industries alimentaires relève, pour une grande part, du domaine de la sécurité sanitaire des aliments. Presque toutes les branches de l'industrie alimentaire y compris les secteurs des produits laitiers sont remises en cause par le problème des biofilms. (Serena *et al.*, 2018).

#### **3.2.1 Aspects de santé associés à biofilm de l'industrie alimentaire**

Maladies d'origine alimentaire associées à des biofilms bactériens sur les aliments , les matrices ou l'équipement d'usine peuvent survenir par intoxication ou infection. De là, ils peuvent contaminer une matrice alimentaire, provoquant des intoxications individuelles ou multiples (Serena *et al.*, 2018).

#### **3.2.2 Méthodes de contrôle de la formation de biofilm dans l'industrie alimentaire**

Le développement de méthodes de surveillance en ligne pour suivre l'adhérence, la croissance et / ou l'élimination des dépôts et des biofilms des surfaces en milieu industriel réduit le coût des opérations de nettoyage et minimise les interruptions de production pour la maintenance (Serena *et al.*, 2018).

D'autres méthodes novatrices pour les études de détection de biofilms, y compris la métagénomique et la métatranscriptomique (Serena *et al.*, 2018).

L'industrie alimentaire utilise diverses méthodes physiques et chimiques pour contrôler les informations sur les biofilms, notamment le nettoyage, la désinfection et de nouvelles stratégies. (Tableau 2 ) (Serena *et al.*, 2018).

**Tableau 2.** Méthodes de contrôle des biofilms pour leur utilisation dans l'industrie alimentaire (Serena *et al.*, 2018).

Méthodologie	Exemples	Mécanisme d'action
Traitements chimiques	Désinfectants (NaOCl, acide peracétique, NaOH, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	Oxydation des structures cellulaires
Perturbation enzymatique	Cellulases	Perturbation de la matrice extracellulaire
	Protéases	
	Glycosidases	
	ADNses	
Revêtements en acier	Nanoparticules (Ag 2 C, Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , TiO <sub>2</sub> , ZnO, etc.), Cou, MgO	Altération de la membrane bactérienne
	Surfaces répulsives (monocouches, hydrogels, topographie modifiée)	Inhibition de la liaison bactérienne
	Surfaces fonctionnalisées (avec lysozyme ou nisine)	Bactéricide
Agents Tensioactifs biologiques	Lichénysine	Inhibition de l'adhésion bactérienne
	Revêtement	
Bactériophages	P100	Lyse cellulaire
Bactériocines	Nisine	Altération de la membrane cellulaire
Inhibition du QS	Liaison des inhibiteurs aux récepteurs QS (acide lactique)	Régulation à la baisse de l'adhérence et mécanismes de virulence
	Dégradation enzymatique des signaux QS ((paraoxonases)	
	Contrôle post-transcriptionnel de l'ARNr	
	Inhibition de la biosynthèse des signaux QS	
	Furanones	Inhibition de la motilité
Huiles essentielles	Citral	Inhibition QS, inhibition de la motilité
	Carvacrol	Bactéricide
Pression hydrostatique élevée	H <sub>2</sub> O	Bactéricide (également endospores)
Plasma non thermique	UV plus O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O et II	Bactéricide
Photocatalyse		Bactéricide



**Partie 2.**

**Analyse des articles**

# **Chapitre 4.**

## **Matériel et méthodes**

## Chapitre 4 . Matériel et méthodes

### 4.1 Sélection des données

Des articles scientifiques pertinents sur la formation des biofilms par les *enterobacteries* sur les produits alimentaires ont été téléchargés de divers sites Web tels que « these dz , thesefr , Google Scholar, sites scientifiques, Scopus, Pub Med central, articles scientifiques, dovepress, SNDL,OMSA Open Access Library, Web of Science, Elsevier et Springer, ainsi que Science Directe ».

### 4.2 zone d'échantillonnage

les échantillons ont été collectées aux différents endroits dans le monde (Tableau 3).

**Tableau 3.** Les échantillons à étudiés

Étude	Type des prélèvements (échantillons)	ISOLATS	Région
(MOHAMED <i>et al.</i> , 2019)	Prélèvements de 83 échantillons alimentaires de lait cru bactofugé lait, lait en poudre, préparations pour nourrissons, fruits et légumes frais, la farine de blé et de riz et l'amidon ont été collectés au hasard dans fermes et supermarchés .	<i>Cronobacters pp</i>	Autriche
(C.Marin <i>et al.</i> , 2009)	Prélèvements à partir de 95 élevages avicoles commerciaux "des troupeaux de poules pondeuses ( 51) et des troupeaux de poulets de chair (41) "	<i>Salmonella spp</i>	Espagne
(Arley <i>et al.</i> , 2020)	50 échantillons ont été recueillis à partir de l'emballage et des surfaces de production de quatre usines de transformation des aliments situés dans	<i>Entérobactéries</i>	Colombie

