

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire



Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences vétérinaires

## Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de

Docteur

En

Médecine vétérinaire

THEME

### Méthodes de décontamination et de débactérisation des aliments d'origine animales en industrie agroalimentaire (Etude bibliographique)

Présenté par :

Melle BESSAIH Oulaya Hanane

Melle BENKHELIFA Amira

Soutenu publiquement, le 17 juillet 2021 devant le jury:

Mme BOUHAMED R.

MCB (ENSV)

Présidente

Mr GOUCEM R.

MAA (ENSV)

Examinateur

Mr HAMDI T.M.

Pr (ENSV)

Promoteur

2020-2021



### ***Remerciements***

Nous remercions Dieu pour nous avoir donné le courage, la volonté et le savoir-faire pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à remercier profondément et sincèrement notre promoteur Pr HAMDI T-M (ENSV), pour sa disponibilité, ses précieux conseils, ses encouragements, nous faisant profiter de son savoir, et nous offrant sa présence tout au long de ces longs mois d'efforts.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche, au Docteur Bouhamed R. qui nous a fait l'honneur d'accepter de présider le jury, ainsi qu'au Docteur Goucem R. pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Au Docteur Bouayad L. pour son aide pratique son soutien moral, sa rigueur scientifique et son sens d'écoute et d'échange.

Au Docteur Lezzoum S. pour la qualité de son encadrement, ses orientations, sa générosité et son esprit de partage, Merci.

Et à toute l'équipe du laboratoire d'HIDAOA, pour leur disponibilité et serviabilité, en particulier Madame Boudjelal L.

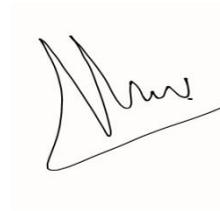
Nous profitons de cette dernière occasion pour exprimer notre gratitude à tout le corps enseignant et tout membre de notre école, côtoyés au cours de ces cinq années.

Merci à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail, rien de tout cela n'aurait été possible sans vous.

## **Déclaration sur l'honneur**

Je soussignée, BESSAIH Oulaya Hanane, déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sous toute forme de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Signature

A handwritten signature in black ink on a light yellow background. The signature is stylized and appears to be 'BESSAIH Oulaya Hanane'.

## **Déclaration sur l'honneur**

Je soussignée, BENKHELIFA Amira, déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sous toute forme de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Signature

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Amira Benkhelifa', is written on a light gray rectangular background.

## *Dédicaces*

Louange à Dieu tout puissant, qui m'a permis de voir ce jour tant attendu

À mon très cher père BESSAIH Mohammed Salah

*Tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es.*

*Grâce à toi Papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je veux te remercier pour ton amour, ta générosité, et ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi.*

*Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployé pour mon éducation et ma formation. Déjà un an que tu nous as quittés, tu vis aujourd'hui dans chacune de mes pensées, à travers tout ce que tu m'as enseigné et dans mon cœur pour toujours, qu'Allah t'accueille dans son vaste paradis. Je t'aime Papa !*

*A ma mère chérie Fatima*

*Cet humble travail est le résultat de tous les sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation, ton affection profonde m'a toujours guidée sur la voie du succès ; tu as guetté mes pas, et tu m'avais couvée de tendresse, tes prières m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Puisse Dieu, le tout puissant te combler de santé, de bonheur et te procurer une longue vie.*

*A ma sœur Leila*

*Aucune dédicace ne peut exprimer mon amour et ma gratitude de t'avoir comme sœur, tu comptes énormément pour moi. Je te souhaite beaucoup de succès, de prospérité et une vie pleine de joie et de bonheur.*

*A mon frère Kader*

*Ces quelques lignes ne sauraient traduire le profond amour que je te porte. Je trouve en toi le soutien du frère et le conseil de l'ami. Que Dieu te protège et t'accorde santé, réussite et plein de bonheur dans ta vie.*

*A ma très chère Inès*

*Tu es devenue un membre de ma famille, merci énormément pour ces 5 belles années, merci pour ton grand cœur, ma vie ne serait pas aussi magique sans ta présence et ton amour.*

*Puisse Dieu te combler de santé, bonheur et beaucoup de succès.*

*A toute ma famille paternelle et maternelle.*

Hanane

## **Dédicaces**

*Du plus profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers,*

*A ma mère, Fatiha, aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que tu as consentis pour mon instruction et mon bien-être. Je te remercie pour tout le soutien et l'amour que tu m'as porté depuis mon enfance et j'espère que ta bénédiction m'accompagnera toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de tes vœux tant formulés, puisse Dieu, le très haut, t'accorder santé, bonheur et longue vie.*

*A la mémoire de mon père, Abdelkader, décédé trop tôt, qui restera toujours dans mon cœur, que Dieu lui apporte paix et miséricorde.*

*A mon unique et précieux frère Hamza et son épouse Kheira, que Dieu vous protège.*

*A ma chère sœur Samah et son mari Hamza, que Dieu vous réserve une vie pleine de bonheur.*

*A ma moitié, ma sœur Aya, tu as toujours été une source d'encouragements pour moi.*

*A mes adorables nièces et neveux Lilia, Yacine, Ines, Nesrine, Youcef et Ayoub que j'aimerai pour toujours.*

*A toute ma famille maternelle et paternelle.*

*A mes deux meilleurs amies Wided et Amira, avec vous j'ai partagé les meilleurs souvenirs de ma vie, je vous souhaite du fond de mon cœur que du bonheur.*

*A ma meilleure copine Manel, 13 ans d'amitié et tu es toujours à mes côtés.*

*A mon binôme Hanane, ensemble nous avons partagé et terminé ce travail, et ensemble nous allons réussir inchallah, je te souhaite que du bonheur et de la réussite.*

*A mes copines, les membres de « veto queens », Ikrem, Aya, Romy, Roumaissa, Abir merci pour tous les beaux souvenirs.*

*A mon groupe, « le groupe 3 » merci pour les bons moments que nous avons passés ensemble durant les 5 ans.*

*A mes copines, Aya, Houda, Nadjet, Mimi, Rayane, Yousra, Isma, Youmna, malgré la courte période que nous nous connaissons mais c'était une belle période.*

*A tous les docteurs vétérinaires de ma promotion 2021.*

*Amira*

## Résumé

Les aliments destinés à la consommation humaine peuvent être de simples vecteurs de microorganismes, mais ils peuvent également servir de milieu de croissance pour nombre de ces derniers, en particulier les bactéries. Cette évolution peut avoir des conséquences redoutables, notamment des pertes alimentaires et surtout un impact sur la santé des consommateurs.

Dans ce contexte, de nombreuses méthodes de nettoyage et de désinfection existent visant à la maîtrise des microorganismes pathogènes dans les industries agro-alimentaires. Chacune de ces techniques présente des avantages et des inconvénients à mesurer en fonction de l'application envisagée.

Le présent travail consiste en une synthèse bibliographique sur la thématique globale de l'hygiène en industrie agroalimentaire. C'est pourquoi, nous avons développé deux chapitres. Le premier concerne la contamination microbienne dans les industries agro-alimentaires ; le second traite du nettoyage et de la désinfection dans les industries agro-alimentaire.

**Mots-clés :** Industrie agro-alimentaire, Contamination microbienne, Nettoyage et désinfection, Hygiène.

## Abstract

Foods intended for human consumption can be simple vectors of microorganisms, but they can also serve as a growth medium for many of these, especially bacteria. This evolution can have formidable consequences, including food losses and especially its impact on the health of consumers.

In this context, many cleaning and disinfection methods exist to control pathogenic microorganisms in the agro-food industries. Each of these techniques has advantages and disadvantages to be measured depending on the intended application.

The present work consists of bibliographical synthesis on the global theme of hygiene in the food industry. Therefore, we have developed two chapters. The first chapter concerns microbial contamination in the agro-food industries; the second deals with cleaning and disinfection in the food industry.

**Keywords:** Food industry, Microbial contamination, Cleaning, Disinfection, Hygiene.

## ملخص

يمكن للأغذية الموجهة للاستهلاك البشري أن تكون ناقلة للكائنات الحية الدقيقة، لكنها أيضا يمكن أن تكون بمثابة بيئة للتكاثر بالنسبة لهم، خاصة البكتيريا. يمكن أن يكون لهذا التكاثر عواقب وخيمة بما في ذلك خسائر للأغذية وخاصة تأثيرها على صحة المستهلك.

في هذا السياق، توجد العديد من أساليب التنظيف والتطهير تهدف إلى التحكم بالكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض في الصناعات الغذائية الزراعية. كل من هذه الأساليب لها مزايا وعيوب التي يجب قياسها وفق التطبيق المستعمل.

يتكون هذا العمل من دراسة بيبليوغرافية حول الموضوع العام للنظافة في الصناعة الغذائية الزراعية، لهذا السبب قمنا بتطوير فصلين حيث يتعلق الفصل الأول بالتلوث الميكروبي في الصناعات الغذائية الزراعية، أما الفصل الثاني يعالج موضوع النظافة والتطهير في الصناعات الغذائية الزراعية.

الكلمات المفتاحية: صناعات الأغذية الزراعية، التلوث الميكروبي، التنظيف والتطهير، النظافة

## Liste des tableaux

Tableau 1: Modes d'action des désinfectants (CAPP-INFO, 2007) .....	28
Tableau 2: Diamètre des zones d'inhibition de l'huile essentielle de Citrus limon (mm). Evaluation des activités antioxydants et antibactérienne de l'huile essentielle de Citrus limon (variété Lisbon) extraite par hydrodistillation (Himed <i>et al.</i> , 2014) .....	38

## Liste des figures

Figure 1: Réservoirs des pathogènes alimentaires et voies d'exposition de l'homme (Naitali <i>et al.</i> , 2017) .....	3
Figure 2: Diagramme d'Ishikawa (les 5 M) (Hannachi, 2016). .....	7
Figure 3: Schéma représentant les étapes du développement du biofilm (Tremblay <i>et al.</i> , 2014). .....	8
Figure 4: Voies de contamination des matières premières alimentaires par <i>Listeria</i> (Federighi, 2005). .....	11
Figure 5: Diagramme de Venn illustrant le système de classification des EHEC/STEC et AEEC (Naylor <i>et al.</i> , 2005; ANSES, 2010). .....	14
Figure 6: Cercle de Sinner .....	25
Figure 7: Modules de nettoyage à vapeur sèche saturée (Hermon, 2019). .....	31
Figure 8: Projection de pellets de gaz Carbonique Cryogénies (Hermon, 2019). .....	32
Figure 9: Principe de la méthode de nettoyage cryogénique. ....	32
Figure 10: Etapes du processus de nettoyage aux ultrasons (Hermon, 2019). .....	33
Figure 11: Principe de la décontamination de surface par la lumière pulsée (Hermon, 2019). .....	34
Figure 12: Principe de l'obtention de l'eau ozonée (Christieans, 2015). .....	34

## Liste des abréviations

**ARN** : Acide ribonucléique.

**Cl** : chlore.

**EHEC** : *Escherichia coli* entérohémorragique.

**EIEC** : *Escherichia coli* entéroinvasives.

**EPEC** : *Escherichia coli* entéropathogène.

**ETEC** : *Escherichia coli* entérotoxigène.

**IAA** : industrie agroalimentaire.

**InVS** : institut national de veille sanitaire.

**IR** : infra rouge

**MAO** : maladie d'origine alimentaire.

**Ms** : micro seconde

**Na** : sodium.

**nm** : nanomètre.

**O<sub>3</sub>** : ozone.

**PAQ** : produit ammonium quaternaire.

**pH** : potentiel hydrogène.

**Ppm** : partie par million.

**SHU** : syndrome hémolytique et urémique.

**STEC** : *E. coli* productrices de shigatoxines « Shiga-toxin producing *E. coli* ».

**TACT** : Température, Action mécanique, Concentration (Action Chimique), Temps de contact.

**TIA** : toxi infection alimentaire.

**TIAC** : toxi infection alimentaire collective.

**TSS** : syndrome de choc toxique.

**UV** : ultraviolet

## Tables des matières

Introduction .....	1
chapitre I: Contamination microbienne dans les industries agro-alimentaires.....	2
I. 1. Contamination microbienne des aliments .....	2
I. 1. 1. Origine des microorganismes contaminants .....	2
I. 1. 1. 1. Microflore du sol.....	3
I. 1. 1. 2. Microflore de l'eau.....	4
I. 1. 1. 3. Microflore des animaux et des végétaux.....	4
I. 1. 1. 4. L'homme .....	5
I. 1. 2. Action des microorganismes dans les aliments .....	5
I. 2. Contamination microbienne des surfaces en industrie agro-alimentaire .....	5
I. 2. 1. Les sources de contamination bactérienne en industrie agro-alimentaire .....	6
I. 2. 2. Les biofilms .....	7
I. 2. 2. 1. Généralités sur les biofilms .....	7
I. 2. 2. 2. Formation d'un biofilm .....	8
I. 2. 2. 3. Conséquences des biofilms dans les industries agro-alimentaires.....	9
I. 3. Principales maladies bactériennes d'origine alimentaire .....	10
I. 3. 1. Listériose .....	10
I. 3. 2. Entéropathies à <i>E.coli</i> .....	12
I. 3. 3. Les salmonelles.....	14
I. 3. 4. <i>Clostridium perfringens</i> .....	16
I. 3. 5. <i>Clostridium botulinum</i> .....	17
I. 3. 6. <i>Staphylococcus aureus</i> .....	18

I. 3. 7. <i>Bacillus cereus</i> .....	19
I. 3. 8. <i>Campylobacter</i> .....	20
I. 3. 9. <i>Yersinia entirocolitica</i> .....	21
chapitreII: Nettoyage et désinfection dans les industries agro-alimentaire .....	23
II.1. Généralités .....	23
II. 2. Définitions.....	23
II. 2. 1. Le Nettoyage .....	23
II. 2. 2. La Désinfection .....	23
II. 3. Principes du nettoyage et de la désinfection .....	24
II. 3. 1. Principes du nettoyage .....	24
II. 3. 2. Principes de la désinfection :.....	24
II. 4. Principaux facteurs du Nettoyage : .....	25
II. 5. Méthodes de Nettoyage.....	27
II.6. Différentes classes de désinfectants .....	28
II. 6. 1. Halogènes et dérivés.....	28
II. 6. 2. Les aldéhydes, comme le formol (formaldéhyde) ou le méthane et le glutaraldéhyde.....	29
II. 6. 3. Alcools .....	29
II. 6. 4. Ammoniums quaternaires .....	30
II. 7. Vérification du nettoyage et de la désinfection .....	30
II. 8. Techniques alternatives de nettoyage et de désinfection.....	30
II. 8. 1. Vapeur sèche saturée .....	30
II. 8. 2. Nettoyage Cryogénique.....	31
II. 8. 3. Ultra-sons .....	33
II. 8. 4. Lumière pulsée .....	33

II. 8. 5. Ozone .....	34
II. 8. 6. Plasma froid.....	35
II.9. Les Produits naturels dans le nettoyage et la désinfection .....	36
II.9.1. La propolis.....	36
II. 9. 1. 1. Définition de la propolis et provenances.....	36
II. 9. 1. 2. Origine .....	36
II. 9. 1. 3. Utilisation.....	36
II.9.2. Le bicarbonate .....	37
II.9.3. Le citron .....	38
II.9.4. L’huile de mélaleuque .....	38
II.9.5. Autre huiles naturelles.....	39
II.9.6. Activités antioxydante et antimicrobienne des extraits de plantes sélectionnées... ..	39
II.9.7. Effets antimicrobiens des composés phénoliques .....	40
II.9.8. Effet antioxydant de certains produits naturels .....	40
Conclusion .....	42
Références	

## **Introduction**

Les aliments sont pour la plupart non stériles et constituent de bons milieux pour le développement des microorganismes. La qualité microbiologique des aliments peut ainsi être rapidement altérée si la croissance des microorganismes n'est pas parfaitement inhibée par des facteurs adéquats (**Naitali et al., 2017**).

Les surfaces des industries agro-alimentaires, qu'elles soient en contact direct ou non avec les aliments, ne restent pas propres, elles constituent un support pouvant recevoir et héberger à la fois des salissures et des micro-organismes. Dans des conditions favorables de température, d'hygrométrie, de concentration en oxygène et de disponibilité des nutriments, ces microorganismes peuvent se multiplier sur la surface et former des biofilms (**Bonsaglia, 2014 ; Cappitelli et al., 2014**).

La formation des biofilms constitue l'une de stratégies de survie développée par les microorganismes. Cependant les biofilms peuvent avoir des conséquences néfastes, on les rencontre partout dès lors que l'on trouve des surfaces humides. Ils ne sont que partiellement éliminés par les opérations de nettoyage et de désinfection qui doivent être systématiquement pratiquées en fin de cycle de fabrication (**Bourion, 2000**).

Tout microorganisme capable de déclencher une maladie chez l'homme par l'ingestion d'un aliment est dit pathogène alimentaire. Parmi ces pathogènes nous citerons : *Salmonella spp.*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *Clostridium perfringens* et *Bacillus cereus* (**Naitali et al., 2017**).

De nombreuses méthodes de nettoyage et de désinfection existent visant à la maîtrise des microorganismes pathogènes. Chacune de ces techniques présente des avantages et des inconvénients à mesurer en fonction de l'application envisagée (**Naitali et al., 2017**).

C'est dans ce contexte que nous avons entrepris ce travail qui vise à étudier les méthodes alternatives de décontamination et de débactérisation des aliments d'origine animale en industrie agro-alimentaire.

## **Chapitre I : Contaminations microbiennes dans les industries agro-alimentaires**

Dans les industries agro-alimentaires, les contaminations microbiennes intéressent aussi bien les aliments produits, que les surfaces inertes, qu'elles soient en contact ou non avec ces aliments.

### **I.1. Contamination microbienne des aliments**

La contamination des aliments constitue un problème d'une ampleur considérable (**Lacasse, 2020**). Les aliments destinés à la consommation humaine peuvent être de simples vecteurs de microorganismes, mais ils peuvent également servir de milieu de croissance pour de nombreux de ces derniers, en particulier les bactéries. Cette évolution peut avoir des conséquences redoutables, notamment des pertes alimentaires et surtout un impact sur la santé des consommateurs (**Bourgeois et al., 1996**).

