

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République algérienne démocratique et populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب  
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib  
Faculté des Sciences et de Technologie  
Département Sciences de la Nature et de la Vie



Projet de Fin d'Etudes  
Pour l'obtention du diplôme de Master en : Microbiologie Appliquée  
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie  
Filière : Sciences Biologiques  
Spécialité : Microbiologie Appliquée  
Thème

***Evaluation quantitative de l'exposition au Clostridium sulfito-réducteur  
apporté par les épices dans le Shawarma : cas de la région d'Ain Témouchent***

**Présenté Par :**

- 1) M. HAMIDI Weil
- 2) M. MEDJADJI Houari Ahmed

**Devant le jury composé de :**

Dr TAHARI F	M C B UAT.B.B (Ain Témouchent)	Présidente
Dr AHMED AMMAR Y	M C B UAT.B.B (Ain Témouchent)	Examinatrice
Dr. ZIANE M	M C A UAT.B.B (Ain Temouchent)	Encadrant

*Année Universitaire 2020/2021*

# Remerciements

*Avant tout, nous remercions Dieu tout puissant de nous voir donné la force, le courage, la persistance et nous a permis d'exploiter les moyens disponibles à fin d'accomplir ce modeste travail. Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.*

*J'exprime aussi mes profonds remerciements, ma vive reconnaissance et ma s'insère gratitude à Mr ZIANE Mohammed, maître de conférence classe A pour avoir accepté de nous encadrer et pour ses conseils et ses précieuses orientations qu'il n'a cessé de m'apporter tout au long de ce travail*

*Nos sincères remerciements vont aussi aux membres de jury pour l'honneur qu'ils auront fait en acceptant de juger ce travail à Dr TAHARI F, maître de conférence B, Université de Ain Témouchent, d'avoir accepté de présider le jury et à Dr AHMED AMMAR Y, maître de conférences B, qui a consacré son temps pour l'examinassions de ce travail.*

*Nous tenons aussi à remercier chaleureusement tous nos enseignants de département SNV qui nous ont suivis au long de nos études*

*Enfin, nous remercions nos familles pour leur soutien constant au long de nos études, également à tous ceux qui nous encouragés et rendus service au cours de réalisation de ce mémoire.*

*Merci à tous et à toutes*

*Weil & Ahmed Houari*



## Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui me sont chères ;*

*A toi Mon Père, Aoued, qui reste toujours mon premier maître dans la vie, en témoignage de votre affection, vos sacrifices et vos précieux conseils qui mon conduit à la réussite dans tous ce que je fais ; Je te tiens particulièrement un grand remerciement et que dieu te protège  
Inchallah.*

*A la plus belle perle du monde L'étoile de ma vie qui fait briller mes jours les plus sombres, qui réchauffe mon cœur durant toute ma vie et à l'éternité ...ma tendre mère Saadia, la source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifice. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours tout au long de ma vie. Quoique je puisse dire et écrire, je ne pourrais exprimer ma grande affection et ma profondeur connaissance. Je n'espère ne jamais te décevoir, ni trahir ta confiance et tes sacrifices. Puisse Dieu tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et Bonheur.*

*A celle qui partage ma vie dans le meilleur et dans le pire, ma sœur, Nedjma, merci de m'avoir encouragée le long de ce travail. Que dieu vous garde pour moi, sans oublier mes frères Boumediene et Réda, merci de faire partie de ma vie, aussi pour leur compréhension et encouragement*

*A mon petit prince Chahine, je ne saurai traduire sur du papier l'affection que j'ai pour Toi, j'implore Allah de te réserver un avenir meilleur*

*A ma deuxième famille ESPACE MEDICAL, Houaria, Douaa, Marwa, Nawal, Hadjer, Elias, DR GHANNEM, merci d'être un point plus que dieu vous protège.*

*A mon binôme, mon cher ami, Houari Ahmed qui m'a accompagné durant ce projet. Merci pour ta générosité et ton soutien. Que Dieu te procure tout le bonheur que tu mérites.*

*A toute la promotion SNV à qui je souhaite un bon parcours professionnel. Sans oublier ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail*

*HAMIDI Weïl*

## Dédicaces

*Du profond de mon cœur, Je dédie ce mémoire*

*A mon père, Mohamed Mokhtar,*

*Mon plus haut exemple et mon modèle de persévérance pour aller toujours de l'avant et ne jamais baisser les bras. Pour son enseignement continu à m'inculquer les vraies valeurs de la vie et pour ses précieux conseils. Puisse Dieu, à te garder et à prolonger ta vie.*

*A ma mère, AMMAMRA Badra,*

*Aucune dédicace n'exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Que ce mémoire soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse Dieu, le très haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie.*

*A mon grand adorable frère Bouhadjar, qui m'a toujours aidé avec son expérience et sa professionnalité, que dieu te protège.*

*A ma chère grande sœur Fouzia qui a commencé le chemin de réussite dans notre famille, sans n'oublie son époux BENALLAL Brahim et a les plus perles anges qui ont brillé mes jours Djihane, Djoumana j'implore Allah de te réserver un avenir meilleur*

*A ma fierté de vie, mes sources d'énergie : Zahira, Houaria, pour leur compréhension et encouragement, merci de faire partie de ma vie, puisse dieu vous garder et protéger.*

*A mon binôme, mon intime Weil, qui m'accompagné durant ce travail, merci pour ton confiance et soutien, que dieu vous aide dans votre vie professionnelle*

*A toutes la promotion SNV, merci pour votre gentillesse et compréhension Sans oublie mes amis et tous qui ont contribué de pré ou de loin de réalisé ce travail*

*MEDJADJI Houari Ahmed*

## **SOMMAIRE :**

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**Liste d'abréviations**

**INTRODUCTION** **01**

### **Partie I**

#### **SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

**I.1. Généralité sur les épices** **02**

**I.1.1. Historique des épices** **02**

**I.1.2 Définition des épices** **02**

**I.1.3 Classification des épices** **03**

**I.1.3.1 Classification basée sur les parties de plantes utilisées** **04**

**I.1.3.2 Classification basée sur l'importance économique** **04**

**I.1.3.3 Classification basée sur les exigences climatiques de la culture** **05**

**I.1.3.4 Classification basée sur l'origine de saveur** **06**

**I.1.3.5 Classification basée sur la saison de la croissance** **06**

**I.1.3.6 Classification basées sur la description botanique** **07**

**I.1.4 Epices d'assaisonnement de Shawarma** **07**

**I.1.5 La transformation des épices** **10**

**I.1.6 Contamination microbiologiques des épices** **11**

**I.1.7 Propriétés antiseptiques des extraits d'épices** **12**

**I.1.8 Propriétés antioxydants des extraits d'épice** **12**

<b>I.1.9 Qualité microbiologique des épices et des herbes aromatiques : rapport d'activité des laboratoires de la DGCCRF</b>	<b>14</b>
<b>I.2.Généralités sur <i>Clostridium</i> spp</b>	<b>15</b>
<b>I.2.1 Classification et taxonomie de clostridium sulfito-réducteurs</b>	<b>15</b>
<b>I.2.2 Habitat et le pouvoir pathogène de <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs</b>	<b>17</b>
<b>I.2.3 Infections et bactériémie impliquant <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs</b>	<b>18</b>
<b>I.2.3.1 Infection digestif</b>	<b>18</b>
<b>I.2.3.2 Bactériémie</b>	<b>19</b>
<b>I.2.4 Caractères bactériologiques et diagnostiques</b>	<b>20</b>
<b>I.2.4.1 Morphologie et structure</b>	<b>20</b>
<b>I.2.4.2 Caractères physiologiques</b>	<b>20</b>
<b>I.2.4.3 Techniques de biologie moléculaire</b>	<b>21</b>
<b>I.2.5 La sporulation et la germination des spores de <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs</b>	<b>21</b>
<b>I.2.5.1 Sporulation</b>	<b>22</b>
<b>I.2.5.2 Germination</b>	<b>22</b>
<b>I.2.6 Thermo-résistance des spores bactérienne</b>	<b>23</b>
<b>I.2.6.1 Thermo-résistance des spores de clostridium SR</b>	<b>23</b>
<b>I.2.6.2 Facteurs qui influencent la thermo-résistance</b>	<b>24</b>

## Partie II

### METHODOLOGIE

<b>II.1 Description de process de fabrication de döner Kabeb</b>	<b>25</b>
<b>II.1.1 Machine à Shawarma</b>	<b>25</b>
<b>II.1.2 Préparation de döner kabab</b>	<b>25</b>

<b>II.2 Méthodologies de l'évaluation de l'exposition</b>	<b>27</b>
<b>II.2.1 Modalité de consommation de Shawarma</b>	<b>28</b>
<b>II.2.2 Données microbiologiques</b>	<b>28</b>
<b>II.3 Modélisation de concentration de <i>Clostridium</i> spp</b>	<b>28</b>
<b>II.3.1 Concentration initiale</b>	<b>28</b>
<b>II.3.2 Evolution de <i>Clostridium</i> spp</b>	<b>28</b>
<b>II.3.3 Estimation de concentration de <i>Clostridium</i> spp à différentes Températures</b>	<b>28</b>
<b>II.4 Destruction de <i>clostridium</i> spp</b>	<b>29</b>
<b>II.4.1 Estimation de concentrations de <i>Clostridium</i> spp après le traitement thermique</b>	<b>29</b>
<b>II.4.2 Estimation de nombre de personnes ingérant une concentration <math>\geq 5</math> log ufc/MI</b>	<b>29</b>
<b>II.4.3 Simulation</b>	<b>30</b>

## Partie III

### Résultat et discussion

<b>III.1 Consommation de Shawarma dans la ville d'Ain Témouchent</b>	<b>31</b>
<b>III.2 Données sur <i>Clostridium</i> spp</b>	<b>31</b>
<b>III.2.1 Contamination initiale de <i>Clostridium</i> spp</b>	<b>31</b>
<b>III.3 Paramètres de croissance (<math>\mu_{T^{\circ}C}</math> &amp; <math>\lambda_{T^{\circ}C}</math>)</b>	<b>32</b>
<b>III.4 Paramètres de destruction de <i>clostridium</i> spp</b>	<b>34</b>
<b>III.4.1 Estimation de nombre de réduction décimale</b>	<b>34</b>
<b>III.4.2 Simulation de l'évolution de <i>Clostridium</i> enterotoxigenique</b>	<b>35</b>
<b>CONCLUSION</b>	<b>38</b>

### Liste des tableaux :

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	<b>Classification des épices selon leur description botanique</b>	<b>07</b>
<b>02</b>	<b>Description des épices utilisées pour la préparation de Shawarma</b>	<b>08</b>
<b>03</b>	<b>Contamination des épices selon JORAD n° 39 de 2017.</b>	<b>11</b>
<b>04</b>	<b>Quelques composés antioxydants</b>	<b>14</b>
<b>05</b>	<b>Résultats des analyses effectuées par la DGCCRF (1994)</b>	<b>14</b>
<b>06</b>	<b>classification du clostridium spp selon leur capacité de produire les toxines</b>	<b>16</b>
<b>07</b>	<b>Principales espèces de clostridium isolées de produits pathologiques</b>	<b>17</b>
<b>08</b>	<b>Différentes formes de cellules résistantes</b>	<b>22</b>
<b>09</b>	<b>Thermo-résistance de diverses espèces de <i>Clostridium spp</i></b>	<b>24</b>
<b>10</b>	<b>Caractéristique de principaux modules de fabrication de Shawarma</b>	<b>33</b>
<b>11</b>	<b>Estimation de nombre de réduction décimale en percentile après simulation de Monte Carlo durant la cuisson.</b>	<b>36</b>
<b>12</b>	<b>Les résultats de la simulation de l'ensemble de étapes (ou Modules) de préparation</b>	<b>37</b>

### Liste des figures :

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	<b>Les différents épices utilisées pour assaisonner la viande</b>	<b>03</b>
<b>02</b>	<b>Structures de quelques composés d'épices dotés de pouvoir antioxydant</b>	<b>13</b>
<b>03</b>	<b>Aspect macroscopique de la colonie de <i>Clostridium sulfito-réducteurs</i></b>	<b>15</b>
<b>04</b>	<b>schéma représentatif des spores</b>	<b>22</b>
<b>05</b>	<b>Appareillage de Shawarma</b>	<b>25</b>
<b>06</b>	<b>Diagramme de fabrication de Shawarma</b>	<b>27</b>
<b>07</b>	<b>Distribution de la concentration de <i>Clostridium spp</i> dans les épices (Donnée simulé à partir de donnée de Lee (2016).</b>	<b>32</b>
<b><u>08</u></b>	<b>Distribution de paramètres de croissance de <i>Clostridium</i> toxigènes dans la viande (Juneja et al., 2006). A) temps de latence (<math>\lambda_{T^{\circ}C}</math>); B) taux de croissance (<math>\mu_{T^{\circ}C}</math>).</b>	<b>33</b>
<b><u>09</u></b>	<b>Distribution de concentrations de <i>Clostridium spp</i> durant le process de fabrication. a) désossage, découpage, rinçage b) marinage c) cuisson d) chauffage</b>	<b>36</b>

## Liste d'abréviation :

**Cm** : Centimètre

**Mm** : Millimètre

**M** : Mètre

**DGCCRF** : Direction Générale de Concurrence et de la Consommation de la Répression des Fraudes.

**ARN** : Acide Ribonucléique

**PCR** : Polymerase Chain Reaction

*C.* : *Clostridium*

**USA** : United State of America

**µm** : Micromètre

**ADN** : Acide DésoxyriboNucléique

**SR** : *Sulfito-réducteur*

**T°C** : Température

**S** : Second

**Min** : Minutes

**ATCC** : American type culture collection

**a<sub>w</sub>** : Activité en eau

**MRPM** : Modular Risk Process Model

**λ<sub>T°C</sub>** : Taux de latence

**μ<sub>T°C</sub>** : Taux de croissance

**ufc** : Unité Formant Colonies

**g** : gramme

**h** : heure

**ML** : Millilitre

**log** : logarithme

# **INTRODUCTION**

Le Shawarma est un sandwich populaire à base de viande de bœuf, d'agneau ou de poulet, servi dans divers fast-foods des pays du Moyen-Orient. Les origines du Shawarma sont inconnues. Shawarma signifie "tourné" en turc, ce qui signifie que l'aliment a tourné autour d'une source de feu pendant la cuisson. Des produits similaires portant des noms différents selon les pays sont : les kebabs dona, les kebabs döner, le Shawarma, le souvlaki, le gyros, les kebabs durno et le donah (**Bryanet *et al.*, 1980 ; Anonymous,1976**). Il est préparé à la base de la viande marinée dans les épices.

