

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 Master  
en

Médecine vétérinaire

**THEME**

## **METHODES DE CONTROLE DU NETTOYAGE ET DESINFECTION DANS LES INDUSTRIES AGROALIMENTAIRES (ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE)**

**Présenté par :**

Melle : KARDOU Hanane

Melle : MERAD Imene Aicha

Soutenu publiquement, le **19 novembre 2020**

devant le jury :

Mme : BOUHAMED R    MCB (ENSV)

Présidente

Mr : HAMDI T.M        Professeur (ENSV)

Examineur

Mr : GOUCEM R        MAA (ENSV)

Examineur

Mme : BOUAYAD L     MCA (ENSV)

Promotrice

2019-2020

## Déclaration Sur L'honneur

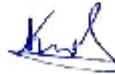
NOUS soussignons, MERAD Imene Aicha et KARDOU Hanane, déclarons être pleinement conscientes que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publié sous toute forme de support, y compris l'internet, constitue une violation de droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, nous nous engageons à citer toutes les sources que nous avons utilisées pour rédiger ce mémoire.

Signatures :

Merad Imene Aicha



Kardou Hanane



## **Remerciement**

*Avant tout, nous remercions **Dieu** le tout puissant de nous avoir accordé la foi, le courage, les moyens à fin de pouvoir accomplir ce modeste travail.*

*Nous tenons à exprimer nos profondes gratitudee à notre chère promotrice **Dr. BOUAYAD Leila**, pour son suivi et son énorme soutien tout au long de la réalisation de ce travail. Nous la remercions pour sa disponibilité qui nous a été précieuse, pour ses conseils, son aide, son temps et sa patience.*

*Nous adressons également nos vifs remerciements aux membres du jury pour avoir bien voulu examiner et d'évaluer ce travail ;*

*La présidente **Dr. BOUHAMED R** à qui nous a accordé son temps et honoré d'avoir accepté d'examiner notre mémoire et d'être présente parmi nos jurés.*

*Nous sommes également très honorés par la présence du **Pr. HAMDI T.M** et le **Dr. GOUCEM R** dans notre jury et nous les remercions pour leur temps, leurs disponibilités pour examiner notre travail et d'avoir accepté de participer à ce jury*

*Nous exprimons aussi nos remerciements à l'unité **MAMABINETTE** à Bordj El kiffan, à ses dirigeants les frères **KADA** et ses employés pour leur accueil et leurs collaborations.*

*Enfin, nous adressons nos profondes gratitudee à nos familles qui nous ont toujours soutenus, et surtout à l'ensemble des enseignant (e)s qui a contribué à notre formation. Et à tous ceux qui, de près ou de loin ont participé à la réalisation de ce travail.*

## *Dédicaces*

*En premier, je remercie **Dieu**, le tout- puissant de m'avoir donné le courage et la force afin de pouvoir achever ce travail et d'avoir illuminé mon chemin et de m'avoir guidé vers la bonne direction.*

### *À mes chers parents*

*Je ne trouve pas assez de mots pour vous remercier et vous rendre un grain de ce que vous avez fait pour moi et ce que vous m'avez apporté, de m'avoir donné une bonne éducation, de m'avoir soutenu et encourager et d'avoir fait de moi la femme que je suis aujourd'hui.*

*Je te remercie **papa**, avec toi je n'ai manqué de rien.*

*Je te remercie **maman**, d'être toujours présente à mes côtés.*

*Vous êtes mes piliers et ma raison de vivre dans cette vie, je sais que je ne pourrais jamais vous rendre le quart de vos sacrifices, votre fatigue, votre générosité, votre patience, votre amour éternel inconditionnel qui ne cesse pas de grandir jour après jour. J'ai l'honneur et la chance d'être votre fille.*

*J'espère seulement vous honorer avec ce modeste travail et qu'il soit le fruit de votre fatigue et surtout à la hauteur de vos attentes.*

### *À ma sœur et mon frère*

*Je vous remercie d'être là pour moi, de m'encourager de me soutenir afin de faire aboutir ce travail, de me pousser au bout pour atteindre mes ambitions et de ne pas baisser les bras.*

***Feriel**, merci pour tous tes conseils, ton aide et de m'avoir tenu la main et de ne pas me laisser seule dans les moments difficiles.*

***Mohamed**, merci pour ta complicité, ton aide et surtout pour ton humour qui est une bouffée d'air frais qui me remonte le moral.*

*Je vous aime trop, vous êtes ma force.*

### *À mes chers (es) amis (es)*

*Ma chère **Ouahiba**, ma confidente je te remercie d'être à mes côtés, de me soutenir et surtout de supporter mes sauts d'humeurs tu es ma plus belle découverte aux files de ces cinq ans.*

*Ma chère **Amira**, j'ai passé avec toi cinq ans de bonheur, tes blagues tes aventures vont me manquer. Merci d'être présente pour moi.*

*Mon ami **Mouloud**, mon binôme des aventures, je te souhaite la réussite et la prospérité.*

*Merci à tous mes camarades **Tahar, Amir, Islem, Amira, Fella, Ryma**.*

*Merci mon binôme **Imene** de m'avoir aidé à accomplir ce travail.*

*Je tiens à remercier tous mes professeurs qui ont mis tous leurs efforts pour nous assurer une bonne formation et un bon cursus.*

*Enfin, je dédie ce modeste travail à l'âme de ma grand-mère **SENANE FATMA**.*

**HANANE**

## *Dédicaces*

*À ma mère **DJELLAL Rachida***

*Je ne trouverai jamais les mots qu'il faut pour exprimer tout mon amour, ma reconnaissance et ma profonde gratitude pour les sacrifices consentis. Vos prières et votre confiance m'ont toujours donné la force et le courage de persévérer dans le travail.*

*Vous m'avez appris que le meilleur héritage est l'éducation et que toute réussite déguise une abdication.*

*Puisse ce travail être pour vous le début de la reconnaissance de vos efforts et le gage de ma profonde affection.*

*À mon père **MERAD Djamel Eddine***

*Ce travail te fait honneur est le fruit d'énormes sacrifices consentis. Tu nous as toujours soutenus même dans les moments de découragement où nous étions sûrs de ne rien valoir. Trouve ici l'expression de ma profonde gratitude et mon amour. Que le Dieu tout-puissant te donne une longue vie.*

*À mes chers frères **Mohamed et Dia Eddine***

*Vous vous êtes dépensés pour moi sans compter. En reconnaissance de tous les sacrifices consentis par tous pour me permettre d'atteindre cette étape de ma vie.*

*À ma grande sœur **Boutheina et à son époux,***

*Rien n'est suffisant pour t'exprimer ma profonde gratitude pour le soutien sincère et constant que tu nous as toujours apporté.*

*Puisse ce travail t'honorer.*

*À mes amis de toujours : **Fella, Tahar, Ouahiba, Amira, Azzedine, Mouloud...** En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.*

*A mon cher binôme **Hanane** et à toute sa famille merci d'être là pour moi et de m'avoir accueilli chez vous.*

**IMENE**

## Résumé :

Les opérations de nettoyage et désinfection dans les industries agroalimentaires sont principalement influencées par plusieurs facteurs comme les types de souillure et les types de contamination. Par le nettoyage on obtient une surface physiquement propre : c'est la propreté visible. Par la désinfection on obtient une surface bactériologiquement propre : c'est la propreté invisible. Dans tous les cas de figure, ces deux opérations d'hygiène reposent sur le respect de bonnes pratiques et des paramètres d'application : action mécanique mise en œuvre, température, concentration et temps de contact des détergents et désinfectants. Le contrôle des opérations de nettoyage et désinfection est essentiel pour évaluer l'efficacité des méthodes utilisées.

Mots clés : nettoyage, désinfection, dangers, contrôle, (PND).

## Abstract:

Cleaning and disinfection in the food industry are mainly influenced by several factors such as the types of soiling and types of contamination. By cleaning we obtain a physically clean surface: this is the visible cleanliness. By disinfection, we obtain a bacteriologically clean surface: this is the invisible cleanliness. In all cases, these two hygiene operations are based on the respect of good practices and application parameters: mechanical action, temperature, concentration and contact time of detergents and disinfectants. Monitoring cleaning and disinfection operations is essential to assess the efficiency of the methods used.

Keywords: cleaning, disinfection, hazards, control, (PND).

## ملخص:

تتأثر عمليات التنظيف والتطهير في صناعة الأغذية بشكل أساسي بعدة عوامل مثل أنواع التلوث و نوعية التلوث. من خلال التنظيف نحصل على سطح نظيف ماديًا: هذه نظافة مرئية. عن طريق التطهير، يتم الحصول على سطح نظيف من الناحية الجرثومية: هذه نظافة غير مرئية. في جميع الحالات، تستند عمليتا النظافة هاتان إلى الامتثال للممارسات الجيدة و معايير التطبيق: الإجراء الميكانيكي المنفذ، و درجة الحرارة و التركيز ووقت التلامس للمنظفات والمطهرات. يعد التحكم في عمليات التنظيف و التطهير أمرًا ضروريًا لتقييم فعالية الطرق المستخدمة. الكلمات المفتاحية: تنظيف، تطهير، مخاطر، مراقبة، (PND).

## Liste des abréviations

**ACIA** : agence canadienne d'inspection des aliments

**Anses** : agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

**EPS** : substances polymériques extracellulaires

**FAO** : Food and Agriculture Organization of the United Nations (organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** : eau oxygénée

**IAA** : industrie agroalimentaire

**INRS** : institut national de la recherche scientifique

**ISO** : Organisation internationale de normalisation

**NEP** : nettoyage en place

**PH** : potentiel hydrogène

**PND** : plan de nettoyage et désinfection

**TACT** : température, action mécanique, concentration, temps

### Liste des tableaux :

<b>Le numéro</b>	<b>Le titre</b>	<b>Numéro de page</b>
<b>N°1</b>	Exemples de dangers biologiques (FAO, 2001).	<b>06</b>
<b>N°2</b>	Exemples de dangers chimiques (FAO, 2001).	<b>08</b>
<b>N°3</b>	Exemples de dangers physiques (FAO, 2001).	<b>09</b>
<b>N°4</b>	Propriétés d'un détergent (PACCARD, ED FOUCHER, 2003)	<b>14</b>
<b>N°5</b>	Les différentes étapes du nettoyage/désinfection (ANONYME 1,2015).	<b>33</b>
<b>N°6</b>	tableau de synthèse pour Les méthodes de détection/quantification à utiliser pour un suivi de l'efficacité des opérations de nettoyage et désinfection des surfaces, des matériels et des locaux (ANSES, 2014).	<b>45</b>

### Liste des figures :

<b>N° de figure</b>	<b>Le titre</b>	<b>N° de page</b>
<b>N°1</b>	les quatre facteurs influençant le nettoyage et la désinfection ( <b>FAO, 1993</b> ).	<b>24</b>
<b>N°2</b>	Exemple d'interprétation des résultats après désinfection des surfaces de travail pour la Flore Totale ( <b>ANONYME 5, 2016</b> ).	<b>39</b>
<b>N°3</b>	Exemple d'interprétation des résultats après désinfection des surfaces de travail pour la Flore Totale ( <b>LABORATOIRE HUMEAU, 2010</b> ).	<b>40</b>

## Sommaire :

<b>Introduction</b> .....	<b>01</b>
<b>Chapitre 1 : origines et types des dangers rencontrés dans les aliments</b> .....	<b>03</b>
1.1. Définition du danger .....	03
1.2. Définition du risque .....	03
1.3. Types de dangers .....	03
1.3.1 Danger biologique .....	03
1.3.1.1 Bactéries .....	04
1.3.1.2 Virus .....	04
1.3.1.3 Parasites .....	04
1.3.1.4 Autres dangers biologiques .....	04
1.3.2 Dangers chimiques .....	06
1.3.3 Dangers physiques .....	08
<b>Chapitre 2 : nettoyage et désinfection</b> .....	<b>10</b>
2.1 Nettoyage .....	11
2.1.1 Définition .....	11
2.1.2 Détergents .....	12
2.1.2.1 Produits alcalins (soude, potasse, ect) .....	12
2.1.2.2 Produits acides .....	13
2.1.2.3 Produits organiques (tensioactifs) .....	13
2.1.3 Modalités du nettoyage .....	14
2.1.4 Techniques de nettoyage .....	15
2.2 Désinfection .....	15
2.2.1 Définition .....	15
2.2.2 Caractéristiques .....	15
2.2.3 Désinfectants .....	16
2.2.3.1 Composés chlorés .....	16
2.2.3.2 Composés iodés et iodophores .....	17
2.2.3.3 Composés d'ammoniums quaternaires .....	18
2.2.3.4 Produits amphotères .....	19
2.2.3.5 Aldéhydes (formol) .....	20
2.2.3.6 Eau oxygénée .....	20
2.2.3.7 L'eau oxygénée activée ou acide péracétique .....	21
2.2.3.8 Alcool .....	21
2.2.3.9 Biguanidines .....	22
2.2.4 Techniques de désinfection .....	22
<b>Chapitre 3 : facteurs influençant le nettoyage et la désinfection</b> .....	<b>24</b>
3.1 Différents types de souillure .....	26
3.1.1 Souillure minérale .....	26
3.1.2 Souillures organiques .....	27
3.2 Contaminations .....	27
3.2.1 Contamination virale .....	27
3.2.2 Contamination bactérienne .....	27

3.2.3 Contamination par les levures et les moisissures .....	28
3.3 Biofilms .....	28
<b>Chapitre 4 : plan de nettoyage et désinfection (PND) .....</b>	<b>30</b>
4.1 Définition .....	30
4.2 Caractéristiques d'un PND .....	30
4.2.1 Equipe de nettoyage .....	31
4.2.2 Etapes du nettoyage et de désinfection .....	31
<b>Chapitre 5 : contrôle des opérations de nettoyage et de désinfection .....</b>	<b>35</b>
5.1 Inspection visuelle .....	36
5.2 Surveillance chimique .....	36
5.3 Surveillance microbiologique .....	36
5.4 Contrôle des opérations de détergence .....	36
5.4.1 Tests chimiques .....	36
5.4.2 ATP-métrie .....	37
5.4.3 Test rapide de détection de protéines/sucre réducteurs .....	37
5.5 Contrôle des opérations de désinfection .....	38
5.5.1 Méthodes par impression .....	38
5.5.1.1 Lames gélosées .....	38
5.5.1.2 Boîtes de contact .....	39
5.5.1.3 Petrifilms .....	41
5.5.2 Méthodes par frottis .....	41
5.5.2.1 Ecouvillon .....	42
5.5.2.2 éponges ou chiffonnettes .....	42
5.5.3 Cytométrie de flux .....	42
5.6 Efficacité des méthodes de quantification des micro-organismes des surfaces.....	43
<b>Conclusion .....</b>	<b>47</b>
<b>Références .....</b>	<b>48</b>

## **Introduction :**

De nos jours, les consommateurs sont devenus plus exigeants et plus vigilants sur l'innocuité des aliments vis-à-vis des additifs alimentaires, des résidus chimiques des produits agricoles et vétérinaires, des contaminants biologiques, chimiques et physiques, de la contamination radioactive. Les pratiques non contrôlées dans les industries de transformation agroalimentaires peuvent conduire à l'introduction de dangers tout au long de la chaîne de fabrication, de la production primaire jusqu'au consommateur.

