

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche

جامعة محمد الصديق بن يحيى- جيجل

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Microbiologie Appliqué
et des Sciences Alimentaires

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم الميكروبيولوجيا التطبيقية وعلوم التغذية



Mémoire de Master
Filière : Sciences Biologiques
Option : Microbiologie Appliquée

Thème

**Screening des souches bactériocinogènes à partir de tractus digestif
de la Mouette rieuse**

Membres de Jury :
Président : Dr. Khennouf
Examineur : Pr. Sifour
Encadreur : Dr. Boubezari MT

Présenté par :
Aissous Sarra
Bibet Houda
Merikhi Nihad

Année Universitaire 2020-2021

Numéro d'ordre (bibliographique) :

Remerciements

Nos profonds remerciements vont à ALLAH qui nous a aidé pour effectuer ce travail.

Nous tenons à exprimer toute nos gratitude et remerciements à notre encadreur Dr Boubezari pour sa compréhension et guide dans notre travail, ses précieux conseils, sa disponibilité et sa gentillesse à notre égard, qui ont contribué au bon déroulement de ce travail de recherche.

Nous tenons également à remercier vivement les membres du jury Pr. Sifour M et Mr. Khennouf T.

Nous tenons également à remercier vivement la responsable et ingénieurs de laboratoire de microbiologie de l'université de Jijel de nous avoir permis d'utiliser le laboratoire et le matériel.

Nos remerciements s'adressent enfin à nos chers parents, à nos frères et sœurs, nos amis et toutes personnes qui nous ont soutenu.



Dédicaces

Nous dédions ce modeste travail à :

Nos chers adorables parents

Nos chers frères chacun par son nom

A Nos très chères amies chacune par son nom

À ceux qu'on aime et à ceux qui nous aiment



Table des matières

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des photos

Introduction.....1

I. Synthèse bibliographique

I. Mouette rieuse : *Larus ridibundus*

1. Biologie et écologie.....2
2. Description de l'espèce.....2
3. Habita2
4. Alimentation3
5. Classification.....3

II. Les probiotiques

1. Définition.....4
2. Classification.....4
3. Mode d'action.....5
4. Efficacité clinique.....6

III. Les bactériocines

1. Définition.....7
2. Biosynthèse.....7
3. Classification.....8
 - 3.1. Bactériocines des bactéries lactiques.....8
 - 3.1.1. Bactériocines modifiés post-traductionnellement (classe I)
 - 3.1.1.1 Lantibiotiques.....8
 - a. Classe Ia.....9
 - b. Classe Ib.....9
 - 3.1.2. Bactériocines non-modifiées (classe II)
 - a. Classe IIa.....9
 - b. Classe IIb.....9
 - c. Classe IIc.....9

3.1.3. Bactériolysines	9
3.2. Bactériocines produits par les bactéries Gram-négative	
3.2.1. Microcines	10
3.2.2. Colicines	10
4. Mode d'action.....	11
5. Les applications des bactériocines.....	12
5.1. Dans le domaine alimentaire.....	12
5.1.1. La bio-préservation des aliments.....	13
5.2. Dans le domaine sanitaire.....	13
5.2.1. Traitement de cancer.....	13
6. Bactériocines comme régulateur du microbiote.....	14
7. Les avantages des bactériocines	15
8. Les limites d'utilisation des bactériocines.....	16
II. Etude expérimental	
II.1. Matériel et méthode	17
1. Matériels biologiques.....	17
2. Prélèvement et collection des échantillons	17
3. Isolement et purification des souches lactiques.....	18
3.1. Isolement	18
3.2. Purification	18
4. Recherche de catalase.....	18
5. Activité antibactérienne	18
5.1. Préparation de surnageant.....	18
5.2. Méthode des puits.....	19
5.3. Méthode des spots.....	19
II.2. Résultats et discussion	20
1. Résultats	20
1.1. Isolement.....	20
1.2. Purification.....	20
1.3. Recherche de catalase.....	21
1.4. Activité antibactérienne	23
II.2. Discussion.....	24

Conclusion	26
Bibliographie.....	28

Liste des abréviations :

AMPs : Peptides Antimicrobiens

BL : Bactéries Lactiques

BP : Bactéries Probiotiques

Dha : Didehydroalanine a

Dhb : Didehydrobutyrie b

GI : Gastro-intestinal

GN : Gélose Nutritive

LB : Leuria Bertani

MRS : De Man Rogosa Sharpe

RiPPs : Ribosomally produced and post-translationally modified peptides = peptides modifiés post-traductionnellement synthétisés par ribosome.

Liste des tableaux :

Tableau 01 : Quelques souches probiotiques.....	4
Tableau 02 : Bactériocines ayant des activités anticancéreuses contre diverses lignées cellulaires cancéreuses.....	14
Tableau 03 : Les souches lactiques sélectionnées.....	20
Tableau 04 : Test d'identification des souches testées.....	22
Tableau 05 : Les souches testées ayant une activité antibactérienne.....	23

Liste des figures :

Figure 01: Mécanisme d'action potentiel des probiotiques pour favoriser la santé gastro-intestinale..... 6

Figure 02 : Structure des bactériocines.....10

Figure 03 : Mécanisme antibactérien des bactériocines.....12

Liste des photos :

Photo 01 : Mouette rieuse après dissection.....	17
Photo 02 : Tube digestive de la Mouette rieuse.....	17
Photo 03 : Le jabot.....	17
Photo 04 : Le duodénum.....	17
Photo 05 : Exemple de formation des bulles d'oxygène.....	21
Photo 06 : Aspect des colonies isolées à partir du tube digestif de la Mouette rieuse.....	21

Introduction

Les bactéries lactiques appartiennent aux bactéries bénéfiques, elles se trouvent partout dans la nature ainsi que dans le système digestif de l'homme et des animaux y compris les volailles (Mouette rieuse). Depuis des millénaires, elles sont utilisées dans l'alimentation humaine et même au secteur médical. Principalement elles sont utilisées comme starters dans les produits alimentaires fermentés, pour optimiser les caractéristiques organoleptiques et la durée de vie des produits alimentaires (**Vescovo et al, 1996**).

Les bactéries ont des mécanismes de compétition pour les nutriments et l'espace dans leur habitat. L'un de ces mécanismes est l'acquisition du système de défense par la production de peptides antimicrobiens « bactériocine » (**Ibrahim, 2019**). La production de bactériocines est l'une des caractéristiques des probiotiques qui a connu un intérêt croissant (**Gillors et al, 2008**).

Les bactériocines sont un groupe diversifié de protéines antimicrobiennes/peptides et se comporter différemment sur différentes bactéries cibles et dans différentes conditions environnementales (**Gálvez et al, 2007**). Elles sont produites par les bactéries gram-positive, en particulier les bactéries lactiques (BL) qui constituent un groupe hétérogène de microorganismes qui produisent de l'acide lactique comme produit principal au cours du processus de fermentation. Les BL sont des bactéries Gram-positive à fort potentiel biotechnologique dans l'industrie alimentaire (**Alvarez-Sieiro et al, 2016**) et connus pour leur activité inhibitrice contre divers agent pathogènes humains et animaux. L'activité antimicrobienne de ce groupe de substances naturelles contre les bactéries pathogènes et d'altération d'origine alimentaire a suscité un intérêt considérable pour leur application dans la conservation des aliments (**Abdelmajid et al, 2010**).

Parmi les métabolites à effet antimicrobien produits par les bactéries lactiques on trouve les acides organiques, le peroxyde hydrogène, le dioxyde de carbone, le diacétyle et les bactériocines (**Al Kassaa et al, 2015**), ces dernières sont considérées comme un composé attractif dans les industries alimentaires pour empêcher la détérioration des aliments et la croissance bactérienne pathogène (**Nishie et al, 2012**).

Les bactériocines ont suscité notre attention, c'est pour ceci, nous avons essayé à travers ce travail d'isoler certaines souches bactériennes à partir du tractus digestif de la mouette rieuse, et de tester leurs activités antimicrobiennes contre certaines souches pathogènes, et chercher si possible, la production éventuelle de bactériocines par ces souches.

I. Mouette rieuse (*Larus ridibundus*)

1. Biologie et écologie de la mouette rieuse

La mouette rieuse (*Larus ridibundus*) (Pons et al, 2005), appartient avec les goélands à la famille des laridés (ordre des Charadriiformes), famille composée d'une cinquantaine d'espèces (Crochet et al, 2000). Elle présente une large aire de répartition couvrant tout l'ouest du Paléarctique. Sa population mondiale est estimée à 4,8-8,9 millions de couples (Birdlife, 2009).

La mouette rieuse est une espèce coloniale et migratrice. En période de reproduction, elle occupe des habitats humides continentaux ou littoraux : marais, lagunes côtières, lacs et étangs. Hors période de reproduction, elle part en migration en groupe plus au sud que son aire de reproduction. C'est une espèce omnivore et opportuniste qui bénéficie souvent des activités humaine, elle peut aussi bien se nourrir d'invertébrés dans des champs labourés que de détritiques en ville ou dans les déchetteries (Honza et Modry, 1994).

2. Description de l'espèce

Petit laridés d'allure blanche à distance avec le dos et les ailes gris clair, un bec fin rouge brunâtre, des pattes rouge sombre et un capuchon brun chocolat en plumage nuptial (janvier-juillet). Le restant de l'année la tête est blanche avec une petite tache noire en arrière de l'œil. Les jeunes présentent des ailes aux plumes brunes et une queue blanche barrée de brun noir à l'extrémité jusqu'à la mue post juvénile qui s'effectue au cours du deuxième été (juin, août). Les adultes font une mue complète entre juillet et septembre et une mue partielle des plumes de la tête entre fin décembre et mars.

La Mouette rieuse grâce à ses ailes étroites présente un vol souple. Ses pattes aux extrémités palmées lui permettent aussi bien de marcher que de nager. La longueur totale du corps : 62 à 100 cm. Poids : 250 à 310 g (Debruyne et al, 2010).

3. Habitat

Les mouettes rieuses peuvent être trouvées dans une diversité d'habitats, y compris les zones urbaines (Scott et al, 2015).

Larus ridibundus habite dans la zone tempérée jusqu'au bord de la forêt boréale paléotique. Il est surtout friand de basses attitudes et dans ou autour des plans d'eau côtiers ou intérieurs placides et peu profonds, y compris les rivières et leurs estuaires. Dans certaines régions, il s'est adapté pour s'installer dans les marais salants, les fosses d'argile, les dunes côtières et les îles au large. La répartition de cette espèce hautement adaptable s'est accrue pour englober les canaux des zones ou les installations de traitement des eaux usées (Hitztaler, 2001).

4. Alimentation et régime alimentaire

Ils sont omnivores et se nourrissent dans les habitats naturels (**Broman et al, 2002 ; Debruyne et al, 2010**), ainsi que dans les terres agricoles et les environnements urbains (**Debruyne et al, 2010**).

Son régime alimentaire se compose principalement d'invertébrés aquatiques et terrestres, de plantes et de charognes, avec une préférence pour les petites proies animales (vers de terre surtout mais aussi insectes, crustacés, petits poissons) et les lombrics, il peut boire de l'eau salée, Ils sont également connus pour voler la nourriture d'autres animaux (**Gündemir et al, 2020**).

Les mouettes rieuses se nourrissent principalement à moins de 3 km de la colonie. Mais ils explorent également des zones situées entre 12 et 30 km. De nombreux oiseaux à couvaison unique, y compris les larides, adoptent une stratégie mixte pour obtenir des nutriments pour la production d'œufs. Certains nutriments sont des réserves endogènes acquises avant la reproduction, tandis que d'autres sont acquis près de la colonie de reproduction (**Ignancy et al, 2017**).

5. Classification

Embranchement : *Chordata*

Sous-embranchement : *Vertebrata*

Classe : *Aves*

Ordre : *Charadriiformes*

Famille : *Laridae*

Genre : *Larus*

Espèce : *ridibundus* (**Murielle et Jean-pierre, 1766**).