	deux départements de la Colombie ont été évalués.		
(Denis <i>et al.</i> , 2012)	Prélèvements à partir de porcs; l'abattoir; vente au détail de porc produits	<i>Salmonelle</i>	Irlande
(Lene <i>et al.</i> , 2009)	Prélèvements à partir d'usines norvégiennes d'aliments pour animaux et de farine de poisson.	<i>Salmonelle</i>	Norvège
(Juliana <i>et al.</i> , 2022)	Prélèvements à partir de viande de chèvre crue ont été prélevés dans 40 points de vente des établissements commerciaux (bouchers ou Marchés)	<i>Salmonelles</i> , <i>E. coli</i> et <i>S. aureus</i>	Brésil(São Francisco)
(Abd El Tawab <i>et al.</i> , 2016)	Prélèvements à partir de lait de vache mastitique collecté à partir de différents fermes et yaourts, viande hachée et saucisses collecté dans différents supermarchés .	<i>Enterococcus</i>	Égypte
(L. Necidová <i>et al.</i> , 2009)	Prélèvements à partir de la chaîne laitière conservés à -75°C	<i>Enterococcus faecalis</i> et <i>Enterococcus faecium</i>	République Tchèque
(Iacumin <i>et al.</i> , 2008)	Prélèvements à partir Six huiles essentielles ont été utilisées sous forme liquide	<i>Listeria monocytogenes</i>	Italie
(Hafida <i>et al.</i> , 2015 )	Prélèvements à partir de différents aliments tel que (Turquiefromage de	<i>E. coli</i>	Maroc

	balle, Tajinedeviande , RawAsianwac , Saladeavecdu saumon....ext )		
(Miriam, 2007)	Aliments et boissons (Autres que les préparations pour nourrissons et le lait en poudre)	<i>Enterobacter sakazakii</i>	Allemagne
(C.Iversen et al., 2004)	Prélèvements à partir de lait maternisé pour nourrissons	<i>E.coli</i>	Nottingham royaume-uni
( Paula et al., 2022)	Prélèvements à partir de les aliments d'origine animale	<i>E.coli</i>	Espagne
(Rosa et al., 2020)	Prélèvements à partir de viande rouge et de volaille	<i>Entérobactéries</i>	Espagne
(Live et al., 2014)	Prélèvements à partir d'excréments de moutons	<i>E.coli</i>	Norvège
(Mirriam et al., 2013)	Prélèvements à partir de diverses sources de nourriture .	<i>Enterobacter cloacae</i>	Afrique du Sud
(SE-WOOK et al., 2007)	Prélèvements à partir de lait maternisé pour nourrissons	<i>Enterobacter sakazakii</i>	Corée
(ana et al., 2020)	Prélèvements à partir de viande rouge et de volaille	<i>les entérocoques</i>	Espagne
(Md. AshekUllah et al., 2023)	Prélèvements à partir des fruits de mer crus	<i>entérocoque faecium</i>	Bangladesh
(Live et al., 2020)	Prélèvements à partir de la chaine de	<i>E.coli</i>	Norvège

	production des poulets de chair.		
(Karen <i>et al.</i> , 2009)	Prélèvements à partir des surfaces de contact à la viande , à la volaille , à la charcuterie prête à consommer et aux produits manufacturés .	<i>E.coli</i>	U S A
(Al zahraa <i>et al.</i> , 2022)	Prélèvements à partir de lait et produits laitiers	<i>Les Entérocoques</i>	Égypte
(Shimaa <i>et al.</i> , 2023 )	Prélèvements à partir de les aliments d'origine animale comprenaient les bœuf , les poulets , les lapines ,le lait , le beurre et les œufs .les échantillons de produits alimentaires ont été prélevés dans des supermarchés , des marchés locaux et des magasins de détail.	<i>les entérobactéri-es</i>	Égypte
(Y. Ye <i>et al.</i> , 2010)	Prélèvements à partir de lait maternisé pour nourrissons	<i>Enterobacter sakazakii</i>	Chine
(Xin-jun <i>et al.</i> , 2012)	Prélèvements à partir de différentes substances (Lait en poudre, Biscuits , Soja , Rondelle d'oignon ,Craquelins aux crevettes , Chocolat ,Lait en poudre , Barre de lait de taro, Chocolat , Amidon d'exportation).	<i>Cronobacter</i>	Chine
(I.D. Singhalag <i>et al.</i> , 2022)	Prélèvements à partir de la rhizosphère de la fraise, la tomate et le riz.	<i>Enterobacter, Aspergillus et Enterobacter-Aspergillus</i>	Sri lanka

(RATNA <i>et al.</i> , 2019)	Prélèvements à partir de VIANDES DE POULET VENDUES SUR LES MARCHÉS TRADITIONNELS	<i>les entérobactéries</i>	Indonésie
(Hesperia <i>et al.</i> , 2019)	Prélèvements à partir de fermes et installations d'emballage de tomates.	<i>E.coli</i>	Nord du Mexique
(Arghavan <i>et al.</i> , 2022)	Prélèvements à partir de lait et produits laitiers	<i>E.coli</i>	Iran
(Qingli <i>et al.</i> , 2022)	Prélèvements à partir de poulet	<i>Listeria monocytogenes</i> et <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Chine
(Aya <i>et al.</i> , 2021)	Prélèvements à partir de DU YAOURT ET DU FROMAGE KARIESH	<i>E.coli</i>	ÉGYPTE
(Milanov <i>et al.</i> , 2015)	Prélèvements à partir de DU LAIT DE VACHES ATTEINTES DE MAMMITE	<i>E.coli</i>	Serbie
(Eman <i>et al.</i> , 2020)	Prélèvements à partir de Lait de Ferme Laitière « cent échantillons de lait cru de vache et de bufflonne (chacun sur 50) ont été prélevés au hasard dans des fermes laitières gouvernementales et privées » .	<i>Entérobactéries</i>	ÉGYPTE

### **4.3 Méthode de prélèvement**

Différentes méthodes d'échantillonnage ont été mises en œuvre, variant selon le type d'échantillon, qu'il s'agisse de produits laitiers, d'aliments d'origine végétale ou de produits

carnés (vache, brebis, poulet, ou poisson). Tous les échantillons ont été prélevés dans des magasins, des marchés, des abattoirs, chez des bouchers ou dans des fermes, en fonction du type de l'étude.