Il existe plusieurs dangers, associés aux aliments qui peuvent causer des préjudices à la santé humaine, tel que les dangers biologiques qui incluent : les bactéries, les virus, les moisissures, les protozoaires, les algues et les toxines, les dangers chimiques qui incluent des additifs alimentaires, des résidus de pesticides et autres résidus agricoles, les dangers physiques qui incluent la présence de fragments de métal, de verre, ou bien la présence de pierres et des cailloux. Ces dangers peuvent se trouver dans ou sur les aliments **(FAO, 2001)**.

Cependant, le contrôle et les dispositifs de maîtrise et gestion des dangers tout au long de la chaîne de fabrication aident à éliminer les dangers et à éviter la contamination des denrées alimentaires car la présence d'un danger sûr ou dans un aliment provoque des dommages des plus bénins aux plus graves menaçant ainsi la vie.

La sévérité des maladies ou des dommages dépend souvent de la quantité d'aliments nocifs qui a été consommée ou de la quantité de l'agent ou de la substance dangereuse présents dans ou sur la nourriture lors de la consommation. Une faible quantité d'un agent nocif ou d'un matériau nocif peut fort bien ne pas avoir d'effet immédiatement observable sur la santé, mais elle peut aussi entraîner des maladies à longue échéance, voire même être une menace pour l'existence **(FAO, 2001)**.

Pour cela, afin d'offrir au consommateur un aliment sain et conservable, un certain nombre de règles d'hygiène doivent être observées :

- Partir d'une matière première de bonne qualité.
- Nettoyer et désinfecter le matériel qui sera en contact avec cet aliment.
- Assurer une bonne hygiène de l'ambiance.
- Ne pas négliger l'hygiène du personnel.
- Et bien sûr respecter les normes des opérations de transformation et de conservation des aliments **(FAO, 1993)**.

Assurer un aliment sain, en outre de toutes les mesures prises garantir sa salubrité et innocuité, passe aussi par les opérations de nettoyage et désinfection du milieu dans lequel est produit cet aliment.

Ces dernières ont pour objectif d'éliminer les salissures (déchets des produits traités, ou salissures apportées par les outils ou machines employées dans le procédé industriel) ainsi que les contaminations d'origine microbiologique et chimique.

Le nettoyage –désinfection s'organisent de la façon suivante :

-élimination des déchets préalable, souvent par un simple rinçage mécanique à l'eau.

-nettoyage par un agent chimique.

-rinçage.

-Désinfection par un agent chimique.

-rinçage suivi par séchage (**INRS, 2003**).

Cependant , les opérations de nettoyage et désinfection ne sont d'autant plus importantes que le contrôle de leur efficacité, garantir l'efficacité de procédures de nettoyage et de désinfection avant même le démarrage d'une chaîne de fabrication est un enjeu important pour l'industriel dans la gestion quotidienne de la politique d'assurance de la qualité, il importe donc qu'il dispose de méthodes rapides d'appréciation de la qualité de ces procédures(**SALVAT ET COLIN, 1995**).

Cette étude bibliographique est réalisée dans l'objectif de passer en revue tous les moyens et dispositifs permettant d'évaluer et de contrôler l'efficacité du nettoyage et de désinfection dans une industrie agroalimentaire.

C'est une synthèse bibliographique agencée en cinq chapitres : le premier chapitre comporte l'origine et les différents types de danger, le deuxième chapitre consiste sur les opérations de nettoyage et désinfection, le troisième chapitre inclut les facteurs influençant le nettoyage et désinfection, le quatrième chapitre comprend le plan de nettoyage et désinfection (PND) et le cinquième et dernier chapitre est consacré au contrôle des opérations de nettoyage et de désinfection.

## **Chapitre 1 : Origines et types des dangers rencontrés dans les aliments**

### **1.1 Définition du danger**

**Danger** : tout agent biologique, chimique ou physique, présent dans les denrées alimentaires pouvant avoir un effet néfaste sur la santé (**DECRET EXECUTIF N° 17-140, 16/04/2017**).

La notion de danger dans un aliment renvoie à tout agent ayant le potentiel de causer des effets indésirables sur la santé des consommateurs. Il y a danger lorsqu'un aliment est exposé à des agents dangereux qui entraînent sa contamination. Ces dangers peuvent être biologiques, chimiques, physiques, allergènes, nutritionnels ou de par leur nature, liés à la biotechnologie (**ACIA, 2014**).

Les dangers peuvent être introduits dans les aliments en tout temps, durant la récolte, la formulation et la transformation, l'emballage et l'étiquetage, le transport, l'entreposage, la préparation ou le service (**ACIA, 2014**).

Le danger est à différencier du risque qui est défini comme suit :

### **1.2 Définition du risque :**

**Risque** : fonction de la probabilité d'un effet néfaste pour la santé et de sa gravité, du fait de la présence d'un (des) danger(s) dans une denrée alimentaire (**DECRET EXECUTIF N° 17-140 16/04/2017**).

La notion du danger est donc à ne pas confondre avec la notion du risque qui, dans le contexte de la sécurité des denrées alimentaires, désigne une fonction de la probabilité d'un effet néfaste sur la santé (par exemple, contracter une maladie) et de la gravité de cet effet (décès, hospitalisation, absence au travail ...) lorsque le sujet est exposé à un danger spécifique (**BOUTOU, 2008**).

### **1.3 Types de dangers et leurs origines :**

#### **1.3.1 Danger biologique :**

Il y a danger biologique lorsque des organismes dangereux ou pathogènes sont introduits dans des aliments. Les dangers biologiques comprennent les bactéries, les virus et les parasites qui ont une incidence importante sur la santé publique (**tableau N°1**).

Les organismes dangereux qui sont introduits dans les aliments peuvent provenir de l'environnement (bactéries du sol, eau de ruissellement agricole), de pratiques sanitaires inadéquates ou d'une contamination croisée qui survient durant le transport, la manipulation, la transformation et l'entreposage (de mauvaises pratiques d'hygiène alimentaire). La nature et

l'importance de la prolifération bactérienne sont fonction en partie de la nature de l'aliment, des conditions d'emballage et de l'environnement d'entreposage (ACIA, 2014).

#### **1.3.1.1 Bactéries :**

Les bactéries sont des microorganismes unicellulaires existant dans divers habitats. Elles peuvent vivre librement (dans le sol, l'air ou l'eau) ou en symbiose (dans l'intestin ou les muqueuses des animaux et des humains). Elles ont un large éventail de propriétés enzymatiques, biochimiques et pathogènes(ACIA, 2014).

L'ingestion d'aliments contaminés par des microorganismes pathogènes ou leurs sous-produits toxiques peut causer des maladies d'origine alimentaire. Ces dernières peuvent prendre la forme d'une infection ou d'une intoxication, ou des deux. Une maladie d'origine alimentaire causée par une infection peut prendre des jours ou des semaines à se manifester, ce qui complique souvent l'identification de l'agent causal. D'un autre côté, une maladie causée par une intoxication apparaît souvent dans les heures suivant la consommation de l'aliment suspect. Les intoxications sont causées par des toxines qui sont produites par le microorganisme, soit dans l'aliment lui-même, soit après l'ingestion(ACIA, 2014).

#### **1.3.1.2 Virus :**

Contrairement aux autres microorganismes, les virus actifs sont constitués de segments uniques d'ADN ou d'ARN contenus dans une mince couche de protéines et ne peuvent survivre sans leurs hôtes vivants. Les virus peuvent être très infectieux et souvent pathogènes. Ils se multiplient en s'introduisant dans une cellule hôte dont ils modifient la fonction pour qu'elle réplique des composantes virales. Les virus sont généralement introduits dans les aliments en raison de mauvaises pratiques de manipulation par des personnes infectées (mauvaises pratiques d'hygiène personnelles) ou par des ingrédients contaminés (eau contaminée)(ACIA, 2014).

#### **1.3.1.3 Parasites :**

Un parasite est un organisme qui tire d'un organisme hôte la nourriture nécessaire à son développement et à sa reproduction. Ils sont généralement nuisibles.

Les parasites se retrouvent dans les aliments de la même façon que les virus (par une mauvaise hygiène personnelle ou par des ingrédients contaminés)(ACIA, 2014).

#### **1.3.1.4 Autres dangers biologiques :**

D'autres dangers biologiques peuvent survenir dans les aliments :

- les prions, aussi appelés particules protéiques infectieuses, ce sont des organismes infectieux faits de protéines. Ils causent certaines maladies chez les humains et les

animaux, dont l'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB) ou « maladie de la vache folle », maladie du système nerveux évolutive et mortelle(ACIA, 2014).

- Les champignons, comprennent les moisissures et les levures. Ils peuvent être bénéfiques, comme dans la production de certains aliments (fromages). Mais certains produisent des substances toxiques, appelées mycotoxines, qui sont dangereuses aussi bien pour les humains que pour les animaux (FAO, 2001).

❖ Les dangers biologiques peuvent provenir de plusieurs sources telle que :

- les ingrédients reçus, y compris les matières premières
- la contamination croisée sur les lieux de transformation ou d'entreposage
- les employés
- les surfaces en contact avec les aliments
- l'air
- l'eau
- les insectes et les rongeurs (ACIA, 2019)

**Tableau N°1 : exemples de dangers biologiques(FAO, 2001).**

<b>Bactéries</b>	<b>Virus</b>	<b>Parasites</b>
<p><b>Bactéries sporulantes :</b>  <i>Clostridium botulinum</i>  <i>Clostridium perfringens</i>  <i>Bacillus cereus</i></p> <p><b>Bactéries asporulantes :</b>  <i>Brucella abortis</i>  <i>Brucella suis</i>  <i>Campylobacter jejuni</i>  <i>Escherichia coli</i>  <i>enteropathogène</i>  <i>Listeria monocytogenes</i>  <i>Salmonella spp</i>  <i>Shigella</i>  <i>Staphylococcus aureus</i>  <i>Streptococcus pyogenes</i>  <i>Vibrio cholerae</i>  <i>Vibrioparahaemolyticus</i>  <i>Vibriovulnificus</i>  <i>Yersinia enterocolitica</i></p>	<p>Virus de l'hépatite A et E</p> <p>Groupe des virus Norwalk</p> <p>Rotavirus</p>	<p><i>Cryptosporidium parvum</i></p> <p><i>Diphyllobotrium latum</i></p> <p><i>Entamoeba histolytica</i></p> <p><i>Giardia lamblia</i></p> <p><i>Ascaris lumbricoides</i></p> <p><i>Taenia solium</i></p> <p><i>Taenia saginata</i></p> <p><i>Trichinella spiralis</i></p>

**1.3.2 Dangers chimiques :**

Les contaminants chimiques peuvent exister naturellement dans les aliments ou y être ajoutés pendant leur traitement. À dose élevée, des produits chimiques nocifs ont été associés à des intoxications alimentaires aiguës et à faible dose et répétitive, ils peuvent être responsables de maladies chroniques (FAO, 2001).

### ❖ Exemples de dangers chimiques :

Les dangers chimiques peuvent avoir des natures et des origines très différentes (Tableau N°2), une série d'exemples est citée ci-dessous :

- les produits chimiques utilisés exprès dans la transformation des aliments (tel que les agents technologiques, additifs alimentaires),
- les produits chimiques qui sont des sous-produits de la transformation (tel que les nitrosamines, chloramines),
- la contamination chimique provenant du matériel (tel que les joints de soudure au plomb),
- les produits chimiques industriels (tel que les agents de nettoyage, huiles, essence, lubrifiants, ammoniac),
- les substances toxiques naturelles (tel que les produits végétaux, animaux ou microbiens, notamment les mycotoxines, histamines, les biotoxines marines),
- les produits chimiques agricoles (tel que les pesticides, antibiotiques, fongicides, rodenticides, algicides, engrais),
- les éléments nutritifs (tel que le surenrichissement en vitamines ou en minéraux)
- les allergènes alimentaires (tel que les arachides, noix, graines de sésame, lait, œufs, poisson, crustacés, mollusques, soja et blé), incluant les sources de gluten et de sulfites. (ACIA, 2019).

### ❖ Origines de la contamination chimique :

La contamination des aliments peut survenir de différentes façons :

- par l'environnement (air, sol, eau)
- par l'utilisation intentionnelle d'agents chimiques, comme les pesticides et les médicaments vétérinaires
- par les procédés de fabrication
- par l'ajout d'additifs alimentaires (ACIA, 2014).

