

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Saida - Dr. MOULAY Tahar
Faculté des sciences
Département de biologie



Support des cours

Conservation & Emballage des Denrées Alimentaires

Filière : Science Biologiques

Niveau : 1^{er} Master Microbiologie

Élaboré par :

Mr. ZIANI KADDOUR

Enseignant-chercheur

Année universitaire : 2022-2023

Table de Matières

Préambule.....	4
Introduction générale.....	5
Chapitre I : durée de vie des aliments	7
4.1 Qu'est-ce que la « durée de vie d'un aliment » ?	7
4.2 Comment déterminer une durée de vie ?	8
4.3 Différents types de durée de vie.....	10
2.1.1.1 La Date de Durabilité Minimale (DMM).....	10
2.1.1.2 Date Limite de Consommation (DLC)	11
4.4 Importance de la température de conservation.....	11
4.5 Denrées périssables et très périssables	12
Chapitre II : Conservation par la chaleur	13
2.1 Thermisation (forme allégée de pasteurisation)	13
2.2 Pasteurisation	14
2.3 Tyndallisation ou stérilisation fractionnée à la vapeur	16
2.4 Stérilisation	16
2.5 Appertisation	18
2.6 Blanchiment	18
2.6.1 Technique du blanchiment	19
2.6.2 Contrôle du blanchiment	19
2.7 Cuisson.....	19
Chapitre II : Conservation par le froid.....	21
2.2 Réfrigération : Supérieures au point de congélation.....	21
2.2.1.1 Application de la réfrigération	22
2.3 Congélation & Surgélation (Inférieures au point de congélation)	24
2.3.1 Congélation lente.....	24
2.3.2 Congélation rapide (surgélation)	25
2.3.2.1 Impact du froid négatif sur les caractéristiques des aliments.....	25
Chapitre III : techniques de conservation par séparation et élimination d'eau.....	27
3.1 Déshydratation	27
3.1.1 Séchage	27
3.1.2 Lyophilisation	28
3.1.3 Fumage ou fumaison	30

Conservation par acidification	31
3.1.4 Fermentation	31
3.1.5 Radiations ionisantes	31
3.1.6 Composés présentant des propriétés antimicrobiennes ou antioxydantes	32
Chapitre IV : Emballage alimentaire : terminologie , fonctions et industrie.....	34
4.7 Rôles de l'emballage alimentaire	35
4.8 Emballages et les aliments	35
4.9 Emballage et le transport/distribution.....	38
Bibliographies	40

Préambule

*« Un aliment est une denrée alimentaire comestible.....à la fois
nourrissante, appétente et coutumière »*

J. Trémolières

Une prescription diététique de qualité ne peut se passer d'une bonne connaissance des aliments qui sont les vecteurs des macro- et micronutriments. Les aliments ont pour finalité de satisfaire les besoins énergétiques et nutritionnels mais aussi les attentes hédoniques et symboliques sous la forme d'un assemblage – le repas – habituellement partagé. En dépit de leur complexité naturelle et de leur grande diversité, il est possible de regrouper les aliments en classes ayant des caractéristiques communes.

Depuis l'antiquité, il a fallu élaborer des techniques permettant de conserver les aliments afin de préserver leur comestibilité et leurs propriétés gustatives et nutritives, et surtout pour assurer la disponibilité alimentaire.

La conservation des aliments est également un facteur important de la sécurité alimentaire. Elle exige de lutter contre les facteurs qui altèrent la qualité de l'aliment ou sa comestibilité et implique d'empêcher la croissance de micro-organismes (bactérie, champignons), de retarder l'oxydation des graisses qui provoque le rancissement, la lyse des tissus riches en protéines, et d'allonger la durée de vie des produits. Certaines méthodes de conservation sont très anciennes, d'autres sont plus récentes. La conservation alimentaire reflète les connaissances scientifiques, les expériences, et les moyens disponibles.

La conservation des aliments est une méthode utilisée pour préserver et empêcher une altération possible par des facteurs chimiques (oxydation), physiques (température) ou biologiques (microorganismes ou enzymes). La vitesse d'altération dépend des caractéristiques « intrinsèques » de chaque aliment et aux conditions qui sont liées à l'environnement.

Ces cours sont proposés aux étudiants de microbiologie, sciences alimentaires, nutrition, etc., ont permettant aux étudiants de savoir les différentes techniques de conservation classiques, récentes, domestiques et industrielles utilisées dans le domaine de la production et la commercialisation des aliments.

Introduction générale

Un « aliment » ou « denrée alimentaire » est défini comme « *toute substance ou produit, transformé, partiellement transformé ou non transformé, destiné à être ingéré ou raisonnablement susceptible d'être ingéré par l'être humain* ». Cette définition inclut « *les boissons, les gommes à mâcher et toute substance, y compris l'eau, intégrée intentionnellement dans les denrées alimentaires au cours de leur fabrication, de leur préparation ou de leur traitement* ».

Par contre, ce terme ne couvre pas : « *les aliments pour animaux, les animaux vivants à moins qu'ils ne soient préparés en vue de la consommation humaine, les plantes avant leur récolte, les médicaments, les cosmétiques, le tabac et les produits du tabac, les stupéfiants et les substances psychotropes, les résidus et contaminants* ».

À l'exception de quelques aliments secs et cristallisés très purs (sel, sucre), les aliments subissent au cours du temps des altérations chimiques (par exemple, l'oxydation des graisses provoquant le rancissement), biochimiques (par exemple la protéolyse) et biologiques (par exemple, le développement de micro-organismes) qui se traduisent par des modifications organoleptiques, nutritionnelles et/ou sanitaires. Pour limiter cette dégradation et allonger leur durée de vie, il est rapidement apparu nécessaire de développer des techniques de conservation qui nous assureraient des denrées alimentaires saines, non dangereuses, qui se garderaient le plus longtemps possible.

Durant tous les siècles l'homme a recherché des méthodes pour conserver sa nourriture. Cette conservation vise à préserver leur comestibilité et leurs propriétés gustatives et nutritives, elle implique notamment d'empêcher la croissance de microorganismes et de retarder les réactions d'altérations des aliments.

La conservation est généralement définie comme une méthode utilisée pour préserver un état existant ou pour empêcher une altération susceptible d'être provoquée par des facteurs chimiques (par exemple : l'oxydation), physiques (températures, lumières, etc.), ou biologiques (microorganismes). In addition, la vitesse d'altération dépend des caractéristiques « *intrinsèques* » liés aux aliments et aux conditions « *extrinsèques* » qui sont liées à l'environnement. Aux premières et simples méthodes de conservation (le séchage), ont succédé les techniques de salaison, la conservation par le sucre (les confitures) et la fermentation (vin, fromage, etc.) Au siècle dernier sont apparue la conservation par la chaleur et plus récemment par le froid avec le développement des installations frigorifiques. Ces

différents procédés ont chacun leurs avantages et des inconvénients.

Les techniques de conservation des aliments peuvent être classées en trois groupes : physiques, physico-chimiques ou microbiologiques : Le 1^{er} groupe de ces techniques, fait appel aux procédés physiques comme la température, la pression, l'irradiation ionisante, le champ électrique, etc. Cependant, le *deuxième* groupe, se base sur la modification des caractéristiques intrinsèques de l'aliment comme le : pH, Aw, ou il l'incorporation des additifs dans l'aliment en vue de sa conservation. *Le dernier groupe*, repose sur l'utilisation des microorganismes pour la modification des caractéristiques physicochimiques de l'aliment ; la technique la plus répandue est la fermentation.