Pour l'échantillonnage du lait et de ses dérivés, tels que le lait cru, le lait en poudre, le lait pour nourrissons, le yaourt et le fromage, nous avons les études de Mohamed *et al.* (2019), L. Necidová *et al.* (2009), C. Iversen *et al.* (2004), SE-Wook *et al.* (2007), Y. Ye *et al.* (2010), Arghavan *et al.* (2022), Milanov *et al.* (2015), Eman *et al.* (2020), Aya *et al.* (2021), et Al Zahraa *et al.* (2022).

Concernant les produits carnés, par exemple, la viande rouge, le poulet et les charcuteries, nous trouvons les études de C. Marin *et al.* (2009), Rosa *et al.* (2020), Ana *et al.* (2020), Qingli *et al.* (2022), Ratna *et al.* (2019), Karen *et al.* (2009), Shima *et al.* (2023), Live *et al.* (2014), Live *et al.* (2020), Denis *et al.* (2012), Paula *et al.* (2022), Md. AshekUllah *et al.* (2023), Juliana *et al.* (2022), et Lene *et al.* (2009).

Pour les aliments végétaux, tels que le riz et la rhizosphère de la fraise, nous trouvons les études de I.D. Singhalage *et al.* (2022), Hesperia *et al.* (2019), et Iacumin *et al.* (2008).

Nous constatons également que certaines études ont prélevé une variété d'échantillons de divers aliments, par exemple le lait en poudre, les biscuits, le tajine de viande, le soja, les craquelins aux crevettes et le chocolat, comme rapporté dans les études de Xin-jun *et al.* (2012), Abd El Tawab *et al.* (2016), Mirriam *et al.* (2013), Miriam (2007), Hafida *et al.* (2015), et Arley *et al.* (2020).

#### **4.4 Isolment**

•***Enterobacter sakazakii*** : Incubation sur gélose à 42°C pendant 24h (Mohamed A *et al.*, 2019) et striation sur gélose chromogène avec incubation à 37°C pendant 24h selon le protocole de la FDA (Y. Ye *et al.*, 2010).

•***Salmonella spp.*** : Analyse selon la norme ISO 6579:2002, incubation à 37 ± 1°C pendant 18h, puis striation sur gélose nutritive avec test biochimique (C. Marin *et al.*, 2009).

•***Cronobacter spp.*** : Identification avec API 20E, VITEK, Biologie, tests phénotypiques et séquençage de l'ADNr 16S (Xin-jun *et al.*, 2012).



•***Escherichia coli* O157**: Protégée par un biofilm d'*Acinetobacter calcoaceticus*, mettant en évidence la nécessité d'examen approfondis des surfaces de transformation des aliments (Arley *et al.*, 2020).

•**Isolats cliniques de *Salmonella*** : Prélevés à partir de matières fécales, incubés à 37°C pendant 18h dans un bouillon d'infusion cérébrale (Denis *et al.*, 2012).

•***Escherichia coli* et autres** : Inoculation sur gélose standard, PCA, Baird-Parker, Chromagar BLSE, avec diverses méthodes d'incubation et d'identification (Lene *et al.*, 2009 ; Paula *et al.*, 2022 ; Aya R *et al.*, 2021).

•**Entérocoques** : Culture sur gélose à l'esculine biliaire avec azoture de sodium, incubation à 37°C pendant 24 à 48h (Abd El Tawab *et al.*, 2016).

•**Diverses bactéries** : Techniques spécifiques d'isolement et d'incubation, incluant des systèmes automatisés, des tests phénotypiques et des méthodes moléculaires (Ratna *et al.*, 2019 ; Qingli *et al.*, 2022 ; Miriam *et al.*, 2007 ; C. Iversen *et al.*, 2004).

•**Biofilms** : Création et étude de biofilms fongiques, bactériens et mixtes dans un milieu de formation de biofilm (I.D. Singhalage *et al.*, 2022).

•**Autres** : Stockage de souches dans des conditions spécifiques pour des tests ultérieurs et isolement à partir d'échantillons alimentaires variés (Hesperia *et al.*, 2019 ; Hafida *et al.*, 2015 ; Arghavan *et al.*, 2022 ; Rosa *et al.*, 2020).

#### **4.5 Identification**

Les études ont utilisé plusieurs méthodes pour identifier et confirmer les espèces des isolats bactériens. Voici un résumé des techniques utilisées :

##### ***Cronobacter spp*** :

Mohamed *et al.* (2019) : Test biochimique API 20 E, des méthodes moléculaires ( méthode PCR, séquençage de l'ADNr 16S et préparation de l'ADN) , analyse de croissance par Bioscreen optique.

Xin-jun *et al.* (2012) : Système API 20E, VITEK, Biolog, Il est également à l'étude les caractères moléculaires.