Si des microorganismes non pathogènes sont produits dans les aliments et si leur teneur est trop élevée, la qualité organoleptique ou nutritionnelle des produits se dégrade. Une odeur ou un goût désagréable peut apparaître à cause d'une production de métabolites microbiens. Cette biodégradation a des conséquences économiques importantes, mais aucune conséquence en termes de santé publique n'est à déplorer si les microorganismes ne sont pas pathogènes.

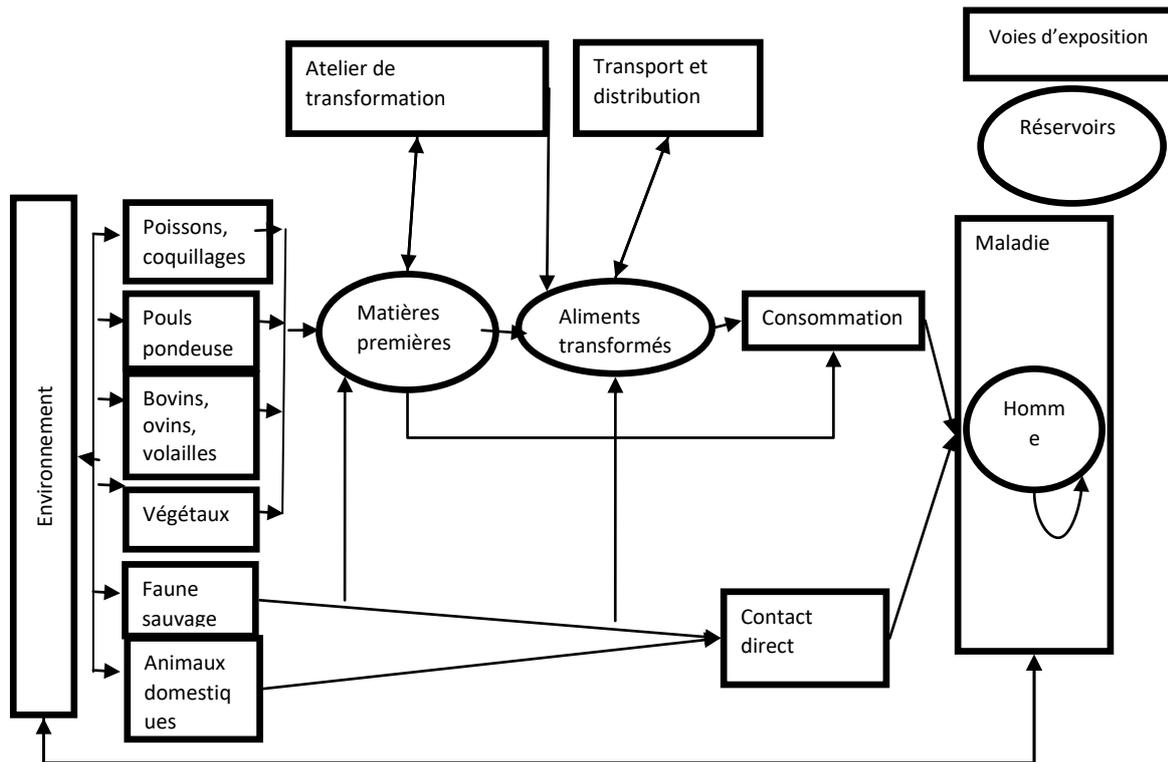
En revanche, si des microorganismes pathogènes sont présents dans l'aliment à des niveaux inacceptables (en fonction des microorganismes), la sécurité sanitaire n'est plus garantie, ce qui peut conduire à des maladies d'origine alimentaire (MOA) (**Naitali et al., 2017**).

#### **I.1.1. Origine des microorganismes contaminants**

Les réservoirs de microorganismes pathogènes pouvant contaminer les aliments sont multiples (**Behravesht et al., 2012**), ils sont illustrés dans la **figure 1**. Selon **Corpet (2005)**, on distingue deux origines de la contamination alimentaire :

- Une origine endogène : ce qui sous-entend que les bactéries préexistent dans ou sur l'aliment. Les aliments d'origine animale peuvent être contaminés par des bactéries naturellement présentes dans l'organisme de l'animal pendant le processus de préparation.
- Une origine exogène : ce qui signifie que les bactéries sont apportées secondairement dans l'aliment. Les contaminations exogènes regroupent les contaminations qui ont lieu à différentes étapes, du stade de la production au stade de la consommation :
  - Sol et terre : légumes, etc. ;

- L'eau ;
- Les animaux : insectes, rongeurs, animaux domestiques ;
- L'air : Poussières, vaporisation de liquides sales (nettoyage), vaporisation des liquides humains (ex : éternuements).
- L'homme ;



**Figure 1: Réservoirs des pathogènes alimentaires et voies d'exposition de l'homme (Naitali *et al.*, 2017)**

#### **I.1.1.1. Microflore du sol**

Le sol où cohabitent les animaux, les racines des végétaux et les microorganismes (Aprin, 2011) est une importante source de bactéries sporulées (*Clostridium*, *Bacillus*), de moisissures et de levures (Lacasse, 2020).

Des études ont décelé la capacité des agents pathogènes à survivre pendant de longues périodes dans le sol et l'eau, avant d'infecter de nouveaux hôtes et/ou de contaminer directement des produits alimentaires (Winfield et Groisman, 2003 ; Uesugi *et al.*, 2007 ; Frémaux *et al.*, 2008).

La microflore du sol varie considérablement en fonction des conditions climatiques et de la teneur du sol en matières organiques (**Lacasse, 2020**). En effet, les microorganismes du sol participent à la décomposition, à la minéralisation des éléments nutritifs et à leur immobilisation (**Swift et al., 1998 ; Saetre et Stark, 2005**).

#### **I.1.1.2. Microflore de l'eau**

L'eau contient de nombreux germes d'altération alimentaires (flore hydrique), dont plusieurs sont psychrotrophes ; les principaux genres bactériens représentés sont : *Pseudomonas*, *Alternomonas*, *Chromobacterium*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Corynebacterium*, *Cytophaga*, *Aeromonas*, *Vibrio*, *Bacillus* et *Micrococcus*.

En plus d'une flore purement hydrique, les eaux non traitées contiennent des contaminants d'origine animale et humaine par exemple la contamination fécale : bactéries coliformes (*Escherichia coli*, *Enterobacter*) et entérocoques (*Enterococcus*) principalement (**Lacasse, 2020**).

#### **I.1.1.3. Microflore des animaux et des végétaux**

- **Produits d'origine animale :**

Les animaux sont le principal réservoir des microorganismes pathogènes des aliments par exemple le principal réservoir de *Campylobacter* sont les volailles (et autres oiseaux) (**Naitali et al., 2017**).

Les microorganismes sont présents sur la peau, les poils, les plumes et les pattes des animaux. Ces contaminants proviennent du sol, des matières fécales, de l'eau, de la nourriture, de l'air, des rongeurs et des insectes. Les animaux hébergent également de nombreux microorganismes dans leurs voies respiratoires (flore respiratoire) et digestives (flore buccale, flore intestinale et flore fécale) (**Lacasse, 2020**).

Les rongeurs et les insectes sont également des réservoirs potentiels de bactéries pathogènes et des vecteurs de contamination d'un réservoir environnemental vers les aliments (**Meerburg et Kijlstra, 2007**).

- **Produits d'origine végétale :**

Les microorganismes de la flore du sol et de l'eau sont situés généralement dans les téguments (épidermes ou autres revêtements externes) des végétaux. Les bactéries les plus fréquemment présentes sont : *Erwinia*, *Lactobacillus* et autres bactéries lactiques, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Coliformes* ... (Lacasse, 2020).

#### **I.1.1.4. L'homme**

L'homme peut être l'hôte de bactéries pathogènes. Il existe plusieurs types de réservoirs humains : les personnes malades, les porteurs asymptomatiques ou porteurs sains et les personnes infectées transitoirement.

L'homme peut ainsi transmettre l'ensemble des microorganismes d'origine entérique (*Salmonella*, *E. coli*...). Il peut être un réservoir parmi d'autres (cas des *E. coli* pathogènes) ou être le réservoir unique (cas de *Salmonella Typhi*). En France, l'INVS (Institut national de veille sanitaire) rapporte que près de 30 % des foyers de TIAC ont pour origine une contamination par le personnel (InVS, 2014 ; Naitali *et al.*, 2017).

#### **I.1.2. Action des micro-organismes dans les aliments**

Le développement des micro-organismes dans un aliment peut avoir des actions néfastes et variées (Joffin *et al.*, 2003) :

- Il peut affecter la qualité intrinsèque de l'aliment et donc sa valeur commerciale (modification de texture et d'aspect, altération de la valeur alimentaire, altération des qualités organoleptiques, dégradation du conditionnement etc.).
- Il peut être dangereux pour la santé, en étant responsable de toxi-infections alimentaires. C'est le cas lors d'intoxication après ingestion d'amines biogènes (Histamine, Cadavérine, Putrescine...) ou lors d'infections ou de toxi-infections intestinales souvent bénignes, mais parfois graves.

#### **I.2. Contamination microbienne des surfaces en industrie agro-alimentaire :**

Dans les industries agroalimentaires, les produits d'origine animale ou végétale peuvent être contaminés par des micro-organismes tels que les bactéries, levures, ou encore moisissures. L'augmentation de ces facteurs entraînera des modifications du produit se traduisant par des

modifications du goût, de l'odeur et de la couleur, le rendant impropre à la consommation (**Garry, 1998**).

En industrie agro-alimentaire, les surfaces constituent un support pouvant recevoir et contenir des salissures et des micro-organismes. Dans des conditions favorables (température et hygrométrie des locaux, nature et fréquence des opérations de décontamination...), les cellules microbiennes adhérentes peuvent se multiplier sur la surface et former des biofilms (**Cappitelli et al, 2014**).

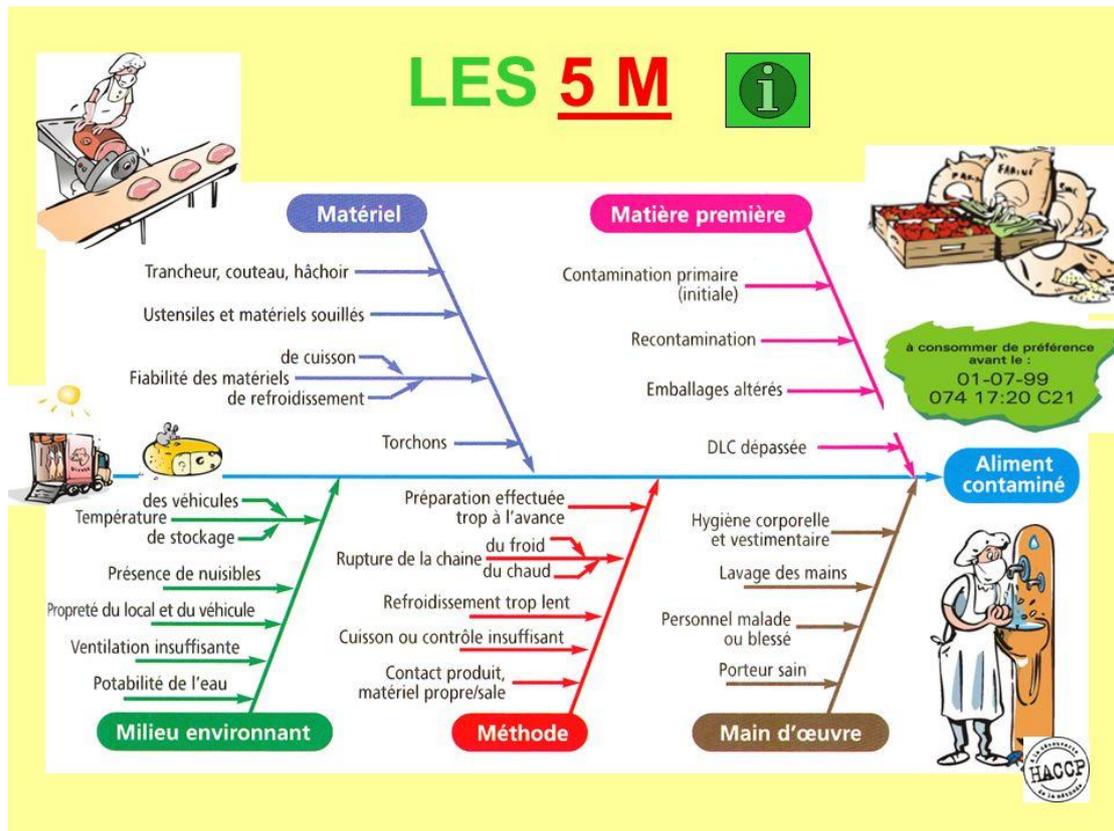
Les surfaces peuvent favoriser la persistance de flores microbiennes indésirables, notamment celles qui résistent à l'action d'agents antibactériens. Elles peuvent également se comporter comme émetteurs de micro-organismes (**Bonsaglia, 2014**).

En plus des pertes économiques liées à la multiplication de micro-organismes d'altération, la présence de micro-organismes pathogènes dans les aliments peut avoir des conséquences plus graves sur le plan de la santé publique (**Garry, 1998**).

### **I.2.1. Sources de contamination bactérienne en industrie agro alimentaire**

Dans les industries agro-alimentaires, on distingue les contaminations primaires dues aux matières premières, animales ou végétales, des contaminations secondaires apparaissant lors de la transformation des produits par le biais des 5 M pour : Matière, Milieu, Main-d'œuvre, Matériel et Méthode (**Figure 2**) (**Naitali, 2017**).

- **Matière première** : Représente toute matière d'origine animale ou végétale utilisée dans le processus de fabrication pouvant être une cause de contamination comme l'utilisation des œufs crus ou peu cuits, des légumes mal lavés, des conserves périmés... ;
- **Milieu** : Correspond à toute cause liée à l'environnement du travail : locaux malpropres, problème d'aération etc. ;
- **Main d'œuvre** : Représentée par toutes les ressources humaines, constituant la principale source de contaminations ;
- **Matériel** : Représenté par les équipements, les machines et les outils mal nettoyés ou mal désinfectés ;
- **Méthode** : Correspond à l'ensemble des erreurs dans la manière de travailler par exemple : préparation des produits sensibles (viandes hachées) trop longtemps à l'avance.



**Figure 2:** Diagramme d'Ishikawa (les 5 M) .

## I.2.2. Les biofilms

### I.2.2.1. Généralités

Un biofilm est défini comme une communauté microbienne immobilisée sur une surface et souvent enfouie dans une matrice fibreuse de polymères extracellulaires (**Characklis, 1990**).

Les biofilms sont présents dans les industries agroalimentaires, notamment sur les sols et les surfaces des équipements des ateliers d'élevage et de transformation agroalimentaire mais aussi sur les surfaces d'aliments. Ils sont aujourd'hui considérés comme l'un des principaux facteurs de persistance des microorganismes pathogènes dans les ateliers alimentaires malgré les opérations de nettoyage et de désinfection (**Carpentier et Cerf, 2011 ; Srey et al., 2013 ; Bridier et al., 2015**).

Les principales bactéries pathogènes alimentaires (*Salmonella*, *L. monocytogenes*, *Y. enterocolitica*, *S. aureus*, *E. coli* EHEC, *Vibrio*, *Campylobacter*...) sont capables de former

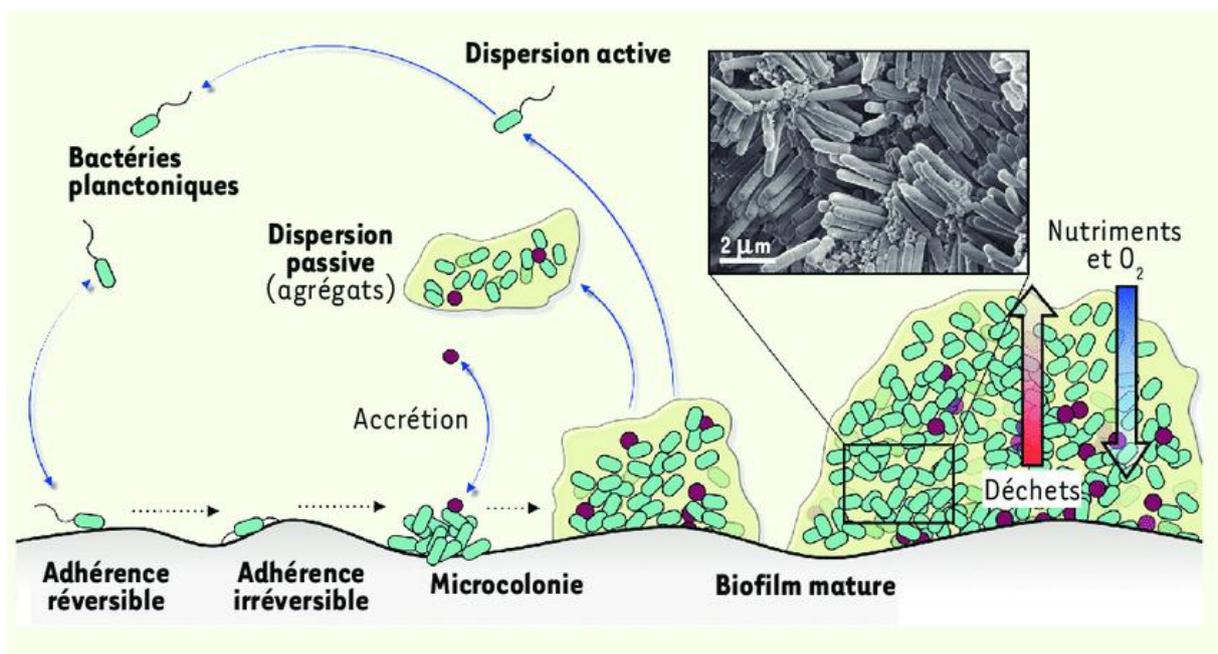
des biofilms dans les conditions environnementales rencontrées lors de la chaîne de production alimentaire (Naitali, 2017).