II. Probiotiques

1. Définition

Le terme « probiotiques » est apparu pour la première fois dans ce contexte en 1965 et a évolué conceptuellement vers sa définition commune actuelle (Hill et al, 2014). Selon Food and Agriculture Organization (FAO)/World Health Organization (WHO) ils sont défini comme « microorganismes vivants qui, lorsqu'ils sont administrés en quantités adéquates, confèrent un avantage pour la santé de l'hôte » (Dib, 2012 ; Piqué et al, 2019 ; Siciliano et al, 2021) et peuvent être isolés de plusieurs sources (Touret et al, 2018).

2. Classification

La classification d'une bactérie probiotique (BP) est stricte et organisée, elle dépend de son genre, de son espèce et de sa souche. Les principaux BP actuellement disponibles pour les consommateurs sont généralement issus d'une gamme restreinte de microorganismes (Marchesi et al, 2017). Elles incluent des bactéries et des levures non pathogènes qui modulent la prolifération bactérienne de l'intestin (Graf et Sarasin, 2007).

De nombreuses souches ont été décrites, les *Lactobacilles*, les *Bifidobacteriums*, les autres bactéries fermentantes, les microbes non fermentants (Barraud et Gibot, 2016) et *Saccharomyces* (Graf et Sarasin, 2007).

La plupart des probiotiques sont des souches de *Bifidobacterium* ou *Lactobacillus* communément associés aux voies gastro-intestinales humaines (Ozyurt et Otlis, 2014). Certains sont dérivés du microbiote intestinal d'humains en bonne santé et d'autres sont des souches non humaines (Tableau 01) utilisées dans la fermentation des produits laitiers (Boyle et al, 2006). Les probiotiques comprennent également des espèces du genre *Streptococcus*, *Bacillus* et *Enterococcus* (Mills et al, 2018).

Tableau 01 : Quelques souches probiotiques.

<i>Lactobacillus</i>	<i>Bifidobactérium</i>	Autres	Non LAB
<i>L. acidophilus</i>	<i>B. adolescentis</i>	<i>E. coli</i>	<i>Bacillus cereus</i>
<i>L. casei</i>	<i>B. animalis</i>	<i>Enterococcus</i>	<i>Sacharomycesboulardii</i>
<i>L. cripatus</i>	<i>B. breve</i>	<i>faecium</i>	
<i>L. delbercki</i>	<i>B. lactis</i>	<i>Lactococcus</i>	
<i>L. gallunarum</i>			
<i>L. gasseri</i>			
<i>L. rhamnosus</i>			

3. Mécanisme d'action

Les preuves actuelles indiquent que diverses souches probiotiques exercent leurs effets différents qui dépendent de la posologie employée ainsi que de la voie et de la fréquence d'administration (Sherman et al, 2009).

Les principaux mécanismes d'action des probiotiques comprennent le renforcement de la barrière épithéliale, l'augmentation de l'adhérence à la muqueuse intestinale et inhibition concomitante de l'adhésion des agents pathogènes, exclusion compétitive des microorganismes pathogènes et modulation du système immunitaire (Bermudez-Brito et al, 2012).

Les BP affectent l'écosystème intestinal par la stimulation des mécanismes immunitaires muqueux, grâce à une interaction avec des microbes commensaux ou potentiellement pathogènes, par la production des produits métaboliques tels les acides gras à chaîne courte et en communiquant avec les cellules hôtes par des signaux chimiques. Ces mécanismes peuvent induire un antagonisme envers des pathogènes potentiels, améliorer l'environnement intestinal, renforcer la barrière intestinale, diminuer l'inflammation et renforcer la réponse immune contre la stimulation antigénique (Guarner et al, 2011). Certains BP agissent dans la lumière de l'intestin en élaborant des molécules antibactériennes tels que les bactériocines qui inhibent la croissance et la virulence des bactéries pathogènes (Corr, 2007) ou pouvant altérer la flore intestinale endogène (Gillors et al, 2008) ou par la production de peroxyde d'hydrogène, qui représente un fort effet oxydant sur la cellule bactérienne et à la destruction des protéines cellulaires (Šuškić et al, 2010). La toxicité du peroxyde d'hydrogène est due au pouvoir oxydant de la molécule elle-même ou de ses métabolites OH^+ (radical hydroxyle) et O_2^- (anion superoxyde) produits par des agents réducteurs et des enzymes peroxydases. Ces molécules peuvent agir sur les protéines (inactivation des enzymes cytoplasmiques) (Migdal et Serres, 2011). D'autre améliorent la barrière muqueuse en augmentant la production de molécules immunitaires innées y compris les mucines et les défensines produites par les cellules des paneth intestinales (Johnson-Henry et al, 2008). Les BP médient leurs effets bénéfiques en favorisant des réponses immunitaires adaptatives, certaines ont la capacité d'activer des récepteurs dans le système nerveux entérique, qui pourraient être utilisés pour favoriser le soulagement de la douleur dans le contexte d'une hyperalgésie viscérale. (Sherman et al, 2009). Les données expérimentales indiquent que certains probiotiques réduisent les altérations pathologiques de la perméabilité para-cellulaire aux grosses molécules ou bactéries (Fioramonti et al, 2003).

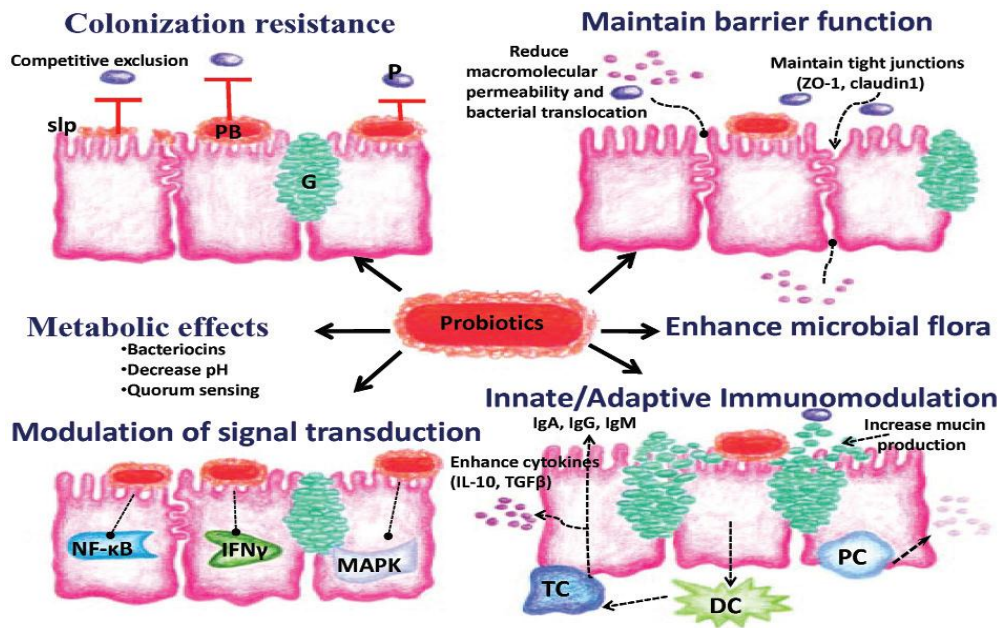


Figure 01: Mécanisme d'action potentiel de probiotiques pour favoriser la santé gastro-intestinale (GI).

4. Efficacité clinique

Les effets des probiotiques sur l'homme ont été largement étudiés à la fois par les scientifiques et l'industrie alimentaire et pharmaceutique depuis des décennies (Suez et al, 2019). Ce qui a conduit à plusieurs suggestions d'utilisations prophylactiques et thérapeutiques, indications et allégations, telles que la prévention ou le traitement des infections aiguës, diarrhée associée aux antibiotiques et à *Clostridium difficile*; amélioration de la réponse inflammatoire de l'intestin et réduction du risque de septicémie néonatale tardive et l'entérocolite nécrosante, éradication d'*Helicobacter pylori*, réduction de l'incidence et la gravité des infections respiratoires, et la réduction des maladies cardiovasculaires facteurs de risque associés au syndrome cardiométabolique (Sniffen et al, 2018).

III. Bactériocines

1. Définition

Selon Todd Klaenhammer, qui a donné la définition la plus largement utilisée (1988), « les bactériocines sont des protéines, ou complexes de protéines, avec une activité bactéricide contre des espèces proches de la souche productrice. Elles représentent une large classe de substances antagonistes qui varient considérablement du point de vue de leur poids moléculaire, de leurs propriétés biochimiques, de leur spectre et mode d'action » (**Klaenhammer, 1988**).

Les bactériocines sont des peptides à bas poids moléculaire (**Juturu et al, 2018**) ou protéines synthétisées par les bactéries Gram-positive et Gram-négative (**Heng et al, 2007**) qui inhibent ou détruisent d'autres microorganismes apparentés ou non. (**Nishie et al, 2012 ; Cui et al, 2021**). Elles sont des composés protéiques ayant une activité antimicrobienne dirigée contre des bactéries phylogénétiquement proches de la souche productrice (**Fernandez, 2014**). Elles sont des petites molécules cationiques d'environ 30-60 acides aminés formant des hélices amphiphiles et parfois stables à 100 C° pendant 10 min et sont différentes par leur spectre d'activité, mode d'action, origine génétique et leurs propriétés biochimiques (**Mokoena, 2017**). Elles ont été regroupées en 4 classes en fonction de leur structure et mode d'action (**Todorov, 2011**).

2. Biosynthèse des bactériocines

La production de bactériocines dépend de la souche microbienne et des conditions de culture. Certaines bactériocines sont initialement des peptides biologiquement inactifs, et plus tard modifiés post-traductionnellement pour atteindre un état actif (**Todorov, 2000 ; Perez et al, 2014**). En général, les gènes codant la production de bactériocine et l'immunité sont organisés en grappes d'opéron. Ils peuvent être situés sur des éléments génétiques (**Gulluce et al, 2012 ; Zacharof et al, 2012**) comme le chromosome en association avec des transposons ou sur des plasmides (**Deegan et al, 2006**).

Les gènes pour la production de bactériocines actives sont localisés généralement dans le cluster d'opérons (**Meade, 2020**) et organisés en trois opérons : un codant pour les gènes de structure et d'immunité, le second pour les gènes d'exportation de bactériocine et le troisième pour les gènes impliqués dans la régulation de la production de la bactériocine (**Dimov et al, 2005**).

L'expression de ces opérons est inductible et nécessite la présence de peptides auto-inducteurs pour l'induction (**Kumariya et al, 2019**). Elles sont ensuite modifiées par des protéines ou des acides aminés avant qu'ils ne soient exportés hors de la cellule. Le mécanisme de la biosynthèse des

bactériocines par les bactéries est généralement régulé par un système de *Quorum Sensing* qui est un mécanisme de régulation contrôlant l'expression de gènes (Altena et al, 2000).

3. Classification

Les bactériocines sont classées par différentes méthodes comprenant (Ibrahim, 2019) leur structure primaire, leur structure tridimensionnelle, leur mode d'exportation et leur mécanisme d'action. A cause de cette différence, la classification est rendue difficile et plusieurs classifications ont été proposées (Taalee et al, 2016).

Plusieurs approches sont utilisées pour la classification des bactériocines, l'une est utilisée pour la classification des bactériocines produites par les bactéries lactiques qui se divisent en deux groupes, les bactériocines modifiées post-traductionnellement et bactériocines non modifiées. D'autre part, les bactériocines produites par les bactéries Gram négatives qui peuvent être divisées en petits peptides, les microcines, qui ont été préalablement divisés sur la base de la présence ou l'absence de modification significative, et grands peptides ; les colicines (Cotter et al, 2005).

3.1. Les bactériocines produites par les bactéries Gram-positive (Bactéries lactiques BL)

Les bactériocines produites par les BL peuvent être classées selon leur taille, leur activité et leurs structures (Rea et al, 2011).

3.1.1. Bactériocines modifiées post-traductionnellement (classe I)

Sont connues aussi sous le nom de RiPPs (Ribosomally produced and post-translationally modified peptides = Peptides modifiés post-traductionnellement synthétisés par ribosome) englobent tous les peptides qui subissent une modification enzymatique au cours de leur biosynthèse (Field et al, 2018).