**Tableau N°2 :Exemples de dangers chimiques (FAO, 2001).**

<b>Composés chimiques naturels</b>	<b>Contaminants chimiques industriels</b>	<b>Contaminants provenant de l’emballage</b>
Allergènes Mycotoxines Scombrottoxines (histamine) Ciguatoxine Toxines de champignons Toxines de coquillages	Polychlorures de biphényles (PCB) Produits d'agriculture : (Pesticides, Fertilisants, Antibiotique, Hormones de croissance) Composés et éléments toxiques : (Plomb, zinc, cadmium, mercure, arsenic, cyanures) Additifs alimentaires Vitamines et minéraux Contaminants (Lubrifiants, Agents de nettoyage, Agents de désinfection, Agents de protection, Peintures, Réfrigérants, Agents de traitement de l'eau et chaudière, Raticides/insecticides)	Composés de plastification Chlorure de vinyle Encre d’étiquetage/codage Adhésifs Plomb Etain

**1.3.3. Dangers physiques :**

Certaines maladies et lésions peuvent résulter de la présence de corps étrangers dans les aliments. Ces dangers physiques peuvent résulter de contamination et/ou de mauvaises

pratiques à plusieurs étapes de la chaîne alimentaire depuis la récolte jusqu'à la consommation, y compris les étapes au sein de l'unité de transformation(FAO, 2001).

Les matières étrangères comprennent toutes les matières qui peuvent se retrouver dans un aliment et qui y sont étrangères (**Tableau N°3**). Ces matières ne sont habituellement pas toxiques, mais elles sont associées à l'insalubrité des conditions de production, de transformation, de manipulation, d'entreposage et de distribution.

Une matière étrangère peut être dangereuse en raison de sa dureté, de sa conformation acérée, de sa taille ou de sa forme. Elle peut causer des lacérations, des perforations et des blessures ou peut présenter un danger d'étouffement (**ACIA, 2014**).

**Tableau N°3 : exemples de dangers physiques(FAO, 2001).**

<b>Dangers</b>	<b>Danger potentiel</b>	<b>sources</b>
Verre	Coupures, saignement –peut nécessiter une opération pour le trouver ou l'extraire	Bouteilles, ampoules à néon, ustensiles, couvre-outils, etc.
Bois	Coupures, infection, étouffement - peut nécessiter une opération pour le trouver et l'extraire	Champs, palettes, caisses en bois, bâtiments
Pierres	Étouffement, dents cassées	Champs, bâtiments
Métaux	Coupures, infection - peut nécessiter une opération pour les trouver et les extraire	Équipement, champs, fils de fer, employés
Isolants	Étouffement - effet à long terme s'il s'agit d'amiante	Matériaux des bâtiments
Os	Étouffement	Mauvais traitement
Plastique	Étouffement, coupures, infection - peut nécessiter une opération pour le trouver et l'extraire	Emballage, palettes, équipement
Objets personnels	Étouffement, coupures, dents cassées - peut nécessiter une opération pour le trouver et l'extraire	Employés

## Chapitre 2 : Nettoyage et désinfection

Le nettoyage et la désinfection sont des prérequis (ISO 22000), nécessaires à la sécurité des denrées alimentaires : ce sont des activités de base indispensables pour maintenir un environnement hygiénique approprié à la production d'aliment sains pour la consommation humaine(**GARRY, 2011**).

Dans les industries agroalimentaires (IAA), les surfaces des équipements ne doivent pas constituer une source de contaminations pour les aliments qui entrent en contact avec elles. Les opérations de nettoyage en fin de fabrication éliminent une partie notable des micro-organismes apportés par les aliments. Mais cette élimination est insuffisante, et un traitement complémentaire s'impose : c'est la désinfection(**FAO, 1993**).

Le nettoyage et la désinfection sont parmi les opérations les plus importantes de l'IAA et ce pour diverses raisons :

- La qualité des produits finis est souvent influencée par des goûts étrangers dus à des développements microbiens. Ces développements se font au dépend de résidus du produit présent dans l'appareil ou dans un récipient après utilisation, ou à partir de dépôts qui se forment lors du traitement de certains produits comme la bière, le lait, ...
- L'aptitude au traitement thermique est fortement dépendante de la population initiale. En effet, quand on stérilise ou on pasteurise un produit par la chaleur, le temps du traitement dépend de la charge microbienne initiale. Il est beaucoup plus long si cette charge n'est pas réduite par un nettoyage préliminaire. Ceci augmente le coût du traitement et risque de diminuer la qualité du produit.
- Les souillures peuvent renfermer des microorganismes pathogènes et, par conséquence, constituer une source de contamination très dangereuse pour les produits alimentaires.
- La présence de résidus tels des croûtes de produits séchés ou altérés, des insectes ou leurs larves, ou même des rongeurs dans les produits conditionnés peut avoir une influence catastrophique sur l'opinion du consommateur(**EL ATYQY, 2018**).

En industrie alimentaire, on distingue deux grandes catégories de surfaces sur lesquelles on peut effectuer les opérations de nettoyage et de désinfection. Les surfaces alimentaires, c'est-à-dire celles qui seront ou pourront être en contact avec les denrées et les

surfaces non alimentaires qui ne sont jamais directement au contact des aliments (sols, plafonds, murs, etc.).

Pour les surfaces alimentaires, les méthodes, de nettoyage et de désinfection répondent à des critères précis.

Les surfaces non alimentaires doivent être maintenues propres en permanence pour éviter des contaminations croisées entre des zones mal entretenues et les surfaces alimentaires, voire les denrées elles-mêmes(FAO, 1993).

## **2.1.Nettoyage**

### **2.1.1. Définition :**

Selon codex alimentarius, le nettoyage est défini comme étant l'élimination des souillures, des résidus d'aliments, de la saleté, de la graisse ou de toute autre matière indésirable(CAC/RCP 1-1969, 2011).

Le nettoyage est une opération qui consiste à éliminer d'une surface donnée toute souillure visible ou invisible pouvant s'y trouver. La surface ainsi nettoyée est alors qualifiée de physiquement propre (FAO, 1993).

Il permet à la fois d'éliminer des salissures organiques (graisses, sang, e, amidon, protéines dont allergènes,...) et inorganiques (sels minéraux, rouille, résidus de carbonisation). Il permet également d'éliminer des corps étrangers.

A lui seul, il n'est pas une garantie de décontamination(DABEZIERS ET AL., 2015).

Le nettoyage constitue la première partie d'un cycle au cours duquel il est associé nécessairement à la désinfection. Il consiste à éliminer d'une surface donnée toute souillure visible ou invisible pouvant s'y trouver. Ceci est réalisé par la détergence, processus selon lequel, des salissures sont détachées de leur substrat et mises en solution ou en dispersion, et qui est la résultante de plusieurs phénomènes physicochimiques, aidés par certaines réactions chimiques et survenant aux interfaces de trois phases : support /souillure / détergent(VINCENT, 1999).

Les opérations de nettoyages seront plus efficaces si elles sont précédées par un pré-nettoyage

☞ **Le pré nettoyage** : Cette opération est différente d'une industrie à l'autre et dépend beaucoup du type de matériel à nettoyer. Elle dépendra directement de la méthode utilisée pour réaliser les étapes postérieures du nettoyage et de la désinfection (FAO, 1993).

Il consiste à dégager au maximum l'aire de lavage, il est réalisé par :

- Rangement (les palettes vides ou chargées seront dégagées ou rangées ; les cartons seront éloignés afin de ne pas être mouillés ; les outils seront rangés, etc.).
- Démontage du matériel.
- Balayage, raclage, ramassage et en résumé toute opération qui a pour but d'éliminer les souillures les plus grossières (FAO, 1993).

### **2.1.2 Détergents :**

L'opération consiste en l'application d'un produit à action détergente, autorisé pour le nettoyage des matériels au contact des denrées alimentaires. Ce produit doit pouvoir décoller du support, mettre en solution et empêcher la redéposition des souillures organiques et minérales ; il permet également d'extraire ces débris prisonniers des interstices, des fissures, etc(SALVAT ET COLIN, 1995).

Le choix de ce produit chimique s'établira en fonction de la nature des principales souillures rencontrées et des matériaux utilisés ; trois grandes catégories sont proposées (GUÉRIN, 1986) :

#### **2.1.2.1. Produits alcalins (Soude, potasse, etc) :**

Sont particulièrement actifs sur les souillures organiques car ils saponifient les graisses et solubilisent les protéines(GUÉRIN, 1986).

Il existe quatre sous-classes de détergents alcalins : les alcalins forts, moyens, doux et chlorés :

- Les alcalins forts : on y retrouve la soude, la potasse caustique et les silicates. Ces derniers sont moins puissants et utilisés pour leur pouvoir tampon et surtout comme inhibiteurs de corrosion de matériaux comme l'aluminium.
- Les alcalins moyens : Cette sous-classe contient principalement les phosphates dont l'utilisation est de plus en plus limitée à cause de leurs effets néfastes sur l'environnement. Les polyphosphates ont un bon pouvoir adoucissant sur l'eau.
- Les alcalins doux : On y retrouve les carbonates. On utilise les alcalins doux pour le lavage d'équipements en aluminium ou tout autre métal mou et pour le lavage manuel requérant un brossage.
- Les alcalins chlorés : On a recours le plus souvent à ces derniers pour aider à décoller les résidus protéiques abondants et collés à la suite d'un traitement thermique ou d'une acidification. Le plus utilisé est l'hypochlorite de sodium. Ces produits sont irritants et ne doivent jamais être mélangés à des produits acides ceci pour éviter la formation de gaz chlore (DUPUIS ET AL., 2002).

### **2.1.2. 2. Produits acides :**

On appelle détergents acide toute composition à caractère acide ayant pour fonction de participer à l'élimination d'une souillure formée sur une surface, cette souillure peut être de nature variée : minérale, organique, mixte ou microbiologique (**MOURCEL, 1998**).

Sont généralement utilisés afin d'éliminer les dépôts de tartre (eau dure) et pour rénover les surfaces en acier inoxydable(**GUÉRIN, 1986**).

On peut citer : l'acide nitrique, l'acide sulfurique, l'acide chlorhydrique, l'acide phosphorique, l'acide sulfamique(**FAO, 1993**).

### **2.1.2.3. Produits organiques (tensioactifs) :**

Peuvent fréquemment être incorporés dans la composition des produits alcalins ou acides cités précédemment.

Ils ont la particularité de conférer à ceux-ci le pouvoir d'abaisser la tension superficielle de l'eau, réduisant ainsi sa tendance à former des gouttes et des perles sur les surfaces nettoyées (augmentation du pouvoir mouillant) (**EDELMEYER ET YVERNAULT, 1980**).

Le caractère fondamental de ces produits est l'amphiphilie, c'est à dire la présence dans la molécule de deux groupements ayant des caractères de solubilité totalement différents :

- a. Un groupement soluble dans l'huile ou les solvants qui sont dit lipophile.
- b. Un groupement soluble dans l'eau et insoluble dans l'huile qui est dit hydrophile (**FAO, 1993**).

Certaines substances que l'on retrouve fréquemment sous la dénomination de «détergent-sanitnant» ont la particularité de pouvoir combiner cette action détergente (alcaline) à un principe actif reconnu comme ayant une action désinfectante (chlore, par exemple). Cette formule permet, dès cette seconde phase, une destruction des microorganismes, mais elle ne saurait être suffisante, la présence de matière organique à ce stade risque d'inhiber l'action de la molécule désinfectante(**GUÉRIN, 1986**).

### **❖ Propriétés de détergents :**

Les différents détergents sont caractérisés par des propriétés d'action variables, elles sont résumées dans le **tableau N°4**.

**Tableau N°4 : Propriétés d'un détergent(PACCARD ET FOUCHER, 2003).**

Les propriétés	caractéristiques	But
<b>1-pouvoir mouillant</b>	il abaisse la tension superficielle de l'eau et augmente ainsi le pouvoir mouillant de l'eau	<b>MOUILLER</b>
<b>2-pouvoir dispersant et émulsionnant</b>	Il y a : -une désagrégation partielle des salissures -et formation de micelles. On obtient ainsi une émulsion	<b>DECROCHER</b>
<b>3-pouvoir moussant</b>	S'il y a de la mousse, celle-ci se charge (ou piège) de nombreuses salissures solides	<b>EVACUER</b>
<b>4-pouvoir d'anti-redéposition</b>	Les micelles sont maintenues en suspension dans l'eau (maintien de l'émulsion) et ne se redéposent pas sur la surface (= le support)	

### 2.1.3. Modalités du nettoyage

Deux niveaux doivent être considérés :

- **La détersion** : elle consiste à détacher les souillures des surfaces sales.

Elle peut se faire par action mécanique : à l'aide d'un jet d'eau sous pression, la saleté est alors littéralement pulvérisée ; elle est toujours complétée par des opérations de balayage, raclage, brossage, grattage.

Elle peut également se faire par action chimique : c'est l'utilisation des produits chimiques pour l'élimination des protides, matières grasses et des glucides sur les surfaces ou dans les récipients(ROZIER, 1990).

- **Le rinçage** : il permet d'entraîner les souillures vers l'égout par un courant d'eau. Il doit intervenir nécessairement après la détertion. Il assure l'élimination des souillures détachées et dispersées ainsi que les produits de nettoyage. L'eau utilisée doit être potable et de bonne qualité bactériologique. Le rinçage doit être abondant et assez long(**ROZIER, 1990**).

#### **2.1.4. Techniques de nettoyage**

Il existe deux techniques de nettoyage :

- **Technique manuelle** : lors du nettoyage mécanique, on utilise des brosses de lavage pour obtenir l'effet de décapage mécanique désiré (**GOSTA, 1995**).
- **Technique automatique** : Le Nettoyage En Place (NEP) est une technique largement répandue en industrie agro-alimentaire pour le nettoyage des systèmes fermés composés de réseaux de connections tubulaires reliant différents équipements et cuves par circulation d'eau, de détergents et/ou de désinfectants(**BENEZECH ET LALANDE, 1999**).

