

الجمهورية الديمقراطية الشعبية الجزائرية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ahmed Zabana de
RELIZANE

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département : Sciences biologiques



Polycopié de :

Microbiologie Alimentaire

Présenté par :

Dr. ADDI Nesrine

Maitre de conférences (B) (U. Relizane).

Membres de jury :

Dr. DERMECHE Keltoum

Maître de conférences (A) A (U. Relizane).

Dr. ERROUANE Kheira

Maître de conférences (A) A (USTO-MB).

Année universitaire : 2021/2022

Informations sur le Cours

Intitulé du cours	Microbiologie Alimentaire
Faculté /Département	Faculté des Sciences et de la Technologie Département des Sciences Biologiques
Destiné aux	L3 Microbiologie
Coefficient	03
Chargé de la Matière	Dr. ADDI Nesrine Chargé de Cours Chargé de TP
Contact	nasrine.addi@univ-relizane.dz
Disponibilité	Disponible au bureau du Lundi au Mercredi sans RDV

1.1. Présentation du cours :

La microbiologie alimentaire aborde les relations existantes entre micro-organismes et les aliments. Elle est apparue à ses débuts, au 19^{ème} siècle. Ces relations peuvent être nocives ou bénéfiques, d'intérêts. Ainsi, nous utilisons les micro-organismes pour transformer les produits dans certains cas, tout comme nous retrouvons les micro-organismes pathogènes qui causent des intoxications alimentaires.

Parmi les micro-organismes pathogènes, nous citons : *Clostridium botulinum*, *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio Cholerae* et *Brucella*. Ces derniers causent des intoxications alimentaires de degrés de sévérité différents, pouvant parfois entrainer la mort. Ces micro-organismes contaminent la nourriture en un premier temps, puis, sont ingérés et transmis à l'être humain en lui causant des intoxications alimentaire (diarrhées, fièvre, vomissements, douleurs abdominales, mal de tête). Parfois, il y'a sécrétion de toxines dangereuses, qui agissent sur le système nerveux et provoquent des paralysies, ou même des arrêts respiratoires. Le taux des intoxications dues à ces germes est plus élevé dans les pays du tiers monde, ou les conditions d'hygiène sont défavorables. Ce taux reste bas dans les pays développés ou les conditions d'hygiène sont respectés, d'ailleurs, le taux de shigellose a été estimé a 5 cas seulement en 2020, en Belgique (d'après le CNRNS en 2021).

Compte à la relation entre micro-organismes non pathogènes et les aliments, cette dernière est exploitée pour transformation de certains produits alimentaires. C'est l'exemple des bactéries

lactiques, qui est la plus répandue. Elles sont utilisées pour fabriquer les produits laitiers et les diversifier. C'est ce qu'on appelle « l'industrie laitière ».

1.2. Contenu :

Le cours est scindé en cinq (5) chapitres, chaque chapitre est traité à travers des séquences pédagogiques permettant d'arriver au niveau d'assimilation prévu des notions et concepts traités.

Nous abordons ainsi :

- 1- Généralités sur les aliments et les types de relations existantes entre Aliments et Micro-organismes.

Au cours de ce chapitre, nous abordons les informations de bases à connaître sur les aliments et les relations qu'ils peuvent avoir avec les micro-organismes.

- 2- Les principales intoxications alimentaires dues aux micro-organismes pathogènes.

Nous étudions au cours de ce chapitre : chaque cas en découvrant la bactérie responsable de l'intoxication, et comment se manifeste cette dernière.

- 3- L'utilisation des micro-organismes dans la transformation des aliments.

Tout d'abord, une introduction sur l'utilisation des micro-organismes pour transformer les produits alimentaires, puis des exemples détaillés de transformation d'aliments et d'utilisation de micro-organismes d'origine alimentaire bénéfiques pour l'homme, tel que les bactéries lactiques.

- 4- Rôle des micro-organismes dans les altérations des aliments.

Dans ce chapitre, nous apprenons ce que c'est qu'une altération alimentaire, puis nous passons à l'étude d'exemples détaillés d'altérations alimentaires.

- 5- Moyens de lutte contre les altérations des aliments.

Ce dernier chapitre est consacré aux moyens de conservation des aliments afin d'éviter les éventuelles altérations alimentaires.

1.3. Prérequis :

Pour suivre ce cours, l'étudiant doit avoir des notions de bases sur :

- Les aliments
- Les micro-organismes
- Les relations pouvant exister entre eux.

Pour ce faire, un test est effectué avant le début des cours.

1.4. Visés d'apprentissage :

Ce cours vise les objectifs globaux suivants :

- Comprendre les notions de base de la microbiologie alimentaire et son rôle dans notre vie.
- Découvrir les principales intoxications alimentaires et la prévention face à elles.
- Connaître l'utilisation des micro-organismes pour la transformation des produits.
- Apprendre les manifestations des altérations alimentaires et comment les éviter.
- Maîtriser les moyens de conservation des produits alimentaires.

1.5. Modalités d'évaluation des apprentissages

L'évaluation se fait à travers un examen final en présentiel qui porte essentiellement sur les notions transmises pendant les séances de cours. Cette évaluation compte pour 60% de la note finale de la matière. L'évaluation continue, qui compte pour 40% de la note finale, se fait pendant les séances de TP et avec test programmé ou compte rendu et prendra le taux de 40% de l'évaluation.

1.6. Activités d'enseignement-apprentissage

Les savoirs sont transmis à travers un cours magistral, avec prise de notes qui vont servir à maîtriser les concepts indispensables à la réalisation des activités d'apprentissage proposées pendant la séance.

Des débats lancés à travers des questions posées sur la séquence pédagogique en cours, sans aucune forme d'évaluation, dans le but de développer des échanges et de mobiliser les connaissances, de comparer les points de vue et d'en tirer des bénéfices pédagogiques.

Des travaux pratiques sont programmés chaque semaine afin de développer les capacités à mobiliser les savoirs.

Des projets collectifs peuvent être également proposés pour développer les aptitudes de collaboration qui seront utiles dans la vie professionnelle.

Sommaire :

Présentation du Cours	I
<i>Chapitre 1 : Généralités sur la microbiologie alimentaire</i>	01
I. Définition de la microbiologie alimentaire	02
II. Classification des aliments	02
III. Caractéristiques de certains aliments	03
IV. Micro-organismes et aliments	04
IV.1. Les micro-organismes pathogènes	04
IV.2. Les micro-organismes utilisés pour la transformation des aliments	05
<i>Chapitre 2 : Etude des intoxications alimentaires</i>	06
I.1.1. Intoxications alimentaires	07
I.1.1.1. Définition de l'intoxication alimentaire	07
I.1.1.2. Les causes de l'intoxication alimentaire	07
I.1.1.3. Les types d'intoxications alimentaires	07
I.1.1.4. Les symptômes de l'intoxication alimentaire	08
I.1.1.5. La transmission	08
I.1.1.6. Les principaux agents pathogènes responsables des intoxications alimentaires	08
I.1.1.7. Prévention	09
II. Intoxication à <i>Clostridium botulinum</i>	09
II.1. Caractéristiques du <i>Clostridium botulinum</i>	09
II.2. Mode de transmission	10
II.3. Symptômes de la maladie	10
II.4. Diagnostic	10
III. Infection à <i>Brucella</i> «La Brucellose »	11
III.1. Définition de la Brucellose	11
III.2. Caractéristiques de <i>Brucella</i>	11
III.3. Habitat et mode de transmission	12
III.4. Symptômes de la maladie provoquée par <i>Brucella</i>	12
II.5. Epidémiologie	12
IV. Infection à <i>Salmonella</i>	13
IV.1. Définition <i>Salmonella</i>	13
IV.1.2. Classification	13
IV.1.3. Habitat	13
IV.2. Maladies causées par cette bactérie	14
IV.2.1. Symptômes de l'infection	14
IV.2.2. Pouvoir Pathogène	14
IV.3. Mode de transmission de la bactérie	14
IV.4. Epidémiologie	15
V. Infection à <i>Shigella</i>	15
V.1. Définition de <i>Shigella</i>	15
V.1.1. Classification	15
V.1.2. Habitat	15
V.2. Maladies causées par <i>Shigella</i> et pouvoir pathogène	15
V.3. Mode de transmission	16
V. Les coliformes fécaux	16
V.1. Définition	16
VI. Infection à <i>Vibrio cholerae</i>	16

VI.1. Définition	16
VI.1.1. <i>Classification</i>	17
VI.1.2. Habitat	17
VI.2. Pouvoir pathogène	17
VI.3. Epidémiologie et mode de transmission	18
<i>Chapitre 3 : Micro-organismes utilisés en industrie : Les bactéries lactiques</i>	19
I. Définition	20
I.1. Habitat	20
II. Utilisation des bactéries lactiques	20
II.1. Fabrication du Yaourt	21
II.2. Les principaux genres bactériens utilisés dans la transformation des aliments	21
II.2.1. Etude de <i>Lactococcus</i>	22
II.2.1. Caractéristiques	22
II.2.3. Utilisations	23
II.3. Etude de <i>Leuconostoc</i>	23
II.3.1. Caractéristiques	23
II.3.2. Habitat	24
II.3.3. Utilisations	24
II.4. Etude de <i>Lactobacillus</i>	24
II.4.1. Caractéristiques	24
II.4.2. Habitat	24
II.4.3. Utilisations	24
II.4.3.1. Utilisation en Probiotiques	25
<i>Chapitre 4 : Altérations des Aliments</i>	26
I. Définition de l'altération des aliments	27
I.1. Les facteurs altérants les aliments	27
A. Facteurs intrinsèques	27
B. Facteurs extrinsèques	28
I.2. Les signes d'une altération alimentaire	28
I.3. Causes des altérations alimentaires	29
I.4. Types d'altérations	29
I.4.1. Contamination et détérioration des fruits et légumes	29
I.4.1.1. Types d'altérations des fruits et légumes	30
I.4.2. Altérations des produits laitiers	30
I.4.2.1. Définition	30
I.4.2.2. Micro-organismes responsables de ces altérations	30
I.4.2.3. Types d'altérations observées	31
I.4.3. Altérations de conserves	31
I.4.3.1. Types d'altérations de conserves	32
I.4.4. Altérations des viandes	33
I.4.4.1. Caractéristiques de la viande	34
I.4.4.2. Définition de l'altération de la viande	34
I.4.4.3. Les facteurs d'altération des viandes	35
I.4.4.4. Signes d'altération de la viande	36
<i>Chapitre 5 : Moyens de lutte contre les altérations alimentaires et moyens de conservation des aliments</i>	38
I. Moyens de lutte contre les altérations alimentaires « La conservation des aliments »	39
I.1. Définition	39
I.1.1. Nettoyage et désinfection équipements, des ustensiles et autres objets de la cuisine	39
I.1.2. La conservation des aliments par la chaîne du froid	39