Généralement, la combinaison de plusieurs techniques de conservation peut être également envisagées afin d'augmenter la durée de vie d'un aliment sans provoquer une modification significative de ses propriétés sensorielles et nutritives. Ces techniques de conservation sont basées essentiellement sur ces principes :

1. Chaleur : pasteurisation, stérilisation, appertisation, traitement à ultra haute température (UHT) ;
2. Froid : réfrigération, congélation, surgélation ;
3. Modification du pH : acidification par fermentation ou par addition ;
4. Modification de l'atmosphère autour de l'aliment : l'oxygène est diminué (conditionnement sous vide) ou remplacé par un autre gaz (conditionnement sous atmosphère modifiée) ;
5. Séparation et l'élimination de l'eau : par ajout de sel (salage, saumurage) ou de sucre (confisage), par séchage (déshydratation) ou encore par cryodessiccation (lyophilisation) ;
6. Utilisation de rayonnements ionisants (ionisation).

Chapitre I : durée de vie des aliments

La conservation des aliments est le procédé qui consiste à traiter et manipuler les aliments d'une manière telle que leur altération soit arrêtée ou fortement ralentie afin d'éviter une éventuelle intoxication alimentaire tout en maintenant leurs qualités organoleptiques (la texture et le goût) et nutritionnelles. Cependant, une bonne conservation implique que la charge microbienne à traiter soit la plus faible possible d'où l'importance des conditions hygiéniques de fabrication, de préparation et de stockage.

Pour se multiplier, les micro-organismes ont besoin : de nutriments, d'eau, de chaleur et d'oxygène (à l'exception des bactéries anaérobies).

Pour empêcher leur prolifération, certains traitements de conservation ont pour but de les priver d'un de ces éléments rendant ainsi le milieu non favorable à leur croissance alors que d'autres visent l'élimination totale des micro-organismes.

4.1 Qu'est-ce que la « durée de vie d'un aliment » ?

La « durée de vie d'un aliment » est définie par *« la période durant laquelle un produit répond à des spécifications en termes de sécurité (innocuité) et de salubrité (absence d'altération), dans les conditions prévues de stockage - essentiellement la température de conservation - et d'utilisation, y compris par le consommateur »*.

Celle-ci « débute à la date d'origine ou jour zéro (Jo), date fixée par le fabricant, qui correspond à l'étape la plus appropriée et pertinente de la fabrication, et qui, pour un aliment donné, est toujours la même ».

La durée de vie microbiologique d'un aliment est définie, d'après la norme NF V01-002, comme la *« période, à partir de la date d'origine Jo, pendant laquelle l'aliment reste dans des limites microbiologiques fixées »*. Les micro-organismes pathogènes ainsi que les micro-organismes d'altération sont pris en compte.

La fin de la durée de vie microbiologique correspond au moment où l'aliment est devenu impropre à la consommation du fait de la présence de micro-organismes d'altération à un niveau inacceptable, ou préjudiciable à la santé du fait de la présence de micro-organismes pathogènes et/ou de leurs toxines. Par conséquent, la durée de vie de l'aliment indique au consommateur jusqu'à quelle date un aliment peut être conservé et consommé sans qu'il ne devienne dangereux pour sa santé.

4.2 Comment déterminer une durée de vie ?

La durée de vie d'un aliment dépend de nombreux facteurs : la composition et les caractéristiques physico-chimiques de l'aliment, la nature et la qualité des matières premières et des ingrédients, le procédé de fabrication, le type de conditionnement, les modalités de conservation, les conditions de stockage (notamment la température de conservation) et d'utilisation prévisibles par les consommateurs.

Cette durée est déterminée par les professionnels du secteur alimentaire.

Pour un aliment préemballé, la durée de vie fixée est de la responsabilité du fabricant. Celui-ci doit prendre en compte les conditions raisonnablement prévisibles de conservation tout au long de la chaîne du froid, de la fabrication à la consommation.

La durée de vie d'un aliment est établie pour un produit non ouvert que ce soit par le consommateur final ou par un professionnel (artisans, grandes et moyennes surfaces, restaurateur). La détermination d'une durée de vie secondaire est de la responsabilité des exploitants qui déconditionnent le produit fini pour le vendre à la coupe par exemple. Cependant, la durée de vie secondaire ne peut excéder la durée de vie initialement établie par le fabricant sauf si un traitement de conservation a été mis en place par le deuxième opérateur.

Avant de déterminer une durée de vie, il est nécessaire que le professionnel ait mis en place un PMS (Plan de Maitrise de Sécurité) afin de limiter la variabilité de la contamination inter et intra-lots et ainsi obtenir un produit qui présente les mêmes caractéristiques.

Les exploitants du secteur alimentaire responsables de la fabrication de denrées alimentaires, doivent conduire des études afin d'examiner si les critères microbiologiques sont respectés pendant toute la durée de conservation. Cependant, il faut considérer tous les microorganismes (pathogènes ou d'altération) susceptibles d'évoluer au cours de la durée de vie de l'aliment.

Ces études comprennent systématiquement :

- La description du produit, en particulier les informations relatives aux caractéristiques physico-chimiques et biologiques : pH, aw (« activity water » ou « activité de l'eau »), teneur en sel, description de l'éventuelle flore technologique et/ou naturelle, concentration en additifs utilisés (surtout conservateurs), etc. ;

- La description détaillée du procédé de fabrication, de transformation, de conditionnement et de stockage ;
- Les données de la littérature scientifique ou d'études antérieures sur des produits voisins ;
- Les données historiques d'autocontrôles.

Pour les produits fabriqués depuis plusieurs mois ou années, l'exploitation des données historiques d'autocontrôles est essentielle pour justifier qu'une durée de vie microbiologique est appropriée. Elle peut être suffisante pour garantir que la durée de vie déterminée est appropriée, à condition que l'aliment ne soit pas modifié.

Les données récoltées lors des analyses d'autocontrôles indiquent « les niveaux de contamination trouvés dans l'environnement de production, les matières premières et les produits finis, pour les micro-organismes d'intérêt (dangers identifiés, micro-organismes d'altération, indicateurs d'hygiène), dans les conditions réelles de fonctionnement ».

En cas de développement d'un nouveau produit ou de modification dans la composition de l'aliment, dans le procédé de fabrication, dans le conditionnement, dans l'atelier de fabrication ou dans les équipements de production, il faut valider à nouveau la durée de vie du produit ainsi que le PMS. Des études complémentaires peuvent être réalisées si les données disponibles ne sont pas suffisantes pour valider la durée de vie : les tests de vieillissement, les tests de croissance et la microbiologie prévisionnelle.

Les **tests de vieillissement** évaluent la croissance des bactéries dans les aliments naturellement contaminés et conservés dans des conditions raisonnablement prévisibles. Dans le cas de micro-organismes fréquemment détectés dans les aliments en fin de fabrication, ils peuvent suffire pour déterminer une durée de vie. Néanmoins, « plus la prévalence du micro-organisme considéré est basse, ce qui est souvent le cas des pathogènes, plus il est difficile d'obtenir un nombre de données suffisantes ».

Les **tests de croissance** évaluent la croissance des micro-organismes « inoculés artificiellement dans un aliment avant son stockage sous différentes conditions ». On peut ainsi avoir des informations sur sa capacité à se développer dans cet aliment (potentiel de croissance) et sur sa vitesse de multiplication (taux de croissance). Ces tests sont surtout utiles lors de la création d'un nouveau produit pour lequel peu de données sont disponibles.

La microbiologie prévisionnelle utilise des modèles mathématiques pour prévoir le comportement des micro-organismes au sein de l'aliment, en fonction de ses caractéristiques physico-chimiques mais aussi en fonction de paramètres extérieurs comme la température. Ainsi, en faisant varier la température ou les caractéristiques de l'aliment au cours de la conservation, on peut modéliser les conséquences sur la croissance des micro-organismes par exemple.

De plus, les conditions particulières de conservation et/ou d'utilisation, notamment concernant la température à respecter, qui garantissent la durée de vie évaluée sont indiquées sur l'étiquetage du produit.

4.3 Différents types de durée de vie

La réglementation internationale impose de mettre certaines informations sur les denrées alimentaires parmi lesquelles des dates de conservation : date de durabilité minimale (DDM), date limite de consommation (DLC), date de congélation, etc.