Ce dernier peut être contaminées par un grand nombre de bactéries, y compris des bactéries pathogènes telles que *Clostridium* spp. (**De Boer *et al.*, 1983 ; Kneifel *et al.*, 1994 ; Krishnaswamy *et al.*, 1971 ; Pafumi, 1986 ; Rodriguez-Romo *et al.*, 1998**). En effet, les épices sont des produits à faible activité d'eau (Codex alimentaire, 2018). A cette condition, les bactéries ne peuvent pas se développer mais ne nie pas leur présence (et leurs métabolites). (**Guezlane-Tebibelet *et al.*, 2016 ; Lejeau *et al.*, 2015**). En plus ces bactéries sont résistantes au traitement thermique appliquée au döner kabab « Shawarma ».

Tenant compte de la durée de marinage et le temps d'attente après rôtissage, les spores de *Clostridium* spp. Peuvent se développer en exposant les consommateurs à des risques. En effet, la plupart des personnes infectées par *Clostridium* spp notamment *perfringens* développent une diarrhée et des crampes d'estomac dans les 6 à 24 heures suivant la consommation d'aliments contaminés. La maladie débute généralement soudainement et dure moins de 24 heures. La diarrhée peut provoquer une déshydratation, il est donc important de boire beaucoup de liquide. Cette infection ne provoque généralement pas de fièvre ni de vomissements et ne peut pas être transmise d'une personne à une autre (**Rinsky *et al.*, 2015**).

Dans ce contexte, nous tenons à rechercher et déterminer le niveau de contamination dans le Shawarma par les *Clostridium* pathogènes au moment de la consommation dans la région d'Ain Témouchent.

Pour atteindre nos objectifs, nous avons partagé notre travail en deux parties :

- ❖ Partie 1 : synthèse bibliographique relative aux épices et le groupe de *clostridium* spp ;
- ❖ Partie 2 : est consacrée à la méthodologie suivie pour déterminer la croissance du *Clostridium* spp. durant les étapes de préparation de Shawarma.

# **Synthèse bibliographique**

## 1. Généralité sur les épices

### 1.1. Historique des épices

Durant l'Antiquité, en Mésopotamie, les pays Assyriennes et Babyloniennes avaient connu les différents avantages des épices, qu'elles soient utilisées pour des propriétés cosmétiques ou médicinales (**Droniou et Cassaro, 2012**).

En Grèce, à Rome et en Egypte, les épices étaient utilisées dans la cuisine, la médecine et la fabrication des parfums ; ainsi que pour momifier les morts (**Alix, 2012**).

Au XXe siècle, avec l'industrialisation, les épices inondent le marché occidental ; et leurs saveurs exotiques sont réintroduites dans la cuisine (**Droniou, 2012**).

Au XIXème siècle, les épices étaient cultivées partout dans le monde. L'Indonésie devient un fournisseur important, mais a été remplacée par Amérique latine (**Droniou et Cassaro, 2012**).

De plus, bien qu'il n'atteigne pas aux Indes, l'ironie du sort fait qu'il découvre l'Amérique, un autre continent riche en épices.

### 1.2 Définition des épices

Le terme « épice » vient du latin « Spice » qui signifie une espèce ou substance (**Alix, 2012**). Les épices désignent toute substance végétale aromatique, piquante ou leur mélange utilisé pour donner l'arôme ou assaisonner les aliments.

En cuisine, elles sont utilisées aussi comme conservateurs ou colorant, et destinées à relever et parfumer en communiquant une saveur particulière. Un grand nombre des épices étaient impliqués en médecine. Elles peuvent dérivées de l'écorce, de fruits, des graines ou des feuilles des plantes.

Les épices sont également réputées par leurs propriétés antioxydants, antimicrobienne et médicinale. Elles aident à réduire le stress oxydatif, inhibent l'oxydation des lipoprotéines et glycation des protéines (**Naidu et al., 2002 ; Castellan et al., 2006 ; Hlavackova, 2010 ; ElBabili et al., 2011**).

Les épices sont stockées et maintenues dans des endroits secs pour valoriser leur qualité qui est effectuée par le contact avec l'air et l'humidité.



Figure 01 : Les différents épices utilisées pour assaisonner la viande.

### 1.3 Classification des épices

Les épices peuvent être classées de différentes manières en fonction des parties végétales utilisées, de l'importance économique, des exigences climatiques, de l'origine et de la saveur, des exigences de la saison et de la description botanique.

Mais aucun des classements n'est complet car chaque classement a des lacunes ou des chevauchements.

### 1.3.1 Classification basée sur les parties de plantes utilisées

Les épices peuvent être classées en fonction des parties de la plante qui doivent être utilisées (Anonyme, 2012). Différentes parties de la plante comme la feuille, la racine, le bulbe, le fruit, la graine, etc. ....

1. **Graine** : cumin, cumin noir, fenugrec, coriandre, fenouil, ajowan, pavot, anis et moutarde.
2. **Bulbe** : Oignon, ail, poireau et échalote.
3. **Ecorce** : cannelle et cassia.
4. **Fruit** : piment, cardamome, piment de la Jamaïque.
5. **Feuille** : menthe, curry, laurier, ciboulette, romarin et sarriette.
6. **Rhizome** : curcuma, gingembre, galanga.
7. **Gousse** : vanille et tamarin.
8. **Noyau** : noix de muscade.
9. **Partie florale** : safrane, sarriette, câpres, marjolaine.
10. **Bourgeon** : clou de girofle et câpres.
11. **Latex** : assa-foetida
12. **Berry** : poivre noir, genévrier, piment de Jamaïque

### 1.3.2 Classification basée sur l'importance économique

Sur la base de l'importance économique des épices cultivées en Inde, elles peuvent être regroupées en deux épices majeures et mineures (Anonyme, 2012).

#### ➤ Épices majeures

Les épices qui contribuent pour une part importante à l'industrie du commerce des épices dans le monde sont appelées épices majeures. Les épices de ce groupe sont la petite cardamome, le poivre noir, le piment, le curcuma et le gingembre. Ces épices contribuent environ 75 à 90% du total des devises obtenues grâce aux épices.

### ➤ Épices mineures

À l'exclusion de ces cinq épices majeures, toutes les autres sont appelées épices mineures. (Anonyme, 2012). Les épices mineures sont divisées en cinq sous-groupes. Ils sont mentionnés ci-dessous :

1. Épices de graines : Coriandre, cumin, cumin noir, fenouil, anis, céleri, moutarde, pavot et carvi.
2. Épices bulbeuses : Ail, oignon, poireau et échalote
3. Épices aromatiques : Clou de girofle, cannelle, piment de la Jamaïque, anis et muscade
4. Épices feuillues : Curry, menthe, romarin, laurier et persil.
5. Épices d'arbre acidulantes : Tamarin, kokam et anardana

### 1.3.3 Classification basée sur les exigences climatiques de la culture

En fonction des conditions climatiques appropriées telles que la température, la lumière du soleil, l'humidité et l'air d'une zone climatique particulière, les épices sont regroupées en trois catégories (Anonyme, 2012).

#### ➤ Épices tropicales

Les épices de cette catégorie ont besoin d'une température élevée et d'une humidité abondante. Ils sont facilement endommagés par les basses températures. Les épices tropicales sont le gingembre, le curcuma, le poivre noir, la cannelle, le kokam, le galanga, la petite cardamome et le clou de girofle.

#### ➤ Épices subtropicales

Le climat subtropical se trouve là où se trouvent trois saisons distinctes comme l'hiver, l'été et la mousson. Les basses températures se produisent en hiver et les températures élevées en été. La plupart des épices nécessitent une température relativement basse pendant leur stade végétatif ou au début de leur croissance et une température élevée au stade de la reproduction. Les exemples d'épices subtropicales cultivées en hiver sont le cumin, le fenouil,

la coriandre, le fenugrec, l'oignon et l'ail. Les épices subtropicales cultivées pendant l'été sont le curcuma et le gingembre.

### ➤ **Épices tempérées**

Les épices de ce type peuvent résister aux basses températures et au temps glacial, mais s'abîment facilement par temps chaud. Des exemples d'épices tempérées sont la thymes, le safran, la Savoie, les graines de carvi et l'assa-foetida.

### **1.3.4 Classification basée sur l'origine de saveur**

Comme montré par, les épices peuvent être classées en fonction de l'origine et de la teneur en saveur (**Anonyme, 2012**). Elles peuvent être classées comme suit:

1. ***Epices aromatiques*** : Cardamome, anis, cumin, coriandre, fenugrec et cannelle.
2. ***Epices piquantes*** : gingembre, piment, poivre noir et moutarde
3. ***Epices phénoliques***: clou de girofle et piment de la Jamaïque
4. ***Epices colorées*** : curcuma, safran et paprika

### **1.3.5 Classification basée sur la saison de la croissance**

Selon l'exigence de la saison de croissance, les épices sont regroupées en trois classes suivantes:

1. ***Epices annuelles*** : Les épices qui terminent leur cycle de vie en une seule saison de croissance sont appelées annuelles. Des exemples de ce type d'épices sont la coriandre, le cumin, le fenouil, le fenugrec, l'ajowan et le cumin noir.
2. ***Epices biennales*** : Il faut deux saisons de croissance pour compléter le cycle de vie. Des exemples d'épices bisannuelles sont l'oignon et le persil.
3. ***Epices vivaces*** : Les épices vivaces sont celles qui vivent plus de deux ans. Le poivre noir, le safran, le clou de girofle, la muscade et la cannelle sont des exemples d'épices vivaces (**Anonyme, 2012**).

### 1.3.6 Classification basées sur la description botanique

**Tableau 01 : Classification des épices selon leur description botanique**

Nom	Nom botanique	Famille	En arabe	Habitat de croissance	Pièces utilisées
Ail	<i>Allium sativum</i>	Alliacées	ثوم	Annuelle	Feuille verte et bulbe
Cumin	<i>Cuminum cyminum</i>	Apiacées	كمون	Annuelle	Fruit
Coriandre	<i>Coriandrum sativum</i>	Apiacées	كسبرة	Annuelle	Feuille et graine
Anis	<i>Pimpinella anisum</i>	Apiacées	يانسون	Annuelle	Fruit
Cumin noir	<i>Nigella sativa</i>	Apiacées	كمون اسود	Annuelle	Fruit
Fenouil	<i>Foeniculum vulgare</i>	Apiacées	الشمرة	Annuelle	Fruit
Chili	<i>Capsicum annum</i>	Solanacées	تشيلي	Annuelle	Fruit
Cannelle	<i>Cinnamomum verum</i>	Lauracées	قرفة	Arbre vivace	Ecorce de feuille et de tige
Clou de girofle	<i>Eugenia caryophyllus</i>	Myrtacées	القرنفل	Arbre	Bourgeon floral
Poivre noir	<i>Piper nigrum</i>	Piparacées	فلفل اسود	Grimpeur vivace	Fruit
Cardamome (petit)	<i>Elettaria cardamom</i>	Zingiberraeae	الهيل (الصغيرة)	Vivace	Fruit
Cardamome (grand)	<i>Amomum subulatum</i>	Zingiberraeae	الهيل (الكبيرة)	Vivace	Fruit
Curcuma	<i>Curcuma longa</i>	Zingiberraeae	كركم	Plante herbacées vivace	Rhizome
Gingembre	<i>Zingiber officinale</i>	Zingiberraeae	زنجبيل	Plante herbacées vivace	Rhizome
Feuille de curry	<i>Murraya koenigi</i>	Rutacées	أوراق الكاري	Arbuste	Feuille

#### 1.4 Épices d'assaisonnement de Shawarma

L'ensemble des épices peuvent être utilisées pour la préparation de Shawarma. Dans ce travail, nous citons les principaux épices utilisées dans la région d'Ain Témouchent (tableau 02)

Tableau 02 : Description des épices utilisées pour la préparation de Shawarma

Nom	espèce	famille	description	origine	Photo	References
Cumin	<i>Cuminum cyminum</i>	Ombellifères.	Hauteur de 20 à 60cm ; Feuilles vertes, très fines, et des petites fleurs ; Chaque fleur produit deux graines ; Les graines sont de couleur verte, de 5 à 6 mm, hérissés de longue Gout chaleureux une odeur aromatique	Asie centrale		<b>Lille (2004)</b> <b>Dridi (2005)</b> <b>Alix (2012)</b> <b>Matthyssens (1866)</b>
Curcuma	<i>Curcuma longa</i>	Zingibéracées	Le curcuma est une plante herbacée vivace  extrait de son rhizome poudreux.  une grande plante de 60 cm à 1 m d’hauteur, il est robuste et dressé. Il a multiples tiges avec des feuilles ovales et des fleurs allant de jaune à l’orange  Le rhizome : gout légèrement piquant  colorant alimentaire et conservateurs	Asie du sud ou sud-est		<b>Pélissier (2012)</b> <b>Patrick et al. (2006).</b>

Tableau 02 : Description des épices utilisées pour la préparation de Shawarma (Suite).