## **2.2. Désinfection**

### **2.2.1. Définition**

La désinfection est une opération, au résultat momentané, permettant d'éliminer ou de tuer les micro-organismes et/ou d'inactiver les virus indésirables, supportés par des milieux inertes contaminés, en fonction des objectifs fixés. Le résultat de cette opération est limité aux micro-organismes et/ou virus présents au moment de l'opération (**FAO, 1993**).

Selon codex alimentarius la désinfection : réduction, au moyen d'agents chimiques ou de méthodes physiques du nombre de micro-organismes présents dans l'environnement, jusqu'à l'obtention d'un niveau ne risquant pas de compromettre la sécurité ou la salubrité des aliments (**CAC/RCP 1-1969, 2011**).

### **2.2.2. Caractéristiques**

La désinfection consiste en l'application d'un produit autorisé à action désinfectante. Ce produit, pour être actif, doit pouvoir atteindre les micro-organismes dans tous les endroits où ils peuvent encore se trouver (bon pouvoir mouillant), mais doit également pouvoir les détruire, soit en déséquilibrant les forces électrostatique et électrodynamiques d'adhérence, soit en agissant sur un équipement vital de la cellule (action létale ou inhibition du développement)(**SALVAT ET COLIN, 1993**).

La sélection d'un désinfectant repose sur plusieurs facteurs :

- Spectre d'Activité.
- Compatibilité avec les équipements de l'entreprise.
- Présence de Résidus chimiques.
- Toxicité.
- Température.
- Dureté de l'eau.
- Concentration.
- Application.
- Temps de contact.
- Nature des souillures(**ANONYME 1, 2015**).

### **2. 2.3. Désinfectants :**

Les différents produits chimiques proposés, peuvent être classés dans différentes catégories :

#### **2.2.3.1 Composés chlorés :**

Ils agissent selon une réaction d'oxydation du matériel cellulaire et possèdent un très large spectre bactéricide. Ils doivent être utilisés dans un milieu alcalin (pH 8) et peuvent être associés à d'autres substances chimiques, à propriétés tensioactives par exemple. Ces produits sont généralement peu coûteux, mais ils présentent l'inconvénient d'être très sensibles à la présence de matière organique, nécessitant par conséquent un très bon nettoyage(**SALVAT ET COLIN, 1995**).

##### ❖ Utilisation de l'eau de Javel

Selon les désinfections à réaliser, la dose efficace d'eau de Javel est très variable. Il est donc difficile d'indiquer les doses très précises. On peut uniquement conseiller les doses moyennes à respecter pour une désinfection efficace sans risque de détérioration des matériaux à traiter. Le temps d'action doit être de 5 à 15 minutes minimum. Le rinçage est obligatoire pour tout le matériel pouvant entrer en contact avec des aliments. Le rinçage est facultatif dans les autres cas puisque l'eau de Javel se décompose progressivement en sel.

L'eau de Javel peut être utilisée pour la plupart des matériaux (bois, surfaces peintes lessivables, matières plastiques, surfaces émaillées, verre, marbre, ardoise, ciment, pierre...).

Mais il faut être très prudent en présence de métaux, notamment l'acier inoxydable et l'aluminium qui présentent un risque de corrosion. Dans ce cas, le temps de contact doit être

très bref (5 minutes maximum), suivi d'un rinçage soigné et d'un séchage immédiat(DAGIEU, 2003).

Avantages :

- Peu coûteux.
- Faible toxicité (stabilisé).
- Large spectre bactéricide – microbicide.
- Activité favorablement influencée par la température (augmentation 30% de 50 à 60 °C).
- Utilisation en milieu alcalin (favorable au nettoyage).
- Peu moussant ou non moussant.
- Facilement rinçable.
- Peut être utilisé en nettoyage et désinfection.
- Manipulation aisée(FAO, 1993).

Inconvénients :

- Mauvaise stabilité chaud.
- Perte d'efficacité au stockage.
- Sensible aux matières organiques.
- Risques de corrosion sur inox à pH < 8,0.
- Risques de corrosion accentués si l'eau de préparation contient des chlorures.
- Risques d'accident en cas de mélange avec un acide(FAO, 1993).

### 2.2.3. 2.Composés iodés et iodophores :

De nos jours, les industries alimentaires n'utilisent plus d'iode mais uniquement des iodophores qui ne sont pas, à proprement parler, des composés de l'iode mais des mélanges d'iode et de substances tensio-actives. Les produits iodés ainsi formulés agissent en phase acide alors que les produits chlorés agissent en phase alcaline.

Les spectres d'action de l'iode et du chlore sont voisins. Tous deux sont actifs contre les micro-organismes, y compris les virus. Pour l'un comme pour l'autre, l'addition d'un mouillant (qui se trouve automatiquement dans l'iodophore) améliore l'action désinfectante(FAO, 1993).

Avantages :

- Spectre bactéricide large (moins actif que le chlore sur les spores plus actif sur les cellules végétatives).

- Grande activité à faible dose (concentration 6 à 8 fois plus faible que le chlore en l'absence de souillures organiques).
- Bonne mouillabilité grâce aux tensio-actifs.
- Faible toxicité.
- Efficace à froid.
- Peut être utilisé en détartrage et désinfection.
- Manipulation relativement aisée **(FAO, 1993)**.

Inconvénients :

- Instable à la température (sublimation 43 °C).
- Irritant pour les yeux.
- Corrosion (pH acide).
- Coloration de certaines matières (caoutchouc, matières plastiques).
- Mauvaise tenue au stockage (doit être stocké à des températures inférieures à 40 °C).
- Sensible aux matières organiques (moins que le chlore).
- Difficulté de rinçage.
- Très moussant.
- Peut-être instable à la lumière.
- Inefficace dans la zone des pH alcalins **(FAO, 1993)**.

### **2.2.3.3. Composés d'ammoniums quaternaires :**

L'adsorption des ammoniums quaternaires à la surface des cellules perturbe la perméabilité de la paroi ; les substances contenues dans la cellule se retrouvent dans le milieu extérieur, entraînant la destruction de celle-ci **(FAO, 1993)**.

Avantages :

- Bon pouvoir mouillant.
- Très grande stabilité.
- Non corrosif.
- Efficace contre gram +, levures moisissures.
- Peut être utilisé en milieu acide, neutre ou alcalin.
- Peu toxique **(FAO, 1993)**.

Inconvénients :

- Prix de revient élevé.
- Sensible à la présence de souillures.
- Difficilement rinçable.

- Contrôle obligatoire du rinçage.
- Moussant.
- Spectre bactéricide sélectif (gram +, levures, moisissures).
- Risques de phénomène d'accoutumance.
- Peut provoquer des phénomènes de remontées de boues sur les stations d'épuration.
- Inhibé par les agents anioniques.
- Seules certaines molécules sont autorisées en laiterie (lors de la transformation du lait contenant des bactéries lactiques, les résidus de ces produits peuvent entraîner des perturbations)(FAO, 1993).

#### **2.2.3.4. Produits amphotères :**

Ont une structure rappelant celle des acides aminés, particularité sans doute à l'origine de leur pouvoir désinfectant (dérèglement du fonctionnement cellulaire par substitution) (SALVAT ET COLIN, 1995).

Avantages :

- Peu sensibles aux souillures organiques.
- Bon pouvoir mouillant.
- Peu toxiques.
- Non corrosif.
- Activité accrue avec la température.
- Ne colorent pas les matériaux et n'ont pas d'odeur.
- Spectre bactéricide et fongicide(FAO, 1993).

Inconvénients :

- Accoutumance.
- Non virulicides.
- Moussants (difficilement rinçables).
- Action lente.
- Prix de revient élevé(FAO, 1993).

### **2.2.3. 5. Aldéhydes (formol) :**

Possèdent un très large spectre bactéricide mais ont une action relativement lente ; les produits à base de formol présentent l'inconvénient de dégager des odeurs et de provoquer des irritations ; ils ne peuvent être utilisés à basse température (chambres froides)(**SALVAT ET COLIN, 1995**).

Avantages :

- Bon spectre bactéricide.
- Non corrosif.
- Peu sensible à la présence de matières organiques.
- Ne mousse pas.
- Facilement rinçable.
- Peu Coûteux(**FAO, 1993**).

Inconvénients :

- Odeur et irritation pour les yeux et les voies respiratoires.
- Action très lente.
- Formation de résidus durs (type galalithe).
- Peu efficace à basse température.
- Résidus relativement toxiques (**FAO, 1993**).

### **2.2.3.6. Eau oxygénée :**

Les désinfectants à base de peroxyde d'hydrogène sont très appréciés en industries alimentaires car les résidus ne sont pas toxiques (décomposition en eau et en oxygène). C'est pour cette raison qu'ils sont utilisés pour stériliser les emballages avant soutirage aseptique. A cet effet, on travaille à des concentrations importantes et à une température élevée pour réaliser une désinfection complète dans le temps court imparti (quelques secondes)(**FAO, 1993**).

Avantages :

- Efficace sur bactéries gram + et gram-.
- Utilisation en milieu acide ou neutre.
- Pas de corrosion.
- Pas de problème de mousse.
- Pas de résidus toxiques.
- Facilement rinçable(**FAO, 1993**).

Inconvénients :

- Peu efficace sur spores, levures et moisissures. Spectre essentiellement bactéricide.
- Surtout efficace à  $T^{\circ} > 60^{\circ}\text{C}$ .
- Temps de contact prolongé nécessaire.
- Sensible aux matières organiques.
- Perte d'efficacité au stockage(**FAO, 1993**).

#### **2.2.3.7. L'eau oxygénée activée ou acide péracétique :**

Il est obtenu par combinaison d'acide acétique et d'eau oxygénée ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) et se décompose en acide acétique et oxygène. Il possède un large spectre d'activité bactéricide et sporicide à température ambiante(**AMGAR, 1998**).

Avantages :

- Spectre microbicide complet : bactéries, spores, levures, moisissures, virus, bactériophages.
- Actif à basse température.
- Non moussant.
- Facilement rinçable.
- S'utilise en milieu acide (facilite le détartrage).
- Stable au stockage (beaucoup plus stable que  $\text{H}_2\text{O}_2$ ).
- Pas de résidus toxiques(**AMGAR, 1998**).

Inconvénients :

- La solution en présence de chlorures peut devenir corrosive.
- Nécessite un bon nettoyage préalable (sensible aux matières organiques).
- Corrosif sur laiton, bronze, cuivre(**AMGAR, 1998**).

#### **2.2.3.8 Alcools :**

L'alcool éthylique est un bon désinfectant bactéricide mais qui n'a pas d'activité sporicide, il existe aussi d'autres dérivés : l'éthanol qui a une efficacité bactéricide supérieure à l'alcool(**AMGAR, 1998**).

Avantages :

- Action rapide.
- Incolores.
- Ne laissent pas de résidus sur les surfaces du fait de leur volatilité(**AMGAR, 1998**).

Inconvénients :

- Spectre incomplet (non sporicide)
- Inflammables
- Produits coûteux(AMGAR, 1998).

#### 2.2.3.9. Biguanidines :

Le Chlorhexidine est le représentant le plus connu de cette famille, ils ont l'avantage de présenter un large spectre notamment en synergie avec les ammoniums quaternaires (AMGAR ,1998).

Avantages :

- Peu corrosifs.
- Non moussants.
- Peu influencés par les matières organiques.
- Incolores.
- Facilement rinçables.
- Plus actifs que les ammoniums quaternaires sur les bactéries gram-(AMGAR, 1998).

Inconvénients :

- Spectre limité :
  - très actifs sur bactéries.
  - activité faible sur moisissures.
  - non adapté pour champignons et spores bactériennes.
- pH d'action limité ( $6 < \text{pH} < 8,5$ ).
- Produit coûteux (AMGAR, 1998).

#### 2.2.4. Techniques de désinfection

On distingue deux principales techniques de désinfection :

➤ Désinfection thermique :

Consiste en un traitement de destruction des microorganismes par la chaleur. Comme toute opération de désinfection, elle est appliquée après le nettoyage.

Elle peut être notamment utilisée :

- lorsque l'utilisation d'un désinfectant chimique n'est pas souhaitée.
- pour désinfecter des zones qui ne sont pas accessibles par un désinfectant chimique.
- pour éliminer des microorganismes résistants à une ou plusieurs molécules chimiques ou, utilisée en alternance avec la désinfection chimique, pour éviter leur sélection.

Elle est réalisée au moyen :

- d'eau chaude ou bouillante : elle peut être également utilisée en combinaison avec un détergent ou un désinfectant chimique.
- d'eau surpressée (uniquement pour des équipements métalliques).
- ou de vapeur (uniquement pour des équipements métalliques ou résistants).

Son efficacité est conditionnée par l'application d'un barème temps – température.

Les matériaux ne doivent pas être dégradés par le traitement thermique. La désinfection thermique est efficace si la conception du matériel permet une application correcte de la chaleur sur toutes les surfaces de l'installation(**ANONYME 2, 2012**).

➤ Désinfection chimique :

C'est une opération qui consiste à utiliser des produits désinfectants ayant une activité bactéricide et fongicide ainsi que sporicide, dans le but de débarrasser les surfaces de leurs germes d'altération du produit alimentaire ou de germe dangereux pour le consommateur(**AMGAR, 1998**).

L'action d'un désinfectant est possible grâce à des molécules chimiques qui ciblent certains micro-organismes en particulier. On peut citer les activités suivantes :

- Bactéricide : Qui tue les bactéries.
- Fongicide : Qui tue les champignons microscopiques.
- Virucide : Qui tue les virus.
- Sporicide : Qui tue les spores.
- Fongistatique : Qui stoppe le développement des champignons microscopiques.
- Bactériostatique : Qui stoppe le développement des bactéries (**CRUZEL, 2020**).