Les dates de durabilité sont fixées par les exploitants à partir de la durée de vie, en intégrant le plus souvent une marge de sécurité afin de prendre en compte les conditions de conservation raisonnablement prévisibles.

2.1.1.1 Date de Durabilité Minimale (DMM)

Le terme « date de durabilité minimale (DDM) » du produit a remplacé celui de « date limite d'utilisation optimale (DLUO) ». La DDM est apposée sur le produit au lieu de la DLC dès lors qu'il ne s'agit pas de « denrées alimentaires microbiologiquement très périssables ». Il s'agit généralement de produits stables microbiologiquement, tout particulièrement concernant des micro-organismes pathogènes.

Un aliment stable du point de vue microbiologique ralentit ou inhibe la croissance microbienne ou la production de toxine du fait de sa composition physico-chimique (pH, A_w notamment), de la présence de composés inhibiteurs ou de la température de conservation.

La DDM est précédée des termes « à consommer de préférence avant le..... » lorsque la date comporte l'indication du jour, ou « à consommer de préférence avant fin » dans les autres cas. Au-delà de la DDM, la denrée n'est pas dangereuse pour la santé, elle peut donc encore être consommée, mais peut perdre certaines de ses qualités gustatives et/ou

nutritionnelles. Par exemple, il peut y avoir une modification du goût, de la couleur ou même de l'odeur.

2.1.1.2 Date Limite de Consommation (DLC)

La DDM est remplacée par la DLC dans le cas des « denrées alimentaires microbiologiquement très périssables et qui, de ce fait, sont susceptibles, après une courte période, de présenter un danger immédiat pour la santé humaine ». La DLC indique une limite impérative, au-delà de laquelle le produit devra être jeté car jugé dangereux.

Elle est précédée des termes « à consommer jusqu'au.....». Cette mention est suivie d'une description des conditions de conservation à respecter.

4.4 Importance de la température de conservation

Afin d'assurer la sécurité et la salubrité des denrées alimentaires instables d'un point de vue microbiologique, des températures de conservation à tous les stades de la chaîne alimentaire ont été instaurées, le but étant de placer les aliments à des températures ne favorisant pas le développement de micro-organismes pathogènes ou la formation de toxines.

Par exemple, les viandes doivent être maintenues à une température ne dépassant pas 4°C pour les volailles, 3°C pour les abats et 7°C pour les autres viandes pendant la phase de production. Puis immédiatement après cette étape, elles doivent être refroidies à une température à cœur ne dépassant pas 2 °C pour les viandes hachées et 4°C pour les préparations de viandes, ou congelées à une température à cœur ne dépassant pas -18°C. Ces températures doivent être maintenues durant le stockage et le transport.

Tableau 1 : Températures minimales de congélation et surgélation de certaines denrées alimentaires selon le Journal officiel Algerian N°87 du 08 décembre 1999

Denrées alimentaires	Températures minimales
Abats	-12°C
Volaille, lapins	-12°C
Ovoproduits	-12°C
Beurre, graisses animales	-14°C
Produits de la pêche	-18°C
Viandes	-18°C
Plats cuisinés	-18°C
Toutes denrées préparés avec produits d'origine animale	-18°C
Glaces et crème glacés	-20°C

La chaîne du froid doit être maintenue notamment pour les aliments ne pouvant pas « être entreposés à température ambiante de manière sûre, en particulier les produits alimentaires congelés ». De plus, « des installations et/ou dispositifs adéquats doivent être prévus pour maintenir les denrées alimentaires dans des conditions de température adéquates et pour contrôler ces dernières ».

Le consommateur doit également respecter les températures indiquées sur les étiquettes des aliments pour permettre une bonne conservation des aliments. Les dates limites de consommation, fixées par le fabricant, tiennent compte de ces températures.

4.5 Denrées périssables et très périssables

Tous les aliments sont périssables, à l'exception de quelques produits (sel, sucre). Une « denrée alimentaire périssable » est décrite comme « toute denrée alimentaire qui peut devenir dangereuse, notamment du fait de son instabilité microbiologique, lorsque la température de conservation n'est pas maîtrisée » et sa température de stockage et de transport doit être de +8°C au maximum.

Une « denrée alimentaire très périssable » se définit comme « toute denrée alimentaire périssable qui peut devenir rapidement dangereuse, notamment du fait de son instabilité microbiologique, lorsque la température de conservation n'est pas maîtrisée » et elle doit être stockée et transportée au maximum à +4°C. De plus, elle se verra apposer une DLC au lieu d'une DDM.

Le terme « rapidement » peut être précisé comme « dangereux en quelques heures ou quelques jours selon le danger, l'aliment et la température d'entreposage ».

Plus un aliment sera instable sur le plan microbiologique, plus la croissance de certains micro-organismes sera rapide au cours de la conservation et plus la durée de vie de cet aliment est limitée.

Chapitre II : Conservation par la chaleur

Le traitement des aliments par la chaleur est aujourd'hui la plus importante technique de conservation à courte et à longue durée. Il a pour objectif de détruire ou d'inhiber totalement les enzymes et les microorganismes et leurs toxines, dont la présence ou la prolifération pourrait altérer l'aliment ou le rendre impropre à la consommation. La conservation par la chaleur est appliquée aux aliments dans une phase ultime de préparation avant la consommation. Le traitement thermique est utilisé souvent :

- Pour **détruire** les microorganismes (altérants ou pathogènes) et/ou pour **inactiver** les enzymes endogènes (responsables de l'altération) : *Cette effet est lié au couple temps/température. De manière générale, plus la température est élevée et plus la durée est longue, plus l'effet sera important.*
- Pour **stabiliser la structure** de certains produits, surtout les aliments à base des protéines et lipides (lait UHT) ;
- Pour **améliorer** les **qualités organoleptiques** du produit (*formation par des réactions de Maillard de composés aromatiques améliorant la flaveur du produit*).

2.1 Thermisation (forme allégée de pasteurisation)

Cette technique est basée sur un chauffage du lait cru, de 45 °C pendant 30 minutes, 63°C pendant 16 secondes, ou 72°C pendant 1 seconde pour détruire les bactéries pathogènes. Ce traitement thermique modéré est appliqué au lait de fromagerie afin de préserver la flore bactérienne naturelle et réduire sa flore microbienne et d'augmenter le rendement fromager. Contrairement à la pasteurisation, la thermisation n'a pas pour objectif de détruire la totalité des souches pathogènes. Elle est considérée comme procédure de **conservation provisoire**, de courte durée, réservée au lait.

NB. Ce traitement laisse subsister de la phosphatase, au contraire de la pasteurisation, qui élimine quant à elle toute la phosphatase alcaline.

2.2 Pasteurisation

La pasteurisation est un procédé de conservation des aliments mis au point par le chimiste français **Louis Pasteur**. Ce traitement thermique qui se fait à une température **inférieure à 100°C** doit être suivi d'un brusque refroidissement puisque tous les microorganismes ne sont pas éliminés et qu'il est nécessaire de ralentir le développement des germes encore présents (*Ex. les bactéries sporulées*). Trois types de pasteurisation sont pratiqués en fonction de couples (**Température/Temps**) : pasteurisation basse (60 à 65 pendant 15 à 30 Minutes), pasteurisation haute (70 à 75 pendant 15 à 40 Secondes), pasteurisation flash (85 à 95 pendant 1 à 2 secondes).



En 1871
Pasteur invente
le procédé dit
de "pasteurisation"

Puis que la pasteurisation est un procédé de conservation limité. Il faut lui associer :

- Un conditionnement hermétiquement clos,
- Une atmosphère modifiée ou sous vide,
- Une réfrigération entre 4° et 6°C/,
- Des conservateurs chimiques (*acide, sucre, sel, acide ascorbique, nitrates ou nitrites, etc.*)
- L'emballage porte la mention « date limite de consommation » DLC de 7 à 24 jours.