I.1.3.Le lavage des fruits et légumes	40
I.1.4.La cuisson des aliments	40
I.1.5.Autres moyens de lutte contre les altérations	40
I.1.5.1. Moyens physiques	40
1. La température	40
A. Utilisation de la chaleur	40
La pasteurisation	41
La stérilisation	41
La tyndallisation	41
La technique UHT	41
B. Utilisation du froid	42
La réfrigération	42
La congélation	42
La surgélation	42
2. La déshydratation	42
Le Séchage	42
La Lyophilisation	42
3. Ionisation	43
I.1.5.2.Les Moyens chimiques	43
I.1.5.2.1. Ajout des agents de conservation	43
1. Conservation dans le Sel	43
2. Conservation en milieu acide	43
3. Conservation dans l'huile	43
4. Conservation dans le sucre	44
5. Conservation par ajout d'un produit chimique	44
I.1.5.2.2. Utilisation des antiseptiques et désinfectants	44
I.1.5.2.3. Les antibiotiques	44
I.1.5.3. L'entreposage et le stockage des aliments	45
Conclusion	46
Références bibliographiques	47

Chapitre 1 :
Généralités
Sur la Microbiologie Alimentaire

I. Définition de la microbiologie alimentaire :

La microbiologie alimentaire est une science qui s'intéresse aux aliments ainsi qu'aux micro-organismes qui s'associent aux aliments et qui interagissent avec eux. Parmi ces micro-organismes, nous retrouvons des pathogènes causants des maladies, et d'autres qui seront utilisés pour transformer les aliments.

II. Classification des aliments :

A. Selon les composants :

Les aliments sont classés en **5 groupes** en fonction de leurs composants nutritionnels :

1/ **Les produits laitiers** : qui apportent principalement du calcium et des protéines.

2/ **Les viandes** : poissons et œufs, pour les protéines et le fer.

3/ **Les matières grasses** : pour les acides gras et les vitamines liposolubles.

4/ **Les céréales, féculents, légumes secs** : pour les glucides et les fibres.

5/ **Les fruits et légumes** : pour les vitamines et les fibres.

On y ajoute parfois un 6^{ème} groupe, qui est celui des boissons et même un 7^{ème}, qui est celui des produits sucrés. En pratique, pour avoir une alimentation équilibrée il faut puiser chaque jour dans la plupart de ces groupes d'aliments.

B. En fonction de leur composition en substances organiques :

En fonction de la composition en glucides, lipides et protéines, nous classons les aliments en :

1/ ***Les aliments simples*** : sont essentiellement formé d'un seul type de substance organique (Exemple : les huiles qui sont formées de lipides).

2/ ***Les aliments complexes*** : sont formés d'associations de substances organiques.

C. Selon leur pH :

Les aliments peuvent être classés selon leur pH en suivant le tableau et la figure suivants :

Tableau 1 : Classification des aliments selon leur pH

Selon le pH	Aliments Acides (pH ≤6.5)	Aliments Alcalin (pH >6.5)
Les Aliments	Cerises, tomates, oranges, citrons, fromages, viandes rouges.	Pommes, bananes, dattes, melon, viande de volaille, légumes.



Figure 1 : Spectrum des aliments selon le pH

III. Caractéristiques de certains aliments :

1) L'orange :

L'orange est le fruit de l'oranger (*Citrus sinensis* L.) de la famille des Rutacées. C'est un agrume, Il existe plusieurs variétés d'oranges, classées en quatre groupes variétaux.

Comestible, elle est réputée pour sa grande teneur en vitamine C, bien que celle-ci ne soit pas particulièrement élevée par rapport à d'autres fruits et légumes. C'est le quatrième fruit le plus cultivé au monde.

Le tableau suivant résume les principales informations à savoir sur l'orange.

Tableau 2 : Caractéristiques de l'orange :

Orange crue (valeur nutritive pour 100 g)			
eau : 86,75 g	cendres totales : 0,44 g	fibres : 2,4 g	valeur énergétique : 47 kcal
glucides : 11,75 g	sucres simples : 9,35 g	protéines : 940 mg	lipides : 120 mg
oligo-éléments			
potassium : 181 mg	calcium : 40 mg	phosphore : 14 mg	magnésium : 10 mg
fer : 100 µg	zinc : 70 µg	cuivre : 45 µg	sodium : 0 mg
vitamines			
vitamine C : 53,2 mg	vitamine B1 : 87 µg	vitamine B2 : 40 µg	vitamine B3 : 282 µg
vitamine B5 : 250 µg	vitamine B6 : 60 µg	vitamine B9 : 0 µg	vitamine B12 : 0 µg
vitamine A : 225 UI	rétinol : 0 µg	vitamine E : 0,18 µg	vitamine K : 0 µg
acides gras			
saturés : 15 mg	mono-insaturés : 23 mg	poly-insaturés : 25 mg	cholestérol : 0 mg

2) La viande :

La viande est un aliment constitué des tissus musculaires de certains animaux, notamment les mammifères, les oiseaux, mais aussi certains poissons. Le terme peut inclure le gras, les nerfs, et le sang associés à ces tissus.

IV. Micro-organismes et aliments :

Il y'a deux (2) sortes de relations entre les micro-organismes et les aliments, le cas où les micro-organismes infectent les aliments, sont ingérés par l'humain et causent des intoxications alimentaires. Le deuxième cas : les micro-organismes ont une relation bénéfique et sont utilisés pour transformer les aliments ou être consommés afin d'apporter confort à la santé de l'être humain.

IV.1. Les micro-organismes pathogènes :

Ce sont les micro-organismes qui sont responsables d'intoxications alimentaires.

Les principaux agents pathogènes qui causent des intoxications sont :

- *Clostridium botulinum*
- *Clostridium perfringens*
- *Campylobacter*

- *Escherichia coli*
- *Salmonella*
- *Staphylococcus aureus*
- *Coliformes fécaux*

IV.2. Les micro-organismes utilisés pour transformation d'aliments :

Ce sont les bactéries que nous utilisons pour fabriquer divers produits alimentaires, et principalement, ce sont les bactéries lactiques qui sont très utilisées.

Chapitre 2 :
Etude des intoxications alimentaires

I.1.1. Intoxications alimentaires :



I.1.1.1. Définition de l'intoxication alimentaire :

Une intoxication alimentaire est une réaction du corps, qui est due à l'ingestion d'un contaminant de type pathogène ou à un produit toxique (produits chimiques, métaux lourds...).

I.1.1.2. Les causes de l'intoxication alimentaire:

Une telle contamination résulte habituellement de méthodes inadéquates de manipulation, préparation, stockage ou conservation ou cuisson des aliments (non-respect des températures d'entreposage ou de cuisson).

III.1.1.3. Les types d'intoxications alimentaires :

1. **Les toxi-infections** : Elles résultent de l'ingestion d'aliments contaminés par un microorganisme nocif ou autre agent pathogène. Les microorganismes pouvant causer des toxi-infections alimentaires sont les virus, les parasites et les bactéries.

Les bactéries sont le plus souvent mises en cause dans les cas d'intoxications alimentaires.

2. **L'intoxication alimentaire** : est due à l'ingestion de produits chimiques ou de métaux lourds ou de poisons.

3. **L'intoxication alimentaire** : est due à la sécrétion d'une toxine qui va provoquer des symptômes.

La plupart du temps, l'intoxication alimentaire est provoquée par la consommation de produits contenant des toxines libérées par la croissance des bactéries.

I.1.1.4. Les symptômes de l'intoxication alimentaire :

Les symptômes débutent plusieurs heures voir plusieurs jours après l'ingestion du pathogène, et selon l'agent en cause. On peut ainsi observer un ou plusieurs des troubles suivants :

- Nausées,
- Douleur abdominale,
- Vomissements,
- Diarrhée, gastro-entérite,
- Fièvre,
- Maux de tête ou fatigue physique.

Dans la plupart des cas, les symptômes disparaissent le lendemain après une courte période d'indisposition et de maladie, mais Parfois il faut traiter.

Cependant, la maladie transmise par les aliments peut avoir des problèmes de santé permanents et même provoquer des décès, notamment chez: les bébés, les femmes enceintes, les fœtus, les personnes âgées, et les personnes présentant un déficit du système immunitaire.

I.1.1.5. La transmission :

La transmission se fait par les aliments et les eaux contaminés et souillés, ou bien par des produits alimentaires endommagés, ou même périmés.

I.1.1.6. Les principaux agents pathogènes responsables des intoxications alimentaires :

Les principaux agents pathogènes qui causent les intoxications sont :

- *Clostridium botulinum*
- *Campylobacter*
- *Escherichia coli*
- *Brucella*
- *Salmonella*
- *Shigella*

- *Staphylococcus aureus*
- *Vibrio cholerae*
- *Coliformes fécaux*

I.1.1.7. Prévention :

Pour éviter ces intoxications alimentaires, des pratiques d'hygiène sont préconisées pour manipuler la nourriture, et ceci avant, pendant et après préparation.