3.1.1.1. Lantibiotiques

Les lantibiotiques sont des petits peptides thermostables (<5KDa) agissant sur les structures membranaires, ils sont largement modifiés après traduction, entraînant la formation d'acides aminés thioéther caractéristiques, l'anthionine et méthyllanthionine (Caron et al, 2007 ; Parada, 2007).

La modification la plus importante est la déshydratation des résidus sérine et thréonine en didehydroalanine (Dha) et didehydrobutyrie (Dhb) (Sahl et Bierbaum, 1998), respectivement, et l'addition ultérieure de résidus cystéine situés de manière appropriée via leurs groupe SH à la double liaison C=C de Dha ou Dhb. Les acides aminés thioéther résultants de cette addition sont, contrairement aux ponts disulfures, sont stables et peut être identifiés dans les hydrolysats peptidiques comme lanthionine (de Dha et Cys) et 3 méthyllanthionine (de Dhb et Cys). C'est la présence des lanthionines qui a conduit à proposer l'appellation « lantibiotique » comme abréviation de lanthionine contenant un antibiotique peptidique (Yann et Sahl, 2002).

Les lantibiotiques sont subdivisés en :

a. Classe Ia

Sont des lantibiotiques linéaires, stables à 121°C pour un chauffage prolongé à pH 2, deviennent moins stables à pH 5-7, comme la nisine, la nisine est un peptide polycyclique et thermostable (**Prudêncio et al, 2015**).

b. Classe Ib

Sont des lantibiotiques globulaires stables à 100°C/ 60 min (**Kang et Ping, 2019**) et interfèrent avec les réactions cellulaires. Leur masse moléculaire est comprise entre 2 et 3 kDa (**Cleveland et al, 2001**).

3.2.1. Bactériocines non-modifiées (classe II)

Les bactériocines de classe II sont produites sous forme de pré-peptides contenant une séquence de tête amino-terminal caractéristique appelée type-glycine-double. (**Michiels, 2001**). Sont des petits peptides (<10 kDa), non modifiés, thermostables, cationiques et hydrophobes (**Mokoena, 2017**). Ils sont subdivisés en trois classes :

a. Classe IIa

Composée de peptides démontrant une activité contre *Listeria* et présentent un domaine N-terminal commun (Tyr-Gly- Asn-Gly-Val-X-Cys) (**Patton et al, 2005**). Cette classe comprend les carnobacteriocines BM1 et les pisciolines 126 (**Prudêncio et al, 2015**).

b. Classe IIb

Composée de bactériocines formées de deux peptides agissant en synergie, tels que les lactocines 705, dans laquelle la molécule active est formée par l'interaction de deux peptides afin d'avoir une activité antimicrobienne. La Lactacin F et Lactococcin G font partie de ce groupe.

c. Classe IIc

Comprend des peptides circulaires qui dépendent du système sec comme les carnocyclines A et enterocines AS-48 (**Prudêncio et al, 2015**).

3.3. Bactériolysines

Les bactériolysines sont de grandes protéines antimicrobiennes résistantes à la chaleur. Elles ont une structure domaine-type, dans laquelle différents domaines ont une fonction de translocation au récepteur et d'activité létale. Ces protéines sont également de structure modulaire et ont un domaine catalytique au N-terminus qui montre une homologie avec l'endopeptidase et un C-terminus qui représente probablement le site de reconnaissance cible (**Cotter, 2012**).

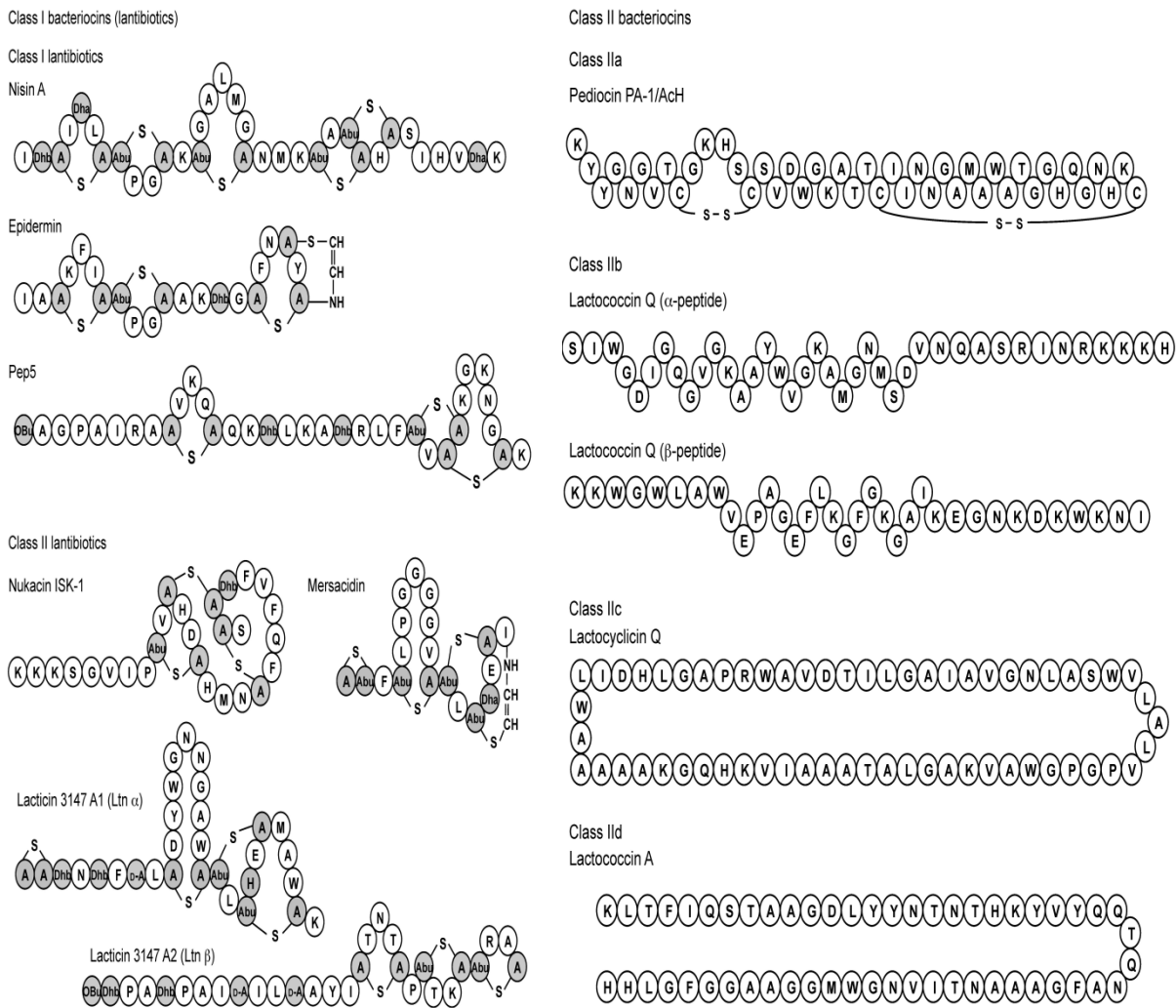


Figure 02 : structure des bactériocines (Nishie *et al*, 2012).

3.2. Les bactériocines produits par les bactéries Gram-négative

3.2.1. Microcines

Les microcines sont des peptides hydrophobes très stables ayant des masses moléculaires inférieures à 10 kDa et sécrétés dans des conditions stressantes d'épuisement des nutriments (Boubezari *et al*, 2018).

Les microcines présentent une stabilité élevée à la chaleur, aux pH extrêmes et aux protéases. Ils ont une activité antimicrobienne puissante contre des bactéries étroitement apparentées avec des concentrations inhibitrices minimales dans la gamme nanomolaire (Duquesne *et al*, 2007).

3.2.2. Colicines :

Les colicines sont des peptides antimicrobiens codées par des plasmides ayant un poids moléculaire élevé (>20 kDa) (Micenkova *et al*, 2012) et sécrétés par *Escherichia coli* (*E. coli*) et autres *Enterobacteriaceae*. Elles sont actives contre les souches d'*E. coli* et d'autres bactéries étroitement apparentées tels que *Salmonella* (Kaur *et al*, 2015).

Les colicines sont sensibles à la protéase et sensibles à la chaleur. Les composés de cette classe sont les plus étudiés et sont utilisés comme des systèmes modèles pour l'étude des structures, des fonctions et de l'évolution des bactériocines. La synthèse de la colicine est réalisée sous stress et est fatale pour la production des cellules, en raison de la co-expression avec la protéine de lyse (**Zimina et al, 2020**).

La plupart des protéines des colicines partagent une organisation similaire. Avec 3 domaines fonctionnels constitués d'une région N-terminale impliquée dans la translocation de la colicine dans la cellule, une région centrale impliquée dans la liaison de la colicine spécifique de la membrane externe et une région C-terminal dans laquelle réside l'activité inhibitrice (**Laskin, Allen et al, 2003**).

4. Mode d'action

Les bactériocines ont différents mécanismes d'action. Soit elles vont altérer la perméabilité membranaire des bactéries, elle forme en effet un pore dans la membrane de la cellule cible (**Bauer et al, 2005 ; Martinez et De Matins, 2006**), soit inhiber la synthèse de leurs peptidoglycanes, soit en détruisant leur liaisons peptidiques. D'autres bactériocines ont un autre mode d'action : la perturbation du fonctionnement de la cellule (**Koo et al, 2001**). Elles ciblent les vésicules membranaires pour perturber la force motrice du proton (**Mokoena, 2017**).

Elles peuvent posséder un mode d'action bactéricide ou bactériostatique sur les cellules sensibles, cette distinction étant fortement influencée par plusieurs facteurs tels que la dose de bactériocines et le degré de purification, l'état physiologique des cellules indicatrices et les conditions expérimentales (**Cintas et al, 2001**). Les bactériocines inhibent la croissance des souches bactériennes concurrentes en ciblant la membrane cellulaire et/ou la paroi cellulaire ou en ciblant des processus vitaux au sein de la cellule (**Aoibhin et al, 2021**).

Les bactériocines des BL peuvent agir via différents mécanismes pour exercer un effet antimicrobien ; l'enveloppe cellulaire est généralement la cible (**Parada et al, 2007**) ; en perturbant le fonctionnement de la membrane cytoplasmique (**Nes et al, 2007**). Ces peptides sont généralement efficaces contre les microorganismes Gram-positifs. Les bactériocines des BL peuvent être inefficaces pour inhiber les organismes Gram-négatifs parce que la membrane externe empêche le site d'action de la bactériocine. (**Martiniz et al, 2001 ; Morisset et al, 2004**).

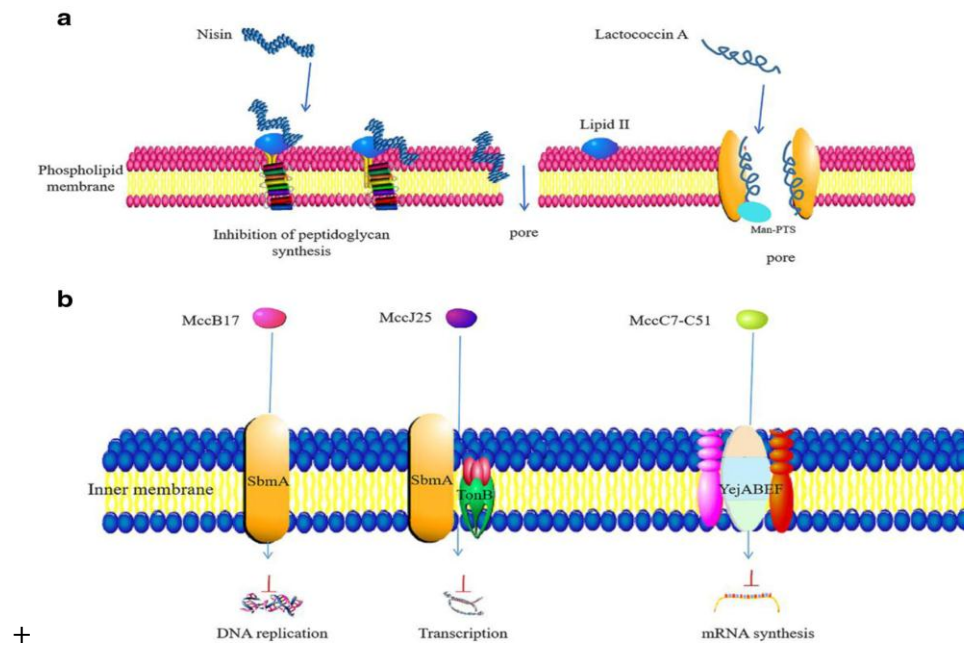


Figure 03: Mécanisme antibactérien des bactériocines. a Certaines bactériocines de classe I (par exemple, la nisine) inhibent à la fois la synthèse du peptidoglycane et forment des pores; les bactériocines de classe II (par exemple, la lactococcine A) peuvent se lier au système mannose phospho-transférase (Man-PTS) et former des pores, (b) De nombreuses bactériocines contrôlent leurs bactéries cibles en interférant avec l'expression des gènes. Par exemple, la microcine B17 (MccB17) inhibe la réplication de l'ADN, la MccJ25 inhibe la transcription et la MccC7-C51 inhibe la synthèse de l'ARNm.