La pasteurisation est utilisée pour les aliments dont les qualités organoleptiques sont dégradées par un chauffage trop sévère (lait, foie gras, plats cuisinés, miel, etc.) ou qui possède un pH suffisamment bas pour limiter le développement des microorganismes survivant donc thermorésistants (ex : jus de fruits), comme on peut utiliser lorsque seulement les microorganismes pathogènes doivent être éliminés (lait) ou lorsque l'on souhaite éliminer une partie de la population microbienne pour obtenir une fermentation recherchée avec un type microbien rajouté.

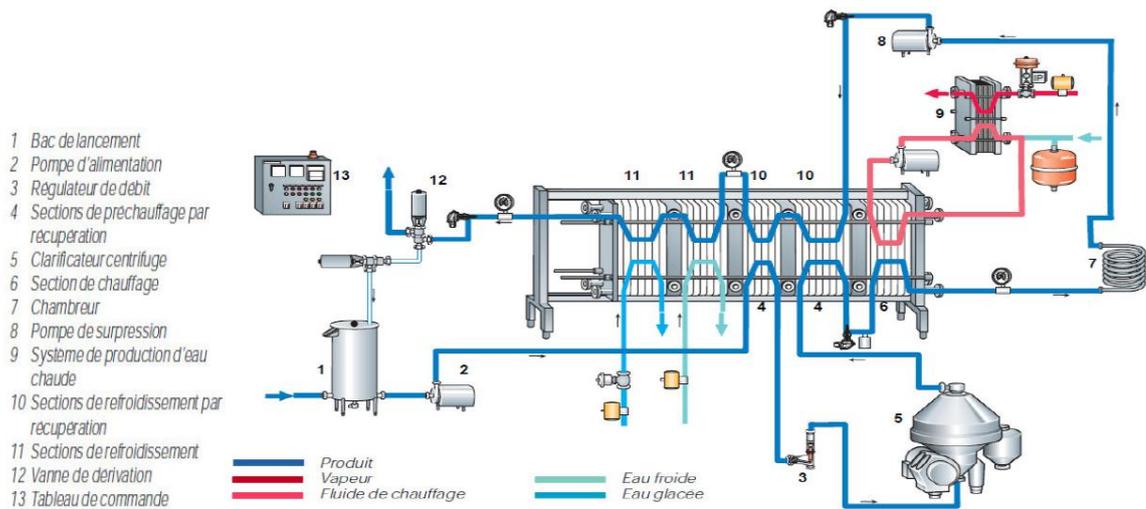


Figure 1. Installation complète d'une ligne pasteurisation du lait

Q1. Comment contrôler l'efficacité du traitement thermique du lait pasteurisé ?

La phosphatase alcaline est une enzyme thermolabile naturellement présente dans le lait. La présence ou l'absence de cette enzyme permet donc indirectement de savoir si la pasteurisation a été réalisée correctement. Une mesure de l'activité de la phosphatase alcaline du lait peut se pratiquer de la manière suivante : Dans un tube à essai, on introduit : 5 ml de solution tamponnée (pH =9,6) de substrat (le substrat étant le nitro-4-phénylphosphate disodique ou PNPP). On place le tube au bain thermostaté à 37 °C, pendant 5 minutes, puis on ajoute 1 ml de lait à tester ; On agite et, après incubation de 30 minutes à 37 °C, on ajoute : 1 ml de solution d'hydroxyde de sodium à 1 mol.L⁻¹. Un témoin est mené parallèlement dans les mêmes conditions avec du lait bouilli.

Tableau 2 : Objectif de la pasteurisation pour différents aliments

Aliments	Objectif principal	Objectif de la filiale	Exemples de traitement minimal conditions
pH < 4.5			
Jus de fruits	Inactivation de l'enzyme (pectine méthylestérase et polygalacturonase)	Destruction des micro-organismes d'altération (levures, moisissures)	65°C for 30 min; 77 °C for 1 min; 80°C for 10±60 s
pH > 4.5			
Lait	Destruction des agents pathogènes : Brucella abortis, Mycobacterium tuberculosis, Coxiella burnettii	Destruction des microorganismes d'altération organismes et enzymes	63°C for 30 min; 71,7 °C for 15 s; 88,3°C for 1s; 90°C for 0.5s
Crème glacée, lait glacé ou œuf	Destruction des microorganismes d'altération	Destruction des microorganismes d'altération	69°C for 30 min; 71 °C for 10 s; 80°C for 25s; 82,2°C for 15s;

2.3 Tyndallisation ou stérilisation fractionnée à la vapeur

Cas particulier de traitements pour des objets ou solutions sensibles à la chaleur (préparation pharmaceutiques : solutés injectables). Le procédé consiste à chauffer à 60-70°C pendant 30 minutes à 1 heure, une fois par jour, trois jours consécutivement et incubation à 37°C entre chaque chauffage.

1. Le 1^{er} chauffage de 30 minutes à 60 °C tue les formes végétatives et induit la germination d'éventuelles spores ;
2. Le 2^{ème} chauffage, effectué dans les mêmes conditions, tue les formes végétatives issues du premier chauffage et induit une germination pour d'éventuelles spores résiduelles ;
3. Le 3^{ème} chauffage de 30 minutes à 60 °C détruit les formes végétatives issues du deuxième chauffage.

2.4 Stérilisation

La stérilisation est une technique de conservation des aliments par la chaleur consiste à exposer les aliments à une température, généralement supérieure à 100°C (*température : 100-150°C ; le plus souvent >115°C, T° de référence 121,1°C*), pendant une durée suffisante pour inhiber les enzymes et détruire la totalité des microorganismes présents sous formes végétatives ou sporulées.

La stérilisation permet ainsi de conférer au produit une longue durée de conservation à température ambiante. (Exemples: lait stérilisé UHT, conserves, etc.). La stérilisation de l'aliment et de son contenant peut-être réalisée de deux façons : la première consiste à une stérilisation séparée du **contenant** (*réceptif*) et du **contenu** (*l'aliment*) suivie d'un conditionnement aseptique. Alors que la deuxième consiste à une stérilisation simultanée du contenant et du contenu (appertisation). Les techniques de stérilisation les plus couramment utilisées sont :

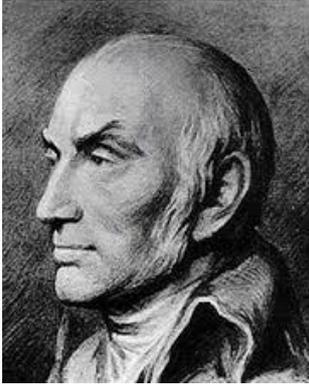
1. *La stérilisation classique* : 115°C pendant 15 à 20 minutes,
 - a. **Inconvénients** : perte de 30% des vitamines +gout légèrement modifié.
2. *La stérilisation à haute température* : 140°C pendant quelques secondes, ce procédé met en œuvre soit le chauffage indirect soit le chauffage direct par contact entre le produit et de la vapeur d'eau sous pression. Le produit stérilisé est ensuite refroidi puis conditionné aseptiquement. Ce processus est utilisé pour la stérilisation des produits liquides (lait, liquides, etc.) ou de consistance plus épaisse (desserts lactés, crème, jus de tomate, etc.).

❖ ***Cette technique à l'avantage de préserver la qualité organoleptique et nutritionnelle du produit stérilisé. Cependant, elle ne peut être utilisée que dans le cas des produits liquides comme le lait.***

Les aliments stérilisés se conservent donc à température ambiante tant que le récipient n'a pas été ouvert.

L'upérisation est un procédé moderne. C'est grâce à lui qu'est produit le lait UHT (Ultra Haute Température). L'upérisation consiste à porter le lait instantanément à une température très élevée (140°C). Il est gardé à cette température pendant 2 à 5 secondes puis est refroidi tout aussi rapidement. La forte chaleur tue tous les microorganismes et un certain nombre d'enzymes sont inactivées mais la très courte durée de traitement permet de n'altérer ni le goût ni la valeur nutritive du lait. Le lait UHT se conserve plusieurs mois (environ 3 mois) à température ambiante si l'emballage n'a pas été ouvert. Une fois l'emballage ouvert, le lait ne se conserve toutefois que trois jours au maximum à une température inférieure à 7°C.