Les principales recommandations sont:

- Se laver les mains,
- Laver les fruits et légumes avant utilisation
- Désinfecter les surfaces...

II. Intoxication à *Clostridium botulinum* :

II.1. Caractéristiques du *Clostridium botulinum* :

C'est une bactérie de type bacille, Gram positif, sporulée (**Fig.2**) (**Fig.3**), sa température de croissance est de: 25°C à 37°C. L'habitat de cette bactérie est le sol et les matières fécales. Elle survie à une chaleur de 100°C, et n'est détruite qu'à 120°C après 5min d'exposition.

Cette bactérie germe dans les conditions d'anaérobiose, et produit des toxines (plus précisément des neurotoxines).

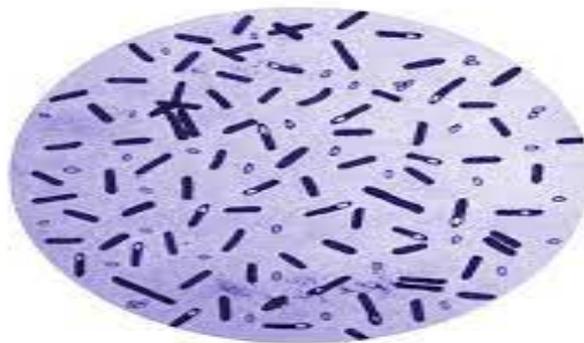


Figure 2 : Observation microscopique du *Clostridium botulinum*

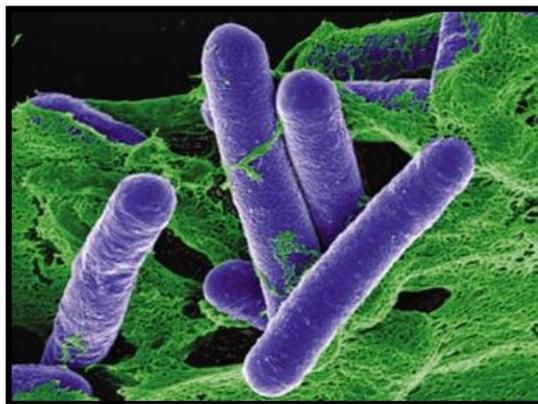


Figure 3 : Aspect « 3D » du *Clostridium botulinum*

II.2. Mode de transmission :

En général, cette bactérie est transmise par ingestion d'aliments contaminés (transmission alimentaire). Ces aliments sont la plupart du temps : des aliments ayant subi une transformation inadéquate : **Exemples** : conserves, charcuterie. Nous pouvons aussi avoir une transmission par inoculation, et dans ce cas : la transmission se fait à travers des blessures.

II.3.Symptômes de la maladie :

C'est la toxine sécrétée par la bactérie, qui responsable du botulisme.

Les toxines botuliques bloquent la libération d'acétylcholine au niveau des jonctions neuromusculaire, entraînant une paralysie flasque musculaire voire une défaillance respiratoire.

Ainsi, après ingestion, les symptômes commencent à apparaître à partir de 6 heures et peuvent durer jusqu'à 10 jours. Ces premiers symptômes sont digestifs : diarrhées, nausées, accompagnés en suite de troubles de vision. Puis les symptômes du botulisme apparaissent : paralysie des nerfs et des muscles, et parfois même, paralysie respiratoire pouvant entraîner une mort.

II.4.Diagnostic :

Le diagnostic repose essentiellement sur la mise en évidence de la toxine botulique dans les selles ou dans le sérum. Cette opération peut prendre jusqu'à 72H.

➤ Points à retenir sur le botulisme:

- Le botulisme est une maladie rare mais grave et potentiellement mortelle, liée aux toxines neurotropes produites par *Clostridium botulinum*.
- Les toxines botuliques entraînant une paralysie flasque musculaire voire une défaillance respiratoire.
- Le botulisme humain comprend principalement le botulisme alimentaire et le botulisme d'inoculation.
- Les conserves « maison », les aliments préservés ou fermentés sont une source courante de botulisme alimentaire et leur préparation exige une extrême prudence.

III. Infection à *Brucella* : «La Brucellose »

III.1. Définition de la Brucellose:

La brucellose, anciennement appelée fièvre de Malte, est une maladie transmise par les animaux. Elle est due à des coccobacilles (bactéries) du genre *Brucella*, dont le nom est dérivé de celui du chercheur « David Bruce ».

III.2. Caractéristiques de *Brucella* :

Les bactéries du genre *Brucella* sont de très petits coccobacilles, Gram négatif. La bactérie est immobile, non sporulée (Fig.4), et aérobie stricte. Il en existe 10 espèces principales et quatre d'entre elles sont pathogènes chez l'homme : *Brucella melitensis*, suivie de *Brucella suis*, *Brucella abortus bovis* et *Brucella canis*. Ces quatre espèces pathogènes sont classées dans le groupe des agents pathogènes pouvant provoquer une maladie grave chez l'homme et constituer un danger sérieux.

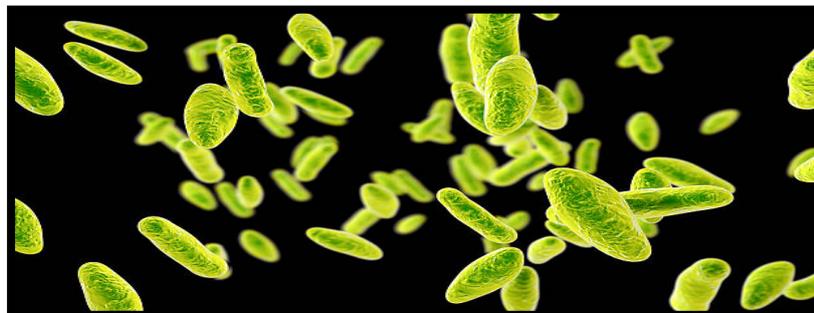


Figure 4 : Photo montrant l'aspect en « 3D » de *Brucella*

III.3. Habitat et mode de transmission:

Brucella vie chez les animaux de bétail domestiques : Bovin et Ovin. Et c'est par ces animaux infectés qu'elle est transmise à l'homme (exemple : à travers un lait cru de vache ou même par le contact de la peau).

La bactérie « *Brucella* » est sensible à la chaleur et à l'action des rayons ultraviolets mais elle est très résistante dans le milieu extérieur :

- dans les milieux secs, non organiques (locaux, matériel...) *Brucella* peut vivre 32 jours.
- dans les milieux organiques humides (fromage et lait crus, végétaux souillés) elle peut vivre plus de 125 jours.

La transmission d'humain à humain est rare, la brucellose humaine restant directement en rapport avec la maladie animale. La prévention et l'éradication de la maladie chez le bétail restent les meilleurs moyens de lutte.

III.4. Symptômes de la maladie :

Chez l'animal, la maladie se manifeste surtout par des avortements, mais le germe reste souvent latent (en dormance) et est hébergé par des porteurs asymptomatiques.

Chez l'humain, il s'agit d'une fièvre avec complications « fièvre de Malte », qui est une fièvre nocturne. Par la suite, la maladie évolue vers une atteinte des organes et altération de l'état général.

III.5. Epidémiologie :

- *Brucella melitensis* : chez les ovins (moutons) et caprins (chèvres). C'est l'espèce de *Brucella* la plus courante, la plus pathogène et la plus invasive pour l'homme (80 % des brucelloses humaines). Elle est répandue dans les régions du bassin méditerranéen. La maladie humaine porte le nom de « fièvre de Malte » ou « fièvre ondulante ».
- *Brucella abortus bovis* : chez les bovins. On la trouve surtout en Afrique et en Amérique du Sud. Elle provoque l'avortement épizootique des vaches. Cette variété est cosmopolite et provoque chez l'homme la maladie de « Bang » qui a les mêmes symptômes que ceux de la fièvre de « Malte ».

V. Infection à *Salmonella*

IV.1. Définition *Salmonella* :

C'est une bactérie de type Bacille, Gram négatif, mobile (car présence de flagelle pour la plupart des espèces) (Fig.5). Elle est aéro-anaérobie facultative.

IV.1.2. Classification :

Règne : Bacteria

Embranchement : Proteobacteria

Ordre : Proteobacteriales

Famille : Enterobacteriaceae.

Genre : *Salmonella*.

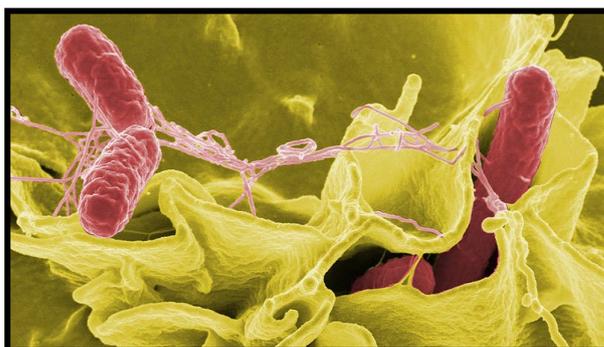


Figure 5 : Image 3D montrant *Salmonella*

IV.1.3. Habitat :

Les salmonelles peuvent survivre plusieurs semaines en milieu sec et plusieurs mois dans l'eau. Elles se retrouvent donc fréquemment dans les eaux pollués, la contamination par les excréments d'animaux porteurs étant très importante.

Les volailles, les bovins et les ovins étant des animaux fréquemment contaminants, les salmonelles peuvent se retrouver dans les aliments, notamment les viandes, le lait ou un œuf. Dans ce dernier cas, cela peut se produire si la coquille est fêlée ou si l'œuf a été lavé, le lavage cassant la barrière protectrice située autour de l'œuf (barrière bouchant les pores de la coquille) et permettant aux salmonelles d'entrer dans l'œuf.