5. Les applications des bactériocines

L'émergence de la résistance aux antibiotiques conventionnels ces dernières années a orienté la recherche vers l'étude de nouveaux agents antimicrobiens. Le mode d'action des bactériocines qui diffèrent de ceux des antibiotiques conventionnels permettraient leur utilisation comme alternative aux antibiotiques dans la prévention et/ ou le traitement des infections dues à des bactéries devenues résistantes aux traitements conventionnels (Dicks *et al*, 2011).

5.1. Dans le domaine alimentaire

L'utilisation des bactériocines dans les produits alimentaires a connu une forte progression. Ces substances sont naturelles, sûres non toxiques pour les cellules eucaryotes et facilement digestibles dans le tractus intestinal (Gautam et Sharma, 2009).

Les bactériocines sont sensibles aux protéases digestives et elles ont une grande tolérance aux variations de pH et aux traitements thermiques, un mode d'action bactéricide et un large ou étroit spectre antimicrobien donc elles peuvent cibler des bactéries pathogènes ou altérantes sans inhiber les bactéries indispensables (Galvez *et al*, 2007).

L'application des bactériocines purifiées ou semi-purifiées se fait après production en fermenteur, purification ou semi-purification et conditionnement par les techniques adéquates (**Guinane et al, 2005**). La nisine est actuellement utilisée dans les aliments contre les agents pathogènes d'origine alimentaire et contre les microorganismes d'altération des aliments. De plus, l'efficacité de la nisine contre les spores bactériennes a également été démontrée (**Ibrahim, 2019**).

Les bactériocines peuvent également être appliquées sous forme d'un concentré obtenu après fermentation par la souche productrice et atomisation d'un substrat alimentaire (**Deegan et al, 2006**). Un autre mode d'application basé sur l'immobilisation des bactériocines sur les cellules productrices, dans des gels ou des films telle que l'alginate de calcium, la gélatine, la cellulose, les protéines de soja, des films de polysaccharides, etc. La bactériocine sera alors libérée dans le produit au cours de la conservation (**Luchansky et al, 2007**).

5.1.1. Bio-conservation alimentaire

Les bactériocines peuvent être introduites dans les aliments au moins de trois manières différentes: en ajoutant la bactériocine purifiée ou partiellement purifiée directement à l'aliment, en incorporant un ingrédient à base d'un fermentant d'une souche productrice de bactériocine dans l'aliment ou en produisant la bactériocine dans le site en utilisant les souches bactériennes comme cultures de départ ou protectrices / adjuvantes. Alternativement, les bactériocines peuvent être incorporées dans les matériaux d'emballage utilisés pour protéger les aliments de la contamination externe (**Nascimento et al, 2018**).

Les bactériocines peuvent être utilisées pour l'intensité du traitement thermique dans les aliments sans compromettre l'inactivation microbienne et peuvent également fournir une protection supplémentaire pendant le stockage des aliments contre la prolifération des endospores survivants aux traitements thermiques. De plus, il a été démontré que l'intensité des traitements thermiques contre les endospores bactériennes peut être abaissée en association avec la nisine ainsi que l'entérocoque AS-48 (**Gálvez et al, 2010**).

5.2. Dans le domaine sanitaire

Les bactériocines sont utilisés comme agents de thérapie naturelle alternatifs aux antibiotiques.

5.2.1. Traitement de cancer

La cytotoxicité des bactériocines et leur capacité à agir sur les cellules cancéreuses peuvent dépendre de propriétés structurelles telles que le nombre d'acides aminés chargés positivement, l'hydrophobicité et la capacité à former des structures amphipathiques et des oligomères (**Gaspar et al, 2013**). On suppose que la principale cible des bactériocines est la membrane cytoplasmique des cellules eucaryotes (**Zhao et al, 2006**). L'action des bactériocines est sélective et elles ne peuvent se

lier spécifiquement qu'aux cellules cancéreuses. L'augmentation de l'expression des molécules chargées négativement à la surface des cellules cancéreuses les rend vulnérables à l'activité cytotoxique des bactériocines. Les mécanismes de cytotoxicité comprennent l'induction de l'apoptose et / ou la dépolarisation de la membrane cellulaire, ce qui conduit à des changements de perméabilité (Sand et al, 2013). Certains d'entre eux peuvent provoquer à la fois une nécrose et une apoptose. Des études mesurant le potentiel membranaire démontrent qu'en quelques secondes après l'interaction de la bactériocine cytotoxique avec une cellule eucaryote sensible, sa surface est dépolarisée et sa perméabilité augmente, entraînant la mort cellulaire. Une destruction rapide causée par des bactériocines cytotoxiques peut indiquer un mécanisme d'action non-récepteur. Malgré le fait que le potentiel cytotoxique des bactériocines a été étudié en laboratoire (Tableau 02), il n'y a pas de données sur l'efficacité pour le traitement du cancer (Zimina et al, 2020). Les avantages des bactériocines en tant qu'agents thérapeutiques sont qu'ils sont de petits peptides et donc, pour la plupart, ne sont pas de nature immunogène. Deuxièmement, ils sont facilement hydrolysés en acides aminés simples. L'un des principaux problèmes liés à l'utilisation des bactériocines comme médicaments est la réduction de la stabilité des intestins ou des tissus humains. (Kaur et Kaur, 2015).

Tableau 02: Bactériocines ayant des activités anticancéreuses contre diverses lignées cellulaires cancéreuses. (Kaur et Kaur, 2015).

Bacteriocine	Organismeproducteur	Classe	Taille (kDa)	Lignéescellulairescancéreuses
Colicin E3	<i>E. coli</i>	III	9.8	P388, HeLa, HS913T
Colicin A	<i>E. coli</i>	III	>20	HS913T, SKUT-1, BT474, ZR75, SKBR3, MRC5
Colicin E1	<i>E. coli</i>	III	57	MCF7, HS913T
Microcin E492	<i>K. pneumoniae</i>	IIa	7.9	Hela, Jurkat, RJ2.25
Pediocin PA-1	<i>P. acidilactici</i> PAC1.0	IIa	3.5	A-549, DLD-1
Nisin	<i>L. lactis</i>	I	3.5	MCF7, HepG2

6. Bactériocine comme régulateur de microbiote

Le microbiote diversifié et dynamique du tractus GI représente une grande source de biomolécules, comprenant les bactériocines, qui sont capables de moduler la population microbienne de l'intestin. Les peptides modifiés post-traductionnellement synthétisés par ribosome (RiPPs) sont en grande partie produits par le microbiote humain (Donia et al, 2014) et actifs contre un nombre limité d'espèces en raison de leur activité à spectre étroit (Donia et Fischbach, 2015). Les RiPPs isolés à

partir de bactéries associées à l'homme comprennent les bactériocines, les lantibiotiques et les microcines (**Donia et Fischbach, 2015**). L'expression des bactériocines par les bactéries commensales dans le tractus GI impacte sur la concurrence de la niche (**Kommineni et al, 2015**) et les bactériocines délivrées par les commensaux qui occupent une niche bactérienne intestinale particulière peuvent servir de thérapies efficaces pour éliminer spécifiquement la colonisation intestinale par les bactéries multi-résistantes, sans perturbation profonde du microbiote indigène (**Dridier, 2016**).

7. Les avantages des bactériocines

Les bactériocines ont plusieurs propriétés qui les rendent avantageuses pour diverses applications biomédicales. Ceux-ci s'utilisent comme des agents antibactériens, des agents d'administration de médicaments et des aliments fonctionnels (**Wang et al, 2012 ; Shin et al, 2016**). En termes d'activité antibactérienne, ils présentent une faible toxicité pour les cellules eucaryotes, avec stabilité dans les solutions physiologiques après fonctionnalisation et stabilité à haute températures et de faibles concentrations minimales inhibitrices contre de nombreuses souches bactériennes. Les bactériocines possèdent également une activité antimicrobienne sélective. (**Simon et al, 2020**).

- Elles ont l'avantage d'être efficace pour lutter contre les agents pathogènes alimentaires sans posséder d'effets secondaires (**Sidhu et Nehra, 2019**).
- De plus, les bactériocines ont une petite taille, biocompatibilité, biodégradable et principalement non immunogènes (**Tabata, 2019**).

Les bactériocines produites par BL présentent un intérêt particulier pour l'industrie alimentaire pour plusieurs raisons :

- Premièrement, les membres du groupe BL ont des antécédents d'utilisation sans danger comme cultures de départ dans les fermentations alimentaires et beaucoup possèdent le statut « Généralement considéré comme sûr (GRAS)» selon la Food and Drug Administration des États-Unis (**Galvez A, 2007**).
- Deuxièmement, en plus d'être non toxiques pour les cellules eucaryotes, les bactériocines BL sont extrêmement puissants contre de nombreux microbes d'altération des aliments et bactéries pathogènes, démontrant une activité destructrice dans la gamme nanomolaire.
- Troisièmement, ils n'interfèrent pas avec la qualité sensorielle des aliments.

Enfin, l'origine ribosomique des bactériocines a permis la manipulation du gène de structure associé de manière plus directe que ce n'est possible pour d'autres classes d'antimicrobiens pour obtenir des variantes aux propriétés potentiellement bénéfiques. (**Field et al, 2018**).

8. Les limites d'utilisation des bactériocines

L'utilisation limitée des bactériocines dans l'industrie alimentaire peut être attribuée à sa dégradation facile, à la répulsion électrostatique et aux interactions incontrôlées avec divers composants alimentaires (**Sidhu et Nihra, 2019**), leur spectre relativement étroit par rapport aux antibiotiques à petites molécules (**Egan et al, 2017**), leur dégradation facile par les enzymes protéolytique (**Fahim, 2016**), leur spectre antibactérien resserré, les exigences de dosages élevés pour tuer les bactéries multirésistantes aux antibiotiques, le coût d'isolement, de purification et de production élevé et faible rendement de production naturelle (**Radaie et al, 2020**). Seulement la nisine qui est acceptée comme un additif alimentaire (**Charles et al, 2007 ; Privat et al, 2011**) et une faible toxicité et stabilité à la température (**Garcia et al, 2010 ; Dischinger et al, 2014**). Et dans les produits solides, les bactéries forment des biofilms dont la résistance aux bactériocines peut être plus élevée (**Schöbitz et al, 2003**).

Matériel et méthodes

1. Matériels biologiques

Escherichia coli ATTC 35695.

Listeria innocua HpB13.

Salmonella montevideo.

2. Prélèvement et collection des échantillons

Le prélèvement a été effectué au niveau des laboratoires de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Les étapes de prélèvement ont été réalisées avec un matériel stérile et dans un endroit propre.

La mouette rieuse a été retrouvée sur le point de mourir au niveau de la résidence universitaire, donc nous l'avons utilisé pour notre étude. Les souches ont été isolées à partir du contenu du jabot (J) et du duodénum (D) de l'oiseau.

Le prélèvement s'est effectué en soutirant le tube digestif et en incisant ses différents segments (jabot, duodénum) longitudinalement par un ciseau métallique stérile pour prélever leurs contenus. Ceux-ci sont mis directement dans des tubes contenant 9ml d'eau physiologique. Une série des dilutions jusqu'à 10^{-6} ont été effectués à partir des solutions mères de chaque segment.