2.5 Appertisation



Nicolas Appert (1749- 1841) a montré la capacité qu'à la chaleur augmenter la durée de conservation des aliments (conserves). L'appertisation différait de toutes les méthodes antérieures par la combinaison de la destruction de tous les microorganismes et de la protection de l'aliment contre toute recontamination microbienne ultérieure. Il s'agissait d'une révolution dans le domaine de l'industrie agroalimentaire.

Author of books: *The Art of Preserving All Kinds of Animal and Vegetable Substances for Several Years* (1810)

L'appertisation est un procédé de conservation qui consiste à stériliser par la chaleur des denrées périssables dans des contenants (boîtes métalliques, bocaux, etc.) hermétiquement fermés (récipient étanche à l'eau, aux gaz et aux microorganismes). Sa découverte remonte aux années 1790. L'appertisation est largement utilisée aujourd'hui pour la conservation à long terme des denrées alimentaires d'origine animale ou végétale. La durée de conservation des aliments appertisés est de plusieurs mois à quelques années.

Inconvénients: *Ce procédé de conservation altère les qualités gustatives des aliments bien qu'il permette une bonne préservation des qualités nutritionnelles ;*

En cas de manque d'hygiène ou de mauvaise application de la procédure, le risque alimentaire par le botulisme peut mettre la vie en danger.

2.6 Blanchiment

Le blanchiment est un traitement thermique de **quelques minutes à 70 °C à 100 °C** destiné à détruire les enzymes susceptibles d'altérer les légumes ou les fruits avant leur traitement ultérieur (surgélation, séchage, etc.). En réalité la destruction des enzymes n'est qu'un objectif parmi bien d'autres et le rôle du blanchiment qui constitue un **prétraitement** avant séchage, lyophilisation, appertisation ou surgélation, est multiple.

2.6.1 Technique du blanchiment

Le choix de la technique s'effectue en fonction de la nature de la matière première à traiter.

- Le **blanchiment à eau** est utilisé pour les organes végétaux massifs. Il possède l'avantage d'un traitement homogène des aliments ainsi que de la possibilité de moduler la température de blanchiment.
- Le **blanchiment à vapeur** est utilisé pour les produits très fragmentés. Ce dispositif se présente sous la forme d'un tunnel d'environ 15 mètres de longueur dans lequel le produit est véhiculé par un tapis transporteur et traverse une atmosphère de vapeur. Le temps de séjour des produits dans la vapeur est fixé par la vitesse d'avancement du tapis. Cette méthode conserve les substances solubles. Par contre, le blanchiment est moins homogène, prend 20 % à 40 % plus de temps et possède un coût plus élevé.

2.6.2 Contrôle du blanchiment

L'efficacité du blanchiment peut être contrôlée en testant l'inactivation ou la présence de deux enzymes largement répandues dans les végétaux : la catalase et la peroxydase.

2.7 Cuisson

La **cuisson** est un traitement thermique des aliments afin de les rendre consommables. Son objectif principal est donc le développement des caractéristiques organoleptiques du produit : Amélioration du goût, de l'odeur, du couleur et de la texture. Selon les barèmes appliqués, la cuisson peut être associée à une réduction substantielle, voir même une élimination, de la charge microbienne présent sur le produit. Les produits cuits peuvent être conservés au réfrigérateur pendant quelques jours, et au congélateur pendant quelques semaines.

Il existe cinq **modes de cuisson** de base : Les aliments peuvent être plongés dans un liquide tel que de l'eau, du bouillon (parfumé ou non) ou du vin (pochage, cuisson au bouillon ou à l'étouffée), immergés dans des graisses animales ou de l'huile (friture), exposés à la vapeur (cuisson à la vapeur et, dans une certaine mesure, braisage) ou à la chaleur sèche (rôtissage, cuisson au four, cuisson au grill) ou bien encore poêlés dans de petites quantités de graisses chaudes (sautés).

Q2. Quelle est la différence entre la stérilisation et la pasteurisation ?

La différence avec la pasteurisation se trouve dans la gamme de température appliquée durant le traitement : supérieure à 100°C en stérilisation et autour de 70°C en pasteurisation. D'autre part, l'efficacité du traitement n'est pas la même : en effet, la pasteurisation ne détruit que les formes végétatives mais pas les spores, ce qui induit une recontamination possible lors de la germination des spores. Ainsi, un aliment stérile n'a pas de Date Limite de Consommation (DLC) mais a une DLUO (Date Limite d'Utilisation optimale) qui s'exprime en mois voire en années. Au-delà cette date, les propriétés organoleptiques ou nutritionnelles ne sont plus assurées mais le produit alimentaire ne constitue pas un danger pour celui qui va l'ingérer. Selon la sensibilité du produit et l'emballage qui le contient, on va donc utiliser l'une ou l'autre des techniques de conservation.

Chapitre III : Conservation par le froid

L'utilisation du froid (*réduction de la température = froid « positif » ou « négatif »*) pour la **conservation des aliments est** la technique la plus répandue. Les basses températures retardent le développement des microorganismes, les réactions chimiques et enzymatiques qui entraînent la détérioration du produit. Les enzymes et les réactions chimiques sont considérablement ralenties à des températures basses $< +5^{\circ}\text{C}$, alors que la majorité des microorganismes ne sont plus capables d'activité métabolique à des températures inférieures à -5°C . Il est connu qu'il existe trois règles fondamentales à respecter dans l'application du froid :

- I. Le froid doit s'appliquer à **des aliments sains au départ** ;
- II. Le refroidissement doit être fait le **plus tôt possible** ;
- III. Le froid **doit être continue** tout au long de la filière de distribution : la chaîne du froid ne doit pas être interrompue.

Deux procédés qui utilisent cette technique du froid : la **réfrigération** et la **congélation**. Les basses températures peuvent être :

3.1 Réfrigération : Supérieures au point de congélation

La réfrigération consiste à entreposer les aliments à une température basse, proche du point de congélation, mais toujours positive par rapport à celui-ci. Généralement, la température de réfrigération se situe entre 0°C et $+7^{\circ}\text{C}$. À ces températures, la vitesse de développement des microorganismes est ralentie. La majorité des microorganismes présents peuvent donc reprendre leur activité dès le retour à une température favorable.

La réfrigération est utilisée pour la conservation des aliments périssables à court et moyen terme et tend à conserver les aliments dans un état très voisin de leur état initial. La durée de conservation va de quelques jours à plusieurs semaines suivant le produit, la température, l'humidité relative et le type de conditionnement. La réfrigération recouvre en fait deux étapes :

- a. **Le refroidissement** : c'est l'abaissement de la température à la valeur souhaitée. Sauf exception, ce refroidissement devra être rapide, surtout s'il suit une cuisson : le produit se trouve alors à des températures favorables à la prolifération des microorganismes ;

- b. La conservation du produit à cette température** ($0^{\circ}\text{C} < T^{\circ} < +7^{\circ}\text{C}$). Les températures de réfrigération n'empêchent pas le développement des microorganismes, la conservation du produit sera donc limitée dans le temps.

La réfrigération freine les mécanismes de dégradation de la matière, vivante ou non, et le métabolisme cellulaire des organes vivants (activité respiratoire, croissance, maturation), Elle retarde la prolifération des populations microbiennes, mais ne détruit qu'un nombre limité de germes. La contamination initiale des produits joue donc un rôle important, toute remontée de température, même de courte durée, entraînant une réactivation du développement des microorganismes.