##### ***Enterobacter sakazakii*** :

Y. Ye *et al.* (2010) : Test biochimique API 20 E, des méthodes moléculaires, test de résistance aux antibiotiques.

Miriam (2007) : Tests biochimiques, des méthode moléculaires

**Salmonella spp. :**

C. Marin *et al.* (2009) : Test biochimique API 20.

**Entérobactéries :**

Arley *et al.* (2020) : Extraction d'ADN, profilage métagénomique à base d'amplicons.

RATNA *et al.* (2019) : Analyses microscopiques, coloration de Gram, tests biochimiques.

Shimaa *et al.* (2023) : Test API 20E, MALDI-TOF MS, sensibilité aux antimicrobiens.

**E. coli :**

Juliana *et al.* (2022) : Coloration de Gram, tests biochimiques.

Hesperia *et al.* (2019) : Méthode PCR.

Hafida *et al.* (2015) : Système API 20E.

Arghavan *et al.* (2022) : Colorations de Gram, tests biochimiques, méthode PCR.

Aya *et al.* (2021) : Tests de sensibilité aux antimicrobiens, méthode PCR.

Paula *et al.* (2022) : Détection des gènes BLSE par PCR, MLST.

Milanov *et al.* (2015) : Méthode PCR, sensibilité aux antimicrobiens, gélose rouge du Congo.

**Enterococcus spp. :**

Abd El Tawab *et al.* (2016) : Coloration de Gram, test de catalase, croissance en bouillon BHI à pH 9,6, 10, 45°C et avec 6,5% de NaCl, des méthode moléculaires.

L. Necidová *et al.* (2009) : Méthode PCR détectant le gène sodA.

Md. AshekUllah *et al.* (2023) : Méthode PCR.

Al zahraa *et al.* (2022) : Coloration de Gram, identification biochimique (catalase, oxydase, hydrolyse de l'esculine).

Ana *et al.* (2020) : Sensibilité aux antibiotiques

**Chapitre 5.**  
**Résultats et discussion**

## **Chapitre 5 . Résultats et discussion**

### **5.1 Isolement et identification des entérobactéries**

Les isolats de *C. sakazakii* provenant des aliments étaient généralement des producteurs de biofilm significativement plus forts dépend fortement de facteurs environnementaux et de la composition du milieu de culture (Mohamed *et al.* (2019), Y. Ye *et al.* (2010), C. Iversen *et al.* (2004), SE-Wook *et al.* (2007), Miriam (2007), Xin-jun *et al.* (2012)). Pour les souches d'*E. coli*, elle présentait une différence de résistance à la chaleur et multirésistantes, ainsi qu'une différence de rapport la formations des biofilms ( Milanov *et al.* (2015), Arghavan *et al.* (2022 ), Aya R *et al.* (2021), Juliana *et al.* (2022), Paula *et al.* (2022), Live L. *et al.* (2020), Live L *et al.* (2014), Hesperia *et al.* (2019), Hafida *et al.* (2015 )), la meme resistance est retrouvée chez des *enterobacteries* (Eman *et al.* (2020), Rosa *et al.* ( 2020), Shima N *et al.* (2023)) et chez les les *enterocoques spp* (Al zahraa A *et al.* (2022) , Ana *et al.* (2020), L. Nécidová *et al.* (2009), Abd El Tawab *et al.* (2016), Md. Ashek *et al.* (2023 ) et Miriam E *et al.* (2013)), *Les Enterococcus spp.* Eux aussi ont montré une multirésistance aux médicaments, une résistance aux antibiotiques, ainsi qu'une résistance relative à la chaleur (Al zahraa A *et al.* (2022), Ana *et al.* (2020), L. Nécidová *et al.* (2009), Abd El Tawab *et al.* (2016), Md. Ashek *et al.* (2023 ) et Miriam E *et al.* (2013)).

C. Marin *et al.* (2008), Denis *et al.* (2012) et Lene K *et al.* (2009) suggèrent que les souches de *Salmonella* sont capables de former des biofilms sur une gamme de surfaces différentes, ainsi que de résister aux désinfectants .

Iacumin *et al.* (2008) que toutes les huiles testées ont en quelque sorte eu un effet sur l'inhibition ou le ralentissement de la production de biofilm .

### **5.2 La formation de biofilm**

Les objectifs des études étaient de déterminer l'effet du biofilm. Pour Mohamed *et al.* (2019), l'étude explore la formation de biofilm chez *Cronobacter spp.*, mettant en évidence le risque potentiel des biofilms en production alimentaire, influencé par le pH, la température et les facteurs environnementaux. Pour d'autres auteurs (Y. Ye *et al.* (2010), Miriam (2007), C. Iversen *et al.* (2004) et SE-Wook *et al.* (2007)) ils démontrent que *E. sakazakii* présente des caractéristiques physiologiques uniques, notamment la formation de biofilm, la résistance

thermique, osmotique, à la dessiccation et aux antibiotiques. Xin-jun *et al.* (2012) ont révélé des variations dans les composants biochimiques du biofilm de *C. sakazakii*.

L'espèce *E. coli* a présenté beaucoup d'intérêt, une étude sur la prévalence de cette dernière a démontré que la résistance aux antibiotiques chez les bactéries pathogènes est due à leur capacité à former des biofilms, *E. coli* étant particulièrement résistant aux antibiotiques (Arghavan *et al.* (2022), Aya R *et al.* (2021) et Milanov *et al.* (2015)). D'autre part, une variation dans la capacité de formation de biofilm des souches d'*E. coli*, allant de fortes, modérées à faibles, ou ne formant pas de biofilms (Paula *et al.* (2022), Live L *et al.* (2014, 2020), Karen *et al.* (2009), Hesperia *et al.* (2019), et Hafida *et al.* (2015)). Juliana *et al.* (2022) révèlent que *S. aureus*, *Salmonella* et *E. coli* produisent des biofilms dans des échantillons de viande de chèvre provenant de foires de rue et d'établissements commerciaux.