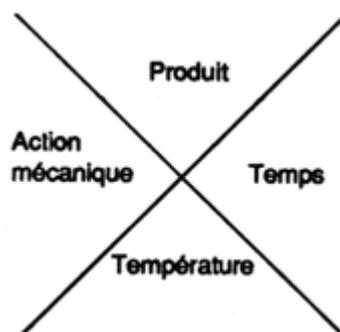
### Chapitre 3 : Facteurs influençant le nettoyage et la désinfection

Le nettoyage et la désinfection doivent être réalisés selon la technique de TACT (Température, Action mécanique, Concentration et Temps) pour garantir que les équipements et l'environnement de fabrication des denrées alimentaires sont maintenus dans un état d'hygiène satisfaisant(AFNOR ,2016).

On peut résumer le processus d'application de l'hygiène en quatre facteurs distincts :

- le produit (la concentration).
- l'action mécanique,
- la température,
- le temps.

La présence de ces quatre facteurs (Figure N°1) est indispensable et leur combinaison est variable. Quelle que soit la méthode mise en œuvre et l'organisation choisie, ils sont toujours présents et la diminution de l'un est toujours compensée par l'augmentation d'un ou de plusieurs des autres(FAO, 1993).



**Figure N°1** : les quatre facteurs influençant le nettoyage et la désinfection(FAO, 1993).

➤ **facteur produit** : Le problème le plus important dans les industries alimentaires se situe plus au niveau du respect de la concentration pendant le processus de lavage. En résumé, on peut dire qu'une concentration trop élevée provoque :

- Une perte de produit actif.
- Des résultats non améliorés.
- Un rinçage plus délicat.
- Des risques de traces.
- Des problèmes de rejets.
- Apparition de phénomènes annexes (mousse par exemple).
- Difficulté de manipulation(FAO, 1993).

Alors qu'une concentration trop basse provoque :

- Des résultats insuffisants (restes de souillures physiques et microbiologiques).
- Perte de produit puisqu'il y a consommation sans efficacité.
- Un manque d'inhibiteurs provoquera l'attaque des surfaces(**FAO, 1993**).

➤ **Action mécanique** : L'action mécanique est un facteur très important pour l'efficacité du nettoyage. Elle crée des forces qui permettent de détacher les souillures et de les disperser dans le produit de nettoyage, détergent ou désinfectant(**ANONYME 1, 2015**).

Une action mécanique peut être :

-Un brossage, un raclage, un grattage.

- L'agitation de la solution de détergent ou de la pièce à nettoyer (nettoyage par trempage-immersion).

- La vitesse de circulation de la solution dans le tuyau, au cours du Nettoyage En Place (NEP).

-La pression avec laquelle est projetée la solution (jet sous pression)(**ANONYME 1, 2015**).

➤ **Température** : L'action thermique influe sur le résultat qualitatif de l'activité de nettoyage et de désinfection. En règle générale, une augmentation de température augmente l'activité du produit désinfectant. Mais une température trop élevée peut augmenter la toxicité des produits par libération de vapeurs toxiques(**DUCRUET, 2010**).

Elle influence par différentes actions :

- Permet d'abaisser la tension superficielle, si bien que l'on a pu dire que l'eau chaude était déjà un détergent.

- Accélère la plupart des réactions chimiques et en particulier, la saponification et l'hydrolyse.

- Ramollit les huiles, graisses et cires et facilite ainsi la pénétration du détergent.

- Constitue aussi un mode d'agitation efficace par mouvements de convection et d'ébullition.

- Facilite la désinfection(**DUCRUET, 2010**).

➤ **Temps** : Le temps d'action est un facteur que l'on cherche toujours à minimiser.

Cependant, il faut respecter un certain temps d'action pour les détergents et les désinfectants, afin que leur action chimique vis à vis des souillures puisse avoir lieu, surtout dans le cas des mousses. Attention, certains produits détergents ou désinfectants peuvent avoir une action de corrosion des supports sur lesquels ils sont appliqués(**ANONYME 1, 2015**).

Le temps de contact produit-surface dépend de la nature du détergent, et est précisé sur la fiche technique de chaque produit. En général, ce temps est de 20 à 30 minutes pour les détergents, et de 20 minutes à plusieurs heures pour les désinfectants(ANONYME 1, 2015).

### 3.1. Différents types de souillure

Les souillures ou salissures sont des composantes des denrées alimentaires plus ou moins dégradées, ou modifiées par la chaleur, le froid, l'humidité, la lumière, l'oxygène et /ou par les microorganismes(PLUYETTE, 1995).

L'étude de la nature des surfaces, des souillures et des contaminations s'impose pour mieux comprendre les opérations de nettoyage et de désinfection afin de les pratiquer convenablement (ROZIER, 1990).

Il existe deux types de surfaces :

- Surface inerte : Une étude menée sur la résistance des surfaces a montré que les matériaux en acier inoxydable et en aluminium donnent les meilleurs résultats. Ces matériaux présentent une bonne dureté et une bonne résistance à la corrosion par les aliments et par les agents de nettoyage(POUMEYROL, 1985).
- Surface vivante : Il s'agit de la peau qui peut être souillée et souille à son tour ce qu'elle touche ; les poils servent d'encrage à la crasse, les glandes sudoripares et sébacées sont des repères de germes divers qui s'échappent régulièrement, entraînés par la sueur ou le sébum(MFOUAPON NJUEYA, 2006).

#### 3.1.1. Souillures minérales

Elles sont le plus souvent issues de l'eau utilisée dans les processus de fabrication ou issues de fragments de produits eux –mêmes.On peut citer les plus fréquentes suivantes :

- le carbonate de calcium : Il se présente sous forme de cristaux très fins, mats, en plaques ou sous forme de revêtement continu souvent friable.
- Le phosphate de calcium : il précipite en créant un réseau de phosphate tricalcique cristallin ou amorphe en plaques d'aspect blanc mat finement mamelonné et dur.
- les sels de l'acide tartrique : ce sont des cristaux brillants très durs.
- Le sel (Na Cl) : il peut souiller les surfaces en y formant un revêtement uniforme de couleur blanchâtre ou hétérogène(DUCOULOMBIER, 1975).

Ces dépôts minéraux entraînent l'entartrage dû à la transformation du bicarbonate en carbonate et qui a pour effet :

- D'alcaliniser l'eau.
- D'acidifier la vapeur (corrosion).
- De former des dépôts sous forme de plaques(DIALLO, 2002).

### 3.1.2. Souillures organiques

Les souillures organiques sont des refuges et des garde-manger à microbes. Une souillure incrustée peut être à l'origine d'une corrosion des surfaces sous-jacentes. Le métabolisme des microorganismes peut entraîner la libération d'acide organique, d'ammoniac à l'origine de la détérioration des substrats(DUCOULOMBIER, 1975).

Ce sont des fragments macroscopiques de produits qui peuvent renfermer des microorganismes pouvant s'y multiplier(DIALLO, 2002).

Ces souillures sont de trois types :

- **Les souillures à dominante lipidique** : qui sont insolubles dans l'eau et forment avec elle des émulsions ou suspensions instables
- **Les souillures à dominante glucidique** dont le caractère est très différent en fonction de la constitution
- **Les souillures à dominante protéique** qui sont constituées le plus souvent de grosses molécules, plus ou moins combinées à d'autres corps chimiques.(DUCOULOMBIER, 1975).

## 3.2. Contaminations

Lorsque les conditions sont favorables (humidité, température, nourriture), les microbes se multiplient rapidement(SENE, 1996).

### 3.2.1 Contamination virale

Les virus ne peuvent pas se multiplier dans le milieu extérieur mais sont responsables de maladies diverses parmi lesquelles certaines sont transmissibles par les aliments (poliomyélite, hépatite A)(CARLIER, 1986).

Cependant, quelques espèces peuvent être très résistantes aux produits et aux méthodes de désinfection généralement employés(CARLIER, 1986).

### 3.2.2 Contamination bactérienne

La différenciation de cette catégorie est faite selon le classement suivant :

- **Les bactéries à Gram négatif** présentant une sensibilité inconstante aux désinfectants usuels. Elles peuvent développer une résistance vis-à-vis de certains désinfectants

- **Les bactéries à Gram positif non sporulées et aux formes végétatives à gram positif sporulés** : ce sont celles qui présentent le moins de problème au cours de la désinfection car étant peu protégées par leur parois.
- **Les spores de bactéries à Gram positif** : très résistantes dans le milieu extérieur (spores de *Clostridium*, celles de *Bacillus*)(**ROZIER ET BOLNOT, 1985**).

### **3.2.3. Contamination par les levures et les moisissures**

Certaines levures sécrètent des substances, de nature polysaccharidique qui peuvent prendre en défaut les protocoles de désinfection. Les spores de moisissures sont au moins aussi résistantes que les spores bactériennes notamment à la chaleur et au formol(**ROZIER ET AL., 1985**).

### **3.3. Biofilms :**

Un biofilm est un consortium fonctionnel de microorganismes attaché à une surface et incorporé dans des substances polymériques extracellulaires (EPS) produites par les microorganismes. La formation du biofilm, constitue une étape consécutive à l'adhésion bactérienne(**COSTERTON ET AL., 1987**).

La formation de biofilm est un processus relativement lent et peut atteindre le millimètre d'épaisseur en quelques jours en fonction des conditions de culture(**MELO ET AL., 1992**).

Les micro-organismes dans un biofilm ne sont pas uniformément distribués. Ils poussent sous forme de micro colonies emprisonnées dans une matrice intercalés de canaux très perméable à l'eau(**COSTERTON ET AL., 1994**).

La composition d'un biofilm peut être hétérogène, en raison de la colonisation par différents micro-organismes possédant différents besoins nutritionnels. Les biofilms n'existent pas nécessairement sous forme de couche uniforme sur l'ensemble de la surface du substrat. L'augmentation de la taille d'un biofilm est favorisée par le dépôt ou par la fixation d'autres solutés organiques et inorganiques et de particules présentes dans la phase liquide environnante(**MELO ET AL., 1992**).

**Pour cela, le choix du détergent et du désinfectant est en fonction de :**

- a) Le type de souillure : Les souillures peuvent être des composants du produit, en l'état ou ayant subi une transformation ou une dégradation.
- b) Le type de surface : Le détergent ou le désinfectant doit altérer au minimum le support sur lequel il est appliqué. Les supports doivent respecter les bonnes pratiques d'hygiène relatives au choix des matériaux.

- c) La dureté de l'eau : L'efficacité du détergent est fonction de la dureté de l'eau utilisée pour le nettoyage. Une eau très calcaire peut complexer le détergent et réduire son efficacité.
- d) La méthode de nettoyage : La manière de mettre en œuvre le détergent conditionne aussi son choix. La méthode utilisée ne doit pas être source de contaminations (**ANONYME 2, 2012**).

## **Chapitre 4 : Plan de nettoyage et désinfection (PND)**

### **4.1.Définition :**

Chaque unité de l'industrie agro-alimentaire doit mettre en place un "plan d'hygiène". Celui-ci consistera en un document écrit qui spécifiera les procédures d'hygiène appliquées à chacun des stades de la fabrication, ce document devra indiquer les contrôles réalisés pour s'assurer de la qualité du programme d'hygiène mis en place. Il spécifiera enfin qui sera chargé de l'application des procédures(FAO, 1993).

En pratique, il faut donc dans un premier temps, que la direction générale de l'usine soit absolument convaincue de la nécessité du plan d'hygiène. La direction nommera alors un responsable de la mise en place du plan d'hygiène. Celui-ci pourra être le directeur technique, le chef du laboratoire, le responsable qualité, etc.

Le "responsable hygiène" devra faire mettre par écrit toutes les procédures qui, en théorie, sont appliquées pour le nettoyage, la désinfection et l'hygiène du personnel ainsi que tous les contrôles qui sont effectués (FAO, 1993).

Un plan de nettoyage et de désinfection (PND) consiste à définir la fréquence et le mode opératoire des opérations de nettoyage et de désinfection des locaux et du matériel(POTIE-RIGO ET AL., 2010).

Le plan de nettoyage peut être fait en collaboration avec les fournisseurs de produits de nettoyage (ANONYME 1, 2015).

### **4.2.Caractéristiques d'un PND :**

Un plan de nettoyage et désinfection de chaque local et du matériel qui s'y trouve doit être prévu et strictement appliqué.

Il précise pour chaque pièce :

- la nature des revêtements.
- l'inventaire du matériel à nettoyer.
- la nature et la dose des détergents et désinfectants à employer.
- la méthode et la fréquence d'utilisation.
- le (ou les) opérateurs responsables de l'exécution, et le responsable du contrôle des opérations de nettoyage et désinfection (ANONYME 1, 2015).

#### 4.2.1. Equipe de nettoyage

Pour réaliser les opérations de nettoyage et désinfection, chaque unité de production peut s'orienter vers différentes solutions :

- Société de service entièrement indépendante de l'unité.
- Equipe dépendant de l'usine spécialement affectée au nettoyage et à la désinfection.
- Equipe de production en même temps chargée des opérations d'hygiène (**FAO, 1993**).

#### 4.2.2. Etapes du nettoyage et de désinfection :

Les procédures de nettoyage et de désinfection doivent suivre certaines règles fondamentales, on peut citer :

- 1) En dehors des phases de préparations des aliments pour éviter les contaminations chimiques et microbiennes. Cependant, pour réduire le risque de contamination et de pallier la nature glissante du sol, des nettoyages localisés peuvent être réalisés au cours des phases de préparation, notamment en cas de dépôts au sol de substances grasses.
  - 2) Le plus tôt possible après les phases de préparations pour limiter les adhérences des micro-organismes à leur support et la formation d'un bio-film.
  - 3) Du moins sale vers le plus sale, pour réduire le rôle de vecteur de contamination des ustensiles de nettoyage.
  - 4) Du haut vers le bas, pour ne pas salir les surfaces déjà nettoyées.
  - 5) En respectant l'intégrité des surfaces et du matériel par l'utilisation de produits et de matériel adapté et en respectant la concentration en produit.
  - 6) En respectant le temps d'action : lorsque le temps d'exposition est insuffisant, l'effet est limité ; une durée d'action excessive entraîne la redéposition des souillures voire le séchage du produit. La désinfection des locaux et du matériel réfrigéré exige des temps de contact prolongés.
  - 7) En évacuant vers la plonge le petit matériel dès qu'il est sale pour ne pas créer de vecteurs de contamination dans les locaux de travail.
  - 8) En rangeant le matériel nettoyé à l'abri de nouvelles contaminations (**ANONYME 3, 2009**).
- ❖ Les plans de nettoyage sont décomposés en plusieurs étapes, 4 ou 6 selon la dissociation ou non du nettoyage et de la désinfection (**Tableau N°5**).