<p><b>Poivre blanc</b></p>	<p>Piper Nigrum</p>	<p>Pipéracées</p>	<p>Les poivres blancs sont des épices extraites des baies de différents types de poivriers. Certains chefs utilisent le poivre blanc pour éviter de colorer la sauce, et ils sont sélectionnés à la main, un par un. Il peut être utilisé pour tous les aliments : soupe, viande, ...</p>	<p>Muntok d'Indonésie, de Kâmpôt (Cambodge) et de Sarawak (Malaisie)</p>		<p><b>Noumi (1984)</b></p>
<p><b>Poivre noir :</b></p>			<p>poivre le plus piquant et le plus aromatique plante d'une hauteur de 8 à 10 m forme des grains, petit pois ; sa pellicule est brune-noir, ridée, aide la digestion, (</p>	<p>d'Inde</p>		<p><b>Ahmed et al. (2012)</b> <b>Baker (2008)</b> <b>Huguette (2008)</b> <b>Sophie (2015)</b> <b>Matthysens (1866)</b> <b>Sorlot (2014)</b> <b>Noumi (1984)</b></p>
<p><b>Paprika</b> (piment doux)</p>	<p><i>Capsicum annuum</i> <i>Paprika de Hongrie</i> <i>Paprika Royal</i></p>		<p>poudre rouge obtenue à partir des fruits mûrs, séchés et moulus du piment doux  gout piquant et légèrement épicé</p>	<p>Asi nord-africaine, espagnole, serbe, turque et hongroise</p>		<p><b>Simy D et Jacques D (1994)</b></p>

### 1.5 La transformation des épices

Azam (2008), a décrit la transformation des épices dans son livre « Small-Scale Spice Processing, ». Elle consiste à plusieurs étapes :

#### **Etape 1 : Récolte du végétal**

La récolte des épices après sa maturation (développement des composés aromatiques), est très importante pour avoir des épices de bonne qualité.

#### **Etape 2 : Nettoyage**

Les cultures d'épices sont souvent polluées par la poussière et la saleté. Donc, le nettoyage est nécessaire avant le traitement. La première phase commence par l'élimination de la poussière et de la saleté en utilisant un panier pouvant être fabriqué localement en bambou ou en palmier, car de petites machines sont disponibles pour le nettoyage mais sont rarement rentables. Après le vannage, le végétal récolté est lavé à l'eau claire et potable pour éviter la re-contamination des épices. Le lavage doit être rapide pour ne pas faire tremper les épices dans l'eau car cela réduirait la qualité.

#### **Etape 3 : Séchage du végétal**

C'est l'étape la plus importante du traitement qui garantit des épices de bonne qualité. En plus, le séchage aboutit à la diminution d'activité d'eau qui empêche la prolifération des bactéries et limite la croissance des moisissures et des bactéries de formes sporulées malgré ne nie pas leur présence. Parce que les produits qui n'ont pas bien séché causent la croissance de moisissures. En outre, la propagation de bactéries nocives dans les aliments sur certaines épices est dangereuse si elle n'est pas correctement séchée.

#### **Etape 4 : Broyage des épices**

Les épices peuvent être vendues entières ou en poudre. Le broyage peut ajouter de la valeur au produit, mais elle peut également affecter la qualité du produit. Il n'y a pas de moyen facile de déterminer si les épices assaisonnées sont pures ou adultérées. En général, les épices assaisonnées sont préparées en broyant les épices du bas et en les cassant.

#### **Etape 5 : Emballage et stockage**

Ensuite, l'épice doit être remplie rapidement dans des sacs en polypropylène épais et propres pour éviter l'accumulation d'humidité. Les épices doivent être refroidies avant de remplir les sacs et entreposées à l'abri de la lumière directe du soleil.

Les exigences d'emballage dépendent :

- du type d'épice ;
- qu'il soit moulu ou intact ;
- de l'humidité de stockage.

La plupart des épices peuvent être stockées correctement dans des sacs ou bien dans des boîtes si l'humidité n'est pas trop élevée

### 1.6 Contamination microbiologiques des épices

Selon l'origine des plantes (espèce, variété), l'écologie du milieu et selon le soin conçu par les pays producteurs (mode de récolte, de collecte, de préparation, de stockage, de conditionnement). Les épices présentent des variables importantes de qualités hygiéniques et souhaitent des traitements de décontamination.

**Tableau 03 : Contamination des épices selon JORAD n° 39 de 2017.**

Epices, mélange d'épices et herbes aromatiques séchées	<i>Escherichia coli</i>	5	2	$10^2$	$10^3$
	Anaérobies sulfito-réducteurs	5	2	$10^3$	$10^4$
	Levures et moisissures	5	2	$10^4$	$10^5$
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	$10^2$	$10^3$
	<i>Bacillus cereus</i> (2)	5	2	$10^3$	$10^4$
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	

Parmi les microorganismes identifiés dans les épices et herbes séchées, nous avons remarqué: *A. flavus*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus coagulans*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium difficile*, *Yersinia enterocolitica*...etc.

Dans ce domaine, de plus en plus de traitement par rayonnement ionisants et traitement à l'oxyde d'éthylène sont les meilleures technologies de décontamination, tant en

termes de qualité sensorielle que qualité nutritionnelle. A l'heure actuelle, on peut dire que l'état sanitaire des produits sur le marché est plus ou moins satisfaisant.

### 1.7 Propriétés antiseptiques des extraits d'épices

Dans son livre, "Le miasme et la jonquille", CORBIN nous montré qu'aux XVIII et XIXème siècles pour lutter contre les mauvaises odeurs et la pollution croissante des villes, le corps médical prônait l'usage des parfums et les attribuait au pouvoir de désinfection de l'air vicié et de stimulation de la défense de l'organisme. Nous utiliserons des herbes pour éviter les épidémies.

Aujourd'hui, l'obsession des gens d'être en danger dans un monde fortement pollué renaît, en plus, avec le retour des thérapies douces, comme l'aromathérapie, méthode de soin à base d'huiles essentielles de plante aromatique et médicinale.

En fait, seulement les épices et les herbes aromatiques, ce sont les extraits qui ont des effets antiseptiques sur les microorganismes pathogènes. Les extraits les plus étudiés, sont les origans, les armoises (**Tantaoui Elerakiet et al, 1993**), les thyms et la cannelle (**Ferhout et al., 1999**), le clou de girofle, le piment de la Jamaïque, l'oignon, l'ail (**Conner et Beuchat,1984**).

Plusieurs composés sont souvent associés comme responsables des propriétés antiseptiques des huiles essentielles : le thymol, le carvacrol, le cinnamaldéhyde, l'eugénol, le 1,8 cinéol, le camphre et les thujones.

### 1.8 Propriétés antioxydants des extraits d'épice

Depuis une quinzaine d'années, la recherche d'antioxydants naturels ou d'extraits à capacité antioxydant a suscité un grand intérêt. Par conséquence, toutes les séries de plantes, en particulier les épices ont été revues.

De nombreux composés responsables de la capacité antioxydant ont été identifiés. Ce sont principalement des phénols et polyphénols.

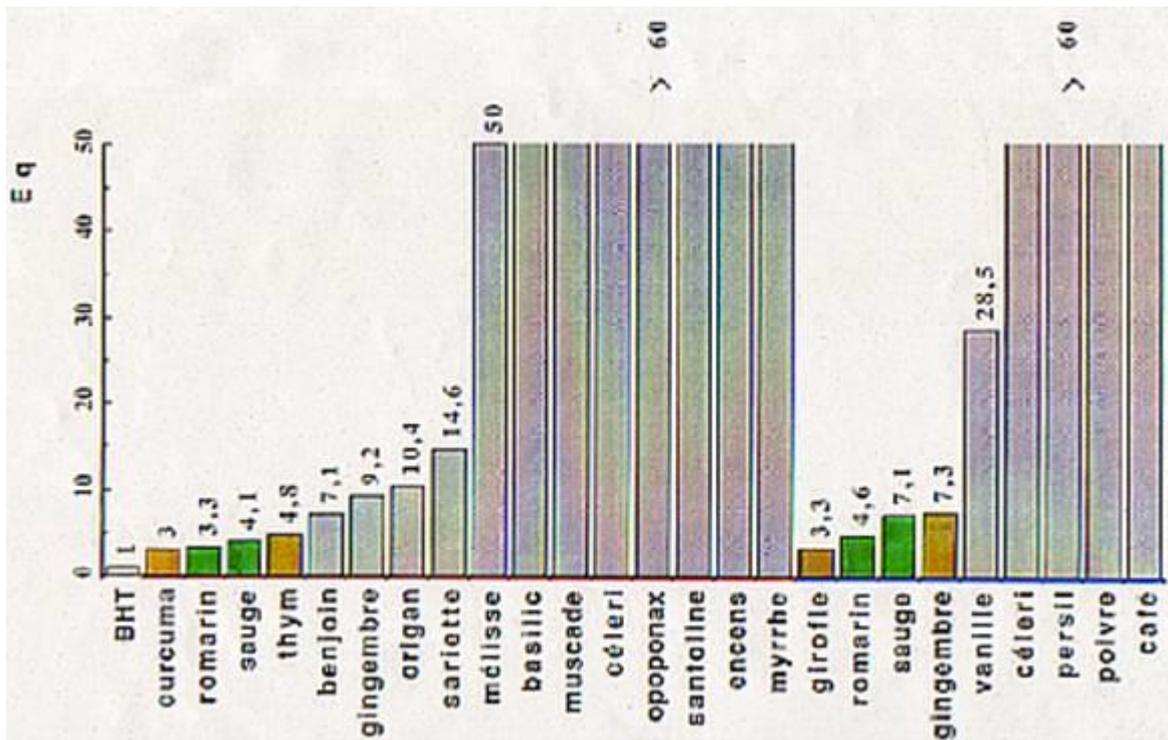


Figure 02 : Structures de quelques composés d'épices dotés de pouvoir antioxydant (Richard H, 1992).

Les huiles essentielles ou extrait de romarin, sauge, thym, origan, clou de girofle, gingembre et curcuma ont montré une excellente capacité à inhiber les réactions d'oxydations (Cuvelieret *al.*, 1990 ; 1992 et 1996). Mais parmi ces plantes, seul le romarin est devenu l'objet de développement industriel. De plus aujourd'hui sous la pression des nutritionnistes, les pouvoirs publics semblent vouloir révoquer les autorisations de ces produits, car des études de toxicité doivent être menées lorsque les extraits sont utilisés à des dosages dépassent les dosages habituels des épices.

**Tableau 04 : Quelques composés antioxydants**

Composé	Présence dans
Carvacrol Thymol Eugénol	Thym, origan, sarriette, serpolet
Vanilline Gingérols Paradols Shogaols Zingérone	Clou de girofle, piment de la Jamaïque, feuilles de cannellier Vanille Gingembre
Capsaïcine	Piments
Curcumine	Curcuma
Sinalbine	Moutarde

Source : <http://docplayer.fr/21565544-Epices-et-herbes-aromatiques.html>

### 1.9 Qualité microbiologique des épices et des herbes aromatiques : rapport d'activité des laboratoires de la direction Générale de Concurrence et de la Consommation de la Répression des Fraudes :

Au total 147 échantillons ont été prélevés dans 11 directions départementales. Des échantillons d'épices et herbes séchées, notamment paprika de Hongrie, les poivrons doux d'Afrique du sud, et tous les produits d'Afrique et d'Asie. Lors de la recherche de la bactérie *Salmonella*, un seul échantillon s'est avéré contaminé ; d'autres résultats sont présentés dans le tableau 05 ci-dessous :

**Tableau 05 : Résultats des analyses effectuées par la DGCCRF (1994)**

	Satisfaisant contamination $\leq m$	A suivre contamination $\geq m$	Non satisfaisant contamination $\geq M$
Moisissure m=102 M=104	57 (39%)	53 (36%)	37 (25%)
<i>Escherichia coli</i> m=10 M=103	139 (94,5%)	7 (5%)	1 (0,5%)
<i>Bacillus cereus</i> m=10 <sup>3</sup> M=10 <sup>4</sup>	129 (88%)	16 (11%)	2 (1%)
<i>Clostridium perfringens</i>	127 (86%)	20 (14%)	



### 2. Généralités sur *clostridium* spp

*Clostridium* est une bactérie anaérobie typique, à Gram positif, productrice de spores appartenant à la famille des *Clostridium*. Pasteur les a d'abord appelées *Vibrio* butryque, mais *Adam Prazmowski* a changé le nom de la bactérie en *Clostridium* en 1880. Son nom vient du grec kloster (κλωστήρ) ou fuseau. Les cellules végétatives sont en forme de bâtonnets et disposées en paires ou en chaînes. Il est ubiquitaire qui vit généralement dans la poussière, le sol, l'eau et les intestins des humains et des animaux (**Anne M, 2011**).