### I. 2. 2. 2. Formation d'un biofilm

La construction d'un biofilm sur une surface est un processus dynamique qui peut être schématiquement divisé en plusieurs étapes successives présentées dans la figure N°03 (Srey *et al.*, 2013). Les quatre étapes d'installation du biofilm sont (Figure 3) :

- La formation du film du conditionnement ;
- Le transport des micro-organismes ;
- L'adhésion ;
- Développement et maturation du biofilm.

Pour décrire le cycle complet d'un biofilm, il convient d'ajouter une étape de détachement de matière du biofilm (Figure 3).



**Figure 3:** Schéma représentant les étapes du développement du biofilm (Tremblay *et al.*, 2014).

- **Formation du film conditionnant :** Toute surface immergée dans un milieu liquide se modifie de façon spontanée grâce à des molécules qui existent dans son environnement et qui couvrent la surface par un film de molécules organiques, non organiques ou des composés biologiques de l'environnement (Zottola et Sasahara, 1994 ; Dunne, 2002).

- **Le transport des cellules microbiennes** de la phase aqueuse vers la surface s'effectue par le biais de forces physiques (sédimentation, mouvements browniens, flux hydrodynamiques) et de processus biologiques actifs (nage) impliquant des organites extracellulaires tels que les flagelles (**Bellon-Fontaine *et al.*, 1990**).
- **L'adhésion** : Une fois que les microorganismes sont installés, le processus d'adhésion microbienne aux surfaces est initié. Il dépend des propriétés de surface des microorganismes et des matériaux (**Absolom *et al.*, 1983**). L'attachement se fait de manière réversible par des interactions non spécifiques, électrostatiques et électrodynamiques, il est considéré comme faible. L'adsorption est réalisée par le biais de liaisons chimiques non covalentes de type Van der Waals, électrostatiques et hydrophobes (**Høiby *et al.*, 2011**).

Après un certain temps de latence, l'adhérence devient irréversible grâce à la production d'exopolysaccharides par les bactéries ainsi que la présence des structures d'adhérence. Dans cette étape, les interactions cellule-support sont de type ioniques, hydrogènes, covalentes et hydrophobes (**Yannick *et al.*, 2014**).

- **Développement et maturation du biofilm** : C'est l'étape la plus importante de la formation du biofilm. Les bactéries se multiplient et continuent de produire des exopolysaccharides. Elles s'associent entre elles et forment des microcolonies qui sont englobées dans une matrice exopolysaccharidique (**Jacobsen *et al.*, 2008**).
- **Détachement des cellules d'un biofilm** : c'est la dernière étape du cycle du biofilm, qui peut permettre la reconstruction d'un nouveau biofilm dans des conditions plus favorables (**Srey *et al.*, 2013**).

### **I.2.2.3. Conséquences des biofilms dans les industries agro-alimentaires**

La présence de biofilms dans l'industrie agro-alimentaire est un réel problème. Ils constituent une source continue de contamination des aliments et donc un risque pour la santé des consommateurs. Les biofilms peuvent être présents sur différentes surfaces dans l'industrie agroalimentaire ; au sein de l'atelier de production (équipements, murs, sols, circuits d'eau, aération), dans les équipements fermés (circuits de fabrication, circuit de nettoyage) et également sur les ustensiles, éponges, torchons ou les aliments (**Diaby, 2018**).

### **I.3. Principales maladies bactériennes d'origine alimentaire :**

Les infections d'origine alimentaire, définies par leur mode de transmission, regroupent des infections très variées, dues à plus de 200 bactéries, virus, parasites et agents non conventionnels (**Bryan, 1982**). Les symptômes résultent de l'action pathogène de l'agent infectieux (*Salmonella spp*, *Campylobacter spp*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, etc.) ou de l'action de toxines sécrétées dans les aliments (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*, etc.). Ces maladies bactériennes d'origine alimentaire se manifestent pour la plupart des cas par des symptômes digestifs, mais d'autres manifestations sont également possible. Elles peuvent être graves, voire mortelles. Seront développées ci-dessous les plus importantes et celles concernées par cette étude :

#### **I. 3. 1. Listériose**

- **Historique**

L'histoire de *L. monocytogenes* est l'histoire de l'émergence d'un pathogène qui a accompagné l'industrialisation de la filière alimentaire. Sa mise en évidence par les microbiologistes remonte au début du XX<sup>ème</sup> siècle. En effet, cet agent pathogène, a été isolé et décrit pour la première fois en 1924 suite à une mortalité inhabituelle de jeunes lapins de laboratoire dans l'animalerie de l'université de Cambridge (**Murray, 1953**).

Le nom *Listeria* lui a été donné par Pirie en 1940 en l'honneur du chirurgien Lister (**Pirie, 1940**).

- **Caractéristiques générales**

*L. monocytogenes* est un petit bacille à Gram positif, non sporulé, aéro-anaérobie facultatif, psychrotrophe, hémolytique, pouvant se développer en milieu hyper salé et bilié, catalase positive et oxydase négative (**Federighi, 2005**).

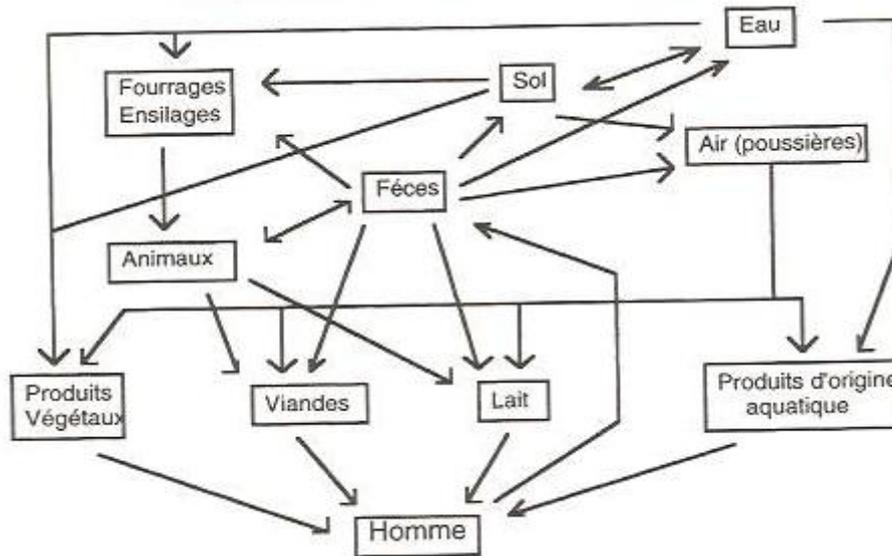
- **Habitat et réservoir pathogène**

Le genre *Listeria* comprend plusieurs espèces, parmi lesquelles seule l'espèce *L. monocytogenes* peut conduire à des infections d'origine alimentaire (Ragon *et al.*, 2008). C'est une bactérie ubiquiste, tellurique, et résistante dans le milieu extérieur (sols, plantes, eaux, denrées alimentaires, appareillages, locaux ...).

*L. monocytogenes* est capable de survivre et se multiplier dans le tube digestif des animaux et de l'homme (**Federighi, 2005**).

- **Principaux aliments impliqués**

Les chaînes alimentaires peuvent être contaminées et recontaminées à tous les stades dès la production primaire jusqu'à la consommation (**figure 4**). Les principaux aliments incriminés sont : le lait et les produits laitiers, les viandes (bœuf, porc, agneau) et les produits carnés (viandes hachées, pâté, saucisses), rarement dans les produits de la mer (poissons, crustacés, coquillage) et des cas sporadiques dans les produits végétaux (légumes crus et salades de choux) (**Farber et Peterkin, 1991**).



**Figure 4:** Voies de contamination des matières premières alimentaires par *Listeria* (**Federighi, 2005**).

- **Manifestations cliniques**

- **Chez l'homme**

La listériose est une maladie infectieuse d'origine alimentaire, c'est une zoonose qui est grave lorsqu'elle touche une certaine catégorie de personnes dite personnes à risque (YOPI en anglais) qui comprend les nourrissons, les personnes âgées, les immunodéprimés et les femmes enceintes.

Elle provoque principalement pour ces populations des septicémies, des méningites, des méningo-encéphalites, plus rarement des encéphalites et des abcès cérébraux, ainsi que des avortements. Le taux de mortalité pour cette catégorie de personnes est de l'ordre de 20 à 30% (**Vazquez-Boland et al., 2001**).

La durée de l'incubation est en général longue, jusqu'à trois mois, en moyenne 18 jours. Chez la femme enceinte, des symptômes pseudo grippaux bénins apparaissent (fièvre, myalgie, dorsalgie) avant l'infection du fœtus. Chez l'adulte, les formes sévères de listériose se

caractérisent par une altération de l'état général accompagné de fièvre. Les cas de méningites se manifestent par de la fièvre, des céphalées, une ataxie accompagnée d'altération de la conscience, des troubles psychiques et, dans les cas les plus graves un coma (**Naitali, 2017**).

➤ **Chez l'animal**

○ **Ruminants (bovins, caprins, ovins)**

Chez les ruminants, la listériose est à l'origine de plusieurs symptômes : avortements chez les femelles gestantes (vache, chèvre, brebis), septicémies surtout chez les nouveau-nés, encéphalites et infections mammaires (rares) (**Federighi, 2005**).

○ **Monogastriques**

Les listérioses sont rares chez les monogastriques, mais des septicémies et des méningo-encéphalites ont été décrites chez diverses espèces : chiens, chats, porcelets et poulains (**Federighi, 2005**).

### **I. 3. 2. Entéropathies à *E. coli***

• **Historique**

En 1885, le médecin Theodor Escherich découvre pour la première fois un bacille qu'il nomma *Bacterium coli* (*E. coli*) commune dans les selles de nourrissons (**Leminor et al., 1954**). Castellani et Chambers proposèrent son nom actuel *Escherichia coli* en 1919 (**Grimont, 1987**).

• **Caractéristiques générales**

*Escherichia coli* est une bactérie Gram négatif, aéro-anaérobie facultative. C'est une bactérie fine et allongée à extrémités arrondies, mobile grâce à une ciliature péritriche (**Avril et al., 2000**).

• **Habitat et réservoir pathogène**

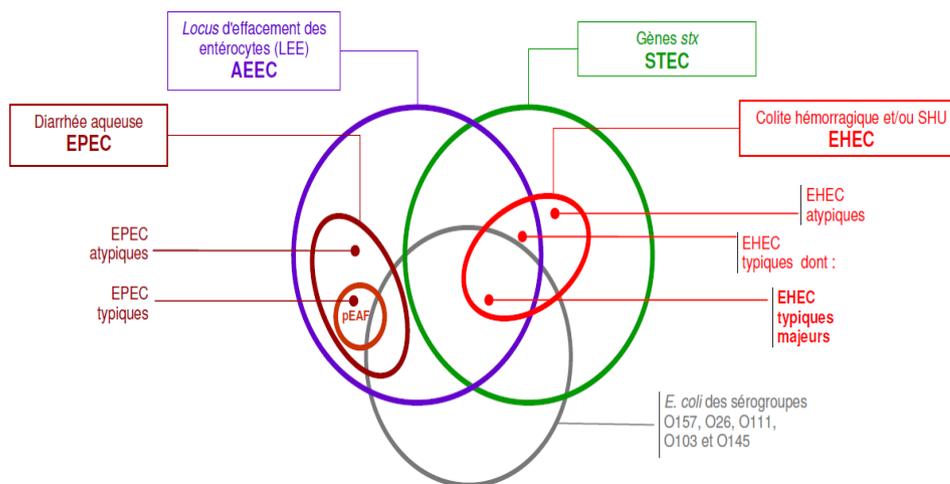
Les colibacilles, hôtes normaux de l'intestin, ne provoquent généralement pas de maladie. Cependant ils ont un potentiel pathogène qui s'exprime dans certaines situations (Pathogènes opportunistes) (**Levine, 1988 ; Montet, 2009 ; Greatorex et al., 2000**).

Les ruminants domestiques, surtout les bovins, sont les principaux réservoirs des souches STEC pathogènes pour l'homme, en particulier les souches EHEC : O157 H7 (**Gyles, 2007**).

Bien que la majorité des souches *d'Escherichia coli* soient des commensales intestinales des mammifères, quelques unes sont capables de causer des infections intestinales ou extra-intestinales (infections urinaires, septicémies, méningites) (**Kaper et al., 2004**) :

- **ETEC** (*E. coli* Entérotoxigènes) : responsable des diarrhées aiguës, « cholera-like » suite à la sécrétion d'entérotoxines qui permettent l'adhésion des *E. coli* à la muqueuse intestinale. Les ETEC sont une des causes les plus fréquentes des diarrhées de l'enfant dans les pays en voie de développement et de diarrhées des voyageurs (**Nataro et al., 1998 ; Kaper et al., 2004 ; Stenutz et al., 2006**).
- **EIEC** (*E. coli* entéroinvasives) : elles ont un pouvoir invasif sur la muqueuse colique, certaines provoquent des diarrhées aiguës, « dysenterie-like », avec présence de mucus, sang et leucocytes dans les selles (**Karper et al., 2004 ; Stenutz et al., 2006 ; Martinez-Medina, 2009**).
- **EPEC** (*E. coli* entéropathogènes) : causant des lésions de type « attachantes et effaçantes ». Elles ne sont ni sécrétrices d'entérotoxines, ni entéroinvasives. Elles sont associées à des diarrhées (**Mainil, 2000**).
- **EHEC** (*E. coli* Entérohémorragique) : Ce sont des souches pathogènes responsables de maladies graves chez l'homme, telles que la colite hémorragique ou le syndrome hémolytique et urémique (SHU). Les souches EHEC possèdent toutes les gènes *stx*, codant pour les shigatoxines. Elles sont capables d'induire des lésions de l'endothélium vasculaire, intestinal, rénal et cérébral (**O'loughin et Robins-Browne, 2011**).

Chez les animaux, seul le porc peut développer une pathologie liée aux STEC (la maladie de l'œdème du porc) (**ANSES, 2003**) (**Figure 5**).



**Figure 6:** Diagramme de Venn illustrant le système de classification des EHEC/STEC et AEEC (Naylor *et al.*, 2005; ANSES, 2010).

- **Contamination des aliments par les STEC**

Les principaux aliments contaminés sont :

- Les produits carnés, principalement de la viande de bœuf, mais aussi des produits transformés à base de porc ou de viande de cerf.
- Lait et produits laitiers non pasteurisés ;
- Légumes crus (salades, radis, etc.) ;
- Cidre et jus de pommes non pasteurisés.
- En plus, de la consommation d'eau de distribution non traitée (Federighi, 2005).

### I. 3. 3. Les salmonelles

- **Historique**

Le bacille de la salmonellose a été découvert par le médecin Eberth en 1880 dans des coupes de rate et de ganglions lymphatiques abdominaux. Les salmonelles ont été nommées ainsi en l'honneur du bactériologiste et vétérinaire américain Daniel Elmer Salmon (Grimont *et al.*, 2000).

- **Caractéristiques générales**

Ce sont de petits bâtonnets mobiles grâce à une ciliature péritriche, Gram négatif, non sporulés, ils cultivent sur milieux ordinaires, aéro-anaérobies facultatifs, fermentent le glucose

avec ou sans production de gaz, réduisent les nitrates en nitrites, la réaction de l'oxydase est négative, celle de la catalase est positive (**Le Minor, 1984**).

- **Habitat et réservoir pathogène**

L'habitat des salmonelles est le tractus intestinal des humains et la plupart des espèces animales à sang chaud et froid. *Salmonella* a souvent été nommée pathogène universel (**Le Minor, 1984**).

Elles sont présentes également dans l'environnement (terre, eau, ...) ou dans les aliments lors d'une contamination fécale (**Federighi, 2005**).

- **Principaux aliments impliqués**

86 % des cas de salmonelloses non typhoïdiques humains rapportés annuellement dans le monde sont d'origine alimentaire (**Majowicz et al., 2010**).

La contamination de l'homme se fait principalement par voie orale suite à l'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés. En Europe, les œufs, les produits à base d'œufs (mayonnaise) et les viandes de volailles contaminés par *S. Enteritidis* sont les aliments les plus souvent incriminés lors de toxi-infections alimentaires collectives (TIAC à *Salmonella*) (**Gast et al., 2004**).

La viande de porc contaminée par *S. Typhimurium* arrive en deuxième position (**Anonyme 1, 2015**). D'autres aliments peuvent être à l'origine de salmonelloses chez l'Homme, notamment les végétaux (fruits, légumes et plantes), le poisson et les mollusques (**Anonyme 2, 2011**).

- **Manifestations cliniques**

La durée d'incubation varie selon la dose ingérée et de la sensibilité des individus.

- **Aspect clinique des TIAC dues aux salmonelles**

Les symptômes de gastroentérite apparaissent généralement en 24 à 72 h après la contamination de façon assez brutale : diarrhée (100%), fièvre (80%), douleurs abdominales (65%), nausées, vomissements (45%) et présence parfois de sang dans les selles (27%) (**Fone et Barker, 2004**).

Dans certaines circonstances et chez les personnes sensibles, les salmonelles peuvent entraîner une septicémie et des infections extradiigestives qui peuvent toucher les méninges (surtout chez le nourrisson), les articulations (personnes âgées ayant des prothèses articulaires), le cœur, le poumon... (Majowicz *et al.*, 2010).

### ➤ Les salmonelloses animales

**Chez les bovins :** La maladie s'exprime le plus souvent chez les jeunes veaux ou les vaches laitières. Elle est caractérisée dans sa forme aiguë par une diarrhée profuse, nauséabonde, avec fièvre, anorexie et de chute de production laitière ou par des avortements survenant dans les deux derniers tiers de la gestation (Federighi, 2005).

**Chez la volaille :** très rare dans les pays développés, mais fréquente dans les autres pays, elle s'exprime :

- Chez les jeunes animaux par de l'anorexie, déshydratation, diarrhée liquide blanchâtre, arthrites, omphalite et de la mortalité ;
- Chez les adultes par de la soif, prostration, cyanose, diarrhée jaune parfois hémorragique.
- Chez les poules pondeuses par une atteinte de l'état général et une chute de ponte (Federighi, 2005).