Shimaa N *et al.* (2023), Rosa *et al.* (2020), et Eman *et al.* (2020) révèlent que des souches d'entérobactéries peuvent former un biofilm, affectant la transformation des aliments, favorisant la résistance aux antibiotiques et contenant des bactéries pathogènes, causant des dommages et des altérations aux équipements.

Les études d'Ana *et al.* (2020) et Al Zahraa A *et al.* (2022) révèlent que *Enterococcus spp.* sont fréquemment producteurs de biofilms.

Abd El Tawab *et al.* (2016), Md. Ashek *et al.* (2023) et L. Necidová *et al.* (2009) analysent la résistance aux antibiotiques et la virulence des isolats d'*E. faecium*, portant des gènes de virulence et posant une menace pour la santé en augmentant l'initiation des infections. Miriam E *et al.* (2013) révèlent quatre phénotypes de la formation de biofilm chez *E. cloacae*.

C. Marin *et al.* (2008), Denis *et al.* (2012), Lene K *et al.* (2009) et Ratna *et al.* (2019) ont découvert la capacité de production de biofilm des souches de *Salmonella* (*Salmonella Enteritidis*, *Seftenberg*, *Agona*, *Montevideo* et *Typhimurium*), suggérant des capacités de production de biofilm de modérées à fortes.

Arley *et al.* (2020) et Qingli *et al.* (2022) montrent que les genres bactériens de l'industrie alimentaire peuvent former des biofilms affectés par divers facteurs, posant un risque constant pour la qualité des aliments dans les usines de transformation et les processus de nettoyage. I.D. Singhalage *et al.* (2022) discutent des interactions racine-biofilm modifiant les exsudations et la

biosynthèse, libérant de nouvelles biomolécules. Iacumin *et al.* (2008) révèlent que *L. monocytogenes* produisent un biofilm dans un bouillon avec des huiles de carvacrol et de cèdre.

En résumé, ces études mettent en évidence l'importance de comprendre la formation de biofilms chez diverses espèces bactériennes, leurs impacts sur la production alimentaire, la résistance aux antibiotiques et la santé publique.

### **5.3 Discussion général**

D'après les recherches étudiées dans notre synthèse, couvrant les années 2003 à 2023 et réalisées dans différents endroits du monde, de nombreuses *entérobactéries* ont été isolées des aliments et analysées en fonction de leur capacité à former des biofilms.

Les taux de formation de biofilms varient chez les souches *d'E. coli*, allant de forts, modérés, à faibles, ou même inexistantes (Paula *et al.*, 2022 ; Live L. *et al.*, 2014 ; Live L. *et al.*, 2020 ; Karen *et al.*, 2009 ; Hesperia *et al.*, 2019 ; Hafida *et al.*, 2015 ; Juliana *et al.*, 2022). Ces souches présentent une résistance sévère aux antibiotiques et une sensibilité élevée (Arghavan *et al.*, 2022 ; Aya R. *et al.*, 2021 ; Milanov *et al.*, 2015).

Les souches de *Salmonella* montrent des capacités modérées de production de biofilms, cruciales pour leur survie dans les environnements des usines et des équipements, causant des niveaux élevés de pollution et la propagation des agents pathogènes (C. Marin *et al.*, 2008 ; Denis *et al.*, 2012 ; Lene K. *et al.*, 2009 ; Ratna *et al.*, 2019).

La formation de biofilms par *E. sakazakii* joue un rôle important dans l'infection pathogène, cette bactérie étant capable de se développer à des températures de refroidissement et de résister aux antibiotiques (Y. Ye *et al.*, 2010 ; Miriam, 2006; C. Iversen *et al.*, 2004 ; SE-Wook *et al.*, 2007 ; Xin-jun *et al.*, 2012).

Ana *et al.* (2020) et Al Zahraa A. *et al.* (2022) montrent que *Enterococcus* peut former des biofilms modérés à faibles, et que ces souches sont soit résistantes soit présentent une sensibilité réduite aux antibiotiques.

Les études de Shima N. *et al.* (2023), Rosa *et al.* (2020), et Eman *et al.* (2020) révèlent que les *entérobactéries* d'origine alimentaire avec de forts indices de biofilm menacent plusieurs étapes de la transformation des aliments.

Abd El Tawab *et al.* (2016), Md. Ashek *et al.* (2023) et L. Necidová *et al.* (2009) soulignent que les aliments jouent un rôle dans la propagation des *entérocoques* potentiellement virulents à travers la chaîne alimentaire, avec la température et le temps d'incubation influençant la formation de biofilms.

En revanche, d'autres études, comme celle de Mohamed *et al.* (2019), montrent que toutes les souches de *Cronobacter* ont la capacité de former des biofilms significatifs. Iacumin *et al.* (2008) révèlent que les huiles essentielles et leurs composants peuvent induire la formation de biofilms.