**Figure 03:** Aspect macroscopique de la colonie de *Clostridium sulfito-réducteurs*

#### 2.1 Classification et taxonomie de *clostridium* sulfito-réducteurs

*Clostridium* est considéré comme l'un des genres les plus abondants dans le monde bactérien (**Allen et al., 2003**). En effet, il existe plus de 150 espèces de *clostridium*, dont le nombre retrouvé dans les échantillons biologiques est limité et source de pathologie humaine et animale (**Hatheway et al., 1990**). Au début des années 1990, il y en avait moins de 20, et le séquençage des gènes codant pour l'ARN ribosomal 16s par méthode PCR peut confirmer l'extrême hétérogénéité de ce genre (**Collins et al., 1994**). Initialement, les *clostridium* étaient des bacilles sporulés, strictement anaérobie voire aérobie de certaines espèces, le plus souvent à Gram positif et le plus souvent mobile (**Prazmowski, 1980**).

Les espèces de *clostridium* ont une tolérance à l'oxygène différente ; certaines d'entre elles sont des bactéries anaérobies très strictes, tels que *C. novyi* ou *C. haemolyticum* tandis que d'autres sont aéro-tolérantes tel *C. tertium* et *C. histolyticum*, des nombreuses espèces ont une demande intermédiaire. Certaines espèces ont des difficultés à former des spores, comme *clostridium ramosum* (Allen et al., 2003). La coloration de Gram est généralement positive, mais il existe de rare exception : certaines espèces peuvent être Gram négatives ou mutées (*clostridium*, *symbiotic clostridium* ou *clostridium ramosum*). Certains auteurs recommandent de diviser *clostridium* en deux groupes ayant une signification cliniques différentes (Sedallian et al., 1994).

La première catégorie comprend les espèces telluriques qui pénètrent accidentellement dans l'organisme et sécrètent des exotoxines pathogènes. La deuxième catégorie est constituée d'autres espèces de *clostridium* appartenant à la flore endogène, qui provoquent souvent des infections mixtes avec d'autres anaérobies et même des anaérobies facultatifs (tableau 6). Cependant, cette classification a des limites car dans certains échantillons, il peut être démontré que des espèces de *clostridium* non toxigènes d'origine exogène et la présence d'espèces de *clostridium* toxigènes dans le tube digestif ; par exemple, *clostridium perfringens* et *clostridium difficile*, ils sécrètent des toxines et survivent dans l'environnement sous forme de spores, mais ils peuvent également se multiplier dans le tube digestif. Le tableau 7 répertorie les espèces de *clostridium* les plus fréquemment rencontrées en pratique clinique.

**Tableau 06 : classification du *clostridium spp* selon leur capacité de produire les toxines**

<b>Espèces sécrétrices des toxines</b>	<b>espèces non toxigènes</b>
<i>Clostridium botulinum</i> (A, B, C, D, E, F, G)	<i>Clostridium ramosum</i>
<i>Clostridium tetani</i>	<i>Clostridium innocuum</i>
<i>Clostridium perfringens</i> (A, B, C, D, E)	<i>Clostridium butyricum</i>
<i>Clostridium difficile</i>	<i>Clostridium bifermentans</i>
<i>Clostridium septicum</i>	
<i>Clostridium sordellii</i>	

**Tableau 07 : Principales espèces de *clostridium* isolées de produits pathologiques (USA Indiana Medical Center de 1989 à 2001)**

Espèce	Nombre	% du total
<i>C. perfringens</i>	515	20
<i>C. clostridioforme</i>	421	16
<i>C. innocuum</i>	380	15
<i>C. ramosum</i>	357	14
<i>C. difficile</i>	287	11
<i>C. butyricum</i>	113	4
<i>C. cadaveris</i>	99	4
<i>C. sporogenes</i>	49	2
<i>C. bifermentans</i>	53	2
<i>C. glycolicum</i>	44	2
<i>C. terfium</i>	39	2
<i>C. septicum</i>	42	2
<i>C. sordellii</i>	30	1
<i>C. paraputrificum</i>	23	1
<i>C. symbiosum</i>	24	1
<i>C. subferminale</i>	27	1
<i>C. baratii</i>	15	1
Autres espèces*	37	1

\* : Comprend entre autres : *C. botulinum*, *Tisseriellap raeacuta*, *C. limosum*, *C. novyi*, *C. putrificum*, *C. sphénoïdes*

### 2.2 Habitat et le pouvoir pathogène de *clostridium* sulfito-réducteurs

Les bactéries de genre *clostridium* sont largement distribuées dans l'environnement ou elles vivent de spores, elles se trouvent dans le sol, l'eau, les sédiments marins, les plantes en décomposition et les carcasses des animaux (Sedallian A, *et al.* 1994).

Certaines espèces se retrouvent dans la flore digestif normale des animaux et des humains (103 à 109 bactéries par gramme de matière fécale) (Sedallian *et al.*, 1994). Les infections à *clostridium* les plus caractéristiques sont celles causées par la présence des toxines (tableau6).

L'homme se contamine accidentellement, les *Clostridium spp* n'envahissant pas les muqueuses saines mais pénétrant dans les tissus à la faveur d'une rupture d'intégrité des téguments ou par voie digestive. Les *Clostridium spp* sont alors à l'origine de deux principaux tableaux cliniques selon la voie d'entrée de la bactérie dans l'organisme ; les complications de plaies (gangrènes, tétanos, botulisme) et les infections digestives (toxi-intoxications

alimentaires à *C. perfringens*, intoxications à *C. botulinum*, colites pseudomembraneuses à *C. difficile* ...).

Dans les pathologies non générées par la présence de toxines, les *Clostridium spp* ont le plus souvent isolés au sein d'une flore endogène poly-microbienne ce qui rend leur rôle pathogène plus difficile à établir. Ces infections sont le plus souvent associées à des facteurs prédisposant comme un traumatisme, un geste opératoire, une stase vasculaire, une estimation ou un traitement par immunosuppresseurs chez des patients suivis pour un cancer (**Allanet al., 2003**).

Dans ces conditions, les *Clostridium spp* peuvent se multiplier et générer une infection dans n'importe quel tissu de l'organisme.

### 2.3 Infections et bactériémie impliquant *Clostridium sulfito-réducteurs*

Ne seront pas détaillés ici les principaux syndromes toxiques dus à *Clostridium spp* (tétanos, botulisme, infections à *Clostridium perfringens* et à *Clostridium difficile*). La principale caractéristique de ces infections associées aux *Clostridium spp* toxinogènes est la production de gaz au niveau du site infecté (gangrène gazeuse, cholécystite emphysémateuse...). Les infections à *Clostridium spp* non toxinogènes ne présentent pas de caractéristiques particulières dans la plupart des cas. Des espèces de *Clostridium spp* ont été isolées de sites infectés (**Lorber et al., 2000**) et *Clostridium perfringens* est l'espèce la plus fréquemment rencontrée dans 20 à 30% des cas.

#### 2.3.1 Infection digestif

Comme décrit précédemment, les *Clostridium spp* sont des hôtes du tube digestif de l'homme et sont donc rencontrés dans les infections intra-abdominales d'origine endogène telles que les péritonites secondaires, les abcès intra-abdominaux ou les infections postopératoires.

On les isole dans 10 à 50% de ces infections intra-abdominales ; la plupart de ces infections sont poly-microbiennes ce qui rend délicate l'interprétation de la responsabilité de *Clostridium spp* dans l'infection.

En revanche, la mise en évidence de *Clostridium septicum* dans une infection gangréneuse profonde doit faire rechercher un cancer colique sous-jacent (**Hawkins et Riley, 1997**). Les *Clostridium spp* peuvent être aussi responsables d'infections des voies biliaires. Le tableau peut être celui d'une cholécystite banale ou d'une cholécystite gangréneuse ; le genre *Clostridium* est alors en cause dans plus de 50% des cas et plus particulièrement *Clostridium perfringens*.

Cette affection est plus fréquente chez les hommes et chez les diabétiques et doit conduire à une intervention chirurgicale précoce ainsi qu'à une antibiothérapie active sur *Clostridium spp* et les autres bactéries de la flore digestive.

### 2.3.2 Bactériémie

La plupart des études concernant les bactériémies à *Clostridium spp* ont été conduites avant les années 90 et il existe peu de données récentes ; bien que les populations analysées, les informations recueillies et les espèces isolées diffèrent, on peut en tirer quelques conclusions générales (**Benjamin et al., 2006**). Tout d'abord, les bactériémies à *Clostridium spp* ne sont pas fréquentes concernant de 0,7 à 2,6% des épisodes bactériémiques, selon les études (**Gorbach et Thadpalli, 1975 ; Ingram et Cooper, 1989**). La plupart des bactériémies n'ont pas les caractéristiques des syndromes toxiques.

*Clostridium perfringens* est l'espèce la plus fréquemment isolée, suivie par *Clostridium septicum*. Ces bactériémies sont associées à une mortalité élevée variant de 15 à 85% mais la plupart du temps restant supérieur à 40% ; elles sont fréquemment associées à des pathologies malignes comme les leucémies aiguës ou les cancers coliques.

Les portes d'entrée de ces infections systémiques sont le plus souvent digestives, cutanées (infections des tissus mous) ou gynécologiques. Dans 40 à 50% des cas, l'infection est poly-microbienne. Enfin, les interprétations et les conclusions concernant la signification clinique de ces bactériémies à *Clostridium spp* varient considérablement selon les études. Jusqu'à 50% des bactériémies sont ainsi parfois considérées comme des contaminations venant de la peau ou comme des bactériémies transitoires sans conséquence clinique (**Lorber, 2000**).

Certaines circonstances cliniques ne sont cependant plus discutées comme les bactériémies associées aux gangrènes gazeuses ou les bactériémies à *Clostridium septicum*.

Nous détaillons ici les espèces de *Clostridium* les plus souvent décrites comme étant à l'origine de bactériémies.

### 2.4 Caractères bactériologiques et diagnostiques

L'identification des *Clostridium* spp est réalisée en routine d'après des caractères morphologiques, culturels, biochimiques, voire la mise en évidence de toxines pour les espèces toxigènes.

#### 2.4.1 Morphologie et structure

Les *Clostridium* spp sont des bacilles fins (0,2 à 0,6 µm) ou épais (1-2 µm), de longueur variable, à extrémité carrées, arrondies ou en fuseau ; certaines espèces peuvent être coccoïdes ou filamenteuses (*Clostridium septicum*) (Popoff et al., 1998).

Ils forment des spores ovoïdes ou sphériques, en position sub-terminale ou terminale souvent déformantes comme *Clostridium tetani*. Ces spores sont à l'origine de la thermotolérance des *Clostridium* spp. Certains *Clostridium* spp ne sporulent que très difficilement comme *Clostridium ramosum*. Les spores entièrement constituées sont très réfringentes. Elles peuvent être sélectionnées après traitement de l'isolat par la chaleur (10 minutes à 80°C) puis inoculation de milieux solides ou liquides avec l'isolat chauffé ; seules les cultures contenant des spores permettront le développement des bactéries après chauffage.

La majorité des *Clostridium* spp sont mobiles, du fait d'une ciliature péri-triche ; cette mobilité est inhibée au contact de l'air. Elle doit être recherchée à partir de cultures en phase exponentielle de croissance (Sebal et Petit, 1997). Certaines espèces comme *Clostridium perfringens*, *C. innocuum*, *C. ramosum* sont immobiles.

Certains *Clostridium* spp dont *Clostridium perfringens* possèdent une capsule. La plupart des espèces prennent bien la coloration de Gram sauf quelques exceptions (*C. symbiosum*, *C. clostridioforme*, *C. ramosum*...etc).

#### 2.4.2 Caractères physiologiques

Les *Clostridium* spp peuvent se cultiver dans un large intervalle de températures (extrêmes de +4°C pour *C. botulinum* type E à 69°C pour les espèces thermophiles). Les températures optimales de croissance se situent pour la plupart entre 30 et 37°C.

Les spores constituent une forme de résistance et la thermo-résistance de celles-ci varie selon les espèces.

La tolérance vis-à-vis de l'oxygène est variable selon les espèces, quelques espèces pouvant pousser (sans sporuler) en présence d'oxygène comme *Clostridium tertium* ou *C. histolyticum* (Baronet *al.*, 1994).