#### I. 3. 4. *Clostridium perfringens*

##### • Historique

Les premières cultures et caractérisation de *C. perfringens* ont été réalisées en 1891 par Achlame (Labbe, 1989). En 1945, cette bactérie a été considérée comme un agent majeur en sécurité sanitaire des aliments par Hobbs *et al.* (McDonel, 1980 ; Labbe, 1989).

##### • Caractéristiques générales

C'est une bactérie sporulée anaérobie à Gram positif, sous forme de gros bâtonnets à extrémités carrées. Elle se caractérise par l'absence de flagelles (Prevot *et al.*, 1967).

##### • Habitat et réservoir pathogène

*C. perfringens* est une bactérie très ubiquitaire. Elle se retrouve dans l'environnement (sols, lisiers, cadavres...) et aussi dans le tube digestif de l'homme et des animaux (Naitali, 2017).

- **Principaux aliments impliqués**

Dans la plupart des foyers de toxi-infections à *C. perfringens*, les aliments responsables sont d'origine mixte et contiennent plusieurs types de produits (**Delmas *et al.*, 2010**). Ce sont principalement les préparations à base de viandes en sauce cuisinées en grande quantité et à l'avance (**Lindstrom *et al.*, 2010**). Les aliments déshydratés, comme les épices constituent une autre source importante de cette bactérie (**Lacasse, 2020**).

- **Manifestations cliniques**

- **Chez l'homme :** Les toxi-infections alimentaires à *C. perfringens* se traduisent par une diarrhée et de violents maux de ventre, parfois accompagnées de nausées. Cette affection est rarement mortelle et généralement évolue vers la guérison sans traitement en 1 ou 2 jours (**Naitali, 2017**). Elle est plus prononcée chez les personnes âgées ou affaiblies (**Lacasse, 2020**).
- **Chez les animaux :** *C. perfringens* cause plusieurs maladies sévères :
  - Entérotoxémies chez les bovins et les ovins ;
  - Dysenteries de l'agneau ;
  - Entérite nécrotique des volailles (**ANSES, 2006**).

### **I. 3. 5. *Clostridium botulinum***

- **Historique**

Les premiers cas de botulisme ont été identifiés par des médecins allemands en 1735. La bactérie est nommée *Clostridium botulinum* par le comité de classification de la société des bactériologistes américains (**Erbguth et Naumann, 1999 ; Popoff, 2014**).

- **Caractéristiques générales**

*Clostridium* producteurs de neurotoxine botulique sont des bacilles gram positif, sporulés, anaérobies stricts, mobiles par ciliature péritriche (**Federighi, 2005**).

- **Habitat et réservoir pathogène**

*Clostridium* neurotoxino-gènes peuvent survivre très longtemps dans l'environnement, faisant partie de la microflore du sol et des sédiments aquatiques (**Naitali, 2017**).

- **Principaux aliments impliqués**

Plusieurs aliments sont capables de provoquer le botulisme, notamment les aliments peu acides, mis en conserve de façon artisanale :

- Conserve domestiques ;
- Viandes (jambon, salaisons, confits, bacon), gibiers et poissons fumés ou salés (**Lacasse, 2020**).

- **Manifestations cliniques**

**Chez l'homme :** la durée de l'incubation est de 12 à 48 heures en moyenne. Des troubles neurologiques apparaissent graduellement : les symptômes débutent par des problèmes oculaires, notamment un défaut d'accommodation avec vision floue, un ptosis. Puis des dysfonctionnements du système nerveux autonome tels que sécheresse de la bouche et des yeux, mydriase et difficulté de déglutition. Si la dose ingérée est importante une insuffisance respiratoire s'installe pouvant entraîner la mort (**Naitali, 2017 ; Lacasse, 2020**).

**Chez les animaux :** Chez les bovins, dans la forme aiguë de la maladie on note d'abord des signes non spécifiques (anorexie, abattement, constipation...), puis s'installent les signes de paralysie bulbaire caractéristiques du botulisme (**ANSES, 2002**).

Chez les volailles, les signes cliniques correspondent à une paralysie flasque, d'abord des pattes, qui progressent ensuite vers les ailes, le cou et les paupières (**Dohms, 1997**).

### **I. 3. 6. *Staphylococcus aureus***

- **Historique**

Les premières descriptions de staphylocoques isolés à partir de pus d'abcès furent en 1871. En 1880, Alexander Ogston propose le nom de *Staphylococcus* (**Naitali, 2017**).

- **Caractéristiques générales**

C'est une bactérie qui apparaît sous forme de coque à gram positif, immobile, non sporulé, anaérobie facultatif mais croissant mieux en milieu aérobie, chimio-organotrophe, mésophile, facilement détruite par la chaleur, sensible à l'acidité (**Lacasse, 2020**).

- **Habitat et réservoir pathogène**

Les staphylocoques sont des bactéries ubiquitaires présentes dans la peau, les muqueuses des animaux à sang chaud (volailles, mammifères) et l'homme. Ils se retrouvent également dans

l'environnement naturel, hospitalier, les ateliers de préparation alimentaire et les denrées alimentaires (**Bergdoll, 1979**).

- **Principaux aliments impliqués**

Pour constituer un milieu favorable pour la multiplication de *S. aureus*, l'aliment doit être riche en protéines, d'un pH neutre et l'absence d'une flore inhibitrice. Il doit être conservé à une température favorable pour la multiplication de la bactérie, pour qu'elle puisse produire sa toxine. Les aliments les plus à risque sont (**Naitali, 2017**) :

- Jambon, volailles, viande hachée, sauces, sandwiches et salades d'œufs, de mayonnaise, de pommes de terre, de thon ou de fruits de mer, mets chinois ;
- Pâtes alimentaires pâtisseries renfermant de la crème ;
- Lai cru et produits laitiers (**Lacasse, 2020**).

- **Manifestations cliniques**

- **Chez l'homme** : *S. aureus* responsable d'infections suppuratives localisées de la peau et des muqueuses, de septicémies et de maladies liées à la production de toxines (syndrome de la peau ébouillantée, syndrome de choc toxique (TSS) et des toxi-infections alimentaires) (**Brun et Bes, 2000**).
- **Chez les animaux (oiseaux et mammifères)** : *S. aureus* est responsable de plusieurs infections : cutanées (furuncles, dermatite), articulaires (synovite), viscérales (abcès) et de septicémies (**Kloos et al., 1992**). Mais les plus importantes pathologies en élevage sont les infections mammaires et les mammites chez les femelles en lactation (vache, brebis, chèvre) (**Poutrel, 1992**).

### **I. 3. 7. *Bacillus cereus***

- **Historique**

*Bacillus cereus* a été identifié comme un pathogène transmis par les aliments dans les années 1950, lors d'épidémies de gastroentérites diarrhéiques en Norvège. Dans les années 1970, plusieurs épidémies liées à la consommation de riz cuisiné ont conduit à la découverte du syndrome émétique de *B. cereus* (**Stenfors et al., 2008**).

- **Caractéristiques générales**

*B. cereus* est un bacille gram positif, sporulé, mésophile et aérobie, mobile, ayant le plus souvent la forme d'un bacille droit. La spore résiste à la cuisson ordinaire et à la pasteurisation (**Lacasse, 2020**).

- **Habitat et réservoir pathogène**

C'est une bactérie très répandue dans l'environnement, hôte normal du sol, elle est véhiculée par la poussière et l'eau sur différents produits alimentaires (**Lacasse, 2020**).

- **Principaux aliments impliqués**

Toutes les catégories d'aliments peuvent être contaminées par *B. cereus*, mais particulièrement le riz, les épices et les herbes aromatiques (**EFSA, 2005**).

- **Manifestations cliniques**

- **Chez l'homme :** *B. cereus* cause deux types de maladies d'origine alimentaire, d'une part un syndrome diarrhéique caractérisée par des diarrhées profuses et des douleurs abdominales et d'autre part un syndrome émétique caractérisée par des vomissements survenant dans un délai de 30 minutes à 5 heures après l'ingestion d'un aliment contaminé. Les deux maladies guérissent le plus souvent spontanément sans séquelles (**Lund et al., 2000 ; Stenfors et al., 2008**).
- **Chez les animaux :** *B. cereus* est rarement responsable de mammites chez les bovins, des avortements chez les bovins et ovins (**Anses, 2021**).

### **I. 3. 8. *Campylobacter***

- **Historique**

Selon OMS, les *campylobacter* sont reconnus comme étant la deuxième cause bactérienne de toxi-infection alimentaire dans le monde. Le premier isolement de cette bactérie a été réalisé par McFadyean et Stockman en 1913 (**Federighi, 1999**).

- **Caractéristiques générales**

*Campylobacter* est un petit bacille incurvé et fin, à Gram négatif, non sporulé, parfois capsulé avec une grande mobilité grâce à un flagelle polaire (**Federighi et al., 1998**). Cette bactérie est très sensible aux conditions environnementales défavorables (**Lacasse, 2020**).

- **Habitat et réservoir pathogène**

Le réservoir principal de *Campylobacter* est animal, avec un portage intestinal chez les bovins, les ovins, les porcins, les chats et les chiens et un portage asymptomatique chez les oiseaux (Naitali, 2017).

- **Principaux aliments impliqués**

La contamination fécale des aliments par *Campylobacter* est à l'origine de toxi infection alimentaire (TIA), les aliments les plus souvent incriminés sont :

- Le lait non pasteurisé ;
- Les viandes insuffisamment cuites, surtout celles de la volaille ;
- Les coquillages récoltés dans des eaux contaminées et consommés crus (Lacasse, 2020).

- **Manifestations cliniques**

- **Chez l'homme :** le tableau clinique de *Campylobacter* n'est pas pathognomonique. Il s'agit d'une entérite aigue qui se manifeste par des diarrhées, qui surviennent brutalement, elles sont parfois profuses, avec douleurs abdominales, selles sanguinolentes, fièvre et parfois des nausées et vomissements. Dans la majorité des cas (80%), la maladie est spontanément résolutive en une semaine, mais la bactérie persiste dans les selles pendant plusieurs semaines. Des complications graves voire mortelles peuvent survenir chez les personnes les plus fragiles (Naitali, 2017 ; Lacasse, 2020).
- **Chez les animaux :** Chez les adultes en général, on ne note pas de symptômes visibles, par contre chez des animaux affaiblis, stressés ou jeunes les symptômes observés sont des problèmes d'avortement et des épisodes diarrhéiques (ovins, bovins), fièvre, abattement (Federighi, 2005).

### **I. 3. 9. *Yersinia enterocolitica***

- **Historique**

Décrit en 1964 par Frederiksen (Federighi, 2005), le genre *Yersinia* a été proposé pour rendre hommage au bactériologiste Alexandre Yersin, qui isola le bacille de la peste en 1894 (Schofield, 1992).

- **Caractéristiques générales**

*Yersinia enterocolitica* est une entérobactérie à Gram négatif de petite taille, non sporulé, anaérobie facultatif, immobile à 37°C et mobile à 30°C, psychrotrophe (**Federighi, 2005**).

- **Habitat et réservoir pathogène**

*Y. enterocolitica* est une bactérie ubiquiste qui persiste longtemps dans l'environnement (le sol, les eaux de surface...), elle est rencontrée aussi dans les aliments et dans le tube digestif de diverses espèces animales (**Tauxe et al., 1987**). La plupart des souches isolées de l'environnement ne sont pas pathogènes pour l'homme (**Federighi, 2005**).

- **Principaux aliments impliqués**

La contamination fécale d'origine animale des aliments et les manipulations par des porteurs sains ou convalescents sont les principales sources de la maladie :

- Lait cru, mal pasteurisé ou contaminé après pasteurisation
- Les produits carnés (**Lacasse, 2020**).

- **Manifestations cliniques**

**Chez l'homme :** les signes les plus marqués sont la fièvre, douleurs abdominales et les diarrhées et occasionnellement des vomissements (**Savin et Carniel, 2008**). Selon l'état général des patients, des complications telles que l'arthrite, des septicémies, péritonite peuvent être observées (**Bottone, 1999**).

**Chez les animaux :** les animaux atteints tombent rarement malades. La forme subclinique est connue le plus souvent chez le porc. Quelques cas sporadiques d'entérite et de septicémie ont été observés chez le chinchilla, le lièvre, le singe, les bovins, les équidés, les ovins, les caprins, les chats et les chiens (**OSAV, 2013**).

## **Chapitre II: NETTOYAGE ET DESINFECTION DANS L'INDUSTRIE AGROALIMENTAIRE**

### **II. 1. Généralités :**

Dans le monde, l'industrie agroalimentaire a été pointée du doigt suite aux multiples crises sanitaires survenues lors de ces dernières décennies. La conclusion tirée était que les dispositifs de sécurité sanitaire en place, étaient insuffisants. La nouvelle approche préventive mise en place a accordé une grande importance aux procédures de nettoyage et de désinfection dans le système de l'assurance qualité. Environ 90 % des entreprises dans le domaine de l'agroalimentaire utilisent toujours la méthode traditionnelle de nettoyage et désinfection qui inclue un pré-nettoyage, un nettoyage, un rinçage intermédiaire, l'application des produits chimiques puis un rinçage final (**Beauclair *et al.*, 2011 ; Anonyme 3, 2015**).

### **II. 2. Définitions :**

#### **II. 2. 1. Le nettoyage :**

Selon la norme **NF EN ISO 862**, le nettoyage, également appelé détergence, est l'étape qui consiste à détacher les salissures de leur substrat pour les mettre en solution et permettre leur dispersion. C'est l'action d'éliminer en profondeur les résidus de surface et la saleté, en maintenant la surface visuellement propre et en la désinfectant efficacement. Il permet d'éliminer les matières organiques (graisses, sang, sucre, amidon, protéines, y compris les allergènes, etc.) et les matières inorganiques (sel minéral, rouille, résidu carbonisé).

La définition du nettoyage dans la **norme NFX 50 790** est « l'ensemble des opérations permettant d'assurer un niveau de propreté, d'aspect de confort et d'hygiène faisant appel dans des proportions variables aux facteurs combinés suivants : action chimique, action mécanique, température et temps d'action ». Il aide également à éliminer les objets étrangers (**Codex Alimentarius, 2003 ; Wirtanen et Salo, 2003**).

#### **II. 2. 2. La Désinfection :**

Selon la norme **NF T72-101**, la désinfection est une opération permettant d'éliminer ou de tuer les micro-organismes et/ou d'inactiver les virus indésirables portés par des milieux inertes (sols et autres surfaces) contaminés en fonction des objectifs fixés. Le résultat de cette opération est limité aux micro-organismes présents au moment de l'application des produits désinfectants qui contiennent au moins un principe actif doté de propriétés antimicrobiennes.

Les composés désinfectants ne tuent pas forcément les cellules mais participent à minima à leur décrochement des surfaces.

Il s'agit d'un terme générique désignant toute action à visée antimicrobienne, quel que soit le niveau de résultat, utilisant un produit pouvant justifier in vitro des propriétés autorisant à le qualifier de désinfectant ou d'antiseptique. Il devrait logiquement toujours être accompagné d'un qualificatif et l'on devrait ainsi parler de :

- Désinfection de dispositifs médicaux (du matériel médical),
- Désinfections des sols,
- Désinfection des surfaces par voie aérienne,
- Désinfection des mains (**SF2H, 2015**).

Le but de la désinfection est d'éliminer les microorganismes encore présents en surface, et la présence est propice à l'émission du point d'ancrage : certaines bactéries sont stables à quelques nanomètres de la surface, d'autres produisent des substances permettant une adhérence plus difficilement réversible (biofilm) (**Cerf et Bellon-Fontaine, 1987**).

## **II. 3. Principes du nettoyage et désinfection**

### **II.3.1. Principes du nettoyage**

Les principes du nettoyage et désinfection sont au nombre de quatre (**Benezech *et al.*, 1999**):

- a. Élimination des grosses souillures apparentes ;
- b. Élimination des protéines par solubilisation ;
- c. Évacuation des matières grasses par saponification ;
- d. Élimination des incrustations minérales par détartrage ou grattage.

Le choix de la méthode de nettoyage sera fonction de la nature des salissures rencontrées, des contaminants possibles, du degré de risque existant dans la zone concernée, de la nature et des états de surface des revêtements et du degré d'encombrement.

### **II.3.2. Principes de la désinfection :**

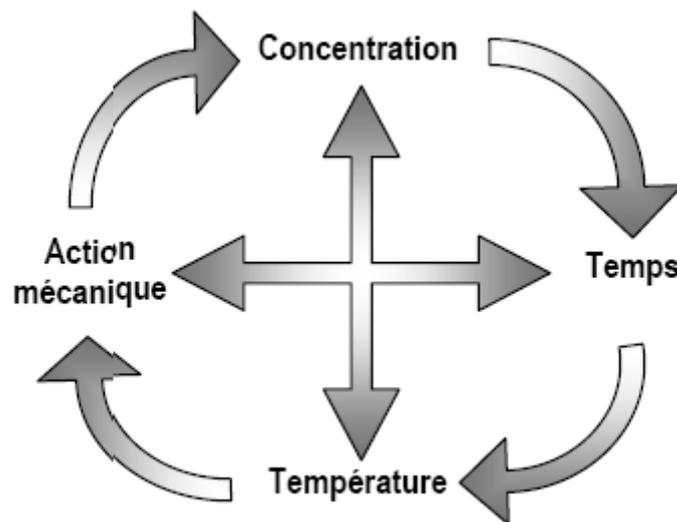
Cette phase de désinfection comprend l'application de produits autorisés avec des effets désinfectants. Pour que le produit soit actif, il doit pouvoir entrer en contact avec des microorganismes dans tous les endroits où ils peuvent encore être trouvés (bonne capacité de mouillage), et il doit également être capable de les détruire par électricité statique et force

électromotrice d'adhérence déséquilibrée, ou en agissant sur des équipements cellulaires importants (effet létal ou inhibition du développement) (Salvat et Colin, 1996).