Photo 01 : Mouette rieuse après dissection.



Photo 02 : Le tube digestif de la Mouette rieuse.



Photo 03 : Le jabot.

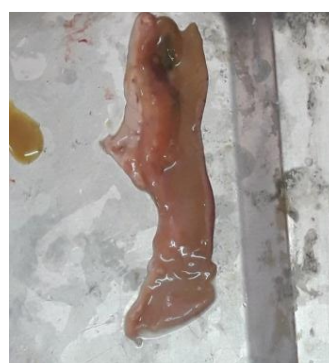


Photo 04 : Le duodénum.

3. Isolement et purification des souches lactiques

3.1. Isolement

Les échantillons collectés ont été dilués directement ; 1 ml a été prélevé à partir de chacune des dilutions 10^{-4} , 10^{-5} et 10^{-6} et a été ensemencé en surface par le râtaux sur différents milieux gélosés MRS (De Man, Rogosa et Sharpe) contenant 10g de peptone, 10g Extrait de viande, Extrait de levure 5g, Glucose 20 g, Tween 80 1 ml, Phosphate di potassique 2 g, Acétate de sodium 5g, Citrate d'ammonium 2 g, Sulfate de magnésium 0,20 g, Sulfate de manganèse 0,05 g et Agar agar bactériologique 15,00 g, pour la croissance de la microflore lactique totale. Le milieu LB (Leuria Bertani) (5g de peptone, 2,5g de l'extrait de levure 5g de Na Cl ,7.5g d'agar) et la Gélose Nutritive GN. Les boîtes ont été incubées à l'étuve à 37°C pendant 24 heures. La pureté des souches est confirmée par une observation microscopique.

Des colonies ont été récupérées au hasard (tableau 03) sur lesquelles ont été appliqués la coloration de Gram et le test de catalase.

3.2. Purification

La purification a été réalisée par des repiquages successifs dans des conditions aseptiques sur gélose et bouillon MRS ou LB jusqu'à l'obtention d'une culture pure dont la pureté est estimée par observation microscopique, après coloration de Gram.

4. Recherche de la catalase

Elle est mise en évidence par contact de la culture avec une solution d'eau oxygénée, une goutte de cette dernière est placée sur une lame et une colonie y est déposée, un dégagement gazeux abondant sous forme de mousse ou de bulles traduit la décomposition de l'eau oxygénée sous l'action de la catalase (**Riner, 2010**).

5. Activité antibactérienne :

Le principe de la détection de l'activité antimicrobienne est basé sur la diffusion de l'agent antimicrobien dans des milieux de culture solides ou semi-solides pour inhiber la croissance des micro-organismes indicateurs sensibles. La mise en évidence de l'activité antimicrobienne est effectuée sur quelques souches représentant des espèces d'intérêt (**Guiraud, 1998**).

5.1. Préparation du surnageant :

Après l'obtention des colonies pures, une colonie a été prélevée à partir de chacune des boîtes testées et a été versée dans un tube contenu de 4 ml des différents milieux (MRS ou LB). Les tubes ont été incubés à l'étuve à 37 °C pendant 24 heures pour le milieu LB et pendant 48 heures pour le milieu MRS. 1 ml de chaque souche testée a été déposé en eppendorf puis centrifugé par la centrifugeuse à eppendorf à 5000g/10 min, et récupération de la partie supérieure.

5.2. Méthode des puits

La méthode de diffusion en milieu solide LB (Luria Bertani) a été utilisée. 250 µl d'une culture d'une nuit de la souche indicatrice (*Escherichia coli*, *Listeria innocua* HpB13 et *Salmonella montevideo*) ont été mélangés avec 25 ml de milieux et versés dans des boîtes de Pétri. Après solidification, à l'aide de l'extrémité large d'une pipette de 5 ml stérile des puits ont été percés dans la gélose. 80 µl de surnageant des souches testées ont été déposés dans les puits. L'incubation a été effectuée à 37°C pendant 24 h (**Hammami et al, 2009**).

5.3. Méthode des spots

La gélose LB a été versée dans des boîtes de Pétri, après solidification, les souches indicatrices ont été étalées par coton-tige stérile en surface. Après séchage, des gouttes de surnageant des souches testées ont été déposées sur la surface par la micropipette et ont été séchées. L'incubation a été effectuée à 37°C pendant 24 h (**Basli A et al, 2012**).

II.1.Résultats et discussion :

1. Résultats :

1.1. Isolement :

Au total 34 souches ont pu être isolées à partir du jabot et du duodénum, comme mentionné au tableau 03.

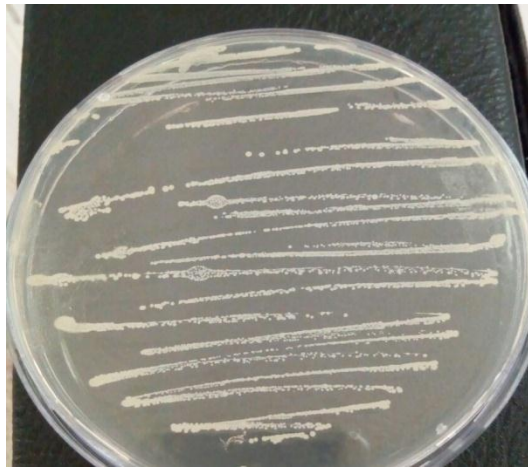
Tableau 03 : Les souches sélectionnées.

Jabot	Duodénum
J ₀	D ₀₀
J ₀₃	D ₀₀₁
J ₀₄	D ₀₀₂
J ₀₅	D ₀₀₃
J ₀₆	D ₀₀₄
J ₀₇	D ₀₀₅
J ₀₈	D ₀₀₆
J ₀₉	D ₀₀₈
J ₀₁₁	D ₀₁
J ₀₁₂	D ₀₂
J ₀₁₃	D ₀₃
J ₀₀	D ₀₄
J ₀₀₁	D ₀₅
J ₀₀₂	D ₀₁₁
J ₀₀₃	D ₀₁₂
J ₀₀₄	D ₀₁₃
J ₀₀₅	D ₀₁₄

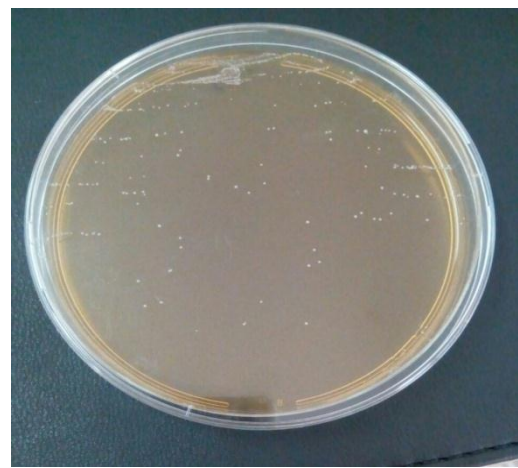
1.2.Purification :

Des bactéries ont été isolées dans l'objectif de sélectionner des souches productrices de bactériocines. Les isollements ont été effectués à partir de la mouette rieuse.

La plupart des souches purifiées sont des colonies blanches, bombées et de tailles uniformes et d'autre sont des colonies de forme irrégulière, lisses et transparentes (Photo 05).



(a)



(b)

Photo 05: Aspect des colonies isolées à partir du tube digestif de la mouette rieuse.

(a) en milieu GN. (b) en milieu MRS.

1.3. Recherche de catalase :

La photo 06 montre un exemple de réaction positive à la catalase, par formation de bulles instantanées



Photo 06 : Exemple de formation des bulles d'oxygène.

Tableau 04 : Test d'identification des souches testées.

Milieu	Souche	Gram	Catalase	Forme
MRS	D ₀₁	+	-	bacille
	D ₀₂	+	-	bacille
	D ₀₃	+	-	bacille
	D ₀₄	+	-	bacille
	D ₀₅	+	-	bacille
	D ₀₁₁	+	-	bacille
	D ₀₁₂	+	-	bacille
	D ₀₁₃	+	-	bacille
	D ₀₁₄	+	-	bacille
	J ₀	+	-	bacille
	J ₀₃	+	-	bacille
	J ₀₄	+	-	bacille
	J ₀₅	+	-	bacille
	J ₀₆	+	-	bacille
	J ₀₇	+	-	bacille
	J ₀₈	+	-	bacille
	J ₀₉	+	-	bacille
	J ₀₁₁	+	-	bacille
	J ₀₁₃	+	-	bacille
	J ₀₀	+	-	bacille
LB	D ₀₀	-	+	cocci
	D ₀₀₁	+	+	cocci
	D ₀₀₂	-	+	bacille
	D ₀₀₃	+	-	cocci
	D ₀₀₄	+	-	bacille
	D ₀₀₅	+	-	bacille
	D ₀₀₆	-	-	cocci
	D ₀₀₇	+	-	bacille
	D ₀₀₈	-	-	cocci
	J ₀₀₁	+	+	cocci
	J ₀₀₃	+	-	bacille
	J ₀₀₄	-	+	cocci
	J ₀₀₅	+	-	cocci
	J ₀₁₃	+	+	bacille

1.4. Activité antibactérienne :

Parmi les 34 souches isolées, 6 souches ont représenté une petite activité (Tableau 05) ; 4 souches ont été isolées à partir du milieu LB (J₀₀₁, J₀₀₃, D₀₀₄, D₀₀₅) et 2 souches (D₀₁₄, J₀₁₃) ont été isolées à partir du milieu MRS ; par la formation d'une zone d'inhibition autour des puits. Ces résultats sont obtenus par la méthode des puits.

Parmi ces souches, D₀₁₄ et J₀₁₃ sont des souches lactiques et les autres sont des souches non lactiques.

Tableau 05 : Les souches testées ayant une activité antibactérienne.

Souche	Milieu	<i>Salmonella montevideo</i>	<i>Escherichia coli</i> ATCC 35695	<i>Listeria innocua</i>
D ₀₀₄	LB	+	-	+
D ₀₀₅	LB	-	-	-
D ₀₁₄	MRS	+	+	+
J ₀₀₁	LB	+	+	-
J ₀₀₃	LB	-	+	-
J ₀₁₃	MRS	+	-	+

+ présence d'activité.

- pas d'activité.

II.2. Discussion :

La production de bactériocines par différentes bactéries lactiques isolées des produits et animaux marins a déjà fait l'objet d'un certain nombre de travaux. Ces derniers ont révélé l'existence de nombreuses souches douées d'une activité anti microbienne importante.

Les 34 souches isolées à partir des différents segments de tube digestive la *Mouette rieuse* et examinées pour montrer une l'activité des bactériocines contre 3 souches indicatrices (*Escherichia coli* ATCC 35965, *Salmonella montevideo* et *Listeria innocua* HpB12) ne représentent aucune activité antimicrobienne sauf les souches D₀₀₄, D₀₀₅, D₀₁₄, J₀₀₁, J₀₀₃, et J₀₁₃ représentent une légère activité, cette activité peut être due à la production de substances antimicrobiennes tels que peroxyde d'hydrogène, l'acide lactique ou bactériocine (Sifour et al, 2012).

D'autres scientifiques ont montré l'efficacité des bactériocines isolées à partir des différentes origines contre les germes pathogènes et dans la conservation des produits marins.

Iseppi et al, (2019) trouvent que deux souches d'*Enterococcus mundtii*Lp17 et *Enterococcus mundtii* Lp18 provenant de fruits de mer et de poissons (rouget et sardine) présentent une forte activité inhibitrice contre toutes les espèces de *Listeria* en particulier *Listeria monocytogenes* (*L. monocytogenes*) en produisant les bactériocines bacLP17 et bacLP18. Les deux bactériocines ont déterminées de large zones d'inhibition, leur traits de virulence et les résistances aux antibiotiques ont été vérifiés et ne présentaient aucune caractéristique dangereuse et elles pourraient être utiles pour contrôler la croissance de *L. monocytogenes* dans les mêmes produits alimentaires.