La production de catalase est rare chez les *Clostridium spp*

### 2.4.3 Techniques de biologie moléculaire

Les méthodes conventionnelles d'identification des bactéries ont des limites ; en effet, elles ne sont pas utilisables si l'agent n'est pas cultivable. Parfois, les caractéristiques morphologiques et biochimiques du germe ne permettent pas l'identification (Alexander *et al.*, 1995) qui peut être aussi longue et difficile pour les organismes à croissance lente.

Les techniques d'amplification d'ADN par PCR sont des techniques sensibles et spécifiques qui ont permis non seulement la détection de bactéries difficiles à isoler ou à cultiver mais aussi l'identification de gènes importants (gènes de virulence, gènes codant une toxine, gènes de résistance aux antibiotiques...). Les principales espèces de *Clostridium* d'intérêt médical ont été identifiées par Gurtler *et al.* (1991) par séquençage d'ARN ribosomal 16s (Gurtler, 1991).

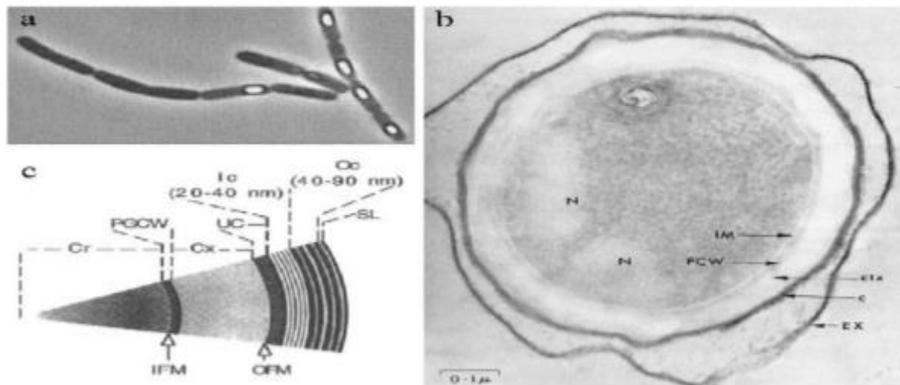
De nouvelles espèces ont ensuite été décrites et d'autres renommées et c'est toute une réorganisation de la classification des *Clostridium spp* qui est en cours (Jousimies-Somer, 2004).

### 2.5 La sporulation et la germination des spores de *Clostridium* sulfito-réducteurs

Diverses espèces bactériennes ont la faculté de former des cellules spécialisées montrant une résistance accrue à des facteurs d'environnement défavorables, notamment à une température élevée, à l'absence d'éléments nutritifs ou à la dessiccation. Un vocabulaire particulier désigne les différentes formes de cellules résistantes, résumées dans le tableau ci-dessous (Leclercet *al.*, 1995).

**Tableau 08 : Différentes formes de cellules résistantes**

	Endospore	Exo-spore	Cystes	Conidies
Thermo-résistance	Forte	Modérée	Néant	Limitée
Exemples	<i>Bacillus</i> <i>Clostridium</i>	<i>Methylosinus</i> <i>Rhodomicrobium</i>	<i>Azotobacter</i> <i>Myxococcus</i>	<i>Actinomyces</i> <i>Micromonospora</i>



**Figure 04: schéma représentatif des spores**

### 2.5.1 Sporulation

La spore provenant de la cellule végétative, elle-même est une cellule complètement nouvelle avec une structure, une composition chimique et enzymatique différente. Le phénomène de sporulation est lié à consommation des ressources nutritives dans l'environnement physique et chimique qui peut varier d'une espèce à l'autre (**Leclerc et al., 1995**)

### 2.5.2 Germination

Les conditions de culture pour dénombrement des spores dépendant les exigences particulières de la culture lors de la conversion des cellules en nouvelle cellule végétative (c'est-à-dire la germination). Cette germination comprend 2 étapes :

- Bonne germination, au cours laquelle la spore se réhydrate (elle perd sa résistance à la chaleur) et redémarrent la machinerie des synthèses des acides nucléiques et protéines.
- La cellule émerge de l'enveloppe de la spore la cellule se développe jusqu'au premier stade de division.

La germination non spontanée des spores nécessite l'apport de composé des faibles poids moléculaires et plus ou moins spécifiques de ces espèces et souche tels que le glucose, certains acides aminés, L-alanine, des nucléotides (Leclerc *et al.*, 1995 ; Meyer *et al.*, 1991). Le milieu de culture utilisé pour le dénombrement des spores doit contenir ces agents de germination, conditions qui sont généralement remplis du fait de la composition complexe des milieux habituellement utilisés.

Le temps requis pour la germination complète varie d'une spore à l'autre : il peut atteindre plusieurs jours à plusieurs semaines. Il est fréquent que la vitesse de germination ainsi que le taux de spore germée augmentent à la suite d'un chauffage modéré (on parle alors d'activation par la chaleur). Cette activation est fixée lors d'appertisation.

### 2.6 Thermo-résistance des spores bactérienne

Par conséquent, la spore est une entité avec une structure et de composition complexes, et a une excellente résistance à la chaleur. Cependant, on ne peut ignorer le fait que la spore est dans un état dormant, et qu'elle possède tous les mécanismes qui lui permettent de détecter l'état de son environnement et le mécanisme pour s'en débarrasser. Par conséquent, il existe un équilibre délicat entre la résistance, le maintien de la dormance et l'activation/germination, dans lequel différentes enveloppes jouent un rôle (Gombas, 1983).

#### 2.6.1 Thermo-résistance des spores de clostridium SR

La spore de *clostridium SR résistante* à la chaleur. Cette résistance est décrite par la valeur D, ou temps (en général exprimé en minutes) nécessaire pour réduire la concentration bactérienne à 1/10 ( $10^{-1}$ ) de sa valeur initiale à une température donnée. La valeur Z est la baisse de la température qui permet de réduire D à 1/10 de sa valeur initiale (Dromigny, 2008). Cependant, la résistance à la chaleur du clostridium SR n'est pas très élevée. Pour cette raison, qui a proposé une température de référence à 100°C au lieu de 121°C. Pour cette raison des nombreuses valeurs de DT°C de clostridium SR sont citées dans la plage de température entre 85°C à 100°C (Dromigny, 2008).

**Tableau 09 : Thermo-résistance de diverses espèces de *Clostridium spp.***

<b>Espèces</b>	<b>D120°C (en s)</b>
<i>Clostridium tetani</i>	5
<i>Clostridium thermosaccharolyticum</i>	4 à 5
<i>Clostridium sporogenes</i>	0,1 à 0,5
<i>Clostridium botulinum A ou B</i>	0,1 à 0,2

### 2.6.2 Facteurs qui influencent la thermo-résistance

Divers facteurs peuvent fortement influencer la thermo-résistance des spores. Pendant de nombreuses décennies, seule la température était prise en compte dans le calcul des barèmes de pasteurisation et de stérilisation. La tendance actuelle est l'intégration de nouveaux facteurs environnementaux jouant également un rôle prépondérant tels que le pH et l'activité de l'eau (**Merzouguietal., 2013**).

Le pH est connu pour avoir une forte influence sur la résistance thermique des micro-organismes. Un pH acide (pH = 4) du milieu lors du traitement peut provoquer une résistance thermique plus faible de spores, comparé à un pH neutre. Les spores de *clostridium* ATCC 4342 ont montré une résistance plus faible lorsque le pH de sporulation était de 5.5, par rapport à un pH égal à 7 (**Merzouguietal., 2013**).

L'activité de l'eau ( $a_w$ ) est, tout comme le pH, un élément essentiel dans la détermination de la thermo-résistance des microorganismes. A l'inverse d'un pH bas, qui favorise la destruction thermique, un faible  $a_w$  lors du traitement provoquera une augmentation de la résistance à la chaleur. En revanche, une faible activité de l'eau (<0.98) du milieu de récupération a montré une inhibition de la germination et de la croissance de spores de *clostridium* (**Merzouguiet al., 2013**).

# **Méthodologie**

Cette étude a été réalisée sur la population de la ville d'Ain Témouchent. Quant aux données microbiologiques sont collecté de la littérature.

## 1 Description de process de fabrication de döner Kabab

La préparation de döner kabab est effectuée comme montre la figure 06 :

### 1.1 Machine à Shawarma

Comme montre la figure 05, c'est un appareil de disposition verticale, muni de deux ouvertures grillagées appelées des radians par lesquels on l'allume. Il est alimenté par du gaz butane et possède deux boutons (correspondant chacun à une ouverture) qui permettent de régler la flamme.

Une tige fixée horizontalement au-dessus permet de maintenir la barre sur laquelle est empilée la viande devant la flamme.



**Figure 05 : Appareillage de Shawarma.**

### 1.2 Préparation de döner kabab

La figure 06, montre les principales étapes de préparation de Shawarma. Elles consistent à :

- Parage : consiste à débarrasser la viande de sa graisse, et des esquilles d'os ;

- Découpage en tranches favorise l'action de la marinade ;
- Marinade est préparée à partir du vinaigre, tomate conserve, moutard, ail, citron, oignon et persil ;
- Viande est trempée dans la marinade pendant 15 min, cette durée peut aller de 30 minutes à 3 heures ou même plus ;
- Tranches sont montées sur une barre de fer sous forme d'entonnoir ;
- Cuisson est réalisée à l'aide de la "machine à Shawarma" précédemment décrite ;
- Obtention du « Shawarma sandwich » suit le procédé suivant :
  - Les tranches de viande sont taillées à l'aide d'un couteau et rassemblées près de la flamme dans un grand plat. Ceci permet un chauffage accentué pendant 2 à 3 minutes ;
  - Pain est chauffé rapidement sur les deux cotés (quelques seconds), on ajoute la viande et les frites. Le tout est tartiné d'une sauce blanche ;
  - Shawarma est emballé dans un papier et chauffé de deux à trois minutes ;

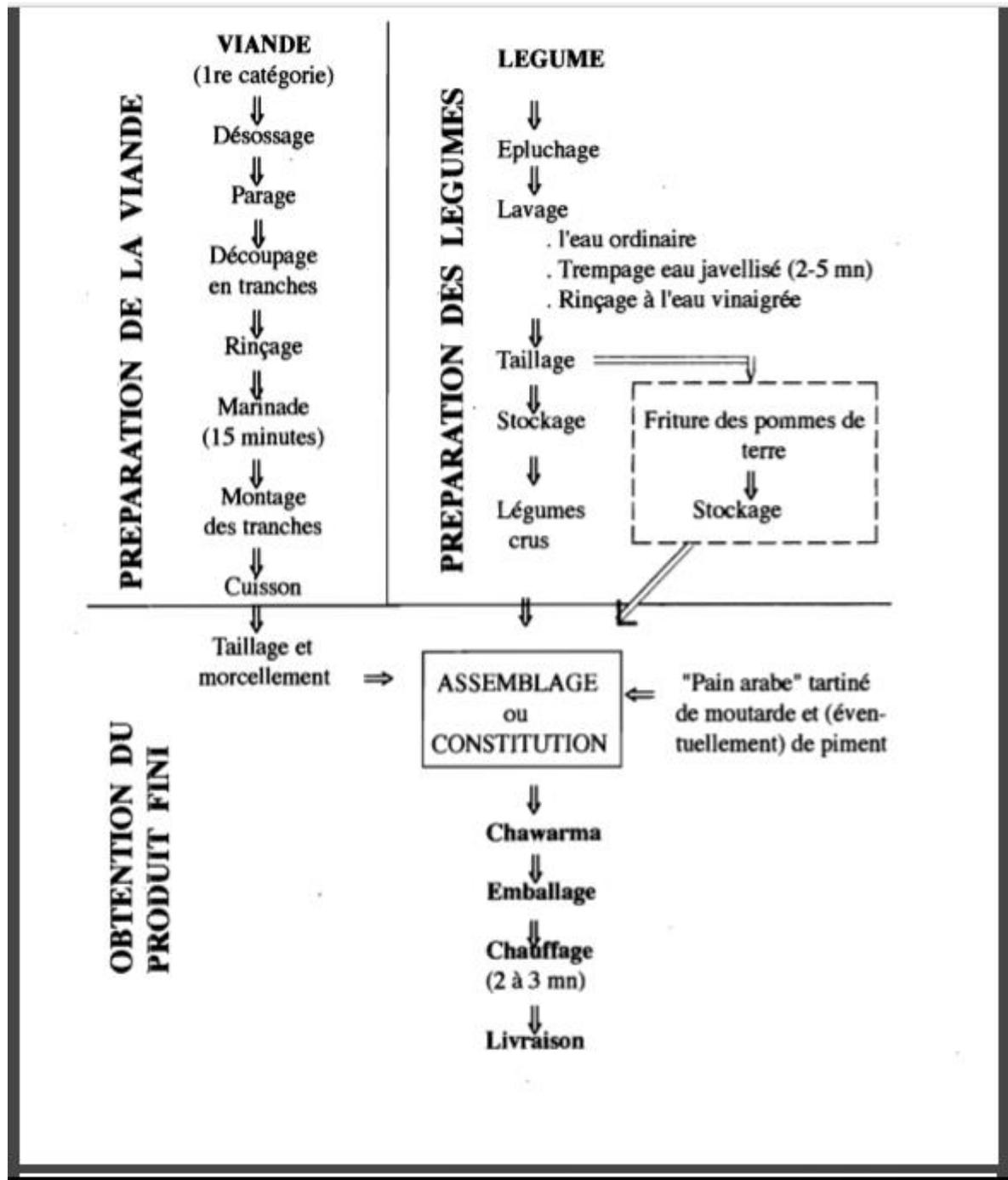


Figure 06 : Diagramme de fabrication de Shawarma

## 2 Méthodologies de l'évaluation de l'exposition

Le modèle de l'évaluation de l'exposition a été construit en basant sur le concept « Modular Risk Process Model » (MRPM) présenté par Nauta (2001). Il consiste à diviser la phase de la mise en consommation en trois modules. Le premier Module 1 : H<sub>0</sub> décrit la contamination initiale dans les épices. Le deuxième module de croissance qui simule la

croissance de *Clostridium* spp. à chaque étape de consommation. Et pour le troisième module, estime la destruction de cette bactérie durant le traitement thermique. A cet effet, les caractéristiques (Temps/températures) de chaque étape ont été collectées de différentes pizzerias (20) de la ville d'Ain Témouchent.