#### II. 4. Principaux facteurs du Nettoyage :

L'effet nettoyant dépend de quatre facteurs principaux symbolisés par l'acronyme TACT, l'ensemble formant le cercle de Sinner (Figure N°7) :

- Température
- Action mécanique
- Concentration (Action Chimique)
- Temps de contact



**Figure 7: Cercle de Sinner (Wirtanen et Salo, 2003)**

Ce dernier décrit un processus de nettoyage économiquement idéal qui utilise la meilleure interaction entre ces facteurs de base. La réduction d'un facteur doit être compensée par le renforcement d'autres facteurs (Codex Alimentarius, 2003 ; Wirtanen et Salo, 2003).

##### a) Action mécanique

Elle comprend l'utilisation d'appareils spécifiques (brosses, grattoirs, serpillières...) pour faciliter l'élimination et la remise en suspension des salissures, facilitant ainsi les opérations de nettoyage. Lorsqu'il s'agit de nettoyage en circuit fermé, nous parlons davantage des effets de la turbulence et de l'écoulement. Plus le débit est élevé, plus le temps de nettoyage est

court pour une même efficacité (le coût énergétique et le coût d'investissement du matériel de pompage doivent être pris en compte) (**Jensen *et al.*, 2007 ; Blel *et al.*, 2008**).

### **b) Action chimique**

Le choix du produit de nettoyage dépend de la nature des dépôts à éliminer. La capacité de saponification des détergents alcalins peut éliminer les dépôts organiques contenant des lipides, tandis que les dépôts minéraux peuvent être dissous par des agents acides. L'eau de soude est l'ingrédient principal du détergent alcalin. Il détruit de nombreux sols organiques et favorise leur dissolution par saponification. Les principaux détergents acides sont à base d'acide phosphorique et d'acide nitrique, qui agissent sur la partie minérale par dissolution, mais auraient également un effet sur la partie organique des souillures (**Corrieu, 1986 ; Vincent, 1999**)

Les produits détergents sont des composés aux propriétés complexes. En plus des principaux principes actifs, d'autres molécules sont généralement ajoutées aux formulations des produits pour améliorer leur efficacité, citons pour exemples :

- L'utilisation des tensioactifs pour diminuer la tension superficielle de certains produits (comme l'eau gazeuse), en facilitant le contact avec la surface à nettoyer, ou pour enlever l'adhérence qui retient les tâches sur la surface.
- L'utilisation de dispersant, utilisé pour disperser les flocons de savon produits par la saponification des graisses, facilitant ainsi leur élimination.
- L'utilisation des agents chélatants pour limiter le dépôt de minéraux, évitant ainsi la formation de tartre en surfaces (**Massicotte ,2009 ; Jaudon *et al.*, 2000**).

### **c)Température**

L'utilisation de détergents et le chauffage peuvent réduire la cohésion du supports-souillures, et il est plus facile d'arracher les souillures lorsqu'elles sont soumises à la force de cisaillement générée par le fluide en surface ou en matériel clos (**Benezech *et al.*, 2002**).

L'efficacité des détergents est étroitement liée au respect de la température d'eau recommandée. D'autre part, la nature du sol ou de la surface joue un rôle très important dans le choix de la température d'utilisation. Par exemple, à basse température, les protéines ont tendance à se gélifier avec les détergents, ce qui les rend plus difficiles à éliminer. Plus la température est élevée, plus la réaction est rapide, mais elles peuvent s'accompagner de

réactions indésirables entre les agents de nettoyage et les matériaux de l'équipement de nettoyage.

De plus, l'utilisation du produit à la bonne température peut aider à réduire le coût des opérations de nettoyage, car la réduction du temps de nettoyage et de désinfection est également à considérer. Par exemple, une basse température peut protéger les équipements, mais elle rendra les opérations de nettoyage trop longues, donc sans intérêt économique (**Perlat *et al.*, 1986 ; Mafu *et al.*, 1990**).

#### **d) Temps de contact**

Le respect du temps de contact recommandé lors de l'utilisation du produit de nettoyage est très important pour le rendre efficace. Lorsque le nettoyant est appliqué sur la surface, il faut lui laisser le temps de réagir avec la saleté afin qu'elle puisse être enlevée (**Massicotte, 2009**).

### **II. 5. Méthodes de Nettoyage :**

Deux niveaux doivent être pris en compte :

#### **•Détersion :**

Cela comprend l'élimination de la saleté des surfaces sales. Cela peut être fait par action mécanique : à l'aide d'un jet d'eau sous pression, puis pulvériser littéralement la saleté. Elle est toujours complétée par des opérations de balayage, grattage, brossage et grattage (**Benezech *et al.*, 1999**).

Cela peut également être fait par action chimique : il utilise des produits chimiques pour éliminer les protéines, les graisses et les glucides des surfaces ou des conteneurs. Les principaux détergents utilisés sont les détergents alcalins, les détergents acides et les détergents tensioactifs.

#### **•Rinçage :**

Il assure l'élimination de la saleté et des produits de nettoyage détachés et dispersés. L'eau utilisée doit être de l'eau potable et de bonne qualité bactériologique. Le rinçage doit être important et assez long (**Demeziere, 1998**).

## II. 6. Différentes classes de désinfectants :

Tout comme les détergents, la gamme de produits désinfectants est très variée. Il existe ainsi différentes classifications des désinfectants. Les principaux produits de désinfection utilisables dans les industries agro-alimentaires sont décrits dans le tableau N° 1.

**Tableau 1:** Modes d'action des désinfectants (CAPP-INFO, 2007)

Classes	Exemples	Cible et mode d'action	Remarques
ALCOOLS	Ethanol, Isopropanol	Dénaturation des protéines cytoplasmiques et membranaires, inhibition de la synthèse des acides nucléiques et des protéines	présence d'eau nécessaire à l'activité (utilisation d'alcool 70%) / ↓ activité par matières biologiques
ALDEHYDES	Formaldehyde	Altération de la paroi cellulaire, inhibition de la synthèse des acides nucléiques et des protéines	↓ activité par matières biologiques
AMMONIUMS QUATERNAIRES	Benzalkonium	Liaison aux acides gras et groupes phosphates de la membrane cellulaire fuite de constituants cellulaires et lyse de la cellule	↓ activité par matières biologiques, savons et oxydants
BIGUANIDES	Chlorhexidine	Liaison aux acides gras et groupes phosphates de la membrane cellulaire fuite de constituants cellulaires, coagulation du cytosol	↓ activité par matières biologiques et savons
HALOGÈNES CHLORES ET IODES	Hypochlorite de sodium (Javel, Dakin) PVP-iodé	Destruction des protéines membranaires et chromosomiques (halogénéation)	↓ activité par matières biologiques et savons / dégradation par rayons UV
OXYDANTS	Peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée)	Production de radicaux libres qui interagissent avec les lipides, protéines et ADN	↓ activité par matières biologiques

### II. 6. 1. Halogènes et dérivés

Les halogénés comprennent le chlore et les composés chlorés, l'iode et les composés iodés :

- **Les produits chlorés :** L'eau de javel ou hypochlorite de sodium et le produit chloré le plus connu. Les produits chlorés possèdent un large spectre bactéricide efficace sur les spores mais leur activité fongicide est peu marquée. Ils agissent selon une réaction d'oxydation du matériel cellulaire. Ils sont peu toxiques, peu moussant, peu coûteux et s'utilisent en pH alcalin. Leur action est rapide et accrue avec une température élevée. leur activité fongicide est peu marquée. Leur inconvénient c'est qu'ils sont très sensibles à la présence de matières organiques, par conséquent cela nécessite un très bon nettoyage. Ils

sont corrosifs et les émanations gazeuses sont dangereuses pour les muqueuses respiratoires de l'opérateur (**Criquelion et al., 1999**).

- **Exemples de mode d'action des composés chlorés** : L'eau de Javel ou l'hypochlorite de sodium est un désinfectant largement utilisé.
  - **Ingrédients** : L'agent de blanchiment est une solution d'hypochlorite de sodium contenant du chlorure de sodium, c'est-à-dire du sel, de formule moléculaire NaClO. Sa coloration artificielle évite de la confondre avec l'eau.
  - **Concentration** : Elle est liée à la teneur en chlore, exprimée par le chlorimètre. Le degré de chlore correspond au nombre de litres de chlore gazeux qu'un litre d'eau de Javel peut libérer. **Remarque** : ne mélangez jamais l'eau de Javel avec des produits acides (tels que des détartrants).
- **Les produits iodés** : Ils possèdent un large spectre d'activité (bactéricide, virucide, fongicide et sporicide) et une faible toxicité, d'où la similitude du mode d'action, en revanche, la coloration éventuelle de certaines matières et leur grande instabilité les rendent peu utilisables dans le domaine des IAA (**Bellon-Fontaine et Cerf, 1988 ; McDonnell et Russell, 1999 ; Molinier, 1985**).

Ils sont très actifs à faibles doses et il est recommandé de les utiliser en association avec de l'eau froide (température <40°C) en milieu acide (pH 3-5). Ils sont instables à la chaleur, laissent des traces jaunâtres en surface et sont difficiles à rincer.

#### **II. 6.2. Les aldéhydes, comme le formol (formaldéhyde) ou le méthane et le glutaraldéhyde :**

Ils provoquent la dénaturation des acides nucléiques et des protéines chez les micro-organismes. Leur activité diminue en présence de solutions alcalines. Comme on soupçonne que le formaldéhyde est cancérigène, ce dernier n'est plus utilisé dans l'industrie. Le glutaraldéhyde a un large spectre d'activité. Dans l'industrie, il est utilisé en combinaison avec l'ammonium quaternaire.

#### **II. 6.3. Alcools**

C'est de très bons désinfectants. Parmi les alcools les plus utilisés, on trouve l'éthanol et l'isopropanol. Ils agissent par dénaturation des protéines cytoplasmiques et membranaires, inhibition de la synthèse des acides nucléiques et des protéines. Lorsqu'il est mélangé avec de l'eau, la capacité désinfectante de l'alcool sera plus grande (**Stellman, 2000 ; CAPP-INFO, 2007; Massicotte, 2009**).

#### **II. 6. 4. Ammoniums quaternaires (AQ)**

Il a les propriétés de réduire la tension superficielle (pouvoir mouillant) de l'eau et à la propriété de s'adsorber à la surface de la paroi cellulaire, provoquant ainsi des perturbations de la physiologie bactérienne ; ces produits sont particulièrement efficaces contre les bactéries gram-positives, les levures et les moisissures. D'autre part, ils sont relativement chers, sensibles à la présence de protéines et inefficaces contre les bactéries Gram-négatives. Sans un rinçage adéquat après la désinfection, les résidus entraîneront une détérioration du goût des aliments. En raison de ses propriétés mouillantes, les AQ sont en contact étroit avec les cellules et agissent en bloquant les voies métaboliques. Leur spectre d'activité est inférieur à celui des halogènes ; en effet, leur efficacité contre les spores et les virus est très faible (Bellon-Fontaine et Cerf, 1988).

#### **II. 7. Vérification du nettoyage et de la désinfection :**

L'efficacité du nettoyage et de la désinfection doit être vérifiée. Afin de pouvoir évaluer l'effet de nettoyage ; une inspection visuelle doit être effectuée. Pour le contrôle de la désinfection, un plan de contrôle microbien de surface doit être établi (ITAVI, 2010).

#### **II. 8. Techniques alternatives de nettoyage et de désinfection :**

Les méthodes traditionnelles de nettoyage et désinfection étant toujours d'actualité dans presque toutes les entreprises agroalimentaires, celles-ci nécessitent l'utilisation de grandes quantités d'eau, de produits chimiques et d'énergie ; aussi de nouvelles perspectives et méthodes commencent à faire leur apparition pour tenter de réduire l'utilisation de l'eau, des produits chimiques et des coûts. Nous développerons ci-dessous quelques-unes des techniques de nettoyage et désinfection alternatives et innovantes.

##### **II. 8. 1. Vapeur sèche saturée**

Le principe du nettoyage à la vapeur sèche saturée repose sur la projection de vapeur d'eau sous forte pression à la température et au temps de contact spécifiés. Celle-ci est chauffée bien au-dessus de la température d'ébullition (Figure 7). Son énergie thermique est ainsi augmentée, ce qui évite qu'elle ne se condense immédiatement au contact d'une surface froide. Cette vapeur sèche surchauffée possède des propriétés dissolvantes et dégraissantes. La vapeur à une température supérieure à 110°C devient un agent tensio-actif puissant qui provoque la rupture des liaisons physico-chimiques qui retiennent les saletés et graisses collées sur les surfaces à nettoyer (Anonyme3, 2015).

Cette méthode conviendrait particulièrement aux :

- Zones avec des équipements sensibles à l'eau : équipements électroniques fragiles, capteurs, etc.
- Equipements comprenant des pièces mobiles : doseur, mélangeur, trancheuse, etc.
- Zones de production où l'assainissement ou la restriction réelle de l'eau ne sont pas souhaités : boulangeries industrielles, convoyage de cartons, convoyage de préformes de boissons, etc. (**Hermon, 2019**).



**Figure 8:** Modules de nettoyage à vapeur sèche saturée (**Hermon, 2019**).

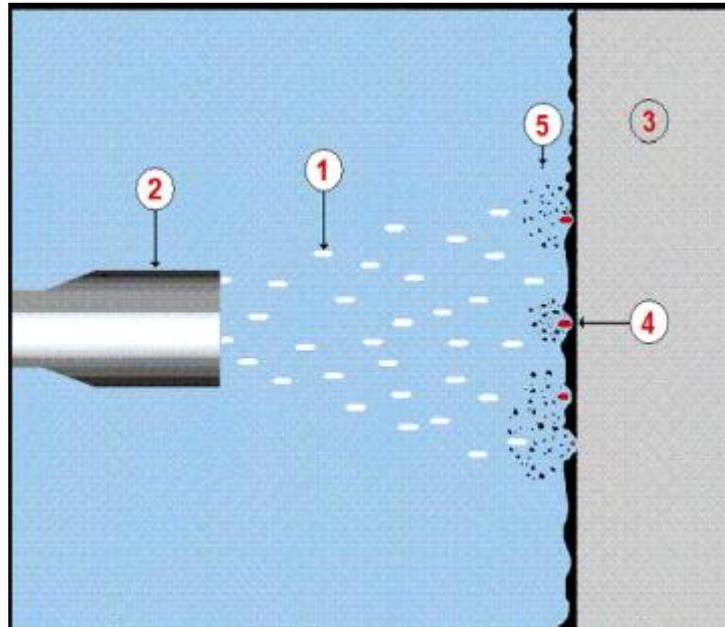
## II. 8. 2. Nettoyage Cryogénique

Des particules de glace ou neige carbonique sont projetées par un flux d'air comprimé (Figures 8 et 9). L'association du froid intense et du choc mécanique provoque le détachement du déchet et/ou de la couche de son support. La glace carbonique se sublime tout de suite après avoir assuré le nettoyage. La combinaison d'un froid fort et d'un choc mécanique provoque le détachement des polluants, qui sont encore de purs déchets et faciles à traiter.

La cryogénie constitue ainsi une action de nettoyage efficace, sans produit chimique. Elle présente également l'intérêt de permettre un nettoyage en une seule étape, contrairement au nettoyage classique qui en requiert plusieurs, et nécessite surtout plusieurs rinçages, et donc une utilisation d'eau conséquente (**Anonyme 3, 2015**)

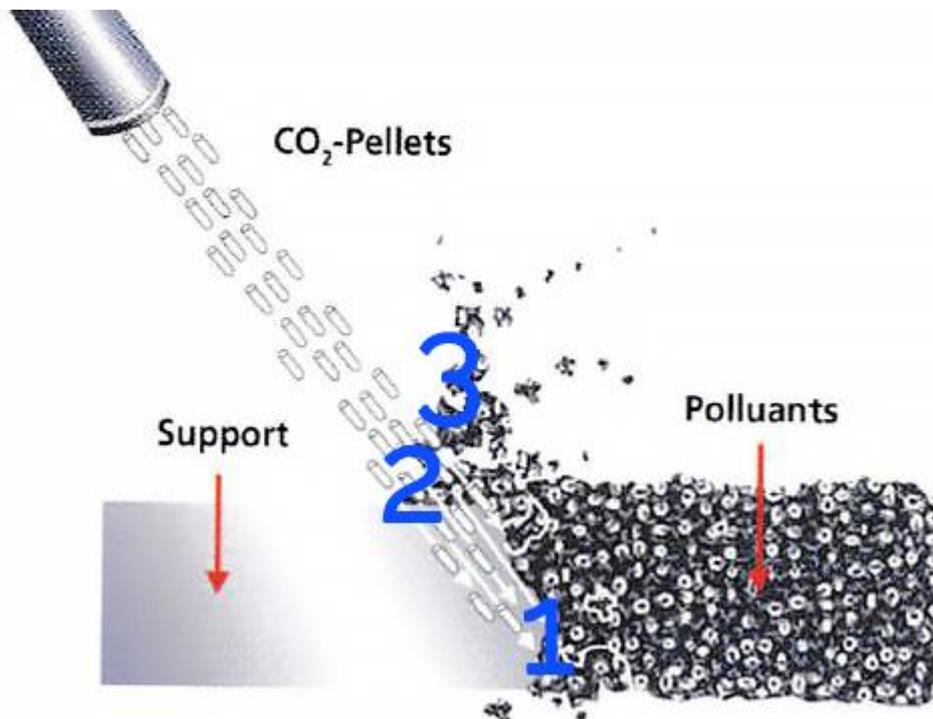
- Avantage :
  - Décolle efficacement la surface sans la changer.

- Pas de produits chimiques.
- Inconvénients :
  - Faible rendement.
  - Coût des matières premières et logistique.
  - Bruit.