# **Conclusion**

## **Conclusion**

Au terme de notre étude sur l'isolement et l'identification des entérobactéries ainsi que la formation de biofilms dans les aliments, il est clair que ces bactéries, comprenant des espèces telles que *E. coli*, *Salmonella*, *Shigella*, et d'autres, sont responsables de diverses pathologies humaines, y compris les maladies à transmission alimentaire.

Nos travaux ont permis d'étudier 33 articles pour suivre l'évolution de la formation de biofilms dans la microflore intestinale et chez les pathogènes bactériens transmis par les aliments (lait, préparations pour nourrissons, produits laitiers, yaourts et fromages, lait de vache, aliments et boissons végétaux, viande) au niveau des exploitations agricoles et laitières ainsi que des marchés et des usines d'aliments pour animaux.

*Les entérobactéries* peuvent former des biofilms sur différentes surfaces alimentaires, ce qui les rend plus cohésives, proliférantes et difficiles à éliminer. La présence de biofilms dans l'environnement alimentaire entraîne une contamination accrue et augmente les risques de transmission de maladies infectieuses lors de la consommation alimentaire. Ces biofilms offrent un environnement protecteur aux bactéries, les rendant plus résistantes aux procédures de nettoyage et de désinfection.

Pour minimiser ce risque, des mesures rigoureuses d'hygiène alimentaire et de manipulation des aliments doivent être mises en place tout au long de la chaîne alimentaire, de la production à la consommation, afin de prévenir la formation de biofilms et de réduire la propagation des maladies.

# **Références bibliographiques**

## **Références bibliographie**

### **B**

- Benameur Q. 2011. Antibioresistance des *enterobacteries* d'origine aviaire. Thèse de magistère, Université ibn khaldoun tiaret, Algérie, 78 P.
- Bernard J. and Alain R. 2003. *Entérobactéries* systématique et méthodes de diagnostic. Edition tec et doc. 392 p.

### **C**

- Cristian C., Marie-Hélène S., Armand T. Microbiologie, hygiène et droit alimentaire. 2015. Lavoisier. 340 p.
- C. Ganesh K., Anand S. K. 1998. Significance of microbial biofilms in food industry: a review. *International journal of food microbiology* 42:9–27.

### **D**

- Debabza M. 2015. Emergence en milieu hospitalier des bacilles Gram négatifs multirésistants aux antibiotiques : étude bactériologique et moléculaire. Thèse de doctorat, Université badji mokhtar-annaba, Algérie, 2017 p.

### **G**

- Géraldine K. 2011. Nouvelles molécules naturelles inhibitrices du développement de biofilms de bactéries marines, Thèse de doctorat, Université de Bretagne sud, France, 193 p.

### **K**

- Kamila, M., Katarzyna, C. (2011). Bacterial biofilms on food contact surfaces. *Polish journal of food nutrition science* 61(3):173-180.
- Kumar C. G., Anand S. K. 1998. Significance of microbial biofilms in food industry: a review. *International journal of food microbiology* 42(1-2):9-27.

### **L**

- Lattab A. 2018. Effet des composés naturels sur l'adhérence et la formation de biofilm à *Pseudomonas aeruginosa*. Thèse de doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, Algérie, 71 p.

## M

- M. Aboubacar. A. 2021. Etude de la résistance aux antibiotiques des *entérobactéries* isolées à Bamako de janvier 2020 à juin 2020. Thèse de doctorat d'Etat, Université des sciences, des techniques et des technologies de bamako (U.S.T.T.B), Mali, 90 p.
- Malek. F. 2013. Le biofilm en industrie laitière : caractérisations, facteurs de développement et élimination. Cas du biofilm de bacillus cereus dans quelques laiteries de la région de Tlemcen. Thèse de doctorat, L'Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, 176 p.
- Meziani M. 2012. Contribution du diagnostic biochimique bactérien dans l'établissement des parentés phylogénétiques : Cas des *Entérobactéries* et *Pseudomonas*. Thèse de Magistère, Université Mentouri Constantine, Algérie, 68 p.

## N

- Nassima D. 2015. Caractérisation de spores de Bacillus cereus isolées d'équipements laitiers, capacité de formation de biofilm et résistance aux procédés de nettoyage et de désinfection. Thèse de doctorat, Université abou bekr belkaid, Tlemcen, Algérie, 98 p.

## S

- Serena G., Coral G. G., Elisa M. M., Claudio J. V. Felipe L. 2018. Biofilms in the food industry: Health aspects and control methods. *Frontiers in microbiology* 9:315815.
- Sokunrotanak S., Iqbal K. J., Sang-Do H. 2013. Biofilm formation in food industries: A food safety concern. *Food control* 31(2):572-585.

## T

- Taoufik H. 2020. Etude des interactions de la surface bactérienne avec les surfaces des différents matériaux inertes pour rationaliser l'ingénierie du processus de méthanisation. Thèse de doctorat, Université sultan moulay slimane, Beni mellal, Maroc, 115 p.

**Y**

- Yassine A. 2022. Etat actuel de résistance des bacilles à gram négatif aux carbapénèmes et conséquences thérapeutiques. Thèse de doctorat, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc, 102 p.