Selon Migaw et al, (2014) les souches lactiques *Enterococcus durans* GM18, *Enterococcus durans* GM19, *Enterococcus faecium* et *Lactococcus lactis* isolées de divers viscères de poissons frais sont capables de produire la durancine GMT18, entérocin A et B, entérocin A, B et P et la nisine respectivement active contre *Listeria innocua*. Ces souches pourraient être utile pour la bioconservation des aliments ou comme probiotiques.

L'étude d'Alves et al, (2005) montre que les produits de poisson fumés brésiliens abritent *L. monocytogenes* et devraient être stabilisés contre la croissance de ce microorganisme. *Carnobacterium piscicola* C2 (*C. piscicola*) a le potentiel d'être utilisé comme culture bioprotectrice dans le surubim et d'autres poissons légèrement conservés ; la souche bactériocinogène de *C. piscicola* C2 isolée de surubim fumé à froid emballé sous vide et deux souches de *C. piscicola* isolées de saumon fumé à froid emballé sous vide étaient capables de

limiter ou d'inhiber complètement la croissance d'une *L. monocytogenes* isolée de surubim dans des systèmes modèles de peptone de poisson incubés à 10°C ; la croissance de *L. monocytogenes* a été complètement inhibée par *C. piscicola* C2 et *C. piscicola* A9b+ a réduit les concentrations maximales de *L. monocytogenes*. Les deux souches de *C. piscicola* ont empêché la croissance de *Listeria* dans les jus de poisson fumés à froid (surubim et saumon).

Selon Sarika et al.(2012) des souches de BL isolées de la surface corporelle de perche marine *Percaflavescen* sont montré un effet inhibiteur contre au moins quelques-unes des souches indicatrices testées. La bactériocine PSY2, produite par *L. lactis* PSY2 a été sélectionnée pour déterminer l'efficacité en tant que bio conservateur dans la morue de grande valeur. La substance inhibitrice avait un mode d'action bactéricide ou bactériostatique comme mis en évidence par la zone claire d'inhibition contre les souches indicatrices comme *E. coli* et *L. monocytogenes*.

Les bactéries lactiques isolées de mrigala ont été initialement criblé pour la production de bactériocines contre *Staphylococcus aureus* ATCC 25923.La souche FPTLB3 s'est avérée posséder une activité antibactérienne à la fois par la méthode des taches de gélose et par la méthode de diffusion par puits. Il a inhibé diverses bactéries avec un spectre d'activité étroit contre les Gram positif et les bactéries à Gram négatif notamment *Listeria* (Banerjee et al, 2013).

Conclusion

Les bactéries lactiques sont utilisées depuis plusieurs siècles comme agent protecteur dans les aliments fermentés. Ces bactéries sont présentes dans une grande variété d'aliments, ainsi que dans le tube digestif des mammifères et oiseaux.

Les bactéries lactiques comme les lactocoques et les lactobacilles, sont utilisées pour leurs différentes propriétés, surtout celle de pouvoir fermenter le lactose. Cette propriété permet d'améliorer les qualités organoleptiques d'un aliment grâce aux différents composés de la fermentation (diacétyl, divers acides organiques, etc.). La fermentation permet également d'augmenter la durée de vie des aliments. Les bactériocines issues du métabolisme bactérien, servent également à cette fin.

Les bactériocines sont des peptides synthétisés par les ribosomes et elles possèdent une activité bactéricide ou bactériostatique envers d'autres micro-organismes. Ceci permet à la bactérie productrice de pouvoir éliminer certains compétiteurs potentiels présents dans son environnement. Certaines bactériocines ne sont pas uniquement efficaces envers des bactéries phylogéniquement semblables. Elles peuvent avoir un spectre d'activité étendu et sont en mesure d'affecter une grande variété de bactéries.

Dans ce travail nous avons tenté d'isoler de nouvelles souches bactériennes à partir du tractus digestif de la mouette rieuse. Cet oiseau qui vit aussi bien en mer et sur terre, a attiré notre attention de pouvoir héberger des souches intéressantes, qui auront une activité anti-*Listeria* (ou autre) étant donné que son alimentation est basée surtout sur le poisson frais.

Nous avons pu isoler plusieurs souches aussi bien Gram + que Gram -, celles-ci ont été purifiées puis soumises à des tests d'activité antimicrobienne contre trois souches qui sont *Escherichia coli* ATCC35695, *Listeria innocua* HpB13 et *Salmonella montevideo*.

Une autre étude dans ce genre doit être réalisée afin de sélectionner un nombre plus important de souches, tout en ciblant d'autres parties anatomiques du tube digestif et qui peut héberger des souches plus intéressantes.

Références bibliographiques

A

- Abdelmadjid Z et coll. (2010). Une nouvelle classification basée sur la structure des bactériocines Gram-positives. *The protein journal* 29.6 : 432-439.
- Al Kassaa, I, Belguesmia Y, Chihib N, Hamze M, Bendali F et Naghmouchi K. (2015). Application des bactériocines des bactéries lactiques dans le control des pathogènes alimentaires.
- Altena, K, Guder A, Cramer C and Bierbaum G. (2000). Biosynthesis of the lantibiotic mersacidin. Organization of a type B lantibiotic gene. Cluster. *App. Environ. Microbiol*, 66, 2565 -2571.
- Alvarez-Sieiro P, Montalban-Lopez M, Mu D, Kuipers OP. (2016). Bacteriocins of lactic acid bacteria: extending the famoly. *App Microbiol Biotechnol*.100 (7):2939-51.
- Alves VF, De Martinis EC, Destro MT, Vogel BF and Gram L. (2005). Antilesterial activity of a carnobacterium piscicola isolated from brazilian smoked fish (suburim pseudoplatystomas sp) and its activity against a presistent strain of *Listeria monocytogenes* isolated from suburim. *J Food Prot*. 68(10): 2068-77.
- Ansari, A. (2015). Bacteriocin from LAB for medical and health applications. In *Beneficial Microorganisms in Medical and Health Applications*. Microbiology Monographs; Liong M.T, Ed; Springer: Cham, Switzerland. 28:199–221.
- Aoibhin R and cool. (2021). Pharmaceutical design of a delivery system for the bacteriocin lacticin 3147. *Drud Delivery and translational Research*.1-17.
- Atanu N and Kim K.S. (2021). Potential Novel Food-Related and Biomedical Applications of Nanomaterials Combined with Bacteriocins. *Pharmaceutics*. 13 (1):86.

B

- Banerjee S.P, Dora K.C and Chowdhury S. (2013). Detection, partial purification and characterization of bacteriocin produced by *Lactobacillus brevis* FPTLB3 isolated from freshwater fish. *Journal of Food science and Technology*. 50 (1): 17-25.
- Barraud D et Gibot S. (2016). Probiotiques en réanimation. *Probiotics in the Intensive Care Unit: from Bench to Bedside*. *Réanimation*. 25:328-339.
- Basli A, Chibane M, Mdani K et Oukil N (2012). Activité antibactérienne des polyphénols extraits d'une plante médicinale de la flore d'Algérie : *Origanum glandulosum*. *Desf. Phytothérapie*, 10 (1):2-9.

- Bermudez-Brito M, Plaza- Diaz J, Munoz-Quezada S, Gomez-Lorente C and Gil A. (2012). Probiotic Mechanisms of Action. *Ann Nutr Metab.*61:160–174.
- BirdLife International (2009). *Larus ridibundus*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.1. [enligne]. Disponible sur <www.iucnredlist.org>(consultée le 14/05/10). Boirivant M and Strober W. (2007). The mechanism of action of probiotics. *Curr Opin Gastroenterol.* 23(6): 679-92.
- Boubezari M.T, Idoui T, Hammami R, Fernandez B, Ahmed Gomaa and Ismail Fliss. (2018). Bacteriocinogenic properties of *Escherichia coli* P2C isolated from pig gastrointestinal tract: purification and characterization of microcin V. *Archives of Microbiology*. DOI: 10.1007/s00203-018-1482-6.
- Boyle R.J, Robins-Browne R.M and Tang, M.L. (2006). Probiotic use in clinical practice: What are the risks? *Am. J. Clin. Nutr.* 83: 1256–1264.
- Broman, T, Palmgren, H, Bergström, S, Sellin, M, Waldenström, J, Danielsson-Tham, M.L and B. Olsen, B. (2002). *Campylobacter jejuni* in Black-Headed Gulls (*Larus ridibundus*): Prevalence, Genotypes, and Influence on *C. jejuni* Epidemiology. *Journal of Clinical Microbiology.* 40 (12): 4594–4602.

C

- Caron C.R, Bianchi P.A, Carlos Ricardo and Soccol C.R. (2007). Bacteriocins of lactic acid bacteria: purification, properties and utilisation as bioconservation. *V*(50).
- Charles M.A.P, Franz, Marco J, Van Belkum, Wilhelm H, Holzappel, Abriol H and Galvez A. (2007) Diversity of enterococcal bacteriocins and their grouping in a new classification scheme. *FEMS Microbiology Review.* 31(3): 293-310.
- Cintas L. M, Herranz, C, Hernández P. E, Casaus M. P. and Nes L. F. (2001), Review: Bacteriocins of lactic acid bacteria. *Food Sci. Tech. Int.*7: 281-305.
- Cleaveland J, Montville T. J., Nes I.F and Chikindas M.L. (2001). Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation *International Journal of Food Microbiology.* 71: 1-20.
- Corr S.C, Li Y, Riedel CU, O’Toole PW, Hill C and Gaha CG. (2007). Bacteriocin: production as a mechanism for the anti-infective activity of *Lactobacillus salivarius* UCC118. *Proc Natl Acad Sci USA.* 104:7617-7621.
- Cotter P.D, Ross R.P and Hill C. (2012). Bacteriocins— a viable alternative to antibiotics? *V* (11).
- Cotter P.D, Hill C and Ross R.P. (2005). Bacteriocins: Developing innate immunity for food. *V* 3:777.

- Crochet PA, Bonhomme F, Lebreton JD. 2000. Molecular phylogeny and plumage evolution in gulls (Larini). *Journal of Evolutionary Biology* 13: 47-57.
- Cui Y, Luo L, Wang X, Lu Y, Yi Y, Shan Y, Liu B, Zhou Y and Lü X. (2021). Mining, heterologous expression, purification, antibactericidal mechanism, and application of bacteriocins: A review. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 20:863–899.

D

- Daw M.A and Falkiner F. R. (1996). Bacteriocins: nature, function and structure *Micron Journal.* 27: 467-479.
- De Azevedo P.O.S, Converti A, Gierus M and Oliveira R.P. D.S. (2019). Application of nisin as biopreservative of pork meat by dipping and spraying methods. *Brazilian Journal of Microbiology.* 50:523–526.
- Debruyne L, Broman T, Bergstrom S, Olsen B, Stephen L. W and Vandamm P. (2010). *Campylobacter volucris* sp. nov., isolated from, black-headed gulls (*Larus ridibundus*). *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology.* 60: 1870–1875).
- Debruyne, L., Broman, T., Bergström, S., Olsen, B., On, S. L and Vandamme, P. (2010). *Campylobacter volucris* sp. nov., isolated from black-headed gulls (*Larus ridibundus*). *International journal of systematic and evolution arymicrobiology.* 60(8): 1870-1875.
- De Martinis E. C. P, Públio M. R. P, Santarosa P. R and Freitas F. Z. (2001). Anti-listerial activity of lactic acid bacteria isolated from vacuum-packaged Brazilian meat and meat products. *Braz. J. Microbiol.* 32: 32-37
- Dib H, Hajj Semaan E, Mrad R, Ayoub J, Choueiry L, Moussa H et Bitar G .(2012). Identification et évaluation de l'effet probiotique des bactéries lactiques isolées dans des fromages caprins traditionnels. *Lebanese Science Journal.* 13 (1):43-48.
- Dimov S, Ivanova P et Harizanova N. (2005). Génétique de la biosynthèse des bactériocines par les bactéries lactiques. *Biotechnol. Equiper.* 19 : 4-10.
- Dicks L.M.T, Heunis T.D.J, van Staden D.A, Brand A, Sutyak Noll K, and. Chikindas M.L. (2011). Chapter 19: Medical and personal care applications of bacteriocin produced by lactic acid bacteria. *Journal of Applied Microbiology.* 112: 831–840.
- Dischinger J, Chipalu SB, Bierbaum G. (2014). Lantibiotics: promising candidates for future applications in health care. *Int J Med Microbiol* 304:51–62.