1 = Pellets ; 2 = Buse ; 3 = Support ; 4 = Salissures ; 5 = Résidus

**Figure 9:** Projection de pellets de gaz Carbonique Cryogénies (Hermon, 2019).

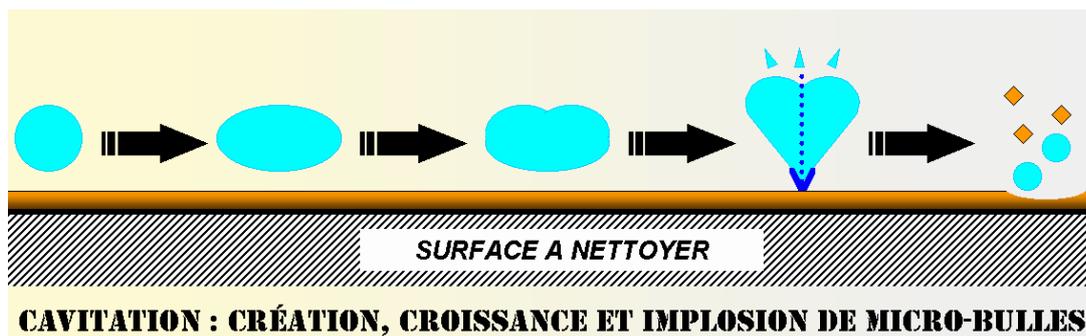


**Figure 10:** Principe de la méthode de nettoyage cryogénique.

### II. 8. 3. Ultra-Sons

Le procédé de nettoyage par ultrasons repose sur un phénomène de cavitation. Les pièces à traiter sont immergées dans une solution de nettoyage. Le liquide de nettoyage est soumis à des pressions générées par des ondes sonores, ce qui entraîne la création et l'implosion des bulles microscopiques. Les phases de compression et de décompression se succèdent et provoquent des vibrations au niveau de la pièce à traiter. Ce sont ces vibrations qui décollent les saletés (**Figure N°10**). La température du bain et la durée du traitement (entre 5 et 15 minutes) doivent être ajustés en fonction du résultat escompté et du type de matériau à laver. En fin de cycle, les pièces peuvent être rincées avec de l'eau courante. Ce procédé peut être intéressant dans les industries laitières et la filière viande.

- Avantages : Fonctionne bien en bain de trempage.
- Inconvénients : Développement à produire pour fonctionnement en dynamique (**Hermon, 2019**).



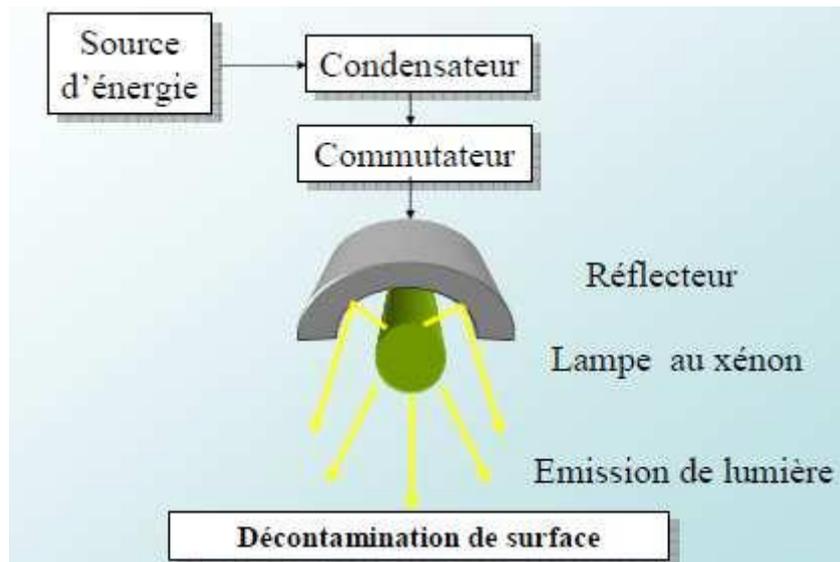
**Figure 11:** Etapes du processus de nettoyage aux ultrasons (**Hermon, 2019**).

### II. 8. 4. Lumière pulsée :

C'est un procédé de décontamination microbienne de surface basé sur la production de flashes blancs intenses et brefs de grande intensité (environ 90000 fois l'intensité de la lumière solaire au niveau de la mer) pendant un laps de temps très court (300  $\mu$ s) (**Figure N°11**).

Le spectre comprend aussi bien des UV (200 nm : 21% du spectre), du visible (49% du spectre) et des IR proches (1 mm : 30% du spectre) (**Figure N°12**).

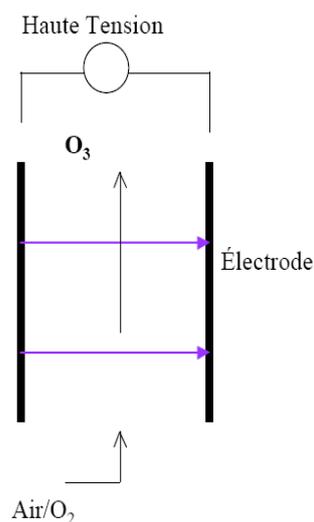
- Avantage : Technologie mature, utilisée sur des emballages.
- Inconvénient : Limitée à des surfaces sans zone d'ombre (**Hermon, 2019**).



**Figure 12:** Principe de la décontamination de surface par la lumière pulsée (Hermon, 2019).

### II. 8. 5. Ozone

L'ozone ( $O_3$ ) injecté dans un bain d'eau froide qui tourne en circuit fermé permet d'obtenir de l'eau ozonée (Figure N° 12). Cette dernière présente des avantages par rapport au chlore, utilisé par les procédés de désinfection et nettoyage classiques. Elle désinfecte même à  $2^\circ C$  et élimine la matière organique par le principe de la lyse, alors que le chlore tue les bactéries sans les détruire, d'où le risque de production de biofilm.



**Figure 13:** Principe de l'obtention de l'eau ozonée (Christieans, 2015).

C'est aussi un puissant oxydant qui permet d'éliminer les bactéries, levures, moisissures, virus, parasites, et même les mauvaises odeurs.

L'ozone a un spectre antibactérien très large et il se décompose rapidement en oxygène après utilisation sans laisser de produits dérivés, son cycle de vie est court (demi vie de ½ heure) (**Christieans, 2015 ; Hermon, 2019**).

- Avantage :
  - Instable, l'O<sub>2</sub> se forme après utilisation, ne laissant aucun sous-produit
  - Un large éventail d'opérations, y compris les parasites et les virus.
  - Concentration relativement faible et temps de contact court.
  - Génération sur site (pas de stockage).
- Inconvénients :
  - L'efficacité dépend de plusieurs facteurs : temps d'exposition, température, volume...
  - L'oxydation de certains ingrédients provoque une décoloration/détérioration des aliments.
  - Il y a un différend du point de vue de la sécurité de l'opérateur.
  - Pas de présence artificielle pendant le fonctionnement du procédé.
  - Effets nocifs : maux de tête, maux de gorge, irritation du nez ou des yeux.
  - Seuil de toxicité : 0,05 ppm (0,05 mg/L).
  - Instable, l'ozone ne peut pas être stocké (**Christieans, 2015**)

#### **II. 8. 6. Plasma froid :**

Le plasma froid est le quatrième état de la matière après le solide, le liquide et le gaz. Pour l'obtenir, il faut appliquer un champ électrique sur le gaz (comme l'air ambiant). Une ionisation incomplète des atomes produit du plasma froid. En essayant de se débarrasser de l'excès d'énergie, les ions entreront en contact avec les molécules organiques du virus, telles que les lipides, les protéines ou l'ARN. Après contact avec ces ions, le virus est "détruit, inactivé et non plus infectieux". Leurs premiers résultats sont prometteurs : après 3 secondes de contact avec le plasma étudié, le nombre de virus à la surface a été réduit d'environ 75 à 90% (**Op de Beeck, 2020**).

- Avantage :
  - Action anti microbienne
  - Pas d'altération des surfaces
  - Pas d'intrants chimiques
- Inconvénients :

- Développement en cours : paramètres de pressions, temps de réaction, nature du substrat et de la contamination ainsi que la puissance (**Hermon, 2019**).

## **II. 9. Les Produits naturels dans le nettoyage et la désinfection :**

### **II. 9. 1. La propolis**

#### **II. 9. 1. 1. Définition de la propolis et provenances :**

La propolis est une substance produite par les abeilles, c'est un mélange de cire et de matières végétales (comme les boutons floraux et les résines végétales).

Les travailleurs l'utilisent pour sceller les trous et les fissures dans la ruche d'abeilles afin de la protéger des conditions météorologiques extrêmes, et parce qu'il s'agit d'un antiseptique, il peut protéger la ruche d'abeilles de la contamination bactérienne et de l'invasion étrangère (**Philippe, 1999 ; Andelkovi, 2016**).

#### **II. 9. 1. 2. Origine :**

- **Origine interne :**

La propolis provient de la première phase de la digestion du pollen dans un petit organe situé entre le jabot et l'intestin moyen. Cette matière première résineuse est additionnée de cire, de sécrétions de salive, de pollen et de diverses impuretés pour former une substance originale (**Alin, 1996**).

- **Origine externe :**

La propolis est un complexe d'une série de substances résineuses visqueuses. Elle est principalement collectée par les abeilles sur les plantes, les arbres et les bourgeons des arbres (**Arjun et al., 2004 ; Nakamura et al., 2008**). La provenance de la propolis dépend de la région, de la flore botanique qui se situe à proximité immédiate des ruches et aussi des préférences de l'abeille.

#### **II. 9. 1. 3. Utilisation de la propolis :**

- **Utilisation de la propolis par les abeilles :**

A l'intérieur de la ruche, la propolis sert de mastic de ciment ou de baume. Les abeilles l'emploient pour assurer une meilleure isolation thermique (**Proste, 2005**). Ses principales utilisations sont :

- ❖ Obturation des fissures, afin de rendre la ruche bien hermétique ;

- ❖ La réduction de l'ouverture de trou de vol dans les régions à climat froid ;
- ❖ Recouvrir les corps étrangers (souris, cétoines, frelons...etc.) qu'elles ne peuvent pas évacuer, l'animal ainsi propolisé, restera en parfait état de conservation pendant des mois, cet embaumement s'oppose donc à tous processus de décomposition putride qui mettrait la vie de la ruche en danger.
- ❖ Réparer les rayons et renforcer les minces parois des alvéoles en l'incorporant à la cire que l'abeille sécrète.
- ❖ Constitue une véritable barrière de défense, en protégeant la colonie contre les nombreuses infections microbiennes, virales et fongiques.
- ❖ Stériliser les alvéoles avant la ponte.

- **Utilisation de la propolis par l'homme :**

- ❖ **Technologie alimentaire :**

Les activités anti oxydantes, antifongiques et antibactériennes de la propolis en font une place de choix dans ce domaine. Les résidus de la propolis semblent avoir des effets universellement bénéfiques sur la santé humaine. Cependant, il existe peu d'études sur les effets secondaires possibles d'une consommation accrue de propolis.

La propolis peut être utilisée comme conservateur pour les matériaux d'emballage alimentaire. Elle est également utilisée pour prolonger la période de stockage du poisson congelé (**Mizuno et al., 1987**).

- ❖ **Médecine :**

Elle est utilisée dans divers traitements tels que les problèmes cardio-vasculaires ; de l'appareil respiratoire (pour diverses affections : trachéite, rhinite...) ; soins dentaires ; ulcères ; infections des muqueuses etc. (**Neumann et al., 1986**).

## **II. 9. 2. Le bicarbonate :**

De source minérale, il est composé de carbonate de calcium (sel + craie), puis lavé et filtré. Le bicarbonate de soude est bactériostatique et fongistatique, ce qui signifie qu'il empêche le développement des champignons et des bactéries. Doté d'un " effet-tampon " il lutte contre les fluctuations du pH pour conserver l'équilibre acido-basique d'un milieu donné (**Anonyme 4, 2019**).

Une étude de l'Université de Piacenza en Italie a mis en évidence que, le nettoyage des fruits et légumes peut être renforcée par l'ajout de bicarbonate à l'eau.

Environ 14 g de bicarbonate (communément appelé bicarbonate de soude) par litre d'eau de trempage permet d'augmenter l'efficacité du lavage de 20 à 90 %. Cependant ce n'est pas un désinfectant car il ne tue pas les bactéries à proprement parler, mais il décroche les impuretés (poussières chargées de pesticides et de bactéries) (**Palangié, 2020**).

### II. 9. 3. Le citron :

L'activité antibactérienne a été déterminée par la méthode de l'aromatogrammes. Le principe de cette méthode est basé sur l'inhibition de la croissance des micro-organismes dans boîte de Pétri après que le produit a été en contact avec le micro-organisme cible pendant un certain temps. L'effet du produit antibactérien sur la cible est apprécié en mesurant la zone d'inhibition (**Himed, 2014**).

Une étude réalisée en Algérie sur l'évaluation de l'efficacité des huiles essentielles du citron, extrait de zestes de citron frais récoltés dans la région Bejaia, sur les souches bactériennes impliquées dans la pollution, la contamination et altération des aliments (bactéries à Gram positif (+) : *Staphylococcus aureus* et Bactérie à Gram négatif (-) : *Escherichia coli*, indique que les souches bactériennes testées sont sensibles aux huiles essentielles étudiées, ils ont également noté que la souche de *Staphylococcus aureus* était plus sensible que *E. coli* (**Tableau 2**).

**Tableau 2:** Diamètre des zones d'inhibition de l'huile essentielle de Citrus limon (exprimé en mm). Evaluation des activités antioxydants et antibactérienne de l'huile essentielle de Citrus limon (variété Lisbon) extraite par hydrodistillation (**Himed et al., 2014**)

Souches testés	Diamètre de la zone d'inhibition (mm)	Sensibilité
<i>Staphylococcus aureus</i>	13,33 ± 1,52	Sensible et non résistante
<i>Escherichia coli</i>	9,5 ± 0,1	Sensible et non résistante

### II. 9. 4. L'huile de mélaleuque :

Cette huile essentielle extraite des feuilles de *Melaleuca alternifolia*, est largement utilisée comme agent antimicrobien de substitution et sa composition est régie par des normes internationales (ISO 4730) (**Gaulin et al., 2014**).

Elle s'emploie souvent comme anti-inflammatoire topique et dans le traitement des infections cutanées telles que l'acné, la teigne, la gale et le pied d'athlète (**Carson, 2006 ; Anonyme 5, 2011**).

Selon les hypothèses actuelles, les propriétés hydrophobes de l'huile de mélaleuque à feuilles alternes affecteraient l'intégrité des membranes cellulaires. Des études ont révélé les effets de cette huile sur les cellules bactériennes et fongiques, en mettant en évidence une fuite de composants intracellulaires, une inhibition de la respiration cellulaire et une augmentation de la sensibilité au chlorure de sodium (**Carson *et al.*, 2006 ; Carson *et al.*, 2002 ; Gustafson *et al.*, 1998**).

Le terpinène-4-ol s'avère être le principal agent antimicrobien de l'huile de mélaleuque à feuilles alternes (**Carson *et al.*, 2006 ; Carson *et al.*, 2002**).

#### **II. 9. 5. Autre huiles naturelles :**

L'huile de sésame est assez stable à l'oxydation et est une source connue de plusieurs composés antioxydants actifs. La substance active est produite à partir de la lignine des graines par divers précurseurs (comme la sésamine). La sésamine est hydrolysée par chauffage pour former du sésamol (**Fukuda *et al.*, 1986; Fukuda et Namiki, 1988**). L'huile d'olive est très stable, non seulement en raison de sa faible teneur en acides gras polyinsaturés, mais aussi en raison de la présence de divers antioxydants naturels et amers, principalement dérivés de l'hydroxytyrosol (un dérivé du catéchol), qui est un produit de dégradation de la tyrosine, mais aussi formée par d'autres polyphénols (**Vazquez *et al.*, 1974**).

#### **II. 9. 6. Activités antioxydante et antimicrobienne des extraits de plantes sélectionnées :**

L'origan, le thym et le clou de girofle appartiennent à la famille des Labiatae et sont également des plantes aromatiques dont les extraits sont riches en composés phénoliques tels que l'eugénol, le thymol et le carvacrol. Ces composés sont utilisés comme conservateurs alimentaires et ils sont connus pour être non toxiques (**Pauli, 2001**). Plusieurs études ont noté les effets antioxydants et antibactériens de ces extraits sur les produits de la pêche tels que la morue charbonnière (**Erkan *et al.*, 2011**), le bar (**Kostaki *et al.*, 2009**), le poulpe, le voilier (**Kykkidou *et al.*, 2009**) et la truite arc-en-ciel (**Erkan *et al.*, 2011 ; Alçiçek, 2011 ; Frangos *et al.*, 2010**).

Les extraits phénoliques d'origan, de thym et de clou de girofle ont une forte activité antioxydante. Sur une période de 11 mois, l'effet de l'extrait de thymol sur l'oxydation des lipides et d'autres paramètres de qualité du maquereau congelé à -20°C a été étudié. Cette étude montre que le traitement à l'extrait de thym peut retarder efficacement l'oxydation des lipides (**Erkan et Bilen, 2010**).

Le clou de girofle, l'origan et le thym ont été utilisés avec succès pour protéger les produits de la mer du risque de contamination par *Vibrio parahaemolyticus* (**Yano et al., 2006**).

**Mejlholm et Dalgaard (2002)** ont découvert que l'extrait d'origan réduisait la croissance des phosphobactéries et prolongeait la durée de conservation des filets de morue stockés dans des emballages sous atmosphère modifiée.

#### **II. 9. 7. Effets antimicrobiens des composés phénoliques :**

Ils sont connus pour posséder des activités antimicrobiennes et donc servir d'agents de conservation alimentaires.

Leurs spectre d'action est très large puisqu'ils inhibent aussi bien la croissance des bactéries que celle des moisissures, des levures et des virus (**Jürgen et al., 2009**).

Ils agissent en empêchant la multiplication des bactéries, leur sporulation et la synthèse de leurs toxines. Pour les moisissures, ils inhibent la germination des spores, l'élongation du mycélium, la sporulation et la production de toxines, alors qu'ils agissent sur la biomasse et la production des pseudomycéliums chez les levures (**Sipailiene et al., 2006**).

Il a été démontré que l'action des composés phénoliques sur la multiplication microbienne se fait à travers l'altération de la perméabilité membranaire des bactéries en perturbant les systèmes de transport ionique, le transport des électrons et la production d'énergie (**Oussalah et al., 2006**). En général, les bactéries Gram négatif sont plus résistantes que les bactéries Gram positif parce que la membrane extérieure des Gram négatifs est plus riche en lipopolysaccharides (LPS) la rendant plus hydrophile, ce qui empêche les composés phénoliques d'y adhérer (**Cristiani et al., 2007**).