L'utilisation d'un produit comportant à la fois un détergent et un désinfectant permet de regrouper les étapes de nettoyage et désinfection. On aura alors un plan de 4 étapes :

- Pré-nettoyage
- Nettoyage-désinfection
- Rinçage final
- Séchage

**Tableau N°5 : les différentes étapes du nettoyage/désinfection(ANONYME 1, 2015).**

	<b>Objectif</b>	<b>Action</b>	<b>Remarques</b>
<b>RANGEMENT ET PRÉNETTOYAGE</b>	Dégager la zone de travail Éliminer les plus grosses souillures, visibles et adhérentes	Evacuation des déchets Dégagement des supports : Raclage, ou pré-lavage à l'eau chaude (50-60°C) sous basse (4-5 bars) ou moyenne pression (20- 30 bars), l'eau froide est totalement inefficace	Le pré-nettoyage est important car l'élimination des souillures les plus grossières permet d'augmenter l'efficacité des produits de nettoyage et de désinfection qui seront appliqués ultérieurement.
<b>NETTOYAGE</b>	éliminer les souillures visibles (déchets d'aliments ...).	Utilisation d'un détergent, qui facilite le décollement des souillures Les méthodes d'application du détergent peuvent être variées : aspersion, trempage, lavette, éponge, balai.	L'efficacité du détergent sera accrue si sa température, sa concentration et son temps d'action sont optimisés
<b>RINÇAGE INTERMÉDIAIRE</b>	éliminer les souillures résiduelles, éliminer les traces de détergent ou de mousse encore présentes et favoriser l'action du désinfectant appliqué à l'étape suivante.	Utilisation d'eau claire en aspersion, circulation par jet à basse pression.	La quantité d'eau résiduelle après rinçage doit être la plus faible possible, car elle risque de diluer le désinfectant, qui sera alors moins efficace

<b>DÉSINFECTION</b>	réduire le nombre de microorganismes restant sur les surfaces et les matériels, notamment les pathogènes.	par l'action d'un désinfectant. Le désinfectant peut être appliqué par pulvérisation, trempage, circulation ou par aspersion ou brumisation sur les surfaces et les matériels.	Son action ne sera efficace que si l'opérateur respecte le temps d'action
<b>RINÇAGE FINAL</b>	éliminer les traces de solution désinfectante.	par utilisation d'eau potable (jet basse pression, aspersion ou circulation d'eau) après avoir laissé agir le désinfectant,	C'est une étape qui est souvent négligée, mais importante.
<b>SÉCHAGE</b>	Eviter une nouvelle multiplication des microorganismes ayant résisté aux opérations de nettoyage/désinfection Limiter la corrosion	éliminer l'eau de rinçage, à l'aide par exemple de raclettes en caoutchouc. Utilisation de papiers à usage unique afin d'éviter la dispersion des micro organismes	

## **Chapitre5 : Contrôle des opérations de nettoyage et de désinfection**

Il ne suffit pas de choisir un programme de nettoyage et désinfection et de l'appliquer, mais il faut aussi s'assurer de son efficacité. Cette dernière est évaluée suite à des contrôles préétablis qui permettent d'une part de s'assurer que le programme de nettoyage et désinfection est effectivement appliqué et d'autre part de s'assurer qu'il est efficace(**EL ATYQY, 2018**).

Les opérations de nettoyage et de désinfection doivent être validées et reproductibles. Leur validation s'intègre dans un processus permettant de garantir la qualité du produit fini, répondant à des spécifications précises. Elle doit être un moyen pour lutter efficacement contre les risques de contaminations chimiques, microbiologiques et particulaires(**ANONYME 4, 2014**).

Si les professionnels de l'agro-alimentaire doivent s'assurer de l'efficacité de leurs procédures de nettoyage et désinfection, ceux-ci sont plus dans une démarche de vérification périodique (la période de contrôle dépend souvent du volume de production mais aussi de la sensibilité du produit au danger biologique) que de qualification ou validation de ces opérations de nettoyage et désinfection. Pour cela, ils utilisent dans la plupart des cas des méthodes permettant de vérifier la qualité microbiologique des surfaces, contrôlant donc ainsi l'efficacité globale du process (nettoyage et désinfection, que ces deux opérations soient réalisées simultanément ou l'une après l'autre). L'efficacité du nettoyage (ou détergence) est rarement vérifiée en IAA(**GARRY, 2011**).

Les opérations de nettoyage et désinfection, qu'elles soient réalisées simultanément ou l'une après l'autre, font, par conséquent, partie de programmes pré-établis (et prérequis) permettant le maintien d'un bon environnement hygiénique de production, d'entreposage et/ou de transport. Elles doivent être précisément décrites dans le plan de maîtrise sanitaire de l'entreprise. En production, les bonnes pratiques d'hygiène impliquent la nécessaire vérification de la réalisation et de l'efficacité de ces opérations(**ANSES, 2014**).

Le contrôle du nettoyage et désinfection est réalisé de deux façons : La première consiste à un travail de suivi et de contrôle visuel afin de s'assurer de la propreté des locaux, machines et ustensiles ; la deuxième consiste à la réalisation des tests microbiologique afin de s'assurer que le programme de nettoyage et désinfection demeure efficace(**EL ATYQY, 2018**).

### **5.1. Inspection visuelle**

Elle nécessite une bonne vision et surtout un sens de l'observation. Elle est la plus simple et permet de mettre en évidence : l'absence de résidus organiques, de traces de minéraux, le degré de rangement, la présence d'éléments inutiles, etc(**DUCOULOMBIER, 1975**).

### **5.2. Surveillance chimique.**

Il s'agit de s'assurer de l'élimination totale des produits de nettoyage et de désinfection pouvant se trouver au contact direct ou indirect avec les aliments. On utilise couramment la mesure du pH des eaux de rinçage ou directement sur la surface, des bandelettes réactives ou des kits commercialisés pour rechercher les résidus de principes actifs des désinfectants comme le chlore, ammoniums quaternaires, et autres(**DUCOULOMBIER, 1975**).

### **5.3. Surveillance microbiologique.**

Elle est basée sur des méthodes classiques de croissance des bactéries. Les résultats sont obtenus trois jours au plus après la désinfection. Il est important d'incorporer un neutralisant du ou des principes actifs, afin de stopper l'action des désinfectants éventuellement résiduels après le rinçage final(**DUCOULOMBIER, 1975**).

### **5.4. contrôle des opérations de détergence :**

Les opérations de nettoyage (ou détergence) visent à éliminer les souillures telles que les protéines d'origine animale ou végétale qui constituent des facteurs favorisant le développement bactérien. Par ailleurs, la présence de protéines sur une surface peut réduire l'efficacité des désinfectants en piégeant des molécules actives. Par conséquent, avant toute opération de désinfection, il convient de réaliser un nettoyage (ou détergence) minutieux.

**5.4.1. Tests chimiques :** il existe sur le marché des tests « chimiques » permettant de valider ces opérations de nettoyage(**GARRY, 2011**).

Ces tests chimiques détectent la présence de résidus protéiques microscopiques. Ils indiquent ainsi le niveau de propreté des surfaces ou matériels. Ces tests sont très faciles à utiliser. Ils reposent sur des réactions colorimétriques comme l'utilisation du colorant de Biuret.

Pour cela, il existe deux types de prélèvements :

- le prélèvement est effectué avec un écouvillon (ou une bandelette) qui est ensuite transféré dans un tube contenant le réactif colorimétrique.
- le prélèvement est effectué avec une bandelette pré-imbibée avec le réactif colorimétrique.

Dans les deux cas la lecture se fait par rapport à une échelle de référence.

En fonction du kit, le seuil de sensibilité de la méthode est de 10 à 50 µg de protéine « décrochée » de la surface. Le résultat est obtenu en quelques minutes (une dizaine maximum).

Les résultats obtenus rapidement permettent d'entreprendre aussitôt les actions correctrices nécessaires en cas de défaut de nettoyage. Parfois un simple contrôle visuel, bien souvent oublié dans l'entreprise, peut être suffisant pour qualifier une opération de nettoyage(GARRY, 2011).

#### **5.4.2. ATP-métrie :**

L'ATP-métrie consiste à doser, grâce au système luciférine/luciférase, l'ATP (adénosine-triphosphate) qui est présente dans toute cellule vivante. L'ATP présent sur les surfaces peut être dosée. La technique, basée sur le principe de bioluminescence, est une réaction enzymatique traduisant une quantité d'ATP en quantité de lumière (EI ATYQY, 2018).

Les appareils utilisés sur le terrain permettent, en moins d'une minute, de connaître la quantité de résidus organiques (souillures alimentaires et microbiennes) présente sur la surface et de mettre en œuvre une action corrective immédiate lorsque cette quantité dépasse la limite fixée. L'ATP-métrie ne doit donc être utilisée que pour le contrôle de l'efficacité du nettoyage et ne peut être utilisée pour la validation d'une désinfection(ANSES, 2014).

#### **5.4.3. Test rapide de détection de protéines/sucre réducteurs :**

D'autres indicateurs de souillures que l'ATP peuvent également être utilisés pour le contrôle de l'efficacité du nettoyage, c'est le cas des protéines et des sucres réducteurs (glucose, lactose). Ces souillures peuvent favoriser le développement microbien. Des tests rapides et simples d'utilisation, détectent la présence de résidus protéiques ou de sucres réducteurs indiquant ainsi le niveau de propreté « organique » des surfaces. Ils ne détectent pas une contamination microbienne et il ne s'agit en aucun cas d'un contrôle spécifique de l'efficacité des opérations de désinfection. Ces tests, basés sur des réactions colorimétriques, sont choisis en fonction du type de contamination organique. Ainsi, par exemple, l'industrie laitière, la filière fruits ou celle des boissons sucrées auront recours aux tests « sucre » (ANSES, 2014).

## **5.5. Contrôle des opérations de désinfection :**

Le choix de la méthode sera fonction :

- de l'accessibilité et de la taille de la surface à échantillonner.
- des micro-organismes recherchés (un seul ou plusieurs microorganismes à partir du même prélèvement) et de leur distribution (**ANSES, 2014**).

### **5.5.1. Méthodes par impression :**

Il s'agit de réaliser une empreinte de la contamination par utilisation d'un dispositif permettant d'appliquer une gélose sur la surface à analyser (**ANSES, 2014**).

Ces techniques sont parmi les plus utilisées. Elles présentent l'avantage d'être disponibles sans préparation et de ne requérir qu'une incubation après le prélèvement. Un support recouvert de gélose (sélective ou non) est appliqué sur la surface à contrôler. On réalise ainsi une empreinte de la surface, les germes étant entraînés sur la gélose. Le support est ensuite placé dans une étuve, dont la température dépend du type de germe à recherche, on distingue trois méthodes de prélèvement :

- les lames gélosées.
- les boîtes de contact (dites aussi boîtes de Rozier-Pantaléon ou boîtes Rodac).
- les Petrifilms (3M)(**ANONYME 1, 2015**).

#### **5.5.1. 1. Lames gélosées :**

Les lames gélosées, également appelées lames de contact, sont constituées d'une lame de plastique rectangulaire d'environ 10 cm<sup>2</sup> recouverte d'une gélose nutritive. La gélose nutritive est appliquée sur la surface à contrôler. La plupart des lames de surfaces sont bifaces, avec un milieu de culture différent sur chacune des deux faces (**GARRY, 2011**).

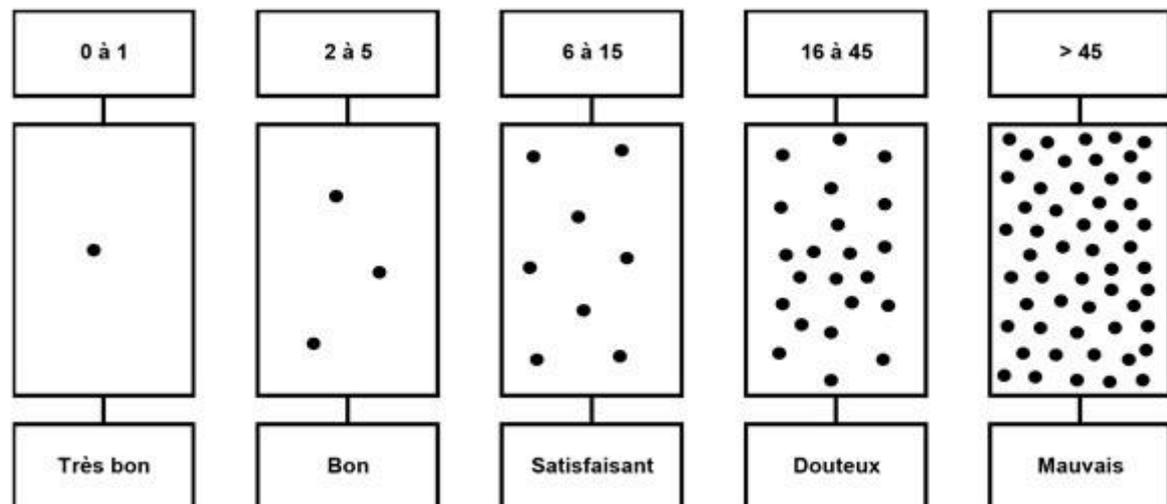
On peut distinguer deux types de lames gélosées selon leurs mode d'application :

- Les lames gélosées pliantes sont recommandées pour contrôler sur le site de fabrication : L'état de désinfection des surfaces de travail, du matériel, des mains, vêtements...par contact direct.
- Les lames gélosées non-pliantes sont recommandées pour contrôler : La qualité microbiologique d'un liquide par immersion et aussi l'état de désinfection des surfaces de travail lorsque la flexibilité de la lame n'est pas nécessaire(**GARRY, 2011**).