3.1.1 Application de la réfrigération

- La réfrigération peut se faire *à la production* (lait à 10°C aussitôt après la traite ou réfrigération de la viande après l'abattage à $+2^{\circ}\text{C}$).
- Réfrigération *en chambre froide* (stockage des légumes et des fruits : jusqu'à 7 mois à $+12^{\circ}\text{C}$ pour les bananes ou $+4^{\circ}\text{C}$ pour les pommes, quelques semaines de 0°C à $+4^{\circ}\text{C}$ pour les fruits à noyaux).
- *Maturation des viandes* (de 2 à 3 semaines à 0°C).
- Réfrigération sur les *lieux de pêche* (15 jours à 0°C).
- Réfrigération *en atmosphère gazeuse* (œufs, pendant plusieurs mois).

a. Avantages

- ❖ La réfrigération permet d'étaler dans le temps la mise sur le marché des produits frais et le transport, du lieu de production au lieu de consommation ;
- ❖ Elle permet également la maturation des viandes en augmentant la tendreté des fibres musculaires.

Inconvénients

- ❖ Elle enlève parfois aux produits de la saveur. Elle provoque la perte des vitamines oxydables, en particulier de la vitamine C.

Réfrigérateur, mode d'emploi

Chaque aliment a sa place

Les réfrigérateurs ne délivrent pas partout le même niveau de froid, ce qui permet de conserver chaque type de denrée à la bonne température. Encore faut-il y ranger les produits correctement...

CONSERVATEUR : surgelés, glaces.

-18 °C

Réglez le thermostat en fonction des circonstances : si le réfrigérateur est chargé ou s'il fait chaud, abaissez la température.

Nettoyez votre réfrigérateur au moins deux fois par mois avec de l'eau savonneuse et rincez-le avec de l'eau vinaigrée ou javellisée.

ZONE FRAÎCHE : légumes et fruits cuits, viandes et poissons cuits, yaourts, fromages faits à cœur.

+4 °C à +6 °C

ZONE FROIDE* : viandes et poissons frais, charcuteries, produits traiteur frais, desserts lactés, fromages frais et au lait cru, jus de fruits frais, salades emballées.

0 °C à +4 °C

BAC À LÉGUMES : fruits et légumes frais, fromages autres que frais ou au lait cru.

+6 °C

PORTE : œufs, beurre, lait, jus de fruits pasteurisés entamés, hermétiquement fermés.

+6 °C à +10 °C

Des courses dans les règles



Achetez les produits réfrigérés et surgelés en dernier.



Lisez bien les étiquettes. La date limite de consommation ou d'utilisation optimale du produit ne vaut que si vous respectez la température de conservation indiquée.



Rapportez vos courses au plus vite chez vous, en utilisant

* Attention, lisez la notice de votre réfrigérateur : selon le cas, la zone froide se situe en haut ou en bas, juste au-dessus du bac à légumes.

Retirez les suremballages prévus pour faciliter le transport des aliments, qui gênent leur réfrigération.

S'il n'en est pas équipé, placez un thermomètre dans votre réfrigérateur, afin de vérifier régulièrement sa température.

des sacs isothermes pour les surgelés et, si possible, pour les produits réfrigérés, surtout s'il fait chaud.

3.2 Congélation & Surgélation (Inférieures au point de congélation)

La congélation est une conservation à une température inférieure à -12°C , la surgélation est une conservation à une température inférieure à -18°C . L'activité métabolique de la plupart des germes pathogènes et des germes d'altération est inhibée aux températures inférieures au point de congélation. Il faut néanmoins descendre à -18°C pour stopper le développement des levures et des moisissures et donc stabiliser la flore. Même à -18°C , un produit subit encore une altération progressive : l'oxydation des acides gras est toujours possible à cette température. D'autres phénomènes se produisent aussi : une perte d'eau du produit, une modification de la localisation de l'eau. Tout cela explique que la conservation d'un produit surgelé reste limitée dans le temps.

Ce traitement recouvre trois étapes successives : *l'abaissement de la température* (la plus rapide possible), *la conservation à température constante* (il faut absolument éviter les écarts de température !) et la *décongélation* (il faut éviter des températures excessives en surface du produit).

3.2.1 Congélation lente

La congélation s'est développée après les travaux de **Charles Tellier** et de **Mauvoisin** qui codifia les règles à suivre pour obtenir un bon produit dans son « trépied : produit sain, froid précoce et froid continu ». La congélation est l'action de soumettre un produit au froid de façon à provoquer le passage de l'eau qu'il contient à l'état solide. Cette opération a pour but de ralentir l'évolution des processus enzymatiques et assurant ainsi une durée de conservation plus longue. Ce procédé provoque la cristallisation en glace de l'eau contenue dans les aliments. On assiste alors à une diminution importante de l'eau disponible, soit à une baisse de l'activité de l'eau, ce qui ralentit ou élimine l'activité microbienne et enzymatique. La congélation permet donc la conservation des aliments à plus long terme que la réfrigération. La congélation peut être comparée à une déshydratation, l'eau cristallisée par congélation est liée et devient inutilisable par les microorganismes. Le produit congelé doit être immédiatement consommé après décongélation car ce traitement ne détruit ni les enzymes ni les microorganismes.

La congélation lente souvent utilisée pour la congélation de grosses pièces (de boucherie) et lors de la congélation domestique où l'on ne dépasse les -20°C . Dans ce cas, le refroidissement de l'aliment s'effectue alors lentement ce qui entraîne la formation de cristaux de glace de taille relativement importante par rapport à celle des cellules du produit. Les

aiguilles tranchantes des cristaux de glace peuvent percer et déchirer la paroi des cellules peu résistantes et favoriser une certaine exsudation lors de la décongélation.

3.2.2 Congélation rapide (surgélation)

Ce procédé de congélation rapide englobe des éléments fondamentaux : L'utilisation de température **très basse** allant de - 30 °C à - 50 °C ; La **rapidité** du refroidissement qui doit permettre de franchir rapidement la zone de température de cristallisation maximum. Il s'agit d'amener au plus vite le « cœur » de l'aliment à une température égale à -18°C.

Cette technique de refroidissement utilisée pour des petites pièces fraîches et salubres. Le produit est alors soumis à une température plus basse que pour la congélation lente, soit environ - 40 °C, afin que le cœur du produit atteigne rapidement la température de -18 °C à maintenir. Cette technique permet la formation de nombreux et petits cristaux de glace qui ne détériorent pas l'aliment. Un faible exsudat est alors produit lors de la décongélation.

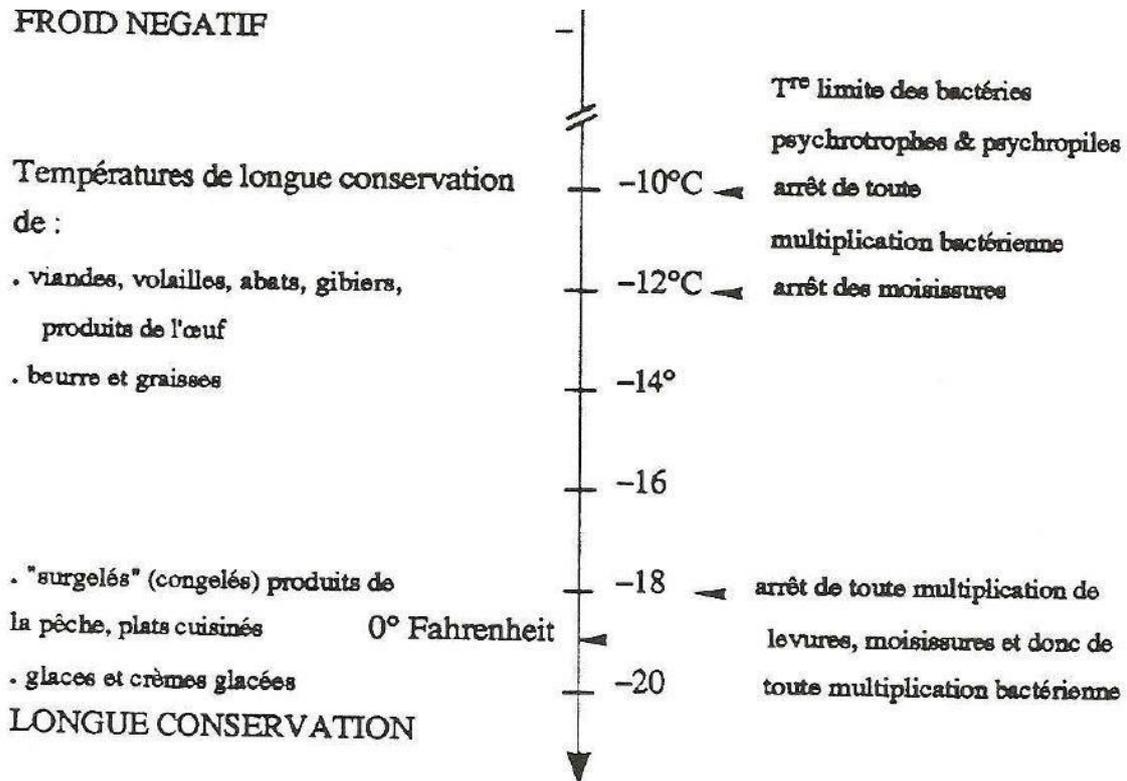
3.2.2.1 Impact du froid négatif sur les caractéristiques des aliments