IV.2. Maladies causées par *Salmonella* :

- Les gastro-entérites
- Les toxi-infections alimentaires
- La fièvre typhoïde

IV.2.1. Symptômes de l'infection :

Après incubation de quelques heures à quelques jours, le germe se multiplie dans la lumière intestinale en provoquant un syndrome inflammatoire intestinal avec diarrhée souvent accompagnées de sang. Chez les nourrissons, la déshydratation peut être entraînée. Il y'a aussi apparition d'une forte fièvre.

IV.2.2. Pouvoir Pathogène :

Chez l'homme, il a été distingué 4 souches de Salmonelles, selon leur mode de virulence :

- *Salmoella Typhi*
- *S. Paratyphi A*
- *S. Paratyphi B*
- *S. Paratyphi C*

Les germes pénètrent par voie digestive et après une incubation assez longue (jusqu'à 3 semaines), ils traversent la muqueuse intestinale et envahissent le tissu lymphoïde intestinal. De là, le germe passe dans les ganglions lymphatiques puis dans la lymphe et enfin dans la circulation sanguine. La libération d'endotoxine joue un rôle important dans la pathogénie de la maladie.

IV.3. Mode de transmission de la bactérie :

La transmission se fait surtout par voie d'eau potable lors des épidémies étendues. Mais aussi par contact direct des aliments infestés.

Le contrôle bactériologique strict des eaux de consommation ainsi que la surveillance du réservoir de germes (porteurs) expliquent la diminution spectaculaire des fièvres typhoïdes et paratyphoïdes dans les pays à hygiène développée.

IV.4. Epidémiologie :

L'épidémiologie fait intervenir l'alimentation, surtout les viandes, les œufs et les produits laitiers.

Les salmonelles sont présentes en forte quantité durant l'été. La majorité des gastro-entérites à *salmonella* surviennent chez les jeunes enfants. Au moins 25 % des entérites estivales des jeunes enfants sont causées par des salmonelles.

IV. Infection à *Shigella*

IV.1. Définition de *Shigella* :

C'est une bactérie de type Bacille, Gram négatif, Elle est immobile, et dépourvue de spores. Sa température de croissance est de 37°C.

IV.1.1. Classification :

Règne : Bacteria

Embranchement : Proteobacteria

Ordre : Proteobacteriales

Famille : Enterobacteriaceae.

Genre : *Shigella*.

IV.1.2. Habitat :

Toutes les espèces de *Shigella* sont pathogènes et spécifiques du tube digestif humain, elles sont éliminées par les selles et dispersées dans les sols et les eaux où elles ne survivent que peu de temps.

IV.2. Maladies causées par *Shigella* et pouvoir pathogène :

Elles sont responsables des shigelloses, qui sont des dysenteries bacillaires (maladie de l'intestin humain). Il s'agit d'infections intestinales localisées essentiellement au gros intestin où les germes se multiplient en provoquant une inflammation de la muqueuse, se traduisant par une diarrhée accompagnée de sang. D'autres phénomènes peuvent s'accompagner tel que la toxicose et de déshydratation. L'espèce la plus mise en cause est *Shigella dysenteriae*.

IV.3. Mode de transmission :

Shigella est transmise par l'eau et les aliments souillés par les selles des malades.

V. Les coliformes fécaux

V.1. Définition :

Ce sont des bactéries de type bacilles, Gram négatif, non sporulés (**Fig.5**). Leur température de croissance est comprise entre 35°C et 37°C. Les coliformes comprennent des bactéries vivant dans les intestins d'animaux à sang chaud (comme les humains), leur présence dans l'eau ou les aliments suppose une pollution fécale. Ce sont donc des organismes indicateurs de la qualité de l'eau et des aliments. Ils ne sont pas pathogènes sauf : *Escherichia coli*. Parmi les coliformes fécaux, nous retrouvons : *Enterobacter* et *Citrobacter*.

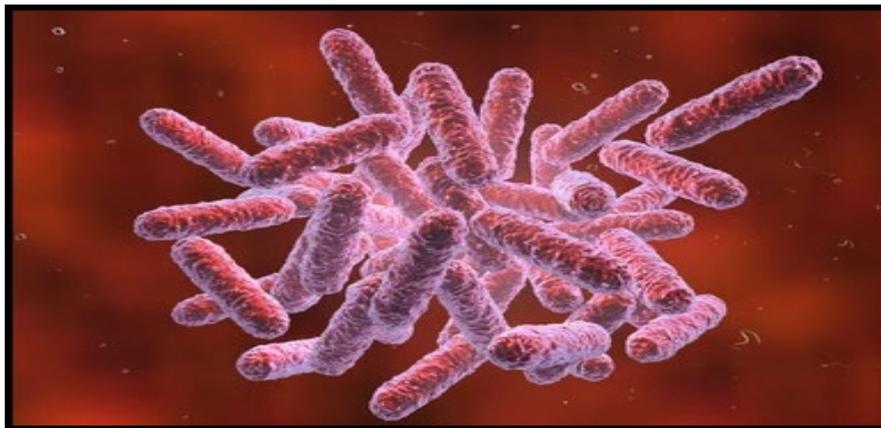


Figure 5 : Image 3D de montrant *Enterobacter* (coliforme fécale)

VI. Infection à *Vibrio cholerae* :

VI.1. Définition :

C'est une bactérie à gram négatif, en forme de bâtonnet incurvé (**Fig.6**), mobile et responsable chez l'Homme du choléra, une maladie épidémique contagieuse.

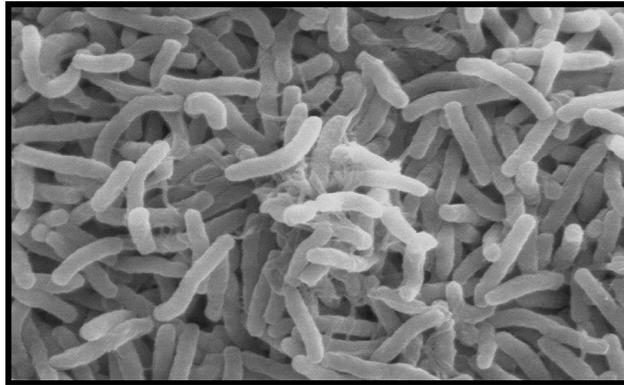


Figure 6 : Photo 3D montrant *Vibrio cholerae*

VI.1.1. Classification :

Règne : Bacteria

Embranchement : Proteobacteria

Ordre : Vibrionales

Famille : Vibrionaceae.

Genre : *Vibrio*.

VI.1.2. Habitat :

La bactérie *Vibrio cholerae* vit dans l'eau et a une grande capacité de survie environnementale. Elle tolère très bien la salinité mais ne se retrouve pas vraiment en mer, c'est plutôt dans les rivières et les nappes phréatiques et toutes les sources d'eau contaminées par des déjections humaines.

VI.2. Pouvoir pathogène :

Le Vibrion est très contagieux car il contamine les selles massivement, il cause des diarrhées cholériques très importantes et sans fièvre, avec des pertes en eau qui peuvent déshydrater et créer un déséquilibre, entraînant même la mort parfois.

VI.3.Epidémiologie et mode de transmission :

L'épidémiologie est dominée par la transmission hydrique. Il est donc peu probable que des épidémies étendues puissent survenir dans les pays où le contrôle bactériologique des eaux est strictement appliqué, même si des foyers localisés éclataient.

La surpopulation, le manque d'hygiène corporelle et alimentaire peuvent aussi contribuer à la propagation de la maladie.

La contamination se fait par les eaux souillées. Même la sueur, qui est riche en vibrions, joue un rôle important dans les contaminations inter-humaines.

Les mouches jouent également un rôle considérable dans la dissémination des vibrions.

Chapitre 3 :
Micro-organismes utilisés pour
transformation des aliments :
Les bactéries lactiques

I. Définition :

Les bactéries lactiques sont des cocci ou des bacilles, Gram positif. Les bactéries lactiques appartiennent à un groupe de bactéries bénéfiques, dont les vertus se ressemblent, et qui produisent de l'acide lactique comme produit final du processus de fermentation. Elles sont partout dans la nature, et se trouvent aussi dans le système digestif de l'homme. Si elles sont surtout connues pour le rôle qu'elles jouent dans la préparation des laitages fermentés, elles sont utilisées également dans la boulangerie, le saurissage des poissons.

Les bactéries lactiques produisent des matières, et ont des métabolismes, que nous utilisons pour la transformation du lait ou autre.

I.1. Habitat :

On les retrouve principalement dans le lait, et chez les animaux, ou elles se localisent dans les cavités buccales et le lait. Le tractus intestinal des mammifères est également colonisé par des bactéries lactiques comme *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, et *Weissella*.

II. Utilisation des bactéries lactiques :

Elles sont utilisées dans la fabrication d'un grand choix de laitages fermentés qui vont des boissons liquides jusqu'au yaourt (plus consistant).

La fabrication des produits laitiers implique la fermentation, processus microbien par lequel le lactose (le sucre du lait) est transformé en acide lactique. En s'accumulant dans le lait, l'acide lactique modifie les protéines et par conséquent, la texture du lait. Les qualités et les aspects particuliers qui caractérisent les différents produits sont dus à d'autres variables telles que la température ou la composition du lait.

C'est l'acide lactique qui donne aux laitages fermentés cette saveur légèrement aigrelette caractéristique. D'autres sous-produits des bactéries lactiques donnent les saveurs et arômes supplémentaires. Par exemple, l'acétaldéhyde, qui donne au yaourt son arôme si caractéristique; le diacétyl donne une saveur crémeuse à d'autres laitages fermentés.

On peut rajouter aux cultures d'autres micro-organismes, comme la levure lactique, pour leur donner des saveurs uniques. Par exemple, l'alcool et le CO₂ produits par la levure lactique contribuent au goût mousseux si rafraîchissant du leben. D'autres techniques qui consistent à

enlever le petit-lait ou à ajouter des saveurs différentes servent aussi à créer une gamme de produits très variés qu'on trouve sur le marché.