Dans tous les cas, leurs utilisation nécessite de dévisser le bouchon et retirer l'ensemble (lame + bouchon) du flacon sans jamais toucher les faces gélosées avec les doigts.

- Utilisation par contact :

- appliquer (10 secondes à pression constante) l'une des faces de la lame sur la surface à analyser, retourner cette lame et appliquer l'autre face sur une autre surface proche de la première.
  - revisser l'ensemble (bouchon + lame).
  - incuber à l'étuve.
  - Lire après incubation (**figure N°2**).
- Utilisation par immersion :
- prendre l'ensemble (bouchon + lame) par le bouchon et tremper la lame quelques secondes dans l'échantillon à analyser.
  - retirer la lame de l'échantillon à analyser, revisser l'ensemble sur le flacon.
  - incuber à l'étuve. Lire après incubation(**ANONYME 5, 2016**).



**Figure N°2 :** Exemple d'interprétation des résultats après désinfection des surfaces de travail pour la Flore Totale(**ANONYME 5, 2016**).

#### 5.5.1.2 Boîtes de contact :

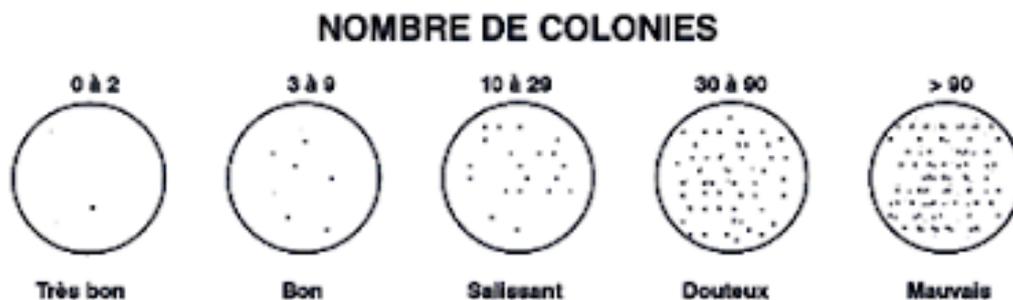
Les boîtes de contact sont des boîtes circulaires de type boîte de Pétri, d'un diamètre de 5,5 cm, contenant un milieu gélosé (milieu nutritif permettant le développement bactérien) légèrement bombé que l'on pose directement sur la surface à contrôler(**GARRY, 2011**).

Ces géloses peuvent être soit coulées directement par l'utilisateur, soit achetées toutes prêtes.

Les techniques de contrôle microbiologique des surfaces reposent sur le principe de récupération par contact en utilisant des boîtes de Pétri de contact et mise en culture des

contaminants (bactéries, levures...). Les locaux étudiés sont régulièrement désinfectés et des traces d'antiseptiques ou de désinfectants peuvent être récupérées lors des prélèvements. Leur présence dans le milieu de culture au moment de l'incubation inhibe la croissance des micro-organismes collectés Il est donc indispensable d'ajouter aux milieux de culture un neutralisant efficace, capable de supprimer leur action inhibitrice(ANSES, 2014).

- ❖ Les boîtes sont recommandées pour contrôler sur le site de fabrication :
  - l'état de désinfection :
    - des surfaces de travail.
    - du matériel.
    - des mains, vêtements... par contact direct ou après écouvillonnage.
- ❖ Dans tous les cas ne jamais toucher les faces gélosées avec les doigts.
  - Utilisation par contact :
    - Retirer le couvercle de la boîte et appliquer la face gélosée avec une force constante pendant 10 sec sur la surface à contrôler. La norme internationale ISO 18593 préconise « un temps de contact de dix secondes et une pression telle que celle exercée par une masse de 500 g »(ANSES, 2014).
    - Incuber à l'étuve.
    - Lecture après incubation(**Figure N°3**).



**Figure N°3** : Exemple d'interprétation des résultats après désinfection des surfaces de travail pour la Flore Totale(LABORATOIRE HUMEAU, 2010).

### **5.5.1.3 Petrifilms (3M) :**

Cette méthode de prélèvement est commercialisée par la société 3M. Un Petrifilm est constitué de deux films sur l'un desquels se trouve un substrat nutritif, un gélifiant soluble dans l'eau froide et un indicateur coloré qui permet de faciliter le dénombrement des colonies.

La surface échantillonnée est de 20 cm<sup>2</sup> à l'exception des Petrifilm levures/moisissures et staphylocoques qui permettent d'échantillonner 30 cm<sup>2</sup>. La surface gélosée est appliquée sur la zone à échantillonner, puis le système est incubé à la température requise pour le germe recherché. Les colonies sont ensuite dénombrées. La faible épaisseur du Petrifilm lui confère une grande souplesse, ce qui permet d'échantillonner des surfaces de formes différentes comme les arrondis, angles ou encore poignées de porte(**GARRY, 2011**).

#### **Les avantages et les inconvénients de ces méthodes directes :**

- Ces techniques ne peuvent s'appliquer qu'aux surfaces planes (plans de travail, lames de couteaux et de trancheurs ...), sauf avec les petrifilms.
- L'utilisation de surfaces trop grasses conduit à des résultats trop faibles car tous les microorganismes ne sont pas bien décrochés.
- Selon la gélose employée, on peut rechercher la présence de micro-organismes pathogènes (*Listéria* ...) ou témoins d'une contamination coliformes, flore totale.
- Les géloses doivent contenir un neutralisant efficace, supprimant l'action du produit de désinfection utilisé, afin de favoriser la croissance des micro-organismes recueillis.
- Vérifiez que le neutralisant inhibe bien l'action de votre désinfectant.
- Le délai d'obtention des résultats est long puisque les géloses nécessitent une incubation pendant 24 heures, le temps que les germes se développent. Ceci signifie que l'on ne peut pas vérifier la qualité du nettoyage avant la reprise du prochain cycle de travail : les méthodes de nettoyage ne peuvent alors être corrigées qu'à posteriori(**ANONYME 1, 2015**).

### **5.5.2. Méthodes par frottis :**

Le principe des méthodes dites par frottis est basé sur le décrochement des microorganismes par frottement de la surface, dans deux directions perpendiculaires, avec un objet frottant qui va récupérer les bactéries détachées de la surface échantillonnée.

L'utilisation des méthodes par frottis permet la recherche et le dénombrement de nombreux micro-organismes différents à partir d'un seul et même prélèvement (**ANSES, 2014**).

### **5.5.2. 1.Écouvillons :**

L'écouvillon, qui est à réserver aux prélèvements de petites surfaces (25 ou 100 cm<sup>2</sup> mesurés à l'aide d'un gabarit stérile) et aux zones difficiles d'accès. D'un point de vue pratique il suffit de frotter l'écouvillon stérile sur la surface à échantillonner(ANSES, 2014).

Après le prélèvement, l'écouvillon est placé dans du diluant. Puis le prélèvement est traité comme un échantillon classique (dilutions décimales et ensemencement de milieux spécifiques). Afin d'éviter l'inhibition de la croissance des germes par les résidus de désinfectant, le diluant doit contenir des neutralisants (GARRY, 2011).

### **5.5.2.2. Éponges ou chiffonnettes :**

Comme pour les écouvillons, les chiffonnettes ou les éponges doivent être pré-imbibées d'un diluant contenant des neutralisants afin d'annuler les effets d'éventuels résidus de désinfectant. Lorsque le prélèvement est effectué, la chiffonnettes est transférée dans un sachet stérile puis traitée comme un échantillon classique de microbiologie(GARRY, 2011).

### **5.5.2.3. Cytométrie de flux :**

La cytométrie de flux est une technique permettant de faire défiler des particules, molécules ou cellules à grande vitesse dans le faisceau d'un laser. La lumière réémise lors du passage d'une particule (par diffusion ou fluorescence) permet de visualiser et donc de dénombrer ces particules.

En utilisant des marqueurs fluorescents spécifiques d'une espèce bactérienne ou d'un groupe bactérien, il est alors possible de dénombrer les cellules correspondantes. Il est par ailleurs possible d'utiliser des marqueurs dits de viabilité qui ne marquent que les cellules vivantes. La technique de cytométrie de flux permet de dénombrer les cellules décrochées des surfaces par écouvillonnage par exemple(GARRY, 2011).

#### **✚ Remarques générales :**

- Les résultats sont toujours sous-estimés car les méthodes par impression ou l'écouvillonnage ne permettent pas de récupérer tous les micro-organismes présents sur une surface, mais seulement une fraction.
- Les résultats peuvent dépendre de la force appliquée dans le cas des méthodes par empreinte ou du protocole d'écouvillonnage.
- Le résultat de ces contrôles présente surtout un intérêt dans le suivi des tendances. Ce suivi peut être facilité en utilisant des cartes de contrôle(ANONYME 1, 2015).

### ❖ Cartes de contrôle :

Ces cartes se présentent traditionnellement sous forme de graphiques sur lesquels sont reportés chronologiquement les paramètres surveillés (contamination microbienne par centimètre carré par exemple) lors de chaque contrôle. D'un point de vue pratique il est possible de reporter un résultat individuel ou une moyenne de plusieurs dénombrements (cartes aux mesures) ou bien encore un nombre d'analyses considérées comme non conformes.

À travers l'utilisation de cartes de contrôle, on cherche à détecter la perte de maîtrise des opérations de nettoyage et de désinfection qui se manifeste alors par l'obtention de valeurs de contamination allant au-delà d'une variabilité standard. Les cartes de contrôle permettent donc de suivre l'évolution de la qualité microbiologique d'un procédé (exemple le nettoyage et la désinfection)

Lors de la mise en place d'une carte de contrôle il faut définir le niveau cible du paramètre surveillé (par exemple en cellules/cm<sup>2</sup>) ainsi que des limites de contrôle qui permettent de mettre en évidence une perte de maîtrise du procédé lorsque le paramètre se retrouve au-delà.

Il existe deux grands types de cartes de contrôle :

- les cartes non cumulatives qui permettent de prendre une décision sur la maîtrise du procédé à partir des résultats obtenus lors de chaque contrôle. Ces cartes ne mettent en évidence que des dysfonctionnements importants.
- les cartes de contrôle cumulatives pour lesquelles les résultats obtenus lors de plusieurs contrôles successifs sont cumulés afin de prendre la décision fondée sur la maîtrise du procédé (par exemple de nettoyage et désinfection). L'avantage de ce type de carte c'est de pouvoir détecter des dysfonctionnements faibles(**GARRY, 2011**).

### **5.6. Efficacité des méthodes de quantification des micro-organismes des surfaces :**

Il est important de garder à l'esprit que les empreintes et les frottis ne détachent qu'une partie des micro-organismes présents. En réalisant une série de prélèvements avec à chaque fois un nouvel objet frottant stérile au même endroit, le rendement de décrochage peut être amélioré. Donc, quelle que soit la méthode utilisée celle-ci sous-estimera systématiquement la contamination(**Tableau N°6**). Il est donc important d'utiliser toujours la même afin d'obtenir des résultats comparables. Lorsqu'il est décidé de changer de méthode, il faut que l'ancienne et la nouvelle soient appliquées simultanément pendant une durée permettant de collecter suffisamment de données pour établir des correspondances entre les deux méthodes(**ANSES, 2014**).

**Tableau N°6** : tableau de synthèse pour les méthodes de détection/ quantification à utiliser pour un suivi de l'efficacité des opérations de nettoyage et désinfection des surfaces, des matériels et des locaux(ANSES, 2014)

Méthode	Exemple	Taille des surfaces échantillonnées	Limites de la méthode/points sensibles	Avantages de la méthode
<b>Indirecte</b>				
*Décrocher les substances par frottement des surfaces à échantillonner. *Mise en contact avec le réactif colorimétrique, *Révéler la présence des molécules recherchées	ATP-métrie  protéines/sucre		*N'évalue pas de manière spécifique l'efficacité de la désinfection  *Uniquement qualitatif	*Détection rapide
<b>Par empreinte/contact</b>				
*Appliquer directement une gélose sur une surface à échantillonner.  *Incuber les géloses 24 à 72h  *Compter les colonies microbiennes	Gélose de contact  Lame de gélose  Film de gélose	20 cm <sup>2</sup>  10 cm <sup>2</sup>  20 cm <sup>2</sup>	*Echantillonnage sur surfaces sèches *sous-estimation de la contamination microbienne par le faible décrochage microbien lors du prélèvement  * certains milieux gélosés sélectifs ne permettent pas la reprise de croissance de tous	*La présence de laboratoire n'est pas indispensable  *Peu de manipulation  *Prélèvement rapide.  *La faible épaisseur du film permet d'échantillonner des surfaces arrondies

	déshydratée		les micro-organismes présents sur le prélèvement.	
<b>Par frottis</b>				
<p>*Décrocher les microorganismes par frottement des surfaces à échantillonner.</p> <p>*Suspendre et diluer le prélèvement</p> <p>* Etaler sur gélose</p> <p>* Incuber les géloses 24 à 72h</p> <p>* Compter les colonies microbiennes</p>	Ecouvillons	25 à 100 cm <sup>2</sup>	<p>*Le décrochage par frottement des contaminants est très variable et est une source importante de la variabilité de la quantification</p>	<p>*Détection et quantification de différents microorganismes à partir d'un seul prélèvement</p> <p>*Prélèvements de surfaces variées</p> <p>*Echantillonnage de zones petites ou difficiles d'accès</p> <p>*Possibilité de quantifier plus précisément par réalisation de dilution</p>
	Chiffonnettes	100 cm <sup>2</sup> à plusieurs m <sup>2</sup>		

\* La durée de l'incubation peut être prolongée plusieurs jours en veillant à l'absence de dessiccation des géloses

## Conclusion

La contamination des aliments peut survenir à n'importe quelle étape du processus de fabrication. Elle peut survenir de la production primaire jusqu'à l'étape « consommation » comme il est dit « de la fourche à la fourchette ». A cet effet, il est impératif de prendre en considération et de mettre en place des plans de maîtrise adéquats de tous les dangers et risques pouvant arriver à chaque étape de la chaîne alimentaire à savoir : la production primaire, la transformation, le stockage, le transport et la distribution afin de garantir que des mesures appropriées d'atténuation des risques sont mises en place.