La dégradation de vitamine C est considérablement ralentie, l'eau contenue dans les cellules pouvant entraîner des modifications des structures. Un exsudat important lors de la décongélation. L'oxydation des graisses est l'un des facteurs limitant de l'utilisation de cette technique.

On peut surgeler les légumes, les fruits, certains fromages, le beurre, les œufs, les jus de fruits, les viandes, les produits de la pêche, les plats cuisinés, la pâtisserie et autres desserts (glaces, etc.). La conservation pouvant dépasser deux ans, il faut que l'emballage du surgelé soit étanche à la vapeur d'eau (contre le dessèchement) et au gaz (risque d'oxydation ou de prise d'odeurs).



FROID NEGATIF



Chapitre IV : Techniques de conservation par séparation et élimination d'eau

4.1 Déshydratation

La déshydratation est une technique physique de conservation des aliments. Elle consiste à éliminer, partiellement ou totalement, l'eau contenue dans l'aliment (viande, légume, fruit, lait, etc.) par une source de chaleur (four, soleil, séchoir à air chaud ventilé, etc.). Ce procédé présente deux intérêts principaux : diminuer l'**Aw** du produit pour inhiber le développement des microorganismes et stopper les réactions enzymatiques et diminuer le **poids et du volume** d'un aliment pour des raisons économiques telles que : le conditionnement, le transport et le stockage. On distingue:

- La **concentration** (du produit) qui consiste à augmenter la masse d'un produit par unité de volume et peut être réalisé par déshydratation partielle ;
- Le **séchage** qui consiste à enlever l'excès d'humidité par évaporation de l'eau. il aboutit à des produits alimentaires dits secs ;
- La **lyophilisation**, autrefois appelée cryodessiccation, qui consiste à congeler un aliment puis à le soumettre au vide, l'eau passe ainsi directement de l'état solide à celui de vapeur, c'est « *la sublimation de la glace* ».

Les produits séchés sont avides d'eau ! La conservation à température ambiante est tout à fait possible, si l'aliment est bien emballé, à l'abri de l'humidité environnante.

4.1.1 Séchage

Le séchage consiste à enlever l'excès d'humidité par évaporation de l'eau. Il est une méthode de conservation plus ancienne. Le but de séchage a toujours été d'obtenir un produit léger et stable, qu'on peut facilement emballer et garder. La technique classique consiste à sécher le produit à l'air ambiant (*séchage solaire*). Cependant, la plus grande partie de la production des aliments séchés est effectuée par des méthodes artificielles.

De nombreux facteurs interviennent au cours du séchage, déterminant sa rapidité et la qualité du produit obtenu :

- La température de l'air,
- Le débit de l'air permettant l'évacuation de la vapeur d'eau formée ;
- Les caractéristiques des produit (composition, texture, etc.) ;
- Les dimensions des produits (épaisseurs, largeurs, longueurs) ;

On peut généralement classer les produits à sécher en plusieurs groupes :

- Les *substances simples*, souvent des matières purifiées telles que des saccharides, l'amidon, etc. En principe, les techniques de séchage nécessaires sont les plus simples.
- Les *substances liquides* (solutions, suspensions, émulsions, etc.), qui sont souvent séchées par pulvérisation ou par des plaques chauffées.

On général, les pertes en eau sont rapides au débit puis se ralentit et si l'opération se prolonge, la plupart des aliments qui ont gardé leurs propres structures, tels que la viande, le poisson, les légumes blanchis, le café, les fruits, etc. Pour certains produits alimentaires la période de séchage est très longue étant donné l'hétérogénéité de leur structure et les phénomènes de migration d'humidité du centre de produit vers l'extérieur.

4.1.2 Lyophilisation

La lyophilisation, appelée autrefois « *Cryodessication* », est une opération de déshydratation à basse température qui consiste à déshydrater un produit préalablement **surgelé** par **sublimation**, la majeure partie de l'eau contenue dans un produit, à la fin de ce cycle, le produit ne contient plus que 1% à 5% d'eau. Cette technique autorise une conservation à long terme grâce à l'abaissement de l'activité de l'eau du produit. Ce procédé est notamment utilisé par l'industrie agroalimentaire pour la conservation : du café en poudre, le cacao en poudre, certains fruits et légumes, des sachets de soupes et de sauces, des yogourts, des plats cuisinés pour le plein air et pour les astronautes.

a. Durée de conservation et réhydratation

La conservation des aliments lyophilisés peut durer plusieurs années. L'emballage sous vide (non nécessaire sur de courtes périodes) permet de conserver des vitamines (A, C et B) qui se détériorent à l'air ambiant. Les emballages opaques permettent de conserver la vitamine B12 qui est très sensible à la lumière.

Ce procédé a été inventé en **1906** par les français **Arsène d'Arsonval & F. Bordas**, utilisée au départ comme méthode de laboratoire, puis elle fut introduite en industrie alimentaire en 1958, mais ne connut pas le développement attendu pour diverses raisons : d'une part, le prix de revient assez élevé et l'amélioration des autres techniques de séchage industriel ; et d'autre part, la difficulté de rétablir par réhydratation la structure de certains aliments lyophilisés et l'utilisation des équipements coûteux, rend la lyophilisation réservée seulement aux aliments à haute valeur ajoutée.

En général, la lyophilisation comporte quatre étapes essentielles (**figure A**) :

- i. La **préparation des produits** : tel que le lavage, broyage, découpage, blanchiment, pasteurisation, etc.
- ii. La **congélation à basse température** : afin de transformer le maximum d'eau en glace (-20°C à -80°C) ;
- iii. La **dessiccation sous vide** en deux phases : d'abord, la sublimation ou la dessiccation primaire, dans laquelle l'élimination de l'eau est effectuée sous pression réduite, puis la désorption ou la dessiccation secondaire, qui diminue l'eau restante dans la glace lorsque la glace a disparue. Cette dernière opération est indispensable pour conférer au produit une teneur en eau suffisamment basse pour sa conservation.
- iv. Et enfin, le **conditionnement du produit** : sous vide ou sous gaz inerte.

b. Avantages de la lyophilisation

- Le principal avantage de la lyophilisation est que l'aliment garde sa structure et ses saveurs comparativement au séchoir commercial,
- La réfrigération n'est pas nécessaire pour conserver les aliments lyophilisés,
- Le poids des aliments est aussi diminué par la lyophilisation. C'est un avantage pour le transport,
- La réhydratation des aliments lyophilisés se fait très rapidement car ils ont une texture très poreuse.

c. Inconvénients de la lyophilisation

- C'est une méthode très coûteuse. Il faut environ 1500 kW/h d'énergie pour éliminer une tonne d'eau. De plus, les installations (dont le lyophilisateur) sont très dispendieuses.
- À cause des coûts, la généralisation aux produits courants est impossible.
- Il faut faire attention à la conservation de ces aliments lyophilisés, car ils captent facilement l'humidité de l'air. Il faut souvent utiliser des emballages à atmosphère contrôlée (sous vide).
- On peut traiter les aliments qui sont en gros morceaux, mais ils nécessitent trop d'énergie à produire, donc leur vente est très coûteuse. La lyophilisation est donc limitée aux aliments en poudre ou en très petits morceaux.