## 2.1 Modalité de consommation de Shawarma

L'ensemble des informations de la consommation de döner kabeb a été collecté. Les principales informations collectées, la température et le temps de serving.

## 2.2 Données microbiologiques

L'ensemble de données de prévalence et concentration initiale de *clostridium spp* ont paramètre de croissance et de thermorésistante ont été collectées de la littérature.

## 3 Modélisation de concentration de *Clostridium* spp

### 3.1 Concentration initiale

Les données de concentrations et de prévalence ont été collecté puis modéliser par des distributions de probabilité :

- Les concentrations sont modélisées par RiskUniform (N1;N2;N3;N4;N5;N6;N7) ;
- Les prévalences sont modélisées par RiskPert (nombre des échantillons positif+1 ; Nombre des échantillons non contaminés +1).

### 3.2 Evolution de *Clostridium* spp

Les paramètres de croissance (temps de latence :  $\lambda_{T^{\circ}C}$  et taux de croissance :  $\mu_{T^{\circ}C}$ ) sont collectés de la littérature (**Juneja et al., 2006**) puis les utilisés pour estimer les différents paramètres dans les températures utilisées durant la mise en consommation.

### 3.3 Estimation de concentration de *Clostridium* spp à différentes températures

Les paramètres de croissance ont été estimés à chaque température utilisée. Ils étaient ensuite compilés dans l'équation 1 pour prédire la concentration de *Clostridium spp.* à chaque condition.

$$N_f = N_{T^{\circ}C} \times \exp(\mu_{T^{\circ}C} \times (t_{T^{\circ}C} - \lambda_{T^{\circ}C})) \quad \text{Equation 1}$$

## 4 Destruction de *clostridium spp*

Le nombre de réduction décimale de *Clostridium spp* durant les traitements thermiques a été calculé à l'aide de l'équation 2.

$$n = \left( t_{T^{\circ}C} / \delta_{(T^{\circ}C)} \right) \quad \text{Equation 2}$$

$t_{T^{\circ}C}$  : Temps de cuisson de döner kabeb;

$\delta_{T^{\circ}C}$  : Temps de réduction décimale estimé (équation 3) à la température de cuisson basé sur les données collectées de la littérature Le **Marc et al. (2008)**;

$$\log \delta_{(T^{\circ}C)} = \log \delta_{ref} - (T^{\circ}C - T_{ref}) / z_T \quad \text{Equation 3}$$

$T^{\circ}C$  : Température de cuisson ;

$T_{ref}$  : Température de référence de *clostridium* à 121,1°C (**Mafart et al., 1990**) ;

$\delta_{Tref}$  : Temps de réduction décimale à température de référence ;

$z_{T^{\circ}C}$  : Sensibilité au traitement thermique pour chaque souche de *Clostridium spp*. Collecté de la littérature (**Robert, 1968**).

### 4.1 Estimation de concentrations de *Clostridium spp* après le traitement thermique

Au terme de chaque traitement thermique, les concentrations de *clostridium spp*. a été estimé à l'aide de l'équation 4.

$$N_{ci} = \text{Poisson}(N_{T^{\circ}C} \times 10^{-n}) \quad \text{Equation 4}$$

### 4.2 Estimation de nombre de personnes ingérant une concentration $\geq 5 \log$ ufc/mL

Pour chaque température et temps de stockage et à chaque étape, le nombre de portion dont la concentration de *Clostridium spp*. ( $\geq 5 \log$ ) a été estimé à l'aide de distribution Target. Ensuite, le nombre généré est multiplié le proportion de personnes fréquentant les pizzerias  $\times$  proportion nombre de consommateurs du Shawarma  $\times 11$  mois  $\times$  nombre de pizzerias  $\times$  RiskUniform (0;1). Cette dernière modélise la probabilité d'avoir une bactérie toxigène.

## 4.3 Simulation

Le modèle d'évaluation d'exposition a été établi avec le logiciel @risk (v 5.1, Palisade Corporation, NY, USA) version d'essai. La simulation de Monte Carlo a été effectuée sur  $10^6$  itérations basée sur Latin Hyper cube sampling.

## **Résultat et discussion**

### 1 Consommation de Shawarma dans la ville de Ain Témouchent

Au total vingt pizzerias ont été collectées de la ville d'Ain Témouchent. L'ensemble de Pizzerias étaient interrogé les caractéristiques de process (temps/température), quantité préparés, nombre de clients...etc. Les résultats sont illustrés sur le tableau 10.

Quant aux données de consommations étaient ajustées automatiquement à l'aide de l'instruction « fit distribution » basé sur Chi-Squared Statistic ( $X^2$ ) :

- Nombre de pizzeria : RiskNormal (80;2) ;
- Nombre de clients fréquentes les pizzerias : RiskTriang (32 ;32 ;131,052) ;
- Quantité préparée :RiskNormal (3205 ;1217,2).

La quantité préparée n'était utilisé pour l'estimation de l'exposition car on suggère que la présence d'une concentration de 5 log quelle que soit la quantité consommée, peut provoquer une intoxication. Dans cette étude, nous estimons seulement l'exposition due à l'absence de courbe dose réponse.

### 2 Données sur *Clostridium spp*

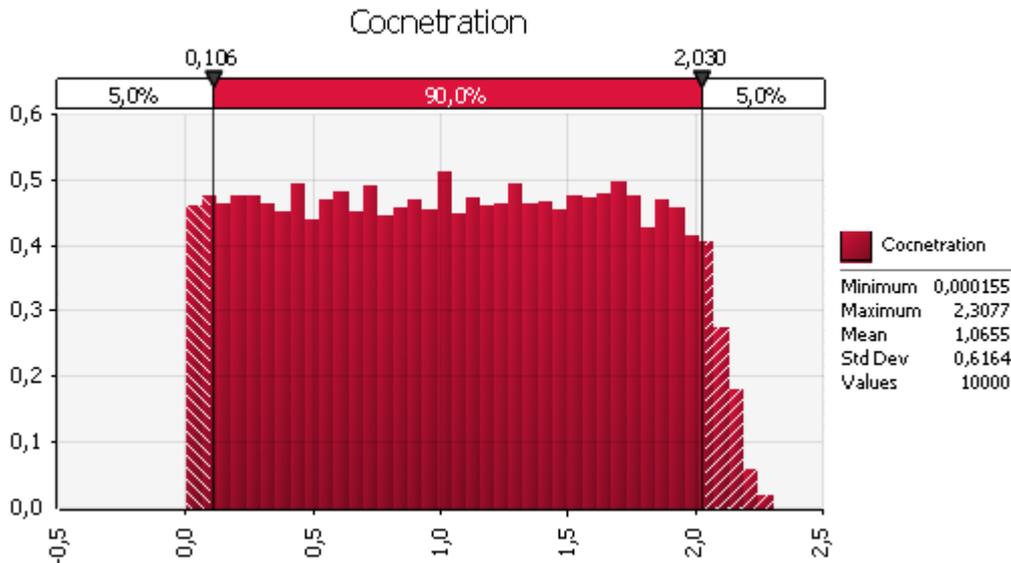
Le calcul de potentiels de croissance/destruction bactériens constitue un outil intéressant pour suivi l'évolution de *Clostridium* dans le Shawarma.

#### 2.1 Contamination initiale de *Clostridium spp*

En basant sur les données de Lee (2016), la distribution de la concentration de *clostridium* a et modélisé par :

- Distribution Uniform pour les concertations ;
- Distribution béta pour la distribution de la concentration avec leur probabilité d'apparition.

Les résultats sont reportés sur la figure 7. Ils montrent que les concentrations s'oscillent entre 0.000155 et 2.3077 log ufc/g avec une moyenne de 1,0655 et un médian de 1.0652 log ufc/g.



**Figure 07 : Distribution de la concentration de *Clostridium spp* dans les épices (Donnée simulé à partir de donnée de Lee (2016).**

### 3 Paramètres de croissance ( $\mu_{T^{\circ}C}$ & $\lambda_{T^{\circ}C}$ )

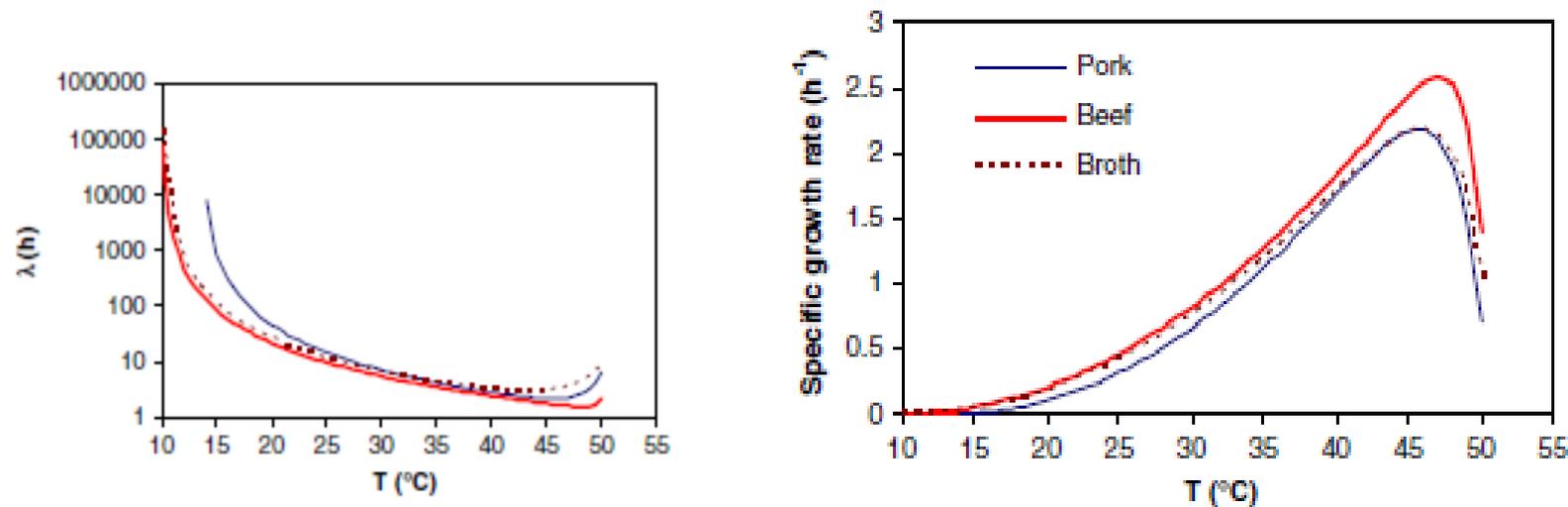
La principale caractéristique de *Clostridium* toxigènes est sa capacité à se développer à des températures élevées. La température optimale de croissance est généralement comprise entre 43 et 45°C (Figure 08). Cependant, nous pouvons observer une croissance entre 15 et 50°C (Labbé, 1991 ; Juneja et al., 2006). Les températures maximale et minimale varient en fonction de la souche étudiée, du pH et du milieu de croissance utilisé. Le temps de génération est un des plus courts enregistré parmi les bactéries étudiées : il varie de 0 à 2,5 h; cependant, il diminue quand la température augmente (Juneja et al., 1994).

Quant à la phase initiale de latence, caractérisée par le temps de latence  $\lambda_{T^{\circ}C}$  durant laquelle aucune croissance n'est observée. Cette latence correspond à une phase d'adaptation de la population microbienne aux conditions intrinsèques du milieu (pH,  $a_w$ ) et extrinsèques (température). Aussi la durée de cette phase apparaît-elle liée aux conditions de culture pré-inoculatoires, c'est-à-dire avant l'inoculation des bactéries dans le milieu ou leur croissance est suivie (Membré et al., 1999 ; Whiting and Bagi, 2002 ; Swinnen et al., 2004). Cette phase a un impact très important sur l'estimation d'une croissance finale. Il est donc important de bien la décrire.

Les paramètres de croissances à chaque température ont été déduits des cinétiques des figures 08 A et 08 B pour les taux de croissance et le temps de latence respectivement.