II.1. Fabrication du Yaourt :



Le yaourt est le résultat de la fermentation du lait, qui se fait à partir de la symbiose de deux types de bactéries lactiques qui répondent aux noms de *Streptococcus thermophilus* et de *Lactobacillus bulgaricus*. Chacune des deux bactéries stimule la croissance de l'autre. Ce lien symbiotique donne un produit différent des produits obtenus par les bactéries simples, prises séparément. Grâce à la symbiose des deux bactéries, la fermentation a lieu plus rapidement que s'il n'y avait qu'une seule espèce de bactérie.

Le yaourt et d'autres laitages fermentés nous permettent d'utiliser les bactéries lactiques comme probiotiques. Les cultures probiotiques favorisent le bon fonctionnement de notre flore intestinale. Le marché mondial de ces produits se développe de plus en plus, pour répondre aux besoins des consommateurs.

II.2. Les principaux genres bactériens utilisés dans la transformation des aliments :

Il y'a plusieurs genres de bactéries lactiques qui sont utilisés pour transformer les aliments. Le tableau ci après (**Tableau 3**), regroupe les principaux genres utilisés, ainsi que leur substrats et des exemples des aliments produits par la transformation de ces substrats.

Tableau 3 : Les principaux genres bactériens utilisés dans la fabrication des aliments

Genre	Substrat	Exemples
<i>Lactobacillus</i>	lait	laits fermentés, yaourt, la plupart des fromages
	viande	charcuterie sèche
	poissons	
	végétaux	olives, "yaourts" au lait de soja
	céréales	pain au levain
<i>Pediococcus</i>	végétaux	ensilage
	viande	saucisses semi-séchées, saucisses secs
	poissons	
	céréales	pain au levain
<i>Lactococcus</i>	lait	fromages blancs, à pâte molle ou pressée non cuite
<i>Streptococcus</i>	lait	yaourts, laits fermentés, fromages à pâte pressée cuite
<i>Tetragenococcus</i>	végétaux	sauce de soja
	poissons	saumure d'anchois, sauce de poisson
<i>Leuconostoc</i>	végétaux	olives
	lait	fromages
<i>Bifidobacterium</i>	lait	laits fermentés

II.2.1. Etude de *Lactococcus* :

II.2.1. Caractéristiques :

Les lactocoques sont des bactéries Gram positif, anaérobie facultatif, de la famille des Streptococcaceae.

II.2.2. Habitat :

On les trouve en grande quantité dans le lait cru, les laits fermentés ou des fromages. Dans la nature, on les trouve sur les végétaux et les animaux.

II.2.3. Utilisations :

Les lactocoques font partie des bactéries lactiques largement utilisées dans l'industrie alimentaire comme souches fermentaires (levain, « starter ») dans la production des fromages et des laits fermentés.

Ces bactéries ont un rôle dans la production du caillé (prise en masse du lait par acidification due à la fermentation du lactose en acide lactique) servant à la fabrication du fromage. *Lactococcus lactis* est abondant dans les fromages à pâte molle et à pâte pressée non cuite.

Grâce à leurs équipements enzymatiques, elles participent à la protéolyse de la caséine en acide aminé précurseur de nombreuses molécules aromatiques. Par l'action des enzymes protéolytiques, qui sont des agents majeurs de la protéolyse dans les fromages à pâte pressée non cuite : type cheddar et gouda. Les lactocoques libèrent ainsi des peptides courts et des acides aminés libres.

Certaines sont étudiées pour leurs capacités biopréservatrices, c'est-à-dire qu'elles peuvent inhiber le développement de bactéries pathogènes dans les aliments.

Par exemple, *Lactococcus lactis* ou *Lactococcus garvieae* peuvent inhiber la croissance mais aussi fortement affecter le métabolisme et la virulence du staphylocoque doré (pathogène pour l'homme).

II.3. Etude de *Leuconostoc* :

II.3.1. Caractéristiques :

Les leuconostokes (le genre *Leuconostoc*) sont des bactéries lactiques, de forme cocci et regroupés en diplocoques (**Fig.7**), Gram positif, de la famille des Leuconostocaceae. Ce sont des bactéries lactiques non-pathogène et tolérants les milieux acides. Les Leuconostokes produisent aussi des bactériocines actives contre certaines bactéries pathogènes.

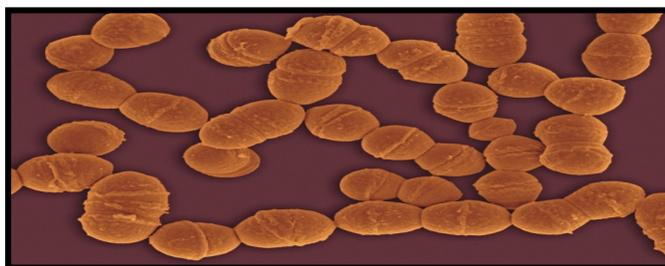


Figure 7 : photo 3D montrant *Leuconostoc*

II.3.2. Habitat :

On les retrouve souvent sur les plantes et dans divers aliments comme le lait et les produits laitiers fermentés (fromages), Ils sont très abondants dans les fromages à pâte molle fabriqués avec du lait cru.

II.3.3. Utilisations :

Les Leuconostokes sont très utilisés en technologie fromagère pour leur aptitude à participer à la protéolyse et à la lipolyse. La protéolyse et la formation de composés volatils sont des événements essentiels de l'affinage.

Les Leuconostokes jouent un rôle important dans la fabrication du roquefort. Pour que la moisissure de *Penicillium* puisse se développer dans le fromage et lui donner son aspect persillé, il est nécessaire que le caillé soit « ouvert ». Cette ouverture que l'on observe, semble être due à l'action des *Leuconostoc*.

II.4. Etude de *Lactobacillus* :

II.4.1. Caractéristiques :

Le Lactobacille (*Lactobacillus*) est un genre de bactéries Gram positif, immobiles, non flagellés, non sporogène ; de la famille des *Lactobacillaceae*.

II.4.2.Habitat :

Les lactobacilles sont présents dans les milieux contenant des substrats glucidiques tels que les muqueuses intestinales, orales des humains et des animaux. On note aussi leur présence sur les plantes, les aliments d'origine végétale, les produits fermentés ou en décomposition.

II.4.3.Utilisations :

Quelques espèces de lactobacilles interviennent pour la production de produits alimentaires fermentés comme le yaourt, le fromage.

Lors de la fabrication du fromage, les lactobacilles interviennent au niveau de la coagulation du lait en produisant une acidification modérée du milieu, puis à l'étape de l'affinage en contribuant aux qualités organoleptiques du produit.

Ils sont particulièrement abondants dans les fromages à pâte pressée cuite.

II.4.3.1. Utilisation en Probiotiques :

Parmi les probiotiques, on retrouve surtout Les Lactobacilles, qui sont susceptibles d'avoir un effet bénéfique sur la santé, en améliorant les propriétés de la microflore intestinale de l'Homme ou de l'animal. C'est l'effet probiotique. Les probiotiques facilitent donc la digestion.

Les Lactobacilles considérés comme des probiotiques sont :

- *Lactobacillus acidophilus*
- *Lactobacillus casei*
- *Lactobacillus delbruckii*
- *Lactobacillus plantarum*



Chapitre 4 :
Altérations des Aliments

I. Définition de l'altération des aliments :

C'est une modification que subit l'aliment par rapport à sa constitution, et qui entraîne une diminution de sa valeur nutritionnelle.

La consommation de l'aliment altéré aura des conséquences sur la santé du consommateur et entraînera une intoxication alimentaire chez ce dernier.

Ces altérations peuvent être causées par des facteurs physiques ou par des micro-organismes ou même par l'évolution naturelle du produit en lui-même au cours du temps, ou par un défaut de fabrication. Mais les altérations par les micro-organismes restent les plus répandues.

I.1. Les facteurs altérant les aliments :

A. Facteurs intrinsèques :

1. Le pH :

A un faible pH, le développement des levures et des moisissures est favorisé. A un pH neutre ou alcalin, ce sont les bactéries qui prédominent au cours du processus de pourrissement ou de putréfaction.

2. Activité de l'eau :

La disponibilité de l'eau influe sur la multiplication des micro-organismes, Plus l'eau est disponible et plus la capacité de multiplication des micro-organismes est élevée. Ainsi plus l'aliment sera riche en eau, plus il sera très sujet aux altérations.

3. La structure physique :

Le broyage et le hachage des aliments conduit à un cassement des cellules, et augmentent le risque de contamination par les micro-organismes. Ainsi, une boulette de viande achée est plus rapidement contaminée qu'un steak.

4. Présence d'agents antimicrobiens naturels :

Ils inhibent la croissance spécifique de certains contaminants, mais favorisent la croissance d'autres germes (Ex : coumarine : enzymes contenue dans les fruits et légumes).

B. Facteurs extrinsèques :

1. Température et humidité relative du milieu :

Une humidité relative élevée favorise la croissance des micro-organismes, même si la température est basse. Ex : si on place un aliment très sec dans un milieu très humide, l'aliment absorbera rapidement l'humidité et favorisera la croissance des germes.

2. Présence de gaz :

Si on emballe un aliment dans du plastique, ceci favorise la diffusion de l'oxygène, et favorisera ainsi la croissance des micro-organismes contaminants superficiels.

I.2. Les signes d'une altération alimentaire :

Ce sont les signes qui témoignent de l'altération du produit alimentaire. Les principaux signes sont :

- Le produit ou l'emballage est tordu ou perforé ou décoloré.
- Le produit a une odeur ou saveur étrange.
- La boîte de conserve ou le pot montre des signes de fuite ou de gonflement.
- Le produit emballé sous vide ne comporte pas de joint scellé.
- Le produit contient un produit étrange ou non alimentaire.