**Les article à analyses:****A**

- Abd El Tawab A. A., Ammar A. M., Marwa I. A., Enas N. E. 2016. Virulence Genotyping of *Enterococcus* species isolated from meat and milk products. *Benha veterinary medical journal* 2:158-164.
- Al zahraa A. A., Mohamed W. A., Hams M. A. M. 2022. Molecular detection of virulence and resistance genes of *Enterococcus species* isolated from milk and milk products. *Svu-international journal of veterinary sciences* 5(3):1-17.
- Ana C. A., Camino G. M., Gilberto I., Patrícia P., Carlos A. C., Rosa C. 2020. Antibiotic resistance and biofilm-forming ability in *enterococcal* isolates from red meat and poultry preparations. *Pathogens* 9(12):1021.
- Arghavan M., Zahra E., Parisa S., Behrooz A. 2022. Evaluation of virulence factors, antibiotic resistance, and biofilm formation of *Escherichia coli* isolated from milk and dairy products in isfahan, iran. *Foods* 11(960).
- Arley C. G., Maria I., González H., Yesid C., Giovanni T. 2020. Metagenomic characterization of bacterial biofilm in four food processing plants in Colombia. *Brazilian Journal of Microbiology* 51(2):729-739
- Aya R. M., Esmat I. E., Salah F. A., Rania M. K. 2021. Antimicrobial resistance, biofilm formation patterns and virulence factors Profiles of *Escherichia coli* isolated from yoghurt and kariesh cheese in Zagazig city, Egypt. *Plant Archives* 21(1):2641-2650.

**D**

- Denis O., Evonne M. M. C., Matthew P. M. b., Marta M. b., Séamus F. b., Geraldine D., 2012. Microbiological study of biofilm formation in isolates of *Salmonella enterica Typhimurium* DT104 and DT104b cultured from the modern pork chain. *International Journal of Food Microbiology* 161(2013):36–43.

**E**

- Eman A. E., Ahlam A. E., Amr A. A. 2020. Occurrence of *Enterobacteriaceae* in dairy farm milk. *Ajvs* 64(2):66-71.

## H

- Hafida Z., Hamadi F., Lekchiri S., Mliji E., Ellouali M., Latrache H. 2015. Role of cell surface structures in biofilm formation by *Escherichia coli*. *Food and nutrition sciences* 6:1160-1165.
- Hesperia A. C., Alam G., Norma H., Santos G., Juan L., LeeAnn J., Luisa S. 2019. Phylogroups, pathotypes, biofilm formation and antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolates in farms and packing facilities of tomato, jalapeño pepper and cantaloupe from northern Mexico. *International journal of food microbiology* 290(2019): 96–104.

## I

- Iacumin L., Manzano M., Pustetto H., Giusto C., Boscolo D., Comi G. 2008. Effect of essential oil on biofilm production by different *Listeria monocytogenes* strains. *Journal of Food Safety and Hygiene* 45(2) :125-135.
- Iversen C., Lane M., Forsythe S. J. 2004. The growth profile, thermotolerance and biofilm formation of *Enterobacter sakazakii* grown in infant formula milk. *Letters in applied microbiology* 38(5):378-382.

## J

- Juliana O. D. M., Samily A. D. S. O., Sinara L. R. D. S., Danillo S. R., Jéssica X. C., Mateus M. D. C., Glayciane C. G., Rafael T. D. S. R. 2012. Prevalence, Biofilm Formation, and Antimicrobial Resistance of *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and *Salmonella* Isolates from Goat Meat Marketed in Petrolina. *Brazil. food protection trends* 139–150.

## K

- Karen S., Shin-Hee K., Martin Y. L., Cheng-i W. 2009. Production of biofilm and quorum sensing by *Escherichia coli* O157:H7 and its transfer from contact surfaces to meat, poultry, ready-to-eat deli, and produce products. *Food microbiology* 26(5):514-519.



## L

- Lene K V., Trond M., Solveig L., Even H., Live L. N. 2009. Biofilm forming abilities of *Salmonella* are correlated with persistence in fish meal- and feed factories. *BMC Veterinary Research* 5:20.
- Live L. N., Ane M. O., Solveig S. M., Camilla S., Jannice S. S., Anna E. E. B., Anne M. U., Lene K. V. 2020. Biofilm forming properties of quinolone resistant *Escherichia coli* from the broiler production chain and their dynamics in mixed biofilms. *BMC microbiology* 20:1-10.
- Live L. N., Camilla S., Kristin B., Karianne C. S. J., Heidi S., Lene K. V., Anne M. U. 2014. Potentially pathogenic *Escherichia coli* can form a biofilm under conditions relevant to the food production chain. *Applied and environmental microbiology* 80(7):2042–2049.

## M

- Marin C., Hernandez A., Lainez M. 2009. Biofilm development capacity of *Salmonella* strains isolated in poultry risk factors and their resistance against disinfectants. *Poultry Science* 88:424–431.
- Md A. U., Md S. I., Md. Liton R., Farhana B. F., Fahim H. N., Zannatul F., Jayedul H., Md T. R. 2023. Resistance profiles and virulence determinants in biofilm-forming *Enterococcus faecium* isolated from raw seafood in Bangladesh. *Pathogens* 12(9):1101.
- Milanov D., Prunić B., Velhner M., Todorović D., Polaček V. 2015. Investigation of biofilm formation and phylogenetic typing of *Escherichia coli* strains isolated from milk of cows with mastitis. *Acta veterinaria-beograd* 65(2):202-216.
- Miriam F. 2007. *Enterobacter sakazakii* in food and beverages (other than infant formula and milk powder). *International journal of food microbiology* 116(2007) :1–10.
- Mirriam E. N., Ezekiel G., Roland N. N. 2013. Evaluation of the effect of different growth media and temperature on the suitability of biofilm formation by *Enterobacter cloacae* strains isolated from food samples in south Africa. *Molecules* 18(8):9582-9593.