- Donia MS, Cimermancic P, Schulze CJ, Wieland Brown LC, Martin J, Mitreva M, Clardy J, Linington RG, Fischbach MA. (2014). A systematic analysis of biosynthetic gene clusters in the human microbiome reveals a common family of antibiotics. *Cell* 158:1402–1414.
- Donia MS and Fischbach MA. (2015). Small molecules from the human microbiota. *Science* 349:1254766.
- Dortu C et Thonart P. (2009). Les bactériocines des bactéries lactiques : caractéristiques et intérêts pour la bioconservation des produits alimentaires. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 13(1): 349-356.
- Drent RH. (2006). The timing of birds' breeding seasons: the Perrins hypothesis revisited especially for migrants. *Ardea* 94:305–322.
- Drider D, Bendali F, Naghmouchi K and Chikindas M.L. (2016). Bacteriocins: Not Only Antibacterial Agents. *Probiotics. Antimicro. Prot.* 8:177–182.
- Duquesne S, Destoumieux-Garzon D, Peduzzi J and Rebuffat S. (2007). Microcins, gene-encoded antibacterial peptides from enterobacteria. *Journal of The Royal Society of Chemistry.* 24: 708–734.

E

- Egan K, Ross R. P and Hill C. (2017). Bacteriocins: antibiotics in the age of the microbiome', *Emerging Topics in Life Sciences*, 1(1): 55- 63.

F

- Fahim H.A, Khairalla A.S and El-Gaendy A.O. (2016). Nanotechnology a valuable strategy to improve bacteriocin formulations. *Front. Microbiol.* 7 :1385.
- Fernandez B. (2014). Activité biologique et impact sur le microbiote intestinal des bactéries lactiques bactériocinogènes.
- Field, D., Ross, R. P. and Hill, C. (2018). Developing bacteriocins of lactic acid bacteria into next generation biopreservatives, *Current Opinion in Food Science*, In Press. P: 1-16.
- Fioramonti J, Theodorou V and Bueno L. (2003). Probiotics: What are they? What are their effects on gut physiology? *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology.* 17 (5): 711-24.

G

- Gálvez A ,Abriouel H, López RL and Ben Omar N. (2007). Bacteriocin-based strategies for food biopreservation. *International Journal of Food Microbiology.* 120 :51–70.
- Galvez A, Abriouel H, Benomar N and Lucas R. (2010). Microbial antagonists to food-borne pathogens and biocontrol. *Curr Opin Biotechnol.* 21:142-148.

- Garcia P, Rodríguez L, Rodríguez A, Martínez B. (2010). Food biopreservation: promising strategies using bacteriocins, bacteriophages and endolysins. *Trends Food Sci Technol.* 21:373–382.
- Gasper V and Castanho. (2013). From antimicrobial to anticancer peptides. A review. *Frontiers in Microbiology.* 4: 294.
- Gautam, N and Sharma, N. (2009). Bacteriocin: safest approach to preserve food products. *Indian J. Microbiol.* 49: 204-211.
- Graf C et Sarasin F.P. (2007). Probiotique: efficacité et dangerosité. *Rev Med Suisse.* 3 : 2350-4.
- Guarner F, Sanders M.E, Eliakim R, Fedorak R, Gangl A, Garisch J, Kaufmann P, Karakan T , Khan A.G, Kim N, De Paula J.A, Ramakrishna B, Shanahan F, Szajewska H, Thomso A, Le Mair A, Gonvers J.J. (2001). Probiotiques et prébiotiques. World Gastroenterology Organisation Global Guidelines.
- Guinane C.M, Cotter P.D, Hill C and Ross R.P. (2005). Microbial solutions to microbial problems; lactococcal bacteriocins for the control of undesirable biota in food. *Journal of Applied Microbiology.* 98: 1316–1325.
- Guiraud, J.P. Microbiologie alimentaire, *Techniques d'analyse microbiologiques.* Dunod, 1998.
- Güllüce M, Karaday M and Barış Ö. (2013). Bacteriocins: Promising Natural Antimicrobials. *Microbial pathogens and strategies for combating them: science, technology and education* (A. Méndez-Vilas, Ed.). 1016-1027.
- Gündemir O, Pazvant G and İnce N. G. (2020). The morphometric examination of head area of black headed gulls (*Larus ridibundus*) from marmara region. *Journal of Research in Veterinary Medicine.* 39 (1): 49-53.

H

- Hammami R, Zouhir A, Hamida JB, Neffati M, Vergoten G, Naghmouchi K and Fliss I. (2009). Aqueous extracts from three medicinal plants growing wild in arid regions of Tunisia. *Pharm Biol* 2009, 47(5):452-457.
- Heng NC, Wescombe PA, Burton JP, Jack RW, Tagg JR. (2007). The diversity of bacteriocins in Gram-positive bacteria. In *Bacteriocins: Ecology and Evolution*, Riley MA, MA Chavan (eds). Springer: Berlin; 45-92.
- Hill C, Guarner F, Gibson GR, Ried G, Merenstein DJ, Pot B, Morelli L, Canani RB, Flint HJ, Saleminen S, Calder PC and Sanders ME. (2014). Expert consensus document. The

International Scientific Association for probiotics and consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.* 11: 506-514.

- Hitztaler, S. 2001. *Larus ridibundus* (on- line), Animal Diversity Web Accessed April 29, 2021 at <https://animaldiversity.org/accounts/larus-ridibundus/>
- Holcapkova, P, Raskova, Z.K, Hrabalikova, M, Salakova, A, Drbohlov, J, Sedlarik, V. (2017). Isolation and thermal stabilization of bacteriocinnisin derived from whey for antimicrobial modifications of polymers. *Int. J. Polym. Sci.*, V (2017), ID: 3072582.
- Honza M and Modry M. (1994).The flock feeding system of the adult black headed gull (*Larus ridibundus*) and the food of its nestlings. *Folia Zoology* 43: 237-44 Hopper KR.1999. Risk-spreading and bet hedging in insect population biology. *Annual Review of Entomology* 44 (1): 535-600.

I

- Ibrahim O.O. (2019). Classification of Antimicrobial Peptides Bacteriocins, and the Nature of Some Bacteriocins with Potential Applications in Food Safety and Bio-Pharmaceuticals.*EC Microbiology.*15.7: 591-608.
- Ignancy K, Indykiewicz P, Wiacek D and Jakubas D. (2017). Intra-clutch and inter-colony variability in element concentrations in eggshells of the black-headed gull, *Chroicocephalus ridibundus*, in northern Poland. *Environmental Science Pollution Research* 24. (11): 10341-10353.
- Iseppi R, Stefani S, de Niederhausern S, Bondi M, Sabia C and Messi P. (2019). Characterization of anti-*Listeria monocytogenes* properties of two bacteriocin-producing *Enterococcus mundtii* isolated from fresh fish and seafood. *Curr Microbiol.* 76(9):1010-1019.

J

- Johnson-Henry KC, Donato KA, Shen-Tu G, Gordanpour M, Sherman PM. (2008). *Lactobacillus rhamnosus* strain GG prevents enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7-induced changes in epithelial barrier function. *Infect Immun.* 76:1340-1348.
- Juturu V, Jin Chuanand Wu J.C. (2018). Microbial production of bacteriocins: Latest research development and applications. *Biotechnology Advances* 36: 2187–2200

K

- Kang G.J and Ping W. (2019). Effect of Acetic Acid on Bacteriocin Production by Gram-Positive Bacteria. *Journal of Microbiol. Biotechnol.* 29 (9): 1341–1348.
- Kaur Set Kaur S. (2015). Bacteriocins as Potential Anticancer Agents. *Frontiers in pharmacologi.* 6: 272.

- Klaenhammer, T.R. (1988). Bacteriocins of lactic acid bacteria. *Biochimie*, 70: 337-349.
- Kommineni S, Bretl DJ, Lam V, Chakraborty R, Hayward M, Simpson P, Cao Y, Bousounis P, Kristich CJ, Salzman NH. (2015). Bacteriocin production augments niche competition by enterococci in the mammalian gastrointestinal tract. *Nature* 526:719–722.
- Koo, S. P., Bayer, A. S., and Yeaman, M. R. (2001). Diversity in antistaphylococcal mechanisms among membrane-targeting antimicrobial peptides. *Infection and immunity*. 69(8): 4916.
- Kumariya R ,Garsab A.K, Rajput Y.S, Sood S.K, N Akhtar N and S Patel S. (2019). Bacteriocins: Classification, synthesis, mechanism of action and resistance development in food spoilage causing bacteria. *Microbial Pathogenesis* 128 :171–177.

L

- Laskin, Allen I, Joan W, Bennett and Geoffrey M. (2003). *Gadd. Advances in applied microbiology*. Academic press.
- Luchansky, J.B and Call J.E. (2004). Evaluation of Nisin-Coated Cellulose Casings for the Control of *Listeria monocytogenes* Inoculated onto the Surface of Commercially Prepared Frankfurters. *Journal of Food Protection*. 67 (5): 1017–1021.
- Lucy H. Deegana, Paul D. Cottera, Colin Hilla C and Paul Ross. (2006). Bacteriocins: Biological tools for bio-preservation and shelf-life extension. *International Dairy Journal* 16 (2006) 1058–1071.

M

- Marchesi JR, O’Toole PW and Hill C. (2017). Next-generation probiotics: the spectrum from probiotics to live biotherapeutics. *Nat Microbiol*. 25(2): 1705.
- Martinez, R. C. R. and De Martinis, E. C. P. (2006). Effect of *Leuconosoc mesenteroides* 11 bacteriocins in the multiplication control of *Listeria monocytogenes* *Ciênc. Tecnol. Aliment*. 26: 52-55.
- Meade E, Slattery M A and Garvey M. (2020). Bacteriocins, Potent Antimicrobial Peptides and the Fight against Multi Drug Resistant Species: Resistance Is Futile? *Antibiotics*. 9: 32
- Micenkova L, Doring J.R, Brayton K.A, Sawant A.A, Besser T.E and Cool D.R.(2012). Characterization of a novel microcine that kills enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157, H7 and O26. *Appl. Environ. Microbiol*. 78: 6592-6599.
- Michael L.C, Weeks1 R, Drider D, Chistyakov V.A and Dicks L.MT. (2018). Functions and emerging applications of bacteriocins. *Opinion actuelle en biotechnologie*. 49:23-28.
- Michiels J, Dirix G, Vanderleyden J and Xi C. (2001). Processing and export of peptide hormones and bacteriocins in Gram-negative bacteria. *TRENDS in Microbiology*. 9 (4):164-168.

- Migaw S, Ghrairi T, Beilguesmia Y, Choiset Y, Benjeaud JM, Chobert JM, Hani K and Haerlé T. (2014). Diversity of bacteriocinogenic lactic acid bacteria isolated from mediterranean fish viscera. *World J Microbiol Biotechnol.* 30(4):11207-17.
- Migdal C et Serres M. (2011). Espèces réactives de l'oxygène et stress oxydant. *Médecine Sciences.* 27(4): 405-412.
- Mills J.P, Rao K, and Young V.B. (2018). Probiotics for preservation of clostridium difficile infection. *Curr Opin Gastro Enterol.* 34: 3-10.
- Mokoena M.P.(2017). Bacteriocin-producing LAB strains protect themselves from their own toxins by the expression of a specific immunity protein, encoded in the bacteriocin operon. (Lactic Acid Bacteria and Their Bacteriocins: Classification, Biosynthesis and Applications against Uropathogens: A Mini Review. *Molecules.* 22: 1255.
- Morisset, D.; Berjeaud, J. M.; Marion, D.; Lacombe, C. and Frère, J. (2004), Mutational analysis of mesentericin Y105, an anti-*Listeria* bacteriocin, for determination of impact on bactericidal activity, in vitro secondary structure, and membrane interaction. *Appl. Environ. Microbiol.* 70 : 4672-4680.
- Murielle T, Jean-pierre C, Laetitia B, FEY Laurent in : DORIS 2021 : *Larus ridibundus Linnaeus, 1766*, <https://doris.fr/ref/specie/1356>.