Ci après quelques photos de produits alimentaires altérés (**Fig.8**).

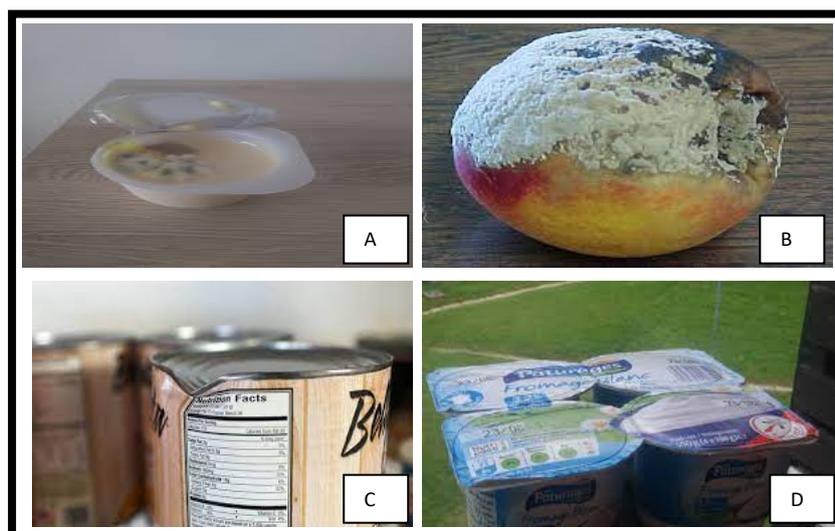


Figure 8 : Photos de quelques produits alimentaires altérés : **A** : Moisissures sur Yaourt. **B** : Moisissures sur fruit. **C** : boîte de conserve endommagée. **D** : gonflement de yaourt

I.3. Causes des altérations alimentaires:

La principale cause de détérioration de nos aliments est la prolifération de certains des microorganismes qui les contaminent.

Ces microorganismes sont présents partout dans l'environnement (eau, sol, air), sur les plantes, les animaux et les humains eux-mêmes. Puisque nos aliments sont des produits dérivés des plantes ou des animaux, qu'ils sont exposés à l'air, à l'eau et à la poussière, et qu'ils doivent être manipulés par différentes personnes et avec différents équipements, il est inévitable qu'ils contiennent des microorganismes.

Le nombre et la diversité de la microflore varient considérablement d'un produit à un autre, mais les microorganismes qui contaminent un aliment ne sont pas tous responsables de sa détérioration.

La flore d'altération comprend souvent un petit nombre d'espèces dominantes. La composition de cette flore d'altération varie selon le type d'aliment et les conditions d'entreposage.



I.4. Types d'altérations

I.4.1. Contamination et détérioration des fruits et légumes :

Les fruits et légumes peuvent être dégradés par divers microorganismes, mais ils possèdent un certain nombre de mécanismes de défense ou de barrières naturelles qui vont s'opposer au développement des microorganismes d'altération.

Les microorganismes capables d'altérer les fruits ou légumes vont présenter un certain degré d'agressivité vis à vis du végétal.

- L'attaque peut survenir au champ ou au verger, dans ce cas on parlera de microorganismes phytopathogènes.
- L'attaque peut survenir au cours du stockage, dans ce cas on parlera de microorganismes d'altération.

I.4.1.1. Types d'altérations des fruits et légumes :

Sur les fruits et légumes les altérations sont les plus nombreuses, les plus dommageables, et les plus difficiles à réduire du fait de la diversité des pathogènes (moisissures, bactéries, insectes). La principale flore responsable est donc: moisissures, bactéries, insectes.

L'intensité de leurs dégâts est variable. Elle peut aller de l'apparition de simples taches superficielles n'altérant que l'aspect extérieur du fruit jusqu'à la pourriture partielle ou complète du fruit (**Fig.9**), qui devient totalement inconsommable et malodorant.



Figure 9 : Photos montrant des altérations de fruits

I.4.2. Altérations des produits laitiers :

I.4.2.1. Définition :

Elles sont dues à une Acidification du lait par fermentation du lactose, ce qui provoque la coagulation de la caséine à pH 4,6.

I.4.2.2. Micro-organismes responsables de ces altérations :

Le tableau suivant résume les principaux micro-organismes qui altèrent le lait.

Tableau 4 : les principaux micro-organismes qui altèrent le lait.

Type de lait et température	Micro-organismes altérants
Lait cru, 10 à 37 °C	Bactéries lactiques principalement, coliformes et entérocoques.
Lait cru, 37 à 50 °C	Bactéries lactiques thermophiles, entérocoques
Lait pasteurisé, +10 °C	Entérocoques, bactéries lactiques thermophiles (fermentation lactique), <i>Clostridium</i> (fermentation butyrique)
Lait réfrigéré	Lait réfrigéré, bactéries psychrotrophes comme <i>Pseudomonas</i> et <i>Bacillus</i>

I.4.2.3. Types d'altérations observées :

1. Production de gaz :

C'est une fermentation du lactose avec production de gaz (CO₂, H₂). Il en résulte une apparition de bulles, et un gonflement des boîtes contenant les produits laitiers. Les germes responsables sont : Coliformes, *Bacillus*, *Clostridium*.

3. Lait visqueux :

C'est une augmentation de la viscosité du lait. Plus fréquent dans un lait cru réfrigéré. Les germes responsables sont les microcoques (viscosité en surface surtout), tandis que, certaines bactéries lactiques et coliformes causent une viscosité dans toute la masse.

3. Apparition de gout rance :

Elle est due à l'oxydation des acides gras insaturés. Plusieurs micro-organismes protéolytiques ne fermentant pas le lactose sont responsables de cette altération. Les germes responsables sont: *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *microcoques*, *Proteus*, *Bacillus*, *Clostridium*.

4. Apparition d'odeurs putrides :

L'apparition d'odeurs putrides est reliée à la formation de certains acides organiques, spécialement l'acide isovalérique. Les germes responsables : Bactéries comme : *Pseudomonas putrefaciens*.

5. Apparition de taches colorées :

Certaines levures et plusieurs moisissures provoquent l'apparition de taches colorées en surface. Les germes responsables sont:

Bactéries : *Pseudomonas* et *Micrococcus*

Levures : *Candida*

Moisissures : *Cladosporium*, *Penicillium* .

I.4.3. Altérations de conserves

Parfois, des aliments soumis à un traitement thermique de conservation de longue durée se détériorent malgré tout.

L'altération des conserves peut provenir d'un traitement thermique insuffisant, d'une re-contamination après le traitement, par défaut d'étanchéité du contenant ou d'un entreposage

à une température trop élevée. Dans certain cas, l'action d'aliments acides sur le métal de la boîte de conserve provoque une détérioration chimique de conserves, sans intervention microbienne.

On évite ce problème en appliquant une laque sur les parois internes de la boîte. Le principal risque sanitaire lié à la consommation de conserves avariées est le botulisme. Il s'agit généralement de conserves domestiques insuffisamment stérilisées.

Afin d'éviter cette intoxication alimentaire grave et tout danger pour la santé, les conserves d'aliments présentant l'une ou plusieurs des anomalies suivantes devraient être rejetées : boîte bombée, dégagement gazeux à l'ouverture, odeur anormale, couleur suspecte.

Dans le doute, il est plus sûr de faire bouillir l'aliment une quinzaine de minutes, car la toxine est détruite par la chaleur.

I.4.3.1.Types d'altérations de conserves :



1. Surissement sans production de gaz :

C'est une fermentation des sucres de l'aliment (Ex : pois, maïs, jus de légumes, tomates et jus de tomate, pêches, jus de raisin, lait évaporé), produisant des acides organiques et qui sont responsables du goût aigre.

Ce type d'altération se remarque difficilement avant l'ouverture de la boîte puisqu'il n'y a pas de gonflement suspect.

2. Surissement avec production de gaz

Le développement de ces bactéries dans les conserves entraîne un surissement avec bombement de la boîte. Des conserves de légumes peu acides, de viandes et de poissons peuvent subir cette altération. Moins fréquemment, certaines sont responsables du surissement de divers légumes (pois, asperges, épinards, tomates) et de quelques fruits (pêches). Les germes responsables sont: *Clostridium putrefaciens* et *Clostridium botulinum*.

3. Putréfaction avec production de gaz :

Production de différents gaz à odeur putride, ces gaz sont responsables du bombement de la boîte de conserve. Les conserves peu acides (viandes, poissons, légumes peu acides comme pois, haricots, maïs) sont touchées.

Il est particulièrement important de jeter les conserves altérées car il y a risque de sécréter une toxine mortelle durant son développement. Les germes responsables : *Clostridium putrefaciens* et *Clostridium botulinum*.

4. Noircissement :

La boîte ne présente pas de bombement suspect, mais une odeur nauséabonde va se dégager à l'ouverture.

Il s'agit généralement de conserves de légumes comme des pois ou du maïs. Altération plutôt rare aujourd'hui. Les germes responsables : *Clostridium nigricans*.

I.4.4. Altérations des viandes :

I.4.4.1. Définition de la viande :

Nous avons trois (3) types de viandes, qui sont : viande rouge, volaille et poisson. Et la viande à consommer se présente sous formes de pièces, de carcasses ou de haché (**Fig.10**).



Figure 10 : Photos montrant les types de viandes : **A** : viande en pièces, **B** : viande hachée.

I.4.4.2. Caractéristiques de la viande :

1. La couleur :

La couleur est la première caractéristique perçue par le consommateur. Elle dépend de la fraîcheur de l'aliment. Le principal pigment responsable de la couleur de la viande est la myoglobine qui est une chromoprotéine.

Au contact de l'air, la myoglobine se combine avec l'oxygène formant ainsi un complexe de couleur rouge vif, couleur de viande synonyme de la fraîcheur recherchée par le consommateur. La couleur est aussi affectée par l'évolution du pH.