#### **II. 9. 8. Effet antioxydant de certains produits naturels :**

Récemment, la recherche d'antioxydants naturels à des fins alimentaires ou médicales a suscité un grand intérêt pour la recherche d'alternatives aux antioxydants synthétiques. Des sources potentielles de composés antioxydants ont été étudiées dans une variété de matières

végétales, telles que les légumes, les fruits, les feuilles, les graines oléagineuses, les céréales, les herbes et les épices (**Ramarathnam *et al.*, 1995**)

Les céréales peuvent être ajoutées à de nombreux aliments. La farine et les extraits d'avoine ont été les premiers antioxydants proposés pour stabiliser les graisses, les huiles et les graisses alimentaires (**Peters et Musher, 1937**).

Comme les herbes, les épices ont également des effets antioxydants importants (**Suhaj, 2006**).

## **Conclusion**

Les microorganismes provoquant des maladies d'origine alimentaires ont tous en commun le fait que leur porte d'entrée chez l'homme ou l'animal est la voie alimentaire. Au-delà de ce vecteur alimentaire commun, nous avons vu que les microorganismes pathogènes ont des origines et des réservoirs très divers et peuvent causer plusieurs maladies.

En industrie agro-alimentaire, les surfaces constituent un support pouvant recevoir et contenir des salissures et des micro-organismes. Dans des conditions favorables, les cellules microbiennes adhérentes peuvent se multiplier sur la surface et former des biofilms.

Ces biofilms peuvent contaminer les aliments et constituer un problème d'une ampleur considérable sur le plan économique ainsi que sur la santé publique.

Dans ce contexte, de nombreuses méthodes de nettoyage et de désinfection existent visant à la maîtrise des microorganismes pathogènes. Chacune de ces techniques présentent des avantages et des inconvénients à mesurer en fonction de l'application envisagée.

Les méthodes traditionnelles de nettoyage et désinfection étant toujours d'actualité dans presque toutes les entreprises agroalimentaires, celles-ci nécessitent l'utilisation de grandes quantités d'eau, de produits chimiques et d'énergie ; aussi de nouvelles perspectives et méthodes commencent à faire leur apparition pour tenter de réduire l'utilisation de l'eau, des produits chimiques et des coûts. Ce sont des techniques de nettoyage et désinfection alternatives et innovantes.

Notre travail consiste en une synthèse bibliographique sur la thématique globale de l'hygiène en industrie agroalimentaire. C'est pourquoi, nous avons développé deux chapitres. Le premier chapitre concerne la Contamination microbienne dans les industries agro-alimentaires ; le second traite le Nettoyage et la désinfection dans les industries agro-alimentaire.

## Références bibliographiques

### A

- **Absolom DR, Lamberti FV, Policova Z, 1983.** Surface thermodynamics of bacterial adhesion. *Appl Environ Microbiol*, 46 : 90-97.
- **AFSSA**, Agence française de sécurité sanitaire des aliments, **2002.** Rapport sur le botulisme d'origine aviaire et bovine, 82 pages.
- **AFSSA, 2003.** Groupe de travail sur les STEC. Bilan des connaissances relatives aux *Escherichia coli* producteurs de shiga-toxines (STEC).177 : 37.
- **AFSSA, 2006.** Fiche de description de danger microbiologique transmissible par les aliments : *Clostridium perfringens*. Disponible à l'adresse suivante : [www.afssa.fr](http://www.afssa.fr); rubrique « autres publications » fiches, thème MIC.
- **Alçiçek, Z. 2011.** The effects of thyme (*Thymus vulgaris* L.) oil concentration on liquid smoked vacuum-packed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) fillets during chilled storage. *Food Chemistry*. 128, 683-688.
- **Alin C., 1996.** Le rucher de rapport et les produits de la ruche. Edition La renaissance, France.
- **Andelkovi B., Vujisi L., ckovi I. V., Tesevi V., Vajs V., devac D. G. 2016.** Metabolomics study of Populus type propolis. *Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, S 0731-7085, 30493-9.
- **Anonyme 1, 2015.** The european Union Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in 2013. *The EFSA Journal*, 13 : 3991.
- **Anonyme 2, 2011.** The european Union Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in 2009. *The EFSA Journal*, 9 :2090.
- **Anonyme 3, 2015.** Nettoyage et désinfection dans l'industrie agroalimentaire : quelles alternatives. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.agro-media.fr/analyse/nettoyage-et-desinfection-dans-les-iaa-quelles-alternatives-18615.html>
- **Anonyme 4, 2019.** Bicarbonate de soude : 20 remèdes santé à fabriquer soi-même, <https://www.femmeactuelle.fr/sante/sante-pratique/bicarbonate-de-soude-20-remedes-sante-a-fabriquer-soi-meme-2086971>
- **Anonyme 5, 2011.** Natural Medicines Comprehensive Database Tea tree oil. Stockton, CA: NMCD; 2011 [cited 2011 Jun 20]; Disponible à l'adresse suivante : <http://naturaldatabase.therapeuticresearch.com/nd/Search.aspx?cs=&s=ND&fs=ND&pt=100&id=113>.
- **ANSES, 2010.** French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety. Opinion of the French Food Safety Agency on the advisability of revising the definition of pathogenic STEC, specified in AFSSA's Opinion of 15 July 2008. Anses. Maisons-Alfort. France.

- **ANSES, 2021.** Agence nationale de sécurité sanitaire alimentaire, environnement, travail. Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments : *Bacillus cereus*. Disponible à l'adresse suivante : [www.anses.fr](http://www.anses.fr) [consulter le 09 /06/2021 à 12 :37h]
- **Arjun H. Banskota.; Yasuhiro T.; Jeevan K. Prasain.; Katsumichi Matsushige.; Ikuo Saiki et Shigetoshi Kadota. 2004.** Chemical Constituents of Brazilian Propolis and Their Cytotoxic Activities. *J. Agric. Food Chem.*, 52, 7286 □ 7292
- **Arpin P, Kilbertus G, Ponge J-F, Vannier G ,1980.** Importance de la microflore et de la microfaune en milieu forestier. *Actualités d'écologie forestière : sol, flore, faune*, Gauthier-Villars, pp.87-150. Hal-00507109. 01.06.2021 sites web.
- **Avril J.L., Dabernat, H., Denis, F., and Monteil, H., 2000.** Bactériologie clinique, Ellipses, Paris. 2<sup>ème</sup> édition. p171-211.

## B

- **Beauclair, J., Dumait, c., Gardia, C., Heye, P., Metay, M., gauter, J., et Vandevyver, B., 2011.** "Fiche pratique de sécurité - ED106 - Usines agro-alimentaires, intégrer le nettoyage et la désinfection à la conception des locaux." INRS, France.
- **Behravesh CB, Williams IT, Tauxe RV, 2012.** Emerging food borne pathogens and problems: expanding prevention efforts before slaughter or harvest. In: Institute of medicine. Improving food safety through a one health approach: Workshop summary. National Academies Press, Washington, A14.
- **Bel, 1986.** Ploin J.C 'Les couts de production et des transformations du lait et des produits laitiers' étude FAO production et santé animale, 1986.
- **Bellon-Fontaine, MN, Mozes, N, Van Der Mel, H. C, Sjollem, J, Cerf, O, Rouxhet, PG & Bussher HJ, 1990.** A comparison of thermodynamic approaches to predict the adhesion of microorganisms to solid substrata. *Cell Biophysics*, 17, 93-106.
- **Bellon-Fontaine, N ; Cerf, O., 1988.** La désinfection. In : Bellon-Fontaine, N ; Cerf, O. Nettoyage et désinfection dans les industries alimentaires. Paris : Edition APRIA. 1988
- **Belloin, J. C., 1993.** L'hygiène dans l'industrie alimentaire : les produits et l'application de l'hygiène No. 615.944 F3f. FAO.
- **Benezech, T., Lalande, M., 1999.** Le nettoyage en place (NEP). In : Leveau JY et Bouix M. : Nettoyage, désinfection et hygiène dans les bio-industries. Tec & Doc Lavoisier, Paris, 341-363.
- **Benezech, T., Lelièvre, C., Membré, J.M., Viet, A.F. and Faille, C., 2002.** A new test method for in-place clean ability of food processing equipment. *Journal of Food Engineering*, 54, 7- 15.
- **Bergdoll MS, 1979.** Staphylococcal intoxications. In: Reimann H, Bryan FL. Food-borne infevtions and intoxications. Academic press, New York, 443-494.

- **Blel, W. Legentilhomme, P., Legrand, J., Bénézech, T., and Le Gentil-Lelièvre, C., 2008.** Hygienic design: effect of hydrodynamics on the clean ability of a food processing line. *AIChE Journal*, 54, 2553-2566
- **Bonsaglia, E. C. R., Silva, N. C. C., Júnior, A. F., Júnior, J. A., Tsunemi, M. H. and Rall, V. L. M., 2014.** Production of biofilm by *Listeria monocytogenes* in different materials and temperatures. *Food control*, 35(1), 386-391.
- **Bottone EJ (1999).** *Yersinia enterocolitica* : overview and epidemiology correlates. *Microbes Infect*, 1 : 323-333.
- **Boulangé-Petermann L., Rault J. and Bellon-Fontaine M.N., 1997.** Adhesion of *streptococcus thermophilus* to stainless steel with different surface topography and roughness. *Biofouling* 11(3):201-16.
- **Bourgeois C., Mesle JF., Zucca J., 1996.** Microbiologie alimentaire. Tome I. Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Lavoisier Tec&Doc, Paris (France). Tome 1. 336-345p.
- **Bourion F, 2000.** Les biofilms dans les bio-industries. 2<sup>ème</sup> édition ASEPT Editeur. Rue des docteurs Calmette et Guérin- BP 2047-53020 Lavel Cedex 9- France.105 : 7-11.
- **Bridier A, Sanchez-Vizueté P, Guilbaud M, 2015.** Biofilm-associated persistence of food-borne pathogene. *Food Microbiol*, 45 : 167-178.
- **Brun Y., Bes M., 2000.** In : Précis de bactériologie clinique, J. Freney, F. Renaud, W. Hansen et C. Bollet (éd.), ESKA, Paris, p. 783-830.
- **Bryan F. L., 1982.** Diseases transmitted by foods. Atlanta: Centers for Diseases Control.

## C

- **CAPP-INFO, 2007.** Bulletin d'information du CAPP (Contact Avis Pharmacologique et Pharmaceutique), HUG (Hôpitaux universitaires de Genève) (2007), n°46. Disponible à l'adresse suivante : \*(<http://www.hugge.ch/Pharmacie/infomedic/cappinfo/cappinfo46.pdf>).
- **Cappitelli, F., Polo, A., & Villa, F., 2014.** Biofilm Formation in food processing environments is still poorly understood and controlled. *Food Engineering Reviews*, 6(1-2), 29-42.
- **Carpentier B, Cerf O, 2011.** Review\_Persistence of *Lesteria monocytogenes* in food industry equipment and premises. *Int J Food Microbiol*, 145 : 1-8.
- **Carson CF, Hammer KA, 2006.** Riley TV. *Melaleuca alternifolia* (teatree) oil: A review of antimicrobial and other medicinal properties. *Clin Microbiol Rev*. 2006 Jan;19(1):50-62
- **Carson CF, Mee BJ, 2002.** Riley TV. Mechanism of action of *Melaleuca alternifolia* (teatree) oil on *Staphylococcus aureus* determined by time-kill, lysis, leakage, and salt tolerance assays and electron microscopy. *Antimicrob Agents Chemother*. 2002 Jun; 46(6):1914-20.

- **Cerf, O ; et Bellon-Fontaine, M. N., 1987.** Le matériel des industries agroalimentaires, source de contamination. Quatrième colloque sur la désinfection. Laboratoire national des médicaments vétérinaire, fougères, 17 septembre, 12pp
- **Characklis W.G., 1990.** Microbial fouling control. In: Biofilms W. G. Characklis and K. C. Marshall Ed. J. Wiley & sons Inc, New York. 585-633
- **Codex Alimentarius, 2003.** Comisión del codex alimentarius. Organización Mundial para la Salud, Organización de las, Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Segunda edición, Roma, Italia.
- **Corpet., D, 2005b.** Maîtrise des dangers. Polycopié. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, Unité pédagogique d'hygiène et l'Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale. 2005b, 12p.
- **Corrieu, G., Lalande, M., & Ferret, R., 1986.** Mesure en ligne de l'encrassement et du nettoyage d'un stérilisateur UHT industriel. Journal of Food Engineering, 5(3), 231-248.
- **Cox 1 S D, Gustafson J E, Mann C M, Markham J L, Liew Y C, Hartland R P, Bell H C, Warmington J R, Wyllie S G, 1998.** Tea tree oil causes K+ leakage and inhibits respiration in Escherichia coli. Lett Appl Microbiol. May; 26 (5) : 355-8.
- **Criquelion, J., Durand, F., Olivier, F., Rauwel., G., Sabat., F, 1999.** Caractéristiques générales des fonctions chimiques désinfectantes. In: Leveau, J.Y., Bouix, M., (Eds.), Nettoyage, désinfection et hygiène dans les bio-industries Collection STAA, Paris.
- **Cristiani, M., D'Arrigo, M., Mandalari, G., Castelli, F., Sarpietro, M.G. and Micieli, D, 2007.** Interaction of four monoterpenes contained in essential oils with model membranes: Implications for their antibacterial activity. Journal of Agricultural and Food Chemistry.55, 6300-6308.
- **Christieans, 2015.** Nouvelles technologies alternatives à la désinfection chimique, Intérêts, limites, avenir WorkShop EcoSec 1 er octobre 2015.

## D

- **Demeziere., F, 1998.** Méthodes, matériels, et techniques. In : Albert, A. Coord. Nettoyage et désinfection dans les entreprises alimentaires. Laval : ASEPT. 1998, p.109-158
- **Delmas G, Jourdan de silva N, Pihier N, 2010.** Les toxi-infections alimentaires collectives en France entre 2006 et 2008. Bull Epidemiol hebd, 31-32 : 344-348.
- **Diaby K, 2018.** Les biofilms en industrie agroalimentaire : optimisation de leur élimination. Mémoire de fin d'études de la 2ème année de Master, Université de Lille 2. Soutenu le: Mercredi 17 octobre 2018. 55: 24.
- **Dohms J. E., 1997.** Laboratory investigation of botulism in poultry. In: Eklund M. W., Dowell V. R. Jr eds. avian botulism: An international perspective. Thomas C. C. publisher. Spingfield. Illinois 295-314.
- **Dunne, W. M., 2002.** Bacterial adhesion: seen any good biofilms lately. *Clinical microbiology reviews*, 15(2), 155-166.

## E

- **EFSA, 2005.** Opinion of the scientific panel on biological hazards on *Bacillus cereus* and other *Bacillus spp* in foodstuffs. EFSA J, 175 : 1-48.
- **Erbguth FJ, Naumann M, 1999.** Historical aspects of botulinum toxin. Justinus Kerner (1786-1862) and the « sausage poison ». Neurol, **53** : 1850-1853.
- **Erkan, N., Tosun, S.Y., Ulusoy, S. and Uretener., G., 2011.** The use of thyme and laurel essential oil treatments to extend the shelf life of bluefish (*Pomatomussaltatrix*) during storage in ice. J. Verbr. Lebensm. 6, 39-48.
- **Erkan, N. and Bilen, G, 2010.** Effect of essential oils treatment on the frozen storage stability of chub mackerel fillets. J Verbr Lebensm. 5,101-110.

## F

- **Farber J.M et Peterkin P.L., 1991.** Microbiological Reviews *Listeria monocytogenes*, a food-borne pathogen, and **55(3):476-511**.
- **Federighi M, 2005.** Bactériologie alimentaire compendium d'hygiène des aliments. Ed.Economica, paris.276 : 1-184.
- **Federighi M, 1999.** *Campylobacter* et hygiène des aliments. Polytechnica, Paris.16(2) : 195-204.
- **Federighi M, Thlozan JL, Capplier JM, 1998.** Evidence of non coccoid viable but non culturable *Campylobacter jejuni* cells in microcosm water by direct viable count, CTC-DAPI double staining and scanning electron microscopy. Food Microbiol, **15(5)** : 539-550.
- **Fone, D. L. & Barker R. M., 1994.** Associations between human and farm animal infections with *Salmonella Typhimurium* in Herefordshire. Commun Dis Rep CDR Rev **4** : R 136-R 140.
- **Frangos, L., Pyrgotou, N., Giatrakou, V., Ntzimani, A. and Savvaidis, I.N., 2010.** Combined effects of salting, oregano oil and vacuum-packaging on the shelf-life of refrigerated trout fillets. Food Microbiology. 27, 115-121.
- **Frémaux B, Prigent-Combaret C, Vernozy-Rozand C, 2008.** Long-term survival of shiga toxin-producing *Escherichia coli* in cattle effluents and environnement: an updated review. Vet Microbiol, **132**: 1-18.
- **Fukuda, Y., and Namiki, M., 1988.** Recent studies on sesame seed and oil. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 35: 552-562.
- **Fukuda, Y., Nagata, M., Osawa, T., and Namiki, M., 1986.** Chemical aspects of the antioxidative activity of roasted sesame seed oil, and the effect of using the oil for frying. Agricultural and Biological Chemistry, 50, 857-862.

## G

- **Garry P, 1998.** La biocontamination des surfaces –secteur agroalimentaire- C. T. S. C. C. V. Vol 8 N°6 p415. Maison d’Alfort.
- **Gast RK, Guard-Bouldin J, Holt PS, 2004.** Colonization of reproductive organs and internal contamination of eggs after experimental infection of laying hens with *Salmonella Heidelberg* and *Salmonella Enteritidis*. Avian Dis, 48 : 863-869.
- **Gaulin et Daniel Fong, Colette Gaulin, Mê-Linh Lê, Mona Shum, 2014.** Efficacité des agents antimicrobiens de substitution pour la désinfection des surfaces dures, centre de collaboration nationale en santé environnementale.
- **Grimont P., 1987.** Taxonomie des *Escherichia*. *Méd Mal Infect*, 6-10
- **Grimont, P. A. D., F. Grimont, & P. Bouvet, 2000.** Taxonomy of the genus salmonella. In A. Wray, C. Wray (ed.), *Salmonella in domestic animals*. CABI Publishing, New York. , p. 1-17
- **Greathouse J.S. & Thorene G.M., 1994.** Humoral immune responses to shiga-like toxins and *Escherichia coli* O157 lipopolysaccharide in hemolytic-uremic syndrome patients and healthy subjects. *J clin microbial* 2000; P 32:1172-1178.
- **Gyles CL, 2007.** Shiga toxin-producing *Escherichia coli*: an overview. J Anim Sci, 45 (13 suppl) : E 45-62.