Le contrôle des contaminations du matériel et des surfaces avec des plans de nettoyage et désinfection constitue une des étapes clés de la maîtrise des dangers en industrie alimentaire.

Cependant, la procédure complète de nettoyage et de désinfection ne garantit pas pour autant l'obtention d'un résultat optimal, on constate souvent que l'efficacité de nettoyage-désinfection dépend autant de la rigueur des procédures utilisées, que de la surface et le matériel sur lesquelles elles sont appliquées.

La bonne maîtrise des contaminations nécessite une application correcte des opérations de nettoyage et de désinfection, aussi une validation de l'efficacité de ces opérations, par un contrôle périodique de la qualité microbiologique des surfaces. Un objectif qui fait appel à des méthodes simples d'échantillonnage, les cartes de contrôle permettent néanmoins d'assurer un suivi minutieux du processus.

Pour conclure, l'approche actuelle du nettoyage et de la désinfection dans les industries agroalimentaires va bien au-delà de la simple démarche réglementaire.

## Références

- 1) **ACIA, 2014.** Programme des aliments importés et manufacturés, manuel d'inspection ; chapitre4 : dangers pour la salubrité des aliments, **30/09/2014**<https://www.inspection.gc.ca/salubrite-alimentaire-pour-l-industrie/directives-archivees-sur-les-aliments/non-enregistre-au-federal/inspection-des-produits/manuel-d-inspection/fra/1393949957029/1393950086417?chap=5>consulté le 26 juillet 2020
- 2) **ACIA, 2019** contrôles préventifs ; réalisation d'une analyse des dangers, **20/06/2019**<https://www.inspection.gc.ca/controles-preventifs/analyse-des-dangers/fra/1513283555932/1528205368359>consulté le 26 juillet 2020
- 3) **AFNOR ,2016.** Module de soutien ISO 22000, N°8 version 2, Identification des dangers dans l'HACCP, crée le 13-09-2016.AFNOR. France.
- 4) **AMGAR A. (1998).** Nettoyage et désinfection dans les entreprises alimentaires, Ed ASEPT. p101-106.
- 5) **ANONYME 1 : CRITT Agroalimentaire PACA, 2015,** Dossier Technique « Nettoyage et Désinfection » dans le cadre de l'action collective « Efficacité des opérations de Nettoyage et Désinfection. <http://critt-iaa-paca.com/wp-content/uploads/2015/02/Guide-Effinet-ND.pdf>consulté le 07 aout 2020
- 6) **ANONYME 2 : Guide de bonnes pratiques d'hygiène et d'application des principes HACCP pour la collecte du lait cru et les fabrications de produits laitiers, 2012**  
[https://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/documents/pdf/gph\\_lait\\_cru\\_produits\\_laitiers\\_20135957\\_0001\\_p000\\_cle82a6a2.pdf](https://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/documents/pdf/gph_lait_cru_produits_laitiers_20135957_0001_p000_cle82a6a2.pdf)consulté le 26 juillet 2020
- 7) **ANONYME 3 : DIRECTION REGIONALE DU COMMISSARIAT DE L'ARMEE DE L'AIR, 2009** Groupe de travail HACCP. Plan de nettoyage et désinfection Fascicule n°1
- 8) **ANONYME 4 : Salles Propres n° 0093 introduction, 01/09/2014.** le magazine de la maîtrise de la contamination : validation des opérations de nettoyage des équipements de production.
- 9) **ANONYME 5 : www.sanipousse.com, 13/04/2016.**bonnes pratiques d'hygiène-HACCP-traçabilité. <https://www.sanipousse.com/portfolio/lames-gelosees-detection-coliformes-germes-totaux/>consulté le 08 aout 2020

- 10) ANSES, 2014.**fiche-outil pour un guide des bonnes pratiques d'hygiène, techniques : suivi de la réalisation et de l'efficacité des opérations de nettoyage et désinfections des surfaces, des matériels et des locaux.
- 11) BENEZECH T ET LALANDE M. (1999).** Le nettoyage en place (NEP) in nettoyage, désinfection et hygiène dans les bio-industries, Ed TEC et DOC. p 341 – 380.
- 12) BOUTOU, 2008** Haccp et sécurité des aliments- résumé- [en ligne] .Editions
- 13) CAC/RCP 1-1969, REV 2011,** principes généraux d'hygiène alimentaire
- 14) CARLIER.V(1986) :** Souillures et contaminations. Paris 13-18p
- 15) COLIN P. & SALVAT G, (1993).** - The use of HACCP system in poultry production. In 11th European Symposium on the quality of poultry meat (P. Colin, J. Culioli& E.H. Ricard, édit.). Tours, France, 4-8 octobre. 462-472.
- 16) Costerton, J.W., Cheng, K.J., Geesey, G.G., Ladd, T.I., Nickel, J.C., Dasgupta, M., Marrie, T.J. (1987).** Bacterial biofilms in nature and disease. Annu. Rev. Microbiol. 41, 435–464.
- 17) Costerton, J.W., Lewandowski, Z., deBeer, D., Caldwell, D., Korber, D., James, G., 1994a.** Biofilms, the customized microniche. J. Bacteriol. 176, 2137–2142.
- 18) DABEZIERS S ; EYRAUD V ; CREUNET A, (2015) :** Nettoyage et désinfection en industrie agro-alimentaire : risque santé sécurité au travail et environnementaux. Faculté de pharmacie. Marseille université.29p.
- 19) DAGIEU N., 2003,** Nettoyage et désinfection en restauration collective. Hygiène du matériel et des locaux. –Lyon : DIFOP. -35p
- 20) DECRET EXECUTIF N° 17-140,16/04/2017**du 14 Rajab 1438 correspondant au 11 avril 2017 fixant les conditions d'hygiène et de salubrité lors du processus de mise à la consommation humaine des denrées alimentaires.
- 21) DIALLO M. O, (2002),** Contribution à l'étude des bonnes pratiques de fabrication selon le système HACCP : appréciation microbiologique des filets de poissons frais. Mémoire D.E.A. : E.I.S.M.V. : Dakar; 10.
- 22) DUCOULOMBIER A., 1975** Nettoyage et désinfection dans les industries alimentaires. -Paris : APRIA. -103p.- (Série Synthèse bibliographique ; 8)
- 23) DUCRUET L., 2010.** Bon usage des désinfectants.- Saint Genis Laval : CCLIN. -6p.

- 24) DUPUIS Ch. ; TARDIF R. ; VERGE J. ; DRAPEAU R. et HERBERT J., 2002,** Hygiène et salubrité dans l'industrie laitière (527-573) In : Sciences et technologie du lait : Transformation du lait. –Montréal : Presse internationale polytechnique. -600p.
- 25) EDELMEYER H. & YVERNAULT J.C, 1980,** - Nettoyage et désinfection dans les industries de la viande. Alimentation, 85,159-167.
- 26) EL ATYQY, 06/12/2018,** nettoyage et désinfection dans les IAA : aspects théoriques et pratiques. sciences et techniques des aliments « scientecal »<http://www.scientecal.com/cours/nettoyage-et-d%C3%A9sinfection-dans-les-iaa-aspects-th%C3%A9oriques-et-pratiques>consulté le 29 juillet 2020
- 27) FAO, 2001.** Système de qualité et de sécurité sanitaire des aliments, annexe 2 : Application de l'analyse des risques aux programmes de contrôle de la sécurité sanitaire des aliments.[http://www.fao.org/3/w8088f/w8088f35.htm#P1\\_8](http://www.fao.org/3/w8088f/w8088f35.htm#P1_8)
- 28) FAO, 1993 ;** l'hygiène dans l'industrie alimentaire.les produits et l'application de l'hygiène. <http://www.fao.org/3/T0587F/T0587F00.htm#TOC>consulté le 28 juillet 2020
- 29) FAO, 2001** système de qualité et de sécurité sanitaire des aliments, manuel de formation sur l'hygiène alimentaire et le système d'analyse des risques-points critiques pour leur maîtrise(HACCP) ; section 3.<http://www.fao.org/3/w8088f/w8088f28.htm#TopOfPage>consulté le 26 juillet 2020
- 30) FAO, 2001.**Les Négociations Commerciales Multilatérales sur l'Agriculture - Manuel de Référence - III - L'Accord sur l'Application des Mesures Sanitaires et Phytosanitaires et l'Accord sur les Obstacles Techniques au Commerce. module 10 :l'analyse des risques et le codex.<http://www.fao.org/3/X7354F/x7354f0a.htm>
- 31)FAO, 2020.** Passerelle sur la production laitière et les produits laitiers ; risques sanitaires<http://www.fao.org/dairy-production-products/products/risques-sanitaires/fr/>consulté le 29 juillet 2020
- 32)FAO, 2020.** Prioriser la sécurité sanitaire des aliments,<http://www.fao.org/publications/highlights-detail/fr/c/1279195/> consulté le 29 juillet 2020
- 33) GARRY P, 2011.** Salles propres : le magazine de la maîtrise de la contamination ; validation des opérations de nettoyage et désinfection en IAA. N°0075. 01/09/2011<http://processpropre.fr/Archives-article/Fiche/815/Validation-des-operations-de-nettoyage-et-desinfection-en-IAA>consulté le 04 aout 2020.

- 34) **GOSTA, 1995**, Dairy processing handbook. Tetra Pak processing systems AB S-221 86 Lund, Sweden.
- 35) **GUÉRIN M, 1986**, - Le nettoyage : les produits. R. T.V.A. (janvier-février), 10-22.
- 36) **INRS, 2003**. Nettoyage et désinfection dans l'industrie agroalimentaire : évaluation des expositions aux polluants chimiques, études et enquêtes 95 TF 126.  
<file:///C:/Users/pc-lenovo/Downloads/tf126.pdf>
- 37) **Maxime CRUZEL, 22/04/2020**. cours de science-CAP-filière alimentaire, les propriétés des désinfectants.  
[https://sa.maxime-cruzel.fr/sa\\_cap/co/proprietes\\_desinfectants.html](https://sa.maxime-cruzel.fr/sa_cap/co/proprietes_desinfectants.html) consulté le 26 juillet 2020
- 38) **Melo, L.F., Bott, T.R., Fletcher, M., Capdeville, B., 1992**. Biofilms: Science and Technology. In: NATO ASI Series E, Kluwer Academic Press, Dordrecht, the Netherlands.
- 39) **MFOUAPON NJUEYA M. L., 2006** Etude de la contamination des surfaces dans la restauration collective universitaire : cas du Centre des Œuvres Universitaires de Dakar (COUD) Thèse : Méd. Vét. : Dakar ; 19
- 40) **MOURCEL F., 1998**, Les produits de nettoyage et de désinfection. (75-87) in : Nettoyage et désinfection dans les industries alimentaires. -Paris : Ed. ASEPT. -238p
- 41) **PACCARD, "Sciences Appliquées aux locaux et aux équipements professionnels" Ed Foucher, 2003** [https://www.biotechno.fr/IMG/odt/cours\\_2-2.odt#:~:text=Le%20d%C3%A9tergent%20a%20un%20pouvoir%20%C3%A9mulsifiant, sont%20m%C3%A9lang%C3%A9s%20%C3%A0%20l'eau.&text=Le%20d%C3%A9tergent%20emp%C3%A8che%20les%20salissures, anti%20dred%C3%A9position%20\(dispersant\).](https://www.biotechno.fr/IMG/odt/cours_2-2.odt#:~:text=Le%20d%C3%A9tergent%20a%20un%20pouvoir%20%C3%A9mulsifiant, sont%20m%C3%A9lang%C3%A9s%20%C3%A0%20l'eau.&text=Le%20d%C3%A9tergent%20emp%C3%A8che%20les%20salissures, anti%20dred%C3%A9position%20(dispersant).) consulté le 29 juillet 2020
- 42) **PLUYETTE. J. (1995)**. Hygiène et sécurité, conditions de travail : lois et textes réglementaires. 2504 p. Techniques et Documentation (1995). MORTUREUX (Y.). Technique de l'ingénieur.
- 43) **POTIE-RIGO R ; DAVEZAT L ET MARCHE L, (2010)**, Construire un plan de nettoyage et de désinfection. Ed commission international de santé au travail (CIST) 47 ZI Jean Malèze 47240 Bon Encontre.
- 44) **POUMEYROL G., 1985** La corrosion des matériels. RTVA, (213) :5-12
- 45) **ROZIER ET BOLNOT F. (1985)**, Base microbiologique de l'hygiène des aliments. - paris : S.E.P.A.I.C. 230p.
- 46) **ROZIER J. ; CARLIER V. et BOLNOT F., 1985** Bases microbiologiques de l'hygiène des aliments. -Paris SEPAIC, 230p.

- 47) ROZIER J., 1990**, Comprendre et pratiquer l'hygiène en cuisine. –Millau : imprimerie Maury. -200p
- 48) SALVAT G et COLIN P, 1995**, Le nettoyage et la désinfection dans les industries de la viande en Europe. Rev. sci. tech. Off. int. Epiz., 1995, 14 (2), 313-327 (PDF) <https://www.oie.int/doc/ged/D8950.PDF>consulté le 10 aout 2020.
- 49) SENE B., 1996** Nettoyage et désinfection dans les industries de traitement de poisson  
Thèse : Méd. Vét. : Dakar ; 19