Ainsi, Un pH bas provoque une décoloration de la viande, et un pH élevé, donne aux viandes une couleur sombre.

2. Le gout :

Ce sont les qualités gustatives de l'aliment. Pour les viandes rouges, ce sont les lipides qui donnent le gout. Ces goûts de viande changent selon l'espèce de la viande et aussi l'âge de l'animal. Le gout de la viande changera après altération. C'est le pH et la température ambiante qui favoriseront la prolifération de la flore altérante.

3. La tendreté :

La tendreté est la facilité avec laquelle la viande est coupée et broyée au cours de la mastication. Elle représente un critère de qualité, mais elle peut varier d'un morceau à l'autre et cela dépend essentiellement :

A/du collagène du tissu conjonctif.

B/ des protéines des fibres musculaires.

La durée de conservation pour l'obtention d'une tendreté optimale varie en fonction de la température de stockage. La tendreté est une qualité ajoutée à la viande.

I.4.4.3. Définition de l'altération de la viande :

C'est la détérioration des qualités organoleptiques de la viande. Les qualités organoleptiques sont définies par l'aspect, le gout, la couleur, l'odeur, la saveur, la

consistance et la texture. Ce sont principalement, les bactéries qui constituent la flore d'altération de la viande.

I.4.4.4. Les facteurs d'altération des viandes :

Les facteurs ci-dessous jouent un rôle dans le développement des bactéries et la rapidité de la détérioration.

1. Blessures :

Nous prenons l'exemple de la peau du poisson, qui forme une protection naturelle contre la croissance bactérienne dans la chair. Les blessures de la peau permettent aux matières nutritives de s'échapper et aux bactéries d'entrer dans la chair et de s'y développer.

2. Teneur en eau :

Les viandes contiennent des teneurs élevées en eau. Ces hautes teneurs en eau favorisent la croissance bactérienne. Si l'environnement est chaud, la viande froide se recouvre d'une fine couche de condensation qui constitue un milieu favorable pour les bactéries et les moisissures.

3. Teneur en oxygène :

Les micro-organismes strictement aérobies ont besoin d'oxygène pour se développer, alors que les micro-organismes strictement anaérobies peuvent se développer dans un environnement sans oxygène. La viande hachée, par exemple, s'altère rapidement, car elle laisse entrer beaucoup d'air.

4. Degré d'acidité :

Le degré d'acidité d'un produit est exprimé par le pH. Les bactéries se développent le mieux lorsque le pH est de 6,5 à 7,5.

Le poisson et la viande ont un pH neutre (7) et, par conséquent, sont des denrées très périssables. A la fermentation du poisson, on tient le pH bas pour que seuls les microorganismes désirés agissent sur le produit, et non les bactéries responsables de l'altération.

5. Composition chimique spécifique :

Pour se développer, les bactéries ont besoin d'énergie et d'azote, ainsi que des minéraux et des vitamines. Dans la viande, les bactéries utilisent comme sources d'énergie d'abord le sucre, puis le lactate, en suite les acides aminés libres et enfin la protéine.

6. Température :

La température idéale pour le développement des micro-organismes se situe entre 7°C et 55°C. Les températures limites pour leur développement sont : -10 C° et 70 C °.

La congélation inactive les microorganismes et le chauffage prolongé les détruit. Des températures supérieures à 80 C° les détruisent généralement, Mais les spores résistent souvent à des températures supérieures à 100 C°.

I.4.4.5. Signes d'altération de la viande :

A. La Viscosité:

La viscosité (aspect muqueux) est due aux bactéries du genre: *Pseudomonas*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Lactobacillus* et quelques fois à des levures et des moisissures.

Pour limiter le développement et l'action des bactéries aérobies responsables des phénomènes d'altération et de putréfaction le conditionnement des produits se fait sous vide.

C. Modifications de la couleur :

Les modifications de la couleur peuvent se manifester par une décoloration de la viande (**Fig.11**), sous l'action de *Lactobacillus*, *Leuconostoc* et des levures ou une pigmentation, provoquée par des bactéries telles que *Pseudomonas*, *Chromobacterium*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Micrococcus* et des levures et des moisissures (*Cladosporium* , *Penicillium*).



Figure 11 : Changement de la couleur de la viande.

D. Modifications organoleptiques :

Les modifications organoleptiques se manifestent par le rancissement des graisses oxydées dues à leur exposition à l'air, en donnant un goût et une odeur de rance et en libérant des composés responsables d'aspect, de texture et de flaveur (odeur et goût à la fois).

Les microorganismes responsables de ces altérations sont: *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Flavobacterium*, *Clostridium*.

***Chapitre 5 : Moyens de Lutte contre
les Altérations Alimentaires et
Conservation des aliments***

I. Moyens de lutte contre les altérations alimentaires « La conservation des aliments» :

I.1. Définition de la conservation des aliments :

La conservation des aliments est un ensemble de procédés et de traitements permettant de conserver les propriétés gustatives et nutritives, les caractéristiques de texture et de couleur des denrées alimentaires. Et aussi leur comestibilité, par la prévention des éventuelles intoxications alimentaires.

La conservation des denrées alimentaires concerne donc tous les facteurs biotiques (micro-organismes, animaux, germination végétale) et abiotiques (lumière, oxygène, chaleur, irradiation, UV, etc.) qui peuvent détériorer la qualité de la denrée stockée. L'emballage et les conditions d'entreposage des aliments sont aussi essentiels.

I.1.1. Nettoyage et désinfection des équipements, des ustensiles et autres objets de la cuisine :

Nettoyer les équipements de cuisine permet l'élimination de la majeure partie des germes présents sur leurs surfaces. Le séchage de ces surfaces après nettoyage est nécessaire car il limite la multiplication bactérienne. L'hypochlorite de sodium (eau de Javel) reste le meilleur désinfectant. Nous devons désinfecter le plan de travail et la vaisselle.

I.1.2. La conservation des aliments par la chaîne du froid :



Conserver un aliment permet au produit de rester consommable après un certain temps sans modifier ses propriétés organoleptiques (odeur, goût, couleur) et tout en limitant les risques de prolifération des bactéries lors de la production primaire, transformation, cuisine de particulier... La chaîne du froid est un moyen de conserver les aliments, en effet ces derniers sont maintenus à basses températures (4°C et moins) freinant ainsi la multiplication des microorganismes.

I.1.3. Le lavage des fruits et légumes :

Un lavage correct des fruits et légumes à l'eau potable est essentiel et permet d'enlever la terre qui peut être fortement chargée en micro-organismes.

I.1.4. La cuisson des aliments :

La cuisson des aliments permet une forte réduction de la charge microbienne si la température est élevée.

Éviter le contact entre les aliments cuits et les aliments crus, car un pathogène peut être transféré d'un aliment cru à un aliment cuit. Ce pathogène restera vivant car l'aliment cuit ne subira pas une nouvelle cuisson.

I.1.5. Autres moyens de lutte contre les altérations

Pour qu'un aliment soit sain et de qualité (non dangereux pour la santé et doté de bonnes qualités nutritionnelles et commerciales), il est nécessaire d'utiliser des moyens préventifs et curatifs.

Au niveau préventif : il faut utiliser des matières premières saines et éviter les contaminations au cours des traitements technologiques et de la conservation.

Au niveau curatif : il existe des moyens technologiques nombreux et variés qui permettent de détruire une flore néfaste, soit l'élimination des germes pathogènes.

Parmi les moyens de luttés nous citons :

II.1.5.1. Moyens physiques :

1. La température :

A. L'utilisation de la chaleur :



C'est un procédé de destruction des microorganismes très répandu. La cuisson, l'ébullition sont des procédés très anciens, auxquels il faut rajouter les processus industriels de pasteurisation et stérilisation, tyndallisation, etc.

- **La pasteurisation :**

C'est un procédé de conservation des aliments par chauffage à une température comprise entre 85°C et 100 °C, pendant une durée définie, suivi d'un refroidissement rapide.

La pasteurisation fait aussi partie des traitements thermiques et assure la conservation des aliments, ses buts sont de :

- réduire la quantité microbienne de l'aliment ;
- reculer la date limite de consommation de l'aliment.

- **La stérilisation alimentaire :**

C'est un traitement pouvant atteindre la température de 150°C, et son but est de détruire tous les micro-organismes, y compris les spores.

La stérilisation change les qualités gustatives car elle entraîne une plus grande dénaturation des protéines et une modification des globules de matière grasse.

- **La tyndallisation :**

Elle permet d'éliminer les formes résistantes (les spores). Elle se réalise par des chauffages répétés à des températures de 60°C jusqu'à 80°C.

Entre chaque chauffage nous laissons un temps de repos, ce temps de repos va permettre à la spore de se léser.

On utilise la tyndallisation pour la conservation des viandes.

- **La technique UHT :**

C'est l'«upérisation à haute température». Elle se réalise en portant très rapidement un liquide entre 135°C et 150 °C pendant plusieurs secondes, puis en le refroidissant tout aussi rapidement.

Le procédé tue tous les micro-organismes et inactive les enzymes éventuellement présentes.

La très courte durée de l'upérisation, par rapport aux autres procédés comme la pasteurisation, a pour but de conserver les qualités essentielles du produit. À la suite du traitement, le produit est généralement conditionné hermétiquement pour en garder la stérilisation.

La stérilisation UHT du lait permet une très longue conservation.

B. Utilisation du froid :



C'est un bon agent de stabilisation des produits alimentaires. Des températures entre 0°C et 8 °C (pour stockage à court terme) peuvent retarder la dégradation des aliments, en inhibant le métabolisme des organismes contaminants et/ou l'activité de leurs enzymes extracellulaires. Malgré cela, il peut y avoir des altérations dues à des organismes psychrotrophes, comme des bactéries pathogènes (*Listeria monocytogens*) qui peuvent continuer à croître à 4 °C.