## H

- **Hermon C., 2019.** Techniques alternatives de nettoyage désinfection : Disponible à l’adresse suivante : [www.ctcpa.org](http://www.ctcpa.org) .
- **Himed L., Merniz S., Bnbraham M., 2014.** Evaluation des activités antioxydante et antibactérienne de l’huile essentielle de Citrus limon (variété Lisbon) extraite par hydrodistillation. Algerian Journal of Natural Products. Algeria. Vol 4, N°1.
- **Høiby N., Ciofu O., Johansen H. K., Song Z. J., Moser C., Jensen P. and Bjarnsholt T., 2011.** The clinical impact of bacterial biofilms, *International Journal of Oral Sciences*, Vol. 3 No. 2, pp. 55-65.

## I

- **InSV, 2014.** Surveillance des toxi infections alimentaires collectives. Données de la déclaration obligatoires en 2012. Disponible en ligne sur : [http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Maladies-infectieuses/Maladie\\_a\\_declaration-obligatoire/Toxi-infections-alimentaire-collectives/Donnes-epidemiologiques](http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Maladies-infectieuses/Maladie_a_declaration-obligatoire/Toxi-infections-alimentaire-collectives/Donnes-epidemiologiques).
- **ITAVI, 2010.** Guide des bonnes pratiques d’hygiène et d’application des principes HACCP : Disponible à l’adresse suivante : [www.itavi.asso.fr/elevage/sanitaire/guide\\_petit\\_abattoires.php](http://www.itavi.asso.fr/elevage/sanitaire/guide_petit_abattoires.php).

## J

- **Jacobsen S.M., Stickler D.J., Mobley M.L. & Shitliff M.E., 2008.** Complicated Catheter associated urinary tract infections due to *Escherichia coli* and *Proteus mirabilis*. *Clin Microbiol Rev* **21**,26-59.
- **Jaudon P., Leitao J. and Lellouche –Gilliere. 2000.** Hygiène et propreté des surfaces en milieu agro-alimentaire. Collection guides pratiques. Edition PYC livres.
- **Jensen B.B.B., Stenby M. and Nielsen D.R. 2007.** Improving cleaning effect by cleaning average velocity. *Trends in Food Science & Technology*, *18*, S52-S63
- **Joffine C et JN, 2003.** Microbiologie alimentaire. Biologie et technique, 5è édition, CRDP Aquitaine, 212p.
- **Jürgen R., Paul .S., Ulrike S. and Reinhard S., 2009.** Essential Oils of Aromatic Plants with Antibacterial, Antifungal, Antiviral, and Cytotoxic Properties– an Overview: *Forsch Komplementmed*.16: 79-90.

## K

- **Kaper J. B., Nataro J. P., and Mobley H. L. T., 2004.** Pathogenic *Escherichia coli*. *Nat. Rev. Microbiol.* **2**:123-140.
- **Kloos W. E., 1992.** In : *The Prokaryotes*, 2<sup>e</sup> ed, A. Balows, H. G. Truper, M. Dworkin, W. Harder and K. H. Schleifer (éd.), Springer-Verlag, Berlin, p.1369-1420.
- **Kostaki, M., Giatrakou, V., Savvaidis, I.N. and Kontominas, M.G., 2009.** Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aqua cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. *Food Microbiology*. **26**, 475-482
- **Kykkidou, S., Giatrakov, V., Papavergou, A., Kontominas, M.G. and Savvaidis, I.N., 2009.** Effect of thyme essential oil and packaging treatments on fresh Mediterranean's word fish fillets during storage at 4 °C. *Food Chemistry*. **115**, 169-175.

## L

- **Labbe RG, 1989.** *Clostridium perfringens*. In: Doyle MP. Food borne Bacterial Pathogens. Marcel Dekker, New York, 191-234.
- **Lacasse D, 2020.** Introduction à la microbiologie alimentaire, ouvrage. Montréal, éditions Saint-Martin, 721 :282-288.
- **Le Minor L., Buttiaux R., Gaudier B., Le minor S. and Nicolle P., 1954.** Epidemiologic research on gastroenteritis due to *Escherichia coli* in a Hospital in Northern France.
- **Le Minor, L. 1984.** Genus 3. Salmonella Lignières 1900,. In N. R. Krieg, and J. G. Holt (ed), *Bergey's manual of systematic bacteriology*, vol. 1. Williams et Wilkins, Baltimore, London. **389** : 427-458.
- **Levine M., 1988.** *Escherichia coli* that cause diarea: entérotoxigenic, entéroinvasive, entérohemorrhagic, and enteroadherent. *Journal of infectious Diseases*; **155** : 377 -389

- **Lindstrom M, Heikinheimo A, Lahti P, Korkeala H, 2011.** Novel insights into the epidemiology of *clostridium perfringens* type A food poisoning. Food Microbiol, **28** : 192-198.
- **Lund T, de Buyser ML, Granum PE, 2000.** A new cytotoxin from *Bacillus cereus* that may cause necrotic enteritis. Molecul Microbiol, **38** : 254-261.

## M

- **Mafu A. A., Roy D., Goulet J. and Magny P., 1990.** Attachment of *Listeria monocytogenes* to stainless steel, glass, polypropylene, and rubber surfaces after short contact times, J Food Prot, **53**, 742-746.
- **Mainil J. G., 2000.** Le point des connaissances sur les entérites à *Escherichia coli* chez le veau. *Ann. Méd. Vét* **144**:121-136.
- **Majowicz SE, Musto J, Scallan E., 2010.** The global burden of nontyphoidal *Salmonella gastroenteritis*. Clin Infect Dis, **50** : 882-889.
- **Martinez-Medina M., Mora A., Blanco M., López C., Alonso M. P., Bonacorsi S., and Blanco J., 2009.** Similarity and divergence among adherent-invasive *Escherichia coli* and extraintestinal pathogenic *E. coli* strains. *Journal of clinical microbiology*, **47**(12) : 3968-3979.
- **Massicotte R., 2009.** Désinfectants et désinfection en hygiène et salubrité: principes fondamentaux. Édition : La Direction des communications du ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec.
- **McDonel JL., 1980.** Clostridium perfringens toxins (type A, B, C, D, and E). Pharmacol Ther, **10** : 617-655. Miyamoto K, Chakrabarti G, Morino Y, McClane BA (2002). Organization of the plasmid cpe locus in *Clostridium perfringens* types A isolates. Infect Immun, **70** : 4261-4272.
- **McDonnell G. and Russell A. D., 1999.** Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. Clin Microbiol Rev **12** (1):147-79.
- **Meerburg BG, Kijlstra A, 2007.** Role of rodents in transmission of *Salmonella* and *Campylobacter*. J Sci Food Agric, **87** : 2774-2781.
- **Mejlholm, O. and Dalgaard P., 2002.** Antimicrobial effect of essential oils on seafood spoilage microorganism *Photobacterium phosphoreum* in liquid media and fish products. Letters in Applied Microbiology. **34**, 27-31.
- **Mizuno. M.; Iinuma. M.; et Kato. H., 1987.** Useful ingredients and biological activity of propolis. Fragrance Journal, **15**(2): 20-28.
- **Molinier, M., 1985.** Les produits de désinfection : Fonction actives, formulation In : Corrieu ; Lalande, M ; Leveau, J.Y. Gestion et maîtrise du nettoyage et de désinfection en agroalimentaire. Paris : Lavoisier Tec & Doc. 1985, p. 173-195.

- **Montet M., 2009.** Contamination des aliments par *Escherichia coli* producteurs de shigatoxines (stec) en France, et importance de l'acido-résistance de la souche.
- **Mourcel, P., 1998.** Les produits de Nettoyage et de désinfection : les détergents acides. In : Albert, A. Nettoyage et désinfection dans les entreprises alimentaires. 1998, p.82-87
- **Murray F, 1953.** The story of *Listeria monocytogenes*. Trans R Soc Can, **47** :15-21.

#### N

- **Naitali M., Guillier L., Dubois-Brissonet F., 2017.** Risques microbiologiques alimentaires. Ouvrage. Editions.lavoisier.fr.791 : 7-8 ; 419-636.
- **Nakamura J., Shigenori Kumazawa., Masayo M., Mariko M., Mok-Ryeon A et Shuichi F, 2008.** Plant origin of Okinawa propolis : honey bee behavior observation and phytochemical analysis. Naturwissenschaften (2008)95:781–786.
- **Nataro J. P. & Kaper J. B., 1998.** Diarrheagenic *Escherichia coli*. *Clin. Microbiol. Rev.* **11**:142-201.
- **Naylor, S.W., Gally, D.L., and Low, J.C., 2005.** Enterohaemorrhagic *E. coli* in veterinary medicine. *Int J Med Microbiol.* 295(6-7), 419-441.
- **Neumann. D.; Gotze G.; et Binus. W., 1986.** Clinical study of the testing of the inhibition of plaque and gingivitis by propolis. *Stomatologie der DDR*: 677-681

#### O

- **O'Loughlin, E.V., and Robins-Browne, R.M., 2001.** Effect of Shiga toxin and Shiga-like toxins on eukaryotic cells. *Microbes Infect* **3**(6), 493-507.
- **Op de Beeck A., 2020.** A science et avenir Utiliser le plasma froid pour tuer les virus 2020. Disponible à l'adresse suivante : [https://www.sciencesetavenir.fr/sante/video-utiliser-le-plasma-froid-pour-tuer-les-virus\\_147590](https://www.sciencesetavenir.fr/sante/video-utiliser-le-plasma-froid-pour-tuer-les-virus_147590)
- **OSAV, 2013.** Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires Disponible en ligne sur : <https://www.blv.admin.ch/dam/blv/fr/dokumente/tiere/tierkrankheiten-und-arzneimittel/fachinformation/fachinformation-yersiniose.pdf>. [consulté le 10/06/2021 17:57h].
- **Oussalah, M., Caillet, S., Saucier, L. and Lacroix, M., 2006.** Mechanism of action of Spanish oregano, Chinese cinnamon, and savory essential oils against cell membranes and walls of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes*. *Journal of Food Protection* **69**, 1046-1055.

#### P

- **Palangié N., 2020.** Institut de Microbiologie – Centre de recherches en Biotechnologies de l'Université Catholique du Sacré Cœur <https://www.monbicarbonate.fr/bacterie-tueuse-et-gestes-de-prevention-interet-du-bicarbonate/>

- **Pauli A., 2001.** Antimicrobial properties of essential oil constituents. *International Journal of Aromatherapy*. 11, 126-133.
- **Perlat M.N, Lalande M., Corrieu G., 1986.** Etude du nettoyage d'un stérilisateur de lait U.H.T. Ordre d'utilisation des détergents alcalin et acide et aspects cinétiques. *Le Lait*, INRA Editions, 1986, 66 (1), pp.31-63. fahal-00929055f
- **Peters F. N., & Musher, S., 1937.** Oatflour as an antioxidant. *Industrial and Engineering Chemistry*, 29,146-151.
- **Philippe J. M., 1999.** Le guide de l'apiculteur, Troisième Edition EDISUD p.1087.
- **Pirie, J. H., 1940.** *Listeria*: change of name for a genus bacteria. *Nature*, 145(3668), 264.
- **Popoff MR, 2014.** Botulinum neurotoxins: more and more diverse and fascinating toxic proteins. *J Infect Toxicol*, **75** : 63-89.
- **Poutrel B., 1992.** In : Les groupes microbiens d'intérêt laitier, J. Hermier, J. Lenior and F. Weber (éd), CEPIL, Paris, p. 415-453.
- **Prevot A. R., 1967.** Les bactéries anaérobies. Dunod, Paris, p. 615-805.
- **Proste J.P., Yeves, 2005.** Le Conte., Apiculture : Connaître l'abeille, conduire le rucher. Edition Lavoisier.
- **Pyen., J.L, 1985.** Les produits de nettoyage : principes actifs, mode d'action. In : CORRIEU, G., LALANDE, M., LEVEAU, J.Y. Coord. Gestion et maîtrise du nettoyage et de la désinfection en agroalimentaire. Paris : Lavoisier Tec & Doc. 1985, p. 89-97.

#### R

- **Ragon, M., T. Wirth, 2008.** "A new perspective on *Listeria monocytogenes* evolution." *PLoS Pathog* **4**(9): e1000146.
- **Ramarathnam, N., Ochi, H., and Takeuchi, M., 1997.** Antioxidant defense system in vegetable extracts. In: Shahidi, F (ed.), *Natural Antioxidants: Chemistry, Health Effects, and Applications*. AOCS Press, Champaign, IL, pp 76-87.

#### S

- **Saetre, P., & Stark, J.M., 2005.** Microbial dynamics and carbon and nitrogen cycling following re-wetting of soils beneath two semi-arid plant species. *Oecologia* **142** : 247– 260.
- **Salvat, G. and Colin, P., 1996.** L'application de la méthode HACCP dans les abattoirs de Volailles. *Viande et produits Carnés*. Numéro Spécial « Maitrise de la qualité microbiologique » p.212-222.
- **Savin C, Carniel E, 2008.** Les diarrhées d'origine bactérienne : le cas de *Yersinia enterocolitica*. *Rev Franc Lab*, 400 : 49-58.
- **Schofield GM, 1992.** Emerging food-borne pathogens and their significance in chilled foods. *J Appl Bacteriol*, **72** :267-273.

- **Sipailiene, A., Venskutonis, P.R., Baranauskiene, R. and Sarkinas, A., 2006.** "Anti microbial activity of commercial samples of thyme and marjoram oils." *Journal of Essential Oil Research*. 18, 698-703.
  - **Société française d'hygiène hospitalière (SF2H). 2015.** Guide pour le choix des désinfectants. Produits de désinfection chimique pour les dispositifs médicaux, les sols et les surfaces. *HygieneS.*; 22 (6):1-102.
  - **Srey S, Jahid IK, Ha SD, 2013.** Biofilm formation in food industries: a food safety concern. *Food control*, **31** : 572-585.
  - **Stellman, J. M., 2000.** Encyclopédie de sécurité et de santé au travail (Vol. 2). International Labour Organization. Disponible à l'adresse suivante : <http://www.cryosolutions83.com/le-procede-nettoyage-cryogenie-var-2/>.
  - **Stenfors Arnesen LP, Fegerlund A, Granum PE, 2008.** From soil to gut: *Bacillus cereus* and its food poisoning toxins. *FEMS Microbiol Rev*, **32** : 579-606.
  - **Stentz, R., A. Weintraub, and G. Widmalm., 2006.** The structures of *Escherichia coli* Opolysaccharide antigens. *FEMS Microbiol Rev* **30**:382-403.
  - **Suhaj, M., 2006.** Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: a review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19,531-537
  - **Swift, M.J., Andren, O., Brussaard, L., Briones, M., Couteaux, M., M., Ekschmitt, K., Kjoller, A., Loiseau, P., Smith, P., 1998.** Global change, soil biodiversity, and nitrogen cycling in terrestrial ecosystems: three case studies. *Global Change Biology* **4**, 729-743.
- T**
- **Tauxe RV, Vandepitte J, Wauters G, 1987.** *Yersinia enterocolitica* infections and pork: the missing link. *Lancet*, **1**(8542) : 1129-1132.
  - **Tremblay, Y. D., Hathroubi, S. and Jacques, M., 2014.** Les biofilms bactériens: leur importance en santé animale et en santé publique. *Canadian Journal of Veterinary Research*, **78**(2), 110-116.
- U**
- **Uesugi AR, Danyluk MD, Mandrell RE, Harris LJ, 2007.** Isolation of *salmonella* *Enteritidis* phage type 30 from a single almond orchard over a 5-year period. *J Food Prot*, **70** : 1784-1789.
- V**
- **Vazquez-Boland JA, Kuhn M, Berche P, 2001.** *Listeria* pathogenesis and molecular virulence determinants. *Clin Microbiol Rev*, **14** :584-640.
  - **Vazquez, R. A., Graciani, C. E., and Maestro, D. R., 1974.** Componentes fenolicos de l'aceituna. I-polifenoles de la pulpa. *Grasas y Aceites*, **25**, 269-279.
  - **Vincent., J, 1999.** La chimie du nettoyage. In : Leveau, J.Y., Bouix, M. Coord. Nettoyage, désinfection et hygiène dans les bio-industries. Paris : Lavoisier Tec & Doc.1999, p. 167-204. (Sciences techniques et agroalimentaires).

- **Vos P, Garrity, Jones D, 2009.** Bergey's Manuel of Systematic Bacteriology. Volume 3 : the firmicutes. Springer.

#### W

- **Winfield MD, Groisman EA, 2003.** Role of non host environnement in the lifestyles of *Salmonella* and *Escherichia coli*. Applied and environnement microbiology, **69**:3687-3694.
- **Wirtanen G. and Salo S., 2003.** Disinfection in food processing efficacy testing of disinfectants. Rev. Environ. Sci. Bio/Technol .2: 293–306

#### Y

- **Yannick D.N., Skander T. and Mario Jacques H., 2014.** Les biofilms bactériens : leur importance en santé animale et en santé publique. *Can. J. Veterinary. Res.* **78**:110-116.
- **Yano, Y., Satomi, M., and Oikawa, H., 2006.** Antimicrobial effect of spices and herbs on *Vibrio parahaemolyticus*. *International Journal of Food Microbiology.* 111, 6–11.

#### Z

- **Zottola, E.A. and Sasahara, K.C., 1994.** Microbial Biofilms in the Food Processing Industry: Should They Be a Concern. *International Journal of Food Microbiology*, **23**, 125-148