**Tableau 10 : Caractéristique de principaux modules de fabrication de Shawarma**

Pizzerias	étapes	Temps (min/h)	Température (T°C)		Quantité préparée	Nombre de Sandwich/jour
			Janvier	Aout		
20	Désossage	RiskUniform(20h;30min)			RiskNormal(3205 ;1217,2)	RiskTriang(32 ;32 ;131,052)
	Découpage en tranche	RiskUniform(15min;20min)				
	Rinçage	RiskUniform(5min;10min)				
	Marinade	RiskUniform(15min;8h)	RiskUniform(10°C;20°C)			
	Cuisson	RiskUniform(3h30min;4h50min)	+ 80°C			
	Chauffage	RiskUniform(2min; 3min)	RiskUniform(40°C ;50°C)			



**Figure 08 : Distribution de paramètres de croissance de *Clostridium* toxinogènes dans la viande (Juneja et al., 2006). A) temps de latence ( $\lambda_{T^\circ C}$ ); B) taux de croissance ( $\mu_{T^\circ C}$ ).**

### 4 Paramètres de destruction de *Clostridium* spp

*Clostridium* a été choisi comme référence de destruction obtenue au cours de la cuisson car c'est le germe réputé le plus thermorésistant sous forme végétative. La modélisation de la destruction microbienne repose sur deux paramètres les valeurs D et z. La valeur D représente le temps de traitement thermique permettant, à une température donnée, la réduction du nombre de cellules microbiennes d'un facteur 10 (ou 1 log10), soit la destruction de 90% de la population bactérienne considérée. La valeur z correspond à la variation de température nécessaire pour entraîner une variation de D d'un facteur 10.

La littérature propose pour la forme végétative de *Clostridium* plusieurs valeurs de D et z observées dans différents milieux (Byrne et al., 2006 ; Heredia et al., 1997 ; Junejav et al., 1998 ; Sarker et al., 2000. Wijnands, 2009). Seulement les données de Le Marc et al. (2008) et Robert (1968) ont été exploitées pour les valeurs de  $D_{T^{\circ}C}$  et  $z_{T^{\circ}C}$  respectivement. Ils ont montré des valeurs de  $D_{95^{\circ}C}$  variées de 1 à 300 minutes et valeurs de  $z_{T^{\circ}C}$  varient entre 1,5 et 9°C.à 95°C.

Les données étaient intégrées dans le modèle à l'aide de la distribution RiskUniform.

#### 4.1 Estimation de nombre de réduction décimale

Les nombre de réduction décimale a été estimé dans les conditions de température de cuisson de döner kabeb. Le tableau 12 montre les principaux résultats de l'estimation de « n » en percentiles. Les valeurs de « n » élevées étaient estimées pour la cuisson durant le grillage de döner Kabeb à cause de température élevées (80°C) Cependant, la température de chauffage avant la consommation est de 40 à 50°C.

**Tableau 11 : Estimation de nombre de réduction décimale en percentile après simulation de Monte Carlo durant la cuisson.**

	Min	Max	Mean	Median	90th
Cuisson	0,708548108	241,367568	4,5780634	1,60117777	7,81100652
Chauffage	0,006732337	7,71765215	0,11293762	0,04001844	0,19068231

### 4.2 Simulation de l'évolution de *Clostridium enterotoxigenique*

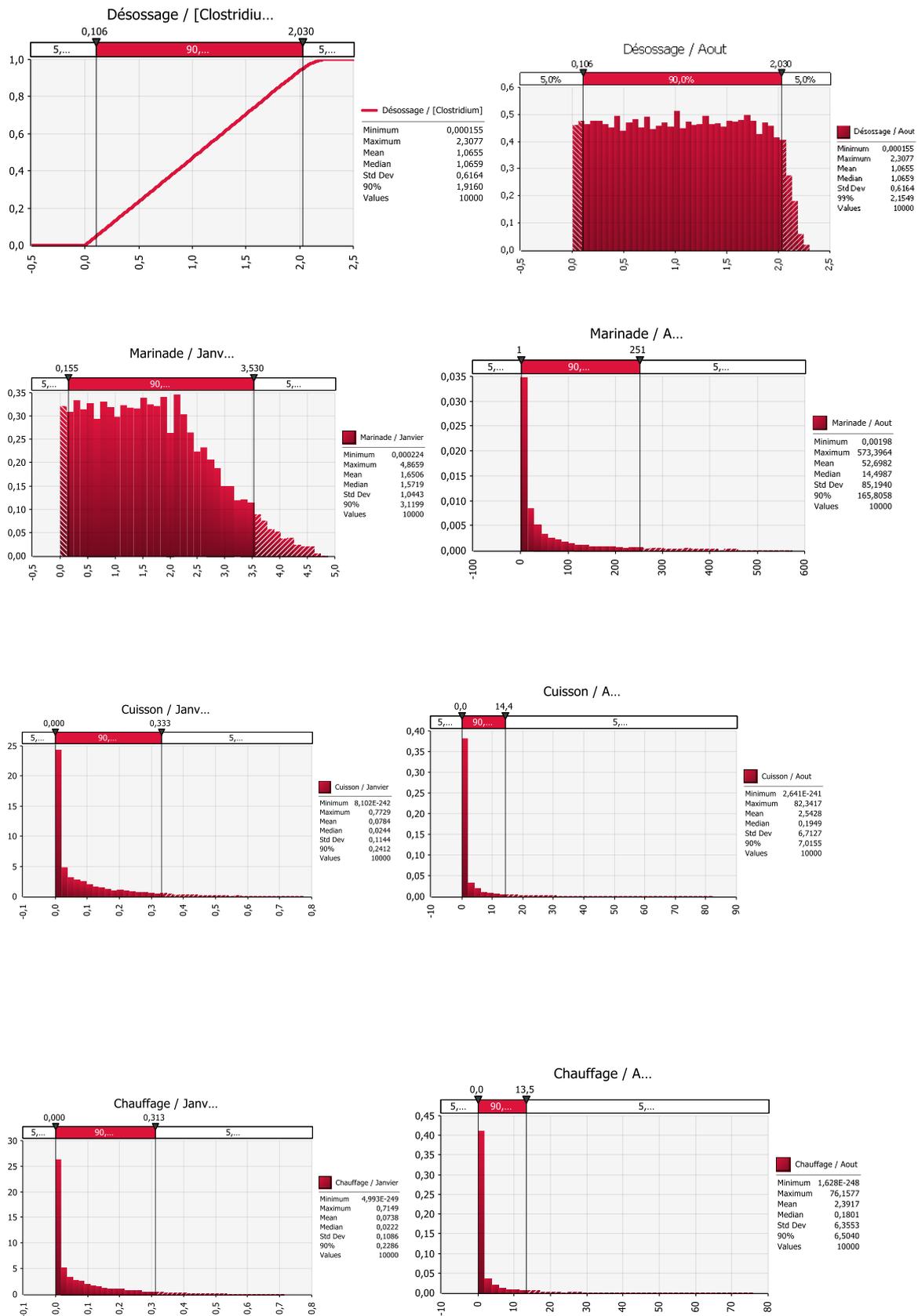
Le tableau 12 montre les résultats de la simulation de l'ensemble de étapes (ou Modules) de préparation. L'évolution de concentration est dépendante à la température et temps de chaque étape. En effet, les trois premières étapes sont rassemblées car la température utilisé est constante (température ambiante). Deux scénarios pour cette température ont été testée comme exemple pour un mois plus froid (Janvier) et plus chaud (Aout). Vu que le temps est très court est proche aux temps de latence estimé, la concentration n'est pas changé pour les deux mois.

Cependant durant le marinage, les concentrations sont remarquablement évolue pour le mois d'Aout (Médian 52,6 log ufc/g). Cette concentration était diluée par la quantité préparée RiskNormal (3205 ;1217,2). En effet, la concentration est fortement diminuée à un maximum de 6 log ufc/g.

Après cuisson, les concentrations chutent à un maximum 0.77 et 4 log ufc/g pour les mois de Janvier et Aout respectivement. Par ailleurs durant le chauffage, les concentrations de *Clostridium* spp est légèrement diminuée à des valeurs de 0.71 et 76,16/RiskNormal (3205;1217,2) log ufc/g.

En conclusion, le nombre de portion qui dépasse 5 log/g est déduit à la fin de process « chauffage » seulement le mois d'Aout estimé 0.12. Cette proportion est multiplié par multiplié le proportion de personnes fréquentant les pizzerias × proportion nombre de consommateurs du Shawarma ×11 mois ×nombre de pizzerias × RiskUniform (0;1). Cette dernière modélise la probabilité d'avoir une bactérie toxigène.

A cet effet, le nombre de personnes exposées à des concentrations critiques (5 log) est estimé à 320 personnes.



**Figure 09 : Distribution de concentrations de *Clostridium* spp durant le process de fabrication : désossage, découpage, rinçage ; marinage ; cuisson ; chauffage**

**Tableau 12 : Les résultats de la simulation de l'ensemble de étapes (ou Modules) de préparation**

	Min	Max	Moy	median	90th	>5 log
Janvier						
Désossage, Découpage en tranche, Rinçage	0,000120801	2,29736603	1,066228056	1,0652437	1,910643008	
Marinade	0,000202322	4,883623024	1,654051121	1,5661031	3,134338394	0
Cuisson	8,1024E-242	0,772898798	0,07840045	0,0244141	0,241245871	0
Chauffage	4,993E-249	0,714853066	0,073769171	0,0222068	0,22857654	0
Aout						
Désossage, Découpage en tranche, Rinçage	0,000120801	2,29736603	1,066228056	1,0652437	1,910643008	
Marinade	0,000120801	580,6823792	53,19686084	14,371166	165,0284476	0,33703
Cuisson	2,6415E-241	82,34169415	2,542760492	0,1948662	7,015538351	0,1233502
Chauffage	1,6278E-248	76,15772289	2,391655649	0,1801329	6,504026083	0,1233502

# **Conclusion**

Les épices ont toujours joué un rôle important, notamment dans la cuisine traditionnelle algérienne. Elles sont considérées toujours comme un aliment sûr à cause de sa faible activité d'eau. Néanmoins, elles peuvent présenter des microorganismes sporulants à savoir *Clostridium spp.* Ces bactéries peuvent être associées à plusieurs syndromes des intoxications alimentaires.

Les objectifs de cette étude étaient de rechercher et dénombrer les *clostridium spp* dans les épices utilisées pour assaisonner « Shawarma » ainsi d'évaluer le niveau de contamination au moment de la consommation ainsi que l'exposition de consommateurs à des concentrations critiques.

Les résultats d'analyses de la littérature et de simulations montrent que 320 personnes peuvent ingérer une concentration critique. La présence des microorganismes pathogènes tels que *clostridium spp* témoignent du manque d'hygiène lors de la récolte des épices, et surtout dans leur transformation ou conditionnement.

L'ensemble des résultats obtenus ne constitue qu'une simulation de données de littérature. Comme perspective, il serait souhaitable de compléter cette étude par une approche plus approfondie, à savoir :

- Etudier la qualité microbiologique des épices ;
- Rechercher les *Clostridium spp.* dans les épices consommées en Algérie ;
- Déterminer la thermo-résistance ;
- Etudier la croissance de *clostridium spp*
- Construire un modèle de l'évaluation d'exposition au *clostridium spp* dans le Shawarma.

## **Références bibliographiques**

- **AFSSA (2006)** Fiche de description de danger microbiologique transmissible par les aliments : Clostridium perfringens. Site [www.afssa.fr](http://www.afssa.fr); rubrique « autres publications » fiches, thème MIC
- **Ahmad N, Fazal H, Abbasi BH, Farooq S, Ali M, et al. (2012)** Biological role of Piper nigrum L. (Black pepper): A review. Asian Pacific J Trop Biomed: S1945-S1953
- **Alexander CJ, Citron DM, Brazier JS, Goldstein EJ.** Identification and antimicrobial resistance patterns of clinical isolates of Clostridium clostridioforme, Clostridium innocuum, and Clostridium ramosum compared with those of clinical isolates of Clostridium perfringens. J Clin Microbiol 1995:3209-3215.
- **ALIX L-D, 2012.** Les épices c'est malin, cannelle, clou de girofle, poivre... Leurs bienfaits et toutes leurs utilisations méconnues pour la santé, la beauté et la maison. Ed LEDUC. Paris. P9, 14,15,16,17,23,28,32,33,37.
- **Allen SD.** Clostridium. In: Murray, P.R. Baron, E.J.O Jorgensen, J.H. Manual of clinical microbiology. 8 ed; 2003. p. 835-856
- **Anonymous. 1976.** Dona-kebab meat latest poser for food officers. Municip. Eng. 153:1389
- **ARRÊTÉ DU 21 DÉCEMBRE 2009** relatif aux règles sanitaires applicables aux activités de commerce de détail, d'entreposage et de transport de produits d'origine animale et denrées alimentaires en contenant JORF 0303 31/12/2009, page 23335 texte 241
- **Baker W-L, 2008.** Effect of Cinnamon on Glucose Control and Lipid Parameters DiabetesCare. Université du Connecticut. January. Vol 31. Pages 41-43, doi: 10.2337/dc07- 1711.
- **Baron EJO, Peterson LR, Finegold SM.** Anaerobic gram positive bacilli. In: Diagnostic microbiology. 9 ed; 1994. p. 504-523
- **Benjamin B, Kan M, Schwartz D, Siegman-Igra Y.** The possible significance of Clostridium spp. in blood cultures. Clin Microbiol Infect 2006; 12(10): 1006- 12
- **BRADSHAW J.G., PEELER J.t, TWEDT R.M. (1977)** Thermal inactivation of ileal loop-reactive Clostridium perfringens type A strains in phosphate buffer and beef gravy. Appl. Environ. Microbiol., 34 (3), 280-4
- **Bryan, F. L., S. R. Stanley, and W. C. Henderson. 1980.** Timetemperature conditions of gyros. J. Food Prot. 43:346-353.