Cette conservation par le froid, se fait par réfrigération ou congélation ou surgélation.

- **La réfrigération :** Elle se fait à 4°C.
- **La congélation :** Pour le stockage à long terme, elle peut tuer certains contaminants. Elle réduit aussi la quantité d'eau disponible. A des températures inférieures à zéro (de -5 à -10°C), par exemple, certains champignons peuvent devenir des agents de dégradation importants pour la viande.
- **La surgélation :** est une technique de refroidissement brutal (-35°C/-196 °C).

2. La déshydratation :

Cette technique de stabilisation est très ancienne ; elle est basée sur la diminution de l'activité de l'eau du produit, donc par séparation et élimination d'eau.

Le séchage en général fait intervenir la chaleur. Il existe le séchage solaire (fruits, viandes, poissons), et le fumage (viandes, poissons) qui combine l'action de la chaleur à celle des produits de pyrolyse (formol, acides organiques, alcools, cétones, phénols, etc.) ; de plus il y a une action sur la saveur et la couleur.

A. Le Séchage :

Les aliments sont séchés au Soleil ou au four.

B. La Lyophilisation :

La lyophilisation est une technique de séchage par congélation brutale (température comprise entre -40 °C et -80 °C environ). Les aliments conservent toutes leurs saveurs ainsi que leurs nutriments ; une fois réhydratés ils retrouvent presque leur texture d'origine.

3. Ionisation/irradiation

L'irradiation des aliments consiste à exposer des aliments à des rayonnements ionisants afin de réduire le nombre de micro-organismes qu'ils contiennent. Ce procédé est aussi appelé pasteurisation à froid, parce qu'il ne repose pas sur un traitement thermique.

La pasteurisation à froid se fait par :

- Soumettre les aliments à des rayonnements ionisants, qui tuent les organismes présents.
- Soumettre les micro-organismes à une très haute pression.

II.1.5.2. Les Moyens chimiques :

II.1.5.2.1. Ajout des agents de conservation :

Les agents de conservations alimentaires sont des produits chimiques capables d'inhiber les contaminants ; certains inhibent aussi bien les champignons que les bactéries.

Parmi ces agents, nous citons : Les agents minéraux les plus utilisés le NaCl ou le sel (dans de nombreux produits). On utilise également : Les acides organiques et leurs dérivés, tel que l'acide acétique et diacétate (utilisé dans des préparations de légumes, de poissons) ; l'acide propionique (utilisé dans les fromages) ; l'acide sorbique (permet l'inhibition des moisissures dans les fromages, les fruits, les produits céréaliers, etc.), l'acide benzoïque est utilisé pour la conservation des fruits).

1. Conservation dans le sel :

Cette technique qui permet de diminuer l'activité de l'eau est utilisée surtout pour les poissons et les viandes. L'aliment salé, doit être dessalé avant sa consommation.

2. Conservation en milieu acide (comme le vinaigre) :

L'acidité modifie l'apparence, la texture, diminue le goût ainsi que le nombre de vitamines (Exemples : cornichons, oignons...)

3. Conservation dans de l'huile :

Elle crée des conditions d'anaérobie dans l'aliment. (Exemple : tomates séchées à l'huile...).

4. Conservation dans le sucre (sucrage) :

Le sucre étant très imperméable, il ne permet pas aux bactéries de se développer. Cette méthode est utilisée surtout pour les fruits (confiture, sirop...).

5. Conservation par ajout d'un produit chimique de type : E250, E300.... :

Ce sont des composés chimiques que l'on ajoute à l'aliment, pour favoriser une longue durée de conservation.

II.1.5.2. Utilisation des antiseptiques et désinfectants :

Les antiseptiques sont des produits destinés à inhiber la croissance ou à tuer les microorganismes et/ou à inactiver les virus au niveau de tissus vivants (peau saine, muqueuses, plaies). Ce sont donc des substances ayant une activité antibactérienne, antifongique et/ou antivirale. Leurs conditions d'utilisation sont prévues pour ne pas altérer les tissus sur lesquels elles sont placées.

Les antiseptiques sont à rapprocher des désinfectants qui ont également pour but de limiter la croissance ou de tuer les micro-organismes. Mais contrairement aux antiseptiques qui sont appliqués sur des tissus vivants, les désinfectants sont utilisés sur des matériaux inertes (Paillasse, instruments.....).

II.1.5.2.3. Les antibiotiques :

Les antibiotiques sont des molécules capables de tuer des bactéries (effet bactéricide) ou d'inhiber leur croissance (effet bactériostatique) sans affecter les cellules eucaryotes de l'hôte (qu'il s'agisse d'un humain ou d'un autre animal).

Par rapport aux antiseptiques et aux désinfectants, qui agissent généralement sur tous types de micro-organismes, les antibiotiques n'agissent que sur les bactéries, avec une spécificité plus ou moins importante. Cela vient du fait qu'ils interfèrent avec des voies métaboliques essentielles chez les bactéries, mais absentes ou peu actives chez les cellules eucaryotes.

L'activité anti-bactérienne des antibiotiques s'exercent à travers cinq façons, en fonction des molécules:

- inhibition de la synthèse de la paroi bactérienne ;

- inhibition de la synthèse protéique ;
- inhibition de la synthèse des acides nucléiques (ADN, ARN) ;
- modification de la perméabilité des membranes ;
- inhibition de voies métaboliques particulières.

I.1.5.2. L'entreposage et le stockage des aliments :

Après passage par les différents moyens de vérification de conformabilité des aliments, leur entreposage et stockage des à température et humidité convenables, est très important pour que l'aliment reste sain et consommable. Selon les aliments ces conditions de stockage peuvent changer en matière de température (exemple de conservation au réfrigérateur ou à température ambiante ne dépassant pas les 25°C). Et il est à noter que nous devons entreposer et stoker nos aliments dans un endroit propre.

Conclusion :

Nous sommes entourés de micro-organismes dans notre environnement. Il y'a ceux dont la présence n'est pas nocive pour l'être humain et que nous utilisons pour la transformation de nos produits alimentaires, et d'autres pouvant nuire à notre santé si ils sont ingérés ou inhalés. Ainsi, Les aliments peuvent être sujets aux contaminations par des micro-organismes pathogènes, et devenir, de ce fait, nocif pour le consommateur. Les aliments contaminés et consommés, entraînent des intoxications alimentaires, qui peuvent évoluer vers d'autres troubles pathologiques plus graves et pouvant causer la mort.

C'est pour cela, qu'il est important de vérifier la conformabilité du produit alimentaire avant consommation, qu'il est important de respecter les conditions d'hygiène, d'entreposage et de conservation des aliments. Il est d'autant plus important de respecter les règles qui régissent la chaîne de fabrication et de distribution des produits alimentaires, et d'appliquer les moyens de lutte en vigueur pour la conservation des aliments.

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques :

- Bourgeois C-M., Larpent J-P . 1996. Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Microbiologie alimentaire. Sciences et techniques agro-alimentaires.704P.
- Carip C., Salavert M.H., Tandeau A. 2015. Microbiologie, hygiène et droit alimentaire. Lavoisier .340P.
- *Clostridium botulinum*, neurotoxigène. Fiche de description de danger microbiologique transmissible par les aliments. ANSES. 2011
- Corrieu G., Luquet F-M. 2008. Bactéries lactiques, de la génétique aux ferments. Lavoisier. 848P.
- Durand, P. 1999. Technologies des produits de charcuterie et de salaison. Paris. Lavoisier. Tec et Doc.
- Fredot E. 2017. Connaissance des aliments, le manuel. Lavoisier, Tec et Doc. 340P.
- Guiraud J-P. 2012. Rôle des micro-organismes dans les aliments. Microbiologie des aliments. Dunod. 696P.
- Jeantet R., Croguennec T., Schuck P., Brulé G. 2006. Sciences des aliments. Lavoisier. 760P.
- Lamri Y. 2021. Microbiologie alimentaire, discipline, micro-organismes. The Book Depository.
- Leyral G., Vierling E. 2007. Microbiologie et toxicologie des aliments. Hygiène et sécurité alimentaire. 4^{ème} Edition. Biosciences et techniques : Sciences des aliments. 290P.
- Martin A. 2010. Alimentation Aliments, classification et typologie. Extrait de l'Encyclopédie Universalis.
- Neel R., Kawe H-M., Jorgensen K., Taslimi H. 1953. Introduction à l'étude de *Salmonella* et des Salmonelloses en Iran. Bulletin de l'académie vétérinaire de France. P : 106- 110.
- Shigelloses. Fiche Maladies. Centre médical. Institut Pasteur. 2021
- Wesley M., Pieter-Jean C., Bosch V-D., 2021. Maladies infectieuses humaines. Maladies bactériennes. *Salmonella* et *Shigella*. CNRS. Belgique. 14P.

Liens des ressources Web :

<https://depositphotos.com/fr/photos/alt%C3%A9ration-des-aliments.html>

<https://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/aliment/19928>

<https://massartsante.com/aa-gelose-salmonella-shigella-ss/>

<https://www.quebec.ca/sante/alimentation/intoxicationsalimentaires#:~:text=Une%20intoxication>

<https://www.elsan.care/fr/pathologie-et-traitement/maladies-generale/intoxication-alimentaire-symptomes-traitements>

<https://www.greenweez.com/magazine/9-methodes-de-conservation-des-aliments-10168/>

<http://www.guide-des-aliments.com/dietetique/Information/Micro-organismes/BO-Conserve.html>

<https://www.terrafoodtech.com/fr/methodes-de-conservation-des-aliments/>

<https://steritech.eu.com/fr/les-differences-entre-pasteurisation-et-sterilisation/#:~:text=Les%20diff%C3%A9rences%20au%20niveau%20de,inf%C3%A9rieure%20%C3%A0%20100%20%C2%B0C.>