- Mohamed A. A., Erik R., Wolfgang K., Konrad J. D. 2019. Characterization of Biofilm Formation by *Cronobacter spp.* Isolates of Different Food Origin under Model Conditions. *Journal of Food Protection* 82(1): 65–77.

## N

- Necedová L., Janštová B., Karpíšková S., Cupáková Š., Dušková M., Karpíšková R. 2009. Importance of *Enterococcus spp* for Forming a Biofilm. *Food sci.*

## P

- Paula F. G., Elena T., Angel A., Jesús A. S., Mercedes L., Miguel P., Avelino A. 2022. Biofilm formation ability and tolerance to food-associated stresses among ESBL-producing *Escherichia coli* strains from foods of animal origin and human patients. *LWT-Food science and technology* 168(2022):113961.

## Q

- Qingli D., Linjun S., Taisong F., Yuan W., Zhuosi L., Xiang W., Mengjie W., Hongzhi Z. 2022. Biofilm formation of *Listeria monocytogenes* and *Pseudomonas aeruginosa* in a simulated chicken processing environment. *Foods* 11(1917).

## R

- Ratna Y., Danar P., Supyani., Sudibya. 2019. Contamination level and prevalence of foodborne Pathogen *Enterobacteriaceae* in broiler and backyard Chicken meats sold at traditional markets In surabaya, Indonesia. *Malays. Appl. Biol* 48(3): 95–103.
- Rosa C., Ana C., Cristina R. M., Gilberto I., Patricia P., Carlos A. C. 2020. Diversity, antibiotic resistance, and biofilm-forming ability of *Enterobacteria* isolated from red meat and poultry preparations. *Microorganisms* 8(8):1226.

## S

- Se-wook O., Pei-chun C., Dong-hyun K. 2007. Biofilm formation by *Enterobacter sakazakii* grown In artificial broth and infant milk formula on Plastic surface. *Journal of rapid methods & automation in microbiology* 15(4):311-319.

- Shima N. E., Ahmed H., Dina A. B. A., Islam I. S. 2023. Prevalence, antibiotic resistance patterns, and biofilm formation ability of *Enterobacterales* recovered from food of animal origin in Egypt. *Veterinary world* 16(2):403.
- Singhalage I. D., Seneviratne G., Madawala H. M. S. P. 2022. Intimate interactions of *Enterobacter*, *Aspergillus* and *Enterobacter-Aspergillus* biofilm with strawberry, tomato and rice: early plant growth under glass house conditions. *Ceylon Journal of Science* 51(4):379-387.

### X

- Xin-jun D., Fei W., Xiaonan L., Barbara A. R., Shuo W. 2012. Biochemical and genetic characteristics of *Cronobacter sakazakii* biofilm formation. *Journal of dairy science* 163(2012): 448-456.

### Y

- Ye Y., Wu Q., Xu X., Yang X., Dong X., Zhang J. 2010. The phenotypic and genotypic characterization of *Enterobacter sakazakii* strains from infant formula milk. *American dairy science association* 93(06):2315–2320.

## الملخص

البكتيريا المعوية هي عائلة من البكتيريا التي يمكن أن تشكل أغشية حيوية ، ومستعمرات من الكائنات الحية الدقيقة تلتصق بسطح وتفرز مصفوفة خارج الخلية ، في سياق الغذاء ، يمكن لهذه الأغشية الحيوية أن تلوث الطعام ، وبالتالي تزيد من خطر الإصابة بالأمراض المنقولة بالغذاء ، والأغشية الحيوية تجعل البكتيريا أكثر مقاومة للعلاجات ويمكن أن تؤدي إلى عدوى أكثر خطورة يصعب علاجها. يهدف هذا العمل إلى توضيح الدور المحتمل لتكوين الأغشية الحيوية بواسطة البكتيريا المعوية على المنتجات الغذائية من خلال المنشورات البحثية ذات الصلة.

**الكلمات المفتاحية :** البكتيريا المعوية ، الأغشية الحيوية ، الطعام ، الأمراض.

## Résumés

*Les Enterobacteriaceae* sont une famille de bactéries capables de former des biofilms, des colonies de micro-organismes qui adhèrent à une surface et sécrètent une matrice extracellulaire. Dans le contexte alimentaire, ces biofilms peuvent contaminer les produits, augmentant ainsi le risque de maladies d'origine alimentaire. Les biofilms rendent les bactéries plus résistantes aux traitements et peuvent entraîner des infections plus graves et difficiles à traiter. Ce travail vise à clarifier le rôle potentiel de la formation des biofilms par les *Enterobacteriaceae* sur les produits alimentaires à travers des publications de recherche pertinentes.

**Mots clés :** *Entérobactéries*, biofilm, alimentaire, maladies.

## Abstract

*Enterobacteriaceae* family of bacteria that can form biofilms, colonies of microorganisms adhering to a surface and secreting an extracellular matrix, In the food context, these biofilms can contaminate food, thus increasing the risk of food borne diseases, Biofilms make bacteria more resistant to treatments and can lead to more serious infections that are difficult to treat. This work aims to clarify the potential role of biofilm formation by *Enterobacteriaceae* on food products through relevant research publications

**Keywords:** *Enterobacteria* , biofilm , food , diseases .