N

- Nascimento D.O, KDO, Paes SDND and Augusta I.M. (2018). A Review 'Clean Labeling': Applications of Natural Ingredients in Bakery Products. *J. Food Nutr. Res* 6:285-294.
- Nes, I. F., Yoon, S. S., and Diep, D. B. (2007). Ribosomally synthesized antimicrobial peptides (bacteriocins) in lactic acid bacteria: a review. *Food Science and Biotechnology.* 16(5): 675-690.
- Nishie M, Nagao J and Sonomoto K. (2012). Antibacterial peptides 'Bacteriocins': An overview of their diverse characteristics and applications. *Biocontrol Science.* 17(1):1-16.

O

- Ozyurt VH and Otles S. (2014). Properties of probiotics and encapsulated probiotics in food. *Acta Sci Pol Technol Aliment.* 13(4):413-424.

P

- Parada, J.L, Caron C.R, Medeiros A.B.P, Soccol C.R. (2007). Bacteriocins from lactic acid bacteria: Purification, properties and use as biopreservatives. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 50: 521–542.

- Patton G., Don K. A. (2005). New developments in lantibiotic biosynthesis and mode of action. *Current Opinion in Microbiology*. 8: 543-551.
- Perez1 R.H, Zendo T and Sonomoto K. (2014). Novel bacteriocins from lactic acid bacteria (LAB): various structures and applications. *Microbial Cell Factories* .13(1):S3.
- Piqué N, Berlanga M and Miñana-Galbis D.(2019). Health Benefits of Heat-Killed (Tyndallized) Probiotics: An Overview. *Int. J. Mol. Sci.*.20 : 2534.
- Privat K, Thonart P. (2011). Action des cultures protectrices : cas des germes lactiques sur la flore alimentaire indésirable. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*15(2): 339-348.
- Pons J.M, Hassanin A and Crochet PA. (2005). Phylogenetic relationships within the Laridae (Charadriiformes: Aves) inferred from mitochondrial markers. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 37: 686-99.
- Prudêncio C.V, Dos Santos M.T and Vanetti M.C.D. (2015). Strategies for the use of bacteriocins in Gram-negative bacteria: relevance in food microbiology. *Food Sci Technol.* 52(9):5408–5417.

R

- Radaic A, De Jesus M.B and Kapila Y.L. (2020). Bacterial anti-microbial peptides and nano-sized drug delivery systems: The state of the art toward improved bacteriocins. *J. Control. Release*. 321: 100–118.
- Rea M.C, Ross R.P, Cotter P.D, Hill C. (2011). Classification of bacteriocins from Gram-positive bacteria. In *Prokaryotic antimicrobial peptides: From genes to applications*, DriderD ,Rebuffat S (eds). Springer: New York; 29-53.
- Rider K. (2010). Catalase test protocol. *American society for mictobiology*.1-6.

S

- Sahl H.G and Bierbaum, G. (1998), LANTIBIOTICS: Biosynthesis and biological activities of uniquely modified peptides from Gram-positive bacteria. *Annu. Rev. Microbiol*, 52: 41-79.
- Sarika A.R, Lipton A.P, Aishwarya M.S and Dhivya R. S. (2012). Isolation of a bacteriocin-producing *Lactococcus lactis* and application of its bacteriocin to manage spoilage bacteria in high-value marine fish under different storage temperatures. *Applied biochemistry and biotechnology*. 167(5): 1280-1289.
- Schöbitz B, Suazo V, Costa M and CiampiL. (2013). Effects of a bacteriocin like inhibitory substance from *Carnobacterium piscicola* against human and salmon isolats of *Listeria monocytogenes*. *Int J Food Microbiol*. 84:237-244.

- Scott, P, Duncan, P and Green, J. A. (2015). Food preference of the Black-headed Gull *Chroicocephalus ridibundus* differs along a rural–urban gradient. *Bird study*. 62(1): 56-63.a rural–urban gradient
- Sherman P.M., Juan C.O and Kathene J.H. (2009). Unraveling Mechanisms of Action of Probiotics. *Nutr Clin Pract*. 24 (1):10-4.
- Shin J.M, Gwak J.W, Kamarajan P, Fenno J.C, Rickard A.H and Kapila Y.L. (2016). Biomedical applications of nisin. *J. Appl. Microbiol*. 120: 1449–1465.Sniffen J.C, Farland L.V, Evans C.T. and Goldstein E.J.C. (2018). Choosing an appropriate Probiotic product for your patient: an evidence-based practical guide. *PLoS One* 13, e0209205.
- Siciliano R.A, Reale A, Mazzeo M.F, Morandi S, Silveti T, Brasca M. (2021). Paraprobiotics: A new perspective for functional foods and nutraceuticals. *Utrients*.8; 13(4):1225.
- Sidhu P.K and Nehra K. (2020). Bacteriocin-capped silver nanoparticles for enhanced antimicrobial efficacy against food pathogens. *IET Nano biotechnol*. 14(3):245-252.
- Sidhu P.K and Nehra K. (2019). Bacteriocin-nanoconjugates as emerging compounds for enhancing antimicrobial activity of bacteriocins. *J. King Saud Univ. Sci*. 31: 758–767.
- Sifour M, Idoui T, Ouled Haddar H, Namous H and Aissaoui S. (2012). Production and characterization of bacteriocin of *Lactobacillus plantarum* F12 with inhibitory activity against *Listeria monocytogenes*. *Tojsat: the Online Journal of Science Technology*. 2(1).
- Simons A, Alhanout K and Duval R.E.(2020). Bacteriocins, antimicrobial peptides from bacterial origin: Overview of their biology and their impact against multidrug-resistant bacteria. *Microorganisms*. 8: 639.
- Snyder A.B and Worobo R.W. (2014). Chemical and genetic characterization of bacteriocins : antimicrobial peptides for food safety. *J Sci Food Agric*. 94 :28-44.Suez J, Zmora N, Segal E and Elinav E. (2019). The pros, cons, and many unknowns of probiotics. *Nature medicine*. 25(5): 716-729.
- Šušković J, Kos B, Beganović J, LebošPavunc A, Habjanič K and Matošić, S. (2010). Antimicrobial activity—the most important property of probiotic and starter lactic acid bacteria. *Food Technology and Biotechnology*.48(3) : 296-307.

T

- Taalle E , Savadogo A, Zongo C, Tapsoba F, Karou S.D et Traore A.S. (2016). Les peptides antimicrobiens d’origine microbienne : cas des bactériocines. Available online at <http://www.ifg-dg.org>. 2016.10(1): 384-399.

- Tabata A, Yamada T, Ohtani H, Ohkura K, Tomoyasu T and Nagamune H.(2019). Emolytic *Streptococcus anginosus* subsp. *Anginosus* causes streptolysin S-dependent cytotoxicity to human cell culture lines *in vitro* .Journal of Oral Microbiology. (11): 1609839.
- Todorov S.D. (2000). Bacteriocins from *Lactobacillus plantarum*: production, genetic, organisation. Braz. J. Microbiol. 40: 209-221.
- Todorov S.D, Furtado D.N, Saad S.M.I, Gombossy de Melo Franco, B. D. (2011). Bacteriocin production and resistance to drugs are advantageous features for *Lactobacillus acidophilus* La-14, a potential probiotic strain. *New Microbiologica*. (4): 357-370.
- Touret T, Oliveira M, Semedo-Lemsaddek T. (2018). Putative probiotic lactic acid bacteria isolated from sauerkraut fermentations. *PLoS One*.7: 13(9):e0203501.

V

- Vescovo M.S, Torriani C.Orsi, F Macchiarolo, and G Scolari. (1996). Application of antimicrobial producing lactic acid bacteria to control pathogens in ready-to-use vegetables." *Journal of Applied Bacteriology*.81:113–119.

W

- Wang, G. (2012). Post-translational modifications of natural antimicrobial peptides and strategies for peptide engineering. *Curr. Biotechnol*. 1: 72–79.

Y

- Yann H and Sahl H.G.(2002). Mode of action of modified and unmodified bacteriocines from Gram-positive bacteria." *Biochimie*. 84.5-6: 545-557.

Z

- Zacharof M.P and Lovitt R.W.(2012). Bacteriocins Produced by Lactic Acid Bacteria A Review Article *APCBEE Procedia*. 2:50 – 56.
- ZhaoH, Sood R, Jutila A, Bose S, Gunnar Fimland B, Nissen-Meyer J and Kinnunen P.K.J. (2006). Interaction of the antimicrobial peptide pheromone Plantaricin A with model membranes: Implications for a novel mechanism of action. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1758:1461–1474.
- Zimina M ,Babich O , Prosekov A , Sukhikh S, Ivanova S , Shevchenko, and Noskova M.S. (2020). Overview of Global Trends in Classification, Methods of Preparation and Application of Bacteriocins.*Antibiotics*.9, 553.

Présenté par :	Encadré par :	Membres de jury :
Aissous Sarra	D ^r Boubezari MT	Pr Sifour M
Bibet Houda		Mr Khennouf T
Merikhi Nihad		

Screening des souches bactériocinogènes à partir de tractus digestive de la Mouette rieuse

Résumé

Les bactéries lactiques présentant une activité bactéricide ou bactériostatique contre d'autres bactéries par la synthèse des bactériocines qui sont des peptides synthétisés par voies ribosomiaux. Les bactériocines des bactéries lactiques sont l'objet d'une attention toute particulière depuis plusieurs décennies en raison de l'intérêt tant fondamental qu'appliqué qu'elles suscitent surtout dans l'industrie agroalimentaire, et considérées aussi comme un facteur clé dans la sélection des souches probiotiques. Dans ce travail nous avons fait le screening de 34 souches à partir de tractus digestif de la mouette rieuse. Puis nous avons fait l'étude de l'activité antibactérienne vis-à-vis des germes pathogènes (*Escherichia coli* ATCC 35965, *Listeria innocua* HpB13 et *Salmonella montevideo*). Ces souches n'ont montré qu'une faible activité contre ces dernières.

Mots clé : Bactéries lactiques, bactériocine, activité antibactérienne, probiotiques, Mouette rieuse.

Abstract

Lactic acid bacteria exhibit a bacterial or bacteriostatic activity against other bacteria by the synthesis of bacteriocins which are peptides synthesized by ribosomal pathways. The bacteriocins of lactic acid bacteria have been the subject of special attention for several decades because of the interest both fundamental and applied they arouse especially in the food industry; it is also a key factor in the selection of probiotic. In this study, we screened 34 strains of bacteria from the digestive tract of the black-headed gull. Then, we studied the antibacterial activity of certain strains of lactic acid bacteria against pathogenic germs (*Escherichia coli* ATCC 35965, *Listeria innocua* HpB13 and *Salmonella montevideo*). These strains showed a low activity against them.

Key words: Lactic acid bacteria, bacteriocins, antibacterial activity, probiotics, black-headed gull.

الملخص

تظهر بكتيريا حمض اللاكتيك نشاطا مضادا للجراثيم ضد البكتيريا الأخرى عن طريق تخليق البكتيريوسينات التي تعتبر ببتيديات يتم تصنيعها عن طريق الريبوسومات. وقد كانت هذه البكتيريوسينات موضع اهتمام كبير لعدة عقود بسبب الأهمية التي تثيرها خاصة في الصناعة الغذائية. ويعتبر أيضا عاملا أساسيا في اختيار السلالات البروبيوتكية. في هذه الدراسة، قمنا بفحص 34 سلالة من بكتيريا حمض اللاكتيك من الجهاز الهضمي للنورس. ثم درسنا النشاط المضاد للبكتيريا لسلالات معينة من بكتيريا حمض اللاكتيك الجراثيم ضد الأمراض المسببة.

(*Escherichia coli* ATCC 35695, *Listeria innocua* HpB13 et *Salmonella montevideo*).

غير أن هذه السلالات لم تظهر أي نشاط ضدها باستثناء عدد قليل منها.

الكلمات المفتاحية: بكتيريا حمض اللاكتيك, البكتيريوسينات, نشاط مضاد للجراثيم, البروبيوتيك النورس..