- **BYRNE B., DUNNE G., BOLTON D.J. (2006)** Thermal inactivation of *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* vegetative cells and spores in pork luncheon roll. *Food Microbiol.*, 23 (8), 803-8
- **Codex Alimentaire.2015.** Code d'usages en matière d'hygiène pour les aliments à faible teneur en eau.FAO et OMS.pp 26
- **Collins MD, Lawson PA, Willems A, Cordoba JJ.** The phylogeny of the genus *Clostridium* : proposal of five new genera and eleven new species combinations. *Int J Syst Bacteriol* 1994;44(4):812-826.
- **CONNER D.E., BEUCHAT L.R., 1984.** Sensitivity of heat-stressed yeasts to essential oils of plants. *Appl. Environ. Microbiol.*, 47, 229-233
- **CUVELIER M-E., BERSET C., RICHARD H., 1990.** Use of a new test for determining comparative antioxidant activity of BHA, BHT,  $\alpha$ - And  $\gamma$ -tocopherols and extracts from rosemary and sage. *Sci. Aliments*,10, 797-806
- **CUVELIER M-E., RICHARD H., BERSET C., 1992.** Comparison of antioxidant activity of some acid phenols : structure-activity relationship. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 56, 324-325
- **CUVELIER M-E., RICHARD H., BERSET C., 1996.** Antioxidative activity and phenolic composition of pilot-plant and commercial extracts of sage and rosemary. *J. Am. Oil Chem. Soc.*,73, 645-652
- **De Boer, E. and Boot, M.:** Comparison of methods for isolation and confirmation of *Clostridium perfringens* from spices and herbs. *J. Food Prot.*, 46, 533-536 (1983).
- **Dridi F, 2005.** Extraction et analyse de l'huile essentielle de cumin formulation d'une pommade décongestionnante. Mémoire de magister. Université MOUHAMED BOUGUERRA BOUMERDES. P3
- **Farkas, J.:** Spices and herbs: The microbiological safety and quality of food, Vol. I. Lund, B. M., BairdParker, T. C. and Gould, G. W. (eds.), p. 897-918, Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland (2000).
- **FERHOUT H., BOHATIER J., GUILLOT J., 1999.** Antifungal activity of selected essential oils, cinnamaldehyde and carvacrol against *Malasszeria furfur* and *Candida albicans*. *J. Essent. Oil Res.*, 11, 119-129
- **Gorbach SL, Thadpalli H.** Isolation of *Clostridium* in human infections: evaluation of 114 cases. *J Infect Dis* 1975;131(suppl):81-85

- **Guezlane N., Bouras N. et Ould El Hadj M. 2016.** Les mycotoxines: un danger de santé public. Algerian journal of arid environment. vol 6. n°1
- **Gurtler V.** Classification of medically important clostridia using restriction endonuclease site differences of PCR-amplified 16s rDNA. J Gen Microbiol 1991;137(11):2673-2679.
- **Hatheway CL.** Toxigenic clostridia. Clin Microbiol Rev 1990;3:66-98
- **Hawkins C, Riley JL.** Spontaneous gas gangrene: an unusual complication of colonic carcinoma. Clin Oncol 1997;9: 184-5
- **HEREDIA N.L, GARCIA G.A, LUEVANOS R, LABBE R.G, GARCIA-ALVARADO J.S. (1997)** Elevation of the heat resistance of vegetative cells and spores of Clostridium perfringens type A by sublethal heat shock. Journal of Food Protection, 60 (8), 998-1000.
- **Huguette M, 2008.** La route des épices naturelles, mélanges d'épices aromates et condiment naturels. p 11
- **Ingram CW, Cooper JN.** Clostridial bloodstream infections. South Med J 1989;82(1):29-31
- **JONG (DE) A.E.I., BEUMER R.R., ZWIETERING M.H. (2005)** Modeling growth of Clostridium perfringens in pea soup during cooling. Risk Analysis, 25 (1), 61-73
- **Jousimies-Somer H.** Recently described clinically important anaerobic bacteria: Taxonomic aspects and update. Clin Infect Dis 1997;25(suppl2):S78-87
- **JUNEJA V.K., SNYDER P., CYGNAROWICZ-PROVOST M., 1994.** Influence of cooling rate on growth of Clostridium perfringens spores in cooked ground beef products. J. Food Protect. 57 : 1063-1067
- **JUNEJA V.K., MARMER B.S. (1998)** Thermal inactivation of Clostridium perfringens vegetative cells in ground beef and turkey as affected by sodium pyrophosphate. Food Microbiol., (15), 281 — 7
- **Kneifel, W. and Berger, E.:** Microbiological criteria of random samples of spices and herbs retailed on the Australian market. J. Food Prot., 57, 893-901 (1994).
- **Krishnaswamy, M. A., Patel, J. D. and Parthasarathy, N.:** Enumeration of microorganisms in spices and spice mixtures. J. Food Sci. Technol., 8, 191-194(1971).
- **LABBE R.G., 1989.** Clostridium perfringens. Dans: Foodborne Bacterial Pathogen. Doyle M.P. (ed). Ed. Marcel Dekker. New York. pp. 191-234

- **Lejeau J., Bailly E., Chandenier J.& Desoubeaux G. 2015.** etude de la contamination fongique alimentaire au CHU, Journal de Mycologie Médical.vol 25.pp 235
- **Lille, 2004.** Progrès en dermato-allergologie. Ed JOHN LIBBEY EUROTTEXT. p 59, 63,64.
- **Lorber B.** Gas gangrene and others Clostridium-associated diseases. In: Mandell GL, Bennet JE, Dolin R, eds. Principles and practice of infectious diseases. 5 ed. Philadelphia: PA: Churchill Livingstone; 2000. p. 2549-2559
- **Matthyssens F-J, 1866.** Manuel de matière commerciale ou traité des marchandises. p280, 281.
- **Membré, J. M., Ross, T., and McMeekin, T. (1999).** Behavior of *Listeria monocytogenes* under combined chilling processes. Letters in Applied Microbiology, 28 :216 – 220.
- **Noumi E. (1984).** Les plantes à épices, à condiments et à arômes du Cameroun : Thèse de Doctorat 3e cycle en sciences biologiques. Faculté des sciences, Université de Yaoundé, Cameroun. 165.
- **Pafumi, J.:** Assessment of the microbiological quality of spices and herbs. J. Food Prot., 49, 958-963 (1986).
- **Pascale D, 2012.** Mes petites recettes magiques au curcuma : Alliée digestive unique, anticholestérol, anticancer... l'épice aux mille vertus. Ed LEDUC. Paris. P13,14,35,39.
- **Patrick A, Samuel.B, Elizabeth.H, Marc.L et Guillaume.M., 2006.** Cuisine aux épices. Ed ARTEMIS. P7,8.
- **Pelissier E, 2012.** Brioche tue plus que le cholestérol : Combattre l'inflammation. Ed ODILE JACOB. Paris. P175,188.
- **Popoff MR. Clostridium. In: Eyquem, A. Alouf,J. Montagnier, L.** Traité de microbiologie; 1998. p. 63 1-650
- **Prazmowski A.** Untersuchung über die entwicklungsgeschichte und fermentwirkung einiger Bakterien. In: Arten HV, editor. Leipzig, Germany; 1880
- **SANCHEZ-PLATA M.X., AMEZQUITA A., BLANKENSHIP E., BURSON D.E., JUNEJA V., THIPPAREDDI H. (2005)** Predictive model for *Clostridium perfringens* growth in roast beef during cooling and inhibition of spore germination and outgrowth by organic acid salts. J.Food Protect, 68 (12), 2594- 2605

- **SARKER M.R., SHIVERS R.R, SPARKS 5G., JUNEJA V.K., MCCLANE B.A., (2000)** Comparative experiments to examine the effects of heating on vegetative cells and spores of *Clostridium perfringens* isolates carrying plasmid genes versus chromosomal enterotoxin genes. *Appl. Environ. Microbiol.*, 66 (8), 3234-40
- **Sebald M, Petit JC.** Institut Pasteur. Méthodes de laboratoire . Bactéries anaérobies et leur identification. 2 ed; 1997
- **Sedallian A.** *Clostridium* autres que *C. difficile*. In: Freney, J. Renaud, F. Hansen, W. et al. Manuel de bactériologie clinique. 2 ed; 1994. p. 1589- 1600.
- **Simy Danan, Jacque denarnaud.** La nouvelle cuisine judéo-marocaine, ACR Edition 1 janvier 1994, 192P
- **Sophie O, 2015.** Cures de Soupes Santé-Détox: 100 soupes magiques antiballonnements, minceur. Ed LEDUQ. P51,52
- **Sorlot F-X, 2014.** Alimentation santé, alimentation plaisir, une question d'équilibre. Ed LANOR. Paris. P216
- **Swinnen, I. A., Bernaerts, K., Dens, E. J., Geeraerd, A. H., and Impe, J. F. V. (2004).** Predictive modelling of the microbial lag phase : a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94 :137 – 159.
- **RICHARD H., 1992.** Epices et herbes Aromates. Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 14 p
- **Rodriguez-Romo, L. A., Heredia, N. L., Labbê, R. G. and Garcia-Alvarado, J. S.:** Detection of enterotoxigenic *Clostridium perfringens* in spices used in Mexico by dot blotting using a DNA probe. *J. Food Prot.*, 61, 201-204 (1998).
- **TANTAOUI-ELARAKI A., FERHOUT H., ERRIFI A.,** Inhibition of the fungal asexual reproduction stages by three Moroccan essential oils. *J. Essent. Oil Res.*, 5, 535-545
- **USDA FSIS (1999)** Performance standards for the production of certain meat and poultry products. Final rule. US Department of Agriculture Food Safety and Inspection Service, Federal register, 64, 732-49
- **WIJNANDS L.M. (2009)** Food borne disease associated with *Clostridium perfringens* : investigations on exposure assessment. Congrès « Spore forming bacteria in food SPORE » Quimper (France), 17-19 juin, poster
- **Whiting, R. C. and Bagi, L. K. (2002).** Modelling the lag phase of *Listeria monocytogenes*. *International Journal of Food Microbiology*, 73 :291 – 295



## Résumé :

*Clostridium spp* est une bactérie sporulante qui provoque des intoxications alimentaires, notamment dans les aliments traités thermiquement. En raison de la forte consommation de Shawarma de nos jours et de l'importance des maladies d'origine alimentaire, qui peuvent être plus ou moins graves et dans certains cas peuvent être mortels, nous avons constaté que quelques analyses de quelques épices de Shawarma seraient intéressantes. Notre objectif est de rechercher et estimer la croissance du *clostridium spp* dans les épices du Shawarma. En plus, étudier la destruction et la thermo-résistance de *clostridium*. Les résultats d'une vue d'ensemble sont peu satisfaisants, prouvant ainsi le risque de maladies d'origine alimentaire. Cette étude est préliminaire et des études plus approfondies devraient être mises en place.

**Mots clés :** *Clostridium spp* ; épice ; Shawarma (döner Kabeb) ; croissance ;

## Abstract :

*Clostridium spp* is a spore-forming bacterium that causes food poisoning, especially in heat-treated foods. Due to the high consumption of Shawarma nowadays and the importance of foodborne diseases, which can be more or less serious and in some cases can be fatal, we found that some analysis of some Shawarma spices would be interesting. Our objective is to investigate and estimate the growth of *clostridium spp* in Shawarma spices. In addition, to study the destruction and thermo-resistance of *clostridium*. The results of an overview are unsatisfactory, proving the risk of foodborne diseases. This study is preliminary and further studies should be implemented.

Key words: *Clostridium spp*; spice; Shawarma (döner Kabeb); growth

## المخلص

هي بكتيريا مبوغة تسبب التسمم الغذائي ، خاصة في الأطعمة المعالجة بالحرارة. نظرًا لارتفاع استهلاك الشاورما في الوقت الحاضر وأهمية الأمراض التي تنتقل عن طريق الأغذية ، والتي يمكن أن تكون أكثر أو أقل حدة وفي بعض الحالات قد تكون قاتلة ، فقد وجدنا أن بعض التحليلات القليلة لتوابل الشاورما ستكون مثيرة للاهتمام. هدفنا هو البحث وتقدير نمو المطثية في توابل الشاورما. بالإضافة إلى ذلك ، قم بدراسة تدمير المطثية ومقاومتها للحرارة. نتائج نظرة عامة غير مرضية ، مما يثبت خطر الإصابة بالأمراض المنقولة عن طريق الأغذية. هذه الدراسة أولية

الكلمات المفتاحية : *clostridium spp* ; نمو ; شاورما ; توابل