Tableau 3: Comparaison entre lyophilisation & séchage

Séchage	Caractéristiques	Lyophilisation
Oui, très accessible	Accessibilité de la méthode	Pas vraiment
Peu coûteux	Coûts reliés à la méthode	Très coûteux
Moyenne	Efficacité	Assez bonne
Jusqu'à quelques mois	Durée de conservation	Jusqu'à quelques années
Change souvent de couleur, de texture et de goût	Aspect du produit final	Très près de l'aliment frais
Prends plusieurs minutes, dans une eau très chaude	Temps de réhydratation	Quelques minutes, même dans une eau tiède

4.1.3 Fumage ou fumaison

Cette technique par définition est l'opération de soumettre une denrée alimentaire à l'action des composés gazeux qui se dégagent lors de la combustion de certains végétaux. L'avantage de cette technique est surtout gustatif. Mais cette technique joue un rôle très important dans la coloration et l'aromatisation des aliments, préservation des produits (effet antibactérien, effet fongicide, etc.).

La fumaison peut se faire à froid (12-25°C), à chaud (50- 85°C: destruction des microorganismes s'accompagne de dénaturation des protéines) ou d'une température intermédiaire (25-50°C).

Chapitre V : Autres techniques de conservation

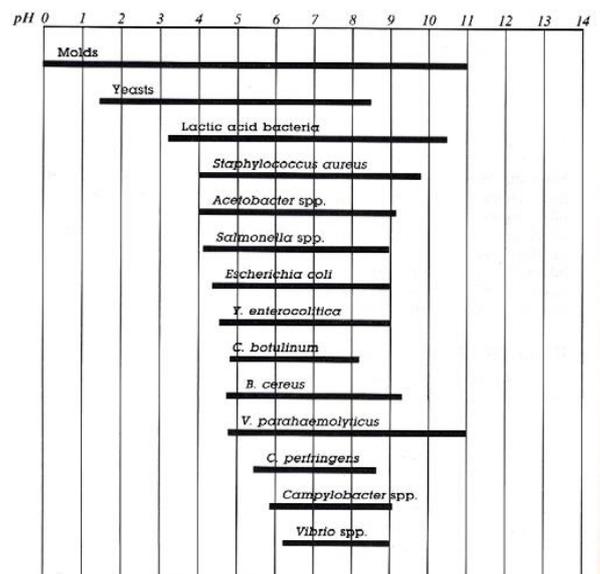
5.1 Conservation par acidification

Il est bien établi que la plupart des microorganismes se développent mieux à un pH voisin de 7 alors que très peu peuvent croître à un pH inférieur à 4. Ceci explique la distinction qui est souvent faite entre les « aliments acides » (pH < 4,6) considérés comme relativement stables et les autres. L'influence du pH est cependant très variable selon les microorganismes (voir Figure).

5.1.1 Fermentation

La fermentation peut être définie comme l'utilisation contrôlée de microorganismes sélectionnés dans le but de préserver les aliments par production d'acides ou d'alcool, et de modifier leurs caractéristiques organoleptiques. L'amélioration de la conservabilité des aliments fermentés repose sur l'effet du pH ou d'un acide organique (pour la fermentation lactique) ou sur l'effet de l'alcool (pour la fermentation alcoolique) sur les microorganismes.

Cette technique, exploitée par l'homme depuis des millénaires sur base expérimentale, n'est pas sans risque si elle n'est pas maîtrisée. Il convient en effet que les microorganismes à l'origine des effets recherchés ne soient pas pathogènes et ne génèrent pas d'altération.



La maîtrise de cette technique repose sur le choix des microorganismes permettant cette fermentation ('ferments') et sur la maîtrise des paramètres qui favorisent le développement de ces microorganismes (température, pH, A_w , nutriments, etc.). Une évolution plus récente de cette technique est l'utilisation de microorganismes comme « flore protectrice ».

5.2 Radiations ionisantes

Les radiations ionisantes sont des rayons à très haute énergie capable de déplacer les électrons des atomes et molécules et de les convertir en particules chargées électriquement, appelées ions. Ces radiations ionisantes sont de nature électromagnétique comme les ondes

radio, la lumière visible, infrarouge ou ultraviolet. Elles s'en distinguent physiquement par une longueur d'onde très faible et donc une énergie très grande, toutefois insuffisante pour induire une radioactivité au matériel exposé. Les aliments ayant subi un traitement aux radiations ionisantes sont " irradiés ". Ils ne sont nullement " radioactifs ". L'irradiation peut être réalisée avec des rayons X, des rayons β (produits par un accélérateur d'électrons) ou par des rayons γ (produits par un radio-isotope).

Les aliments sont le plus souvent irradiés avec des rayons γ . La dose de radiation est la quantité d'énergie absorbée par l'aliment, elle est exprimée en Gray (ou Gy), un Gy correspondant à l'absorption d'une quantité d'énergie d'un Joule par kg d'aliment. En 1980, le comité mixte F.A.O. (Food and Agriculture Organisation) / O.M.S. (Organisation Mondiale de la Santé) / A.I.E.A. (Agence Internationale de l'Énergie Atomique) a reconnu, suite à de nombreuses études toxicologiques, l'innocuité de l'ionisation pour des doses inférieures à 10 kGy (10.000 Gy).

Les doses habituellement utilisées (jusqu'à 10kGy) permettent de détruire des microorganismes en produisant des lésions au niveau de leur matériel génétique provoquant des dysfonctionnements métaboliques qui entraînent leur mort à court terme. Il est évident que pour une dose de radiations donnée, l'efficacité du traitement sera d'autant plus faible que le nombre de microorganismes présents initialement dans le produit sera élevé. Ce traitement ne remet donc nullement en question les mesures habituelles d'hygiène. De plus les radiations ionisantes, aux doses habituellement utilisées, ne permettent pas de détruire les toxines déjà produites par les microorganismes avant le traitement. Dès lors, afin d'éviter que ce traitement ne soit appliqué à des denrées alimentaires trop fortement contaminées, la législation impose le dénombrement des germes présents dans celles-ci avant le traitement. Les effets des radiations ionisantes ne se limitent pas aux microorganismes présents dans le produit : elles permettent également de désinsectiser les aliments (des céréales, des légumes secs p.ex.) et de retarder la maturation des fruits et des légumes frais (en perturbant le mécanisme enzymatique endogène responsable de cette maturation).

NB: *Le traitement ionisant n'a pas pour objectif de remplacer tous les procédés de conservation actuellement employés. L'autorisation de l'application de ce traitement varie selon les pays.*

5.3 Composés présentant des propriétés antimicrobiennes ou antioxydantes

De nombreuses substances 'naturelles' peuvent produire des effets favorables sur la

conservation des aliments. La vit. C et la vit. E par exemple. Si elles sont ajoutées à un aliment pour des raisons technologiques (effet antioxydant p.ex.), elles sont considérées comme « additifs ». La supplémentation des animaux en vit. E au cours de leur vie permet d'enrichir leurs tissus en vit. E et, dès lors, d'augmenter la durée de vie de la viande qui en sera issue (l'ajout d'additif dans les viandes fraîches est interdit). Une telle supplémentation est d'ailleurs plus efficace qu'une incorporation directe dans la viande.

Chapitre VI : Emballage alimentaire : terminologie, fonctions et industrie

L'emballage existait déjà il y a plusieurs centaines d'années, son rôle principal étant alors de contenir et de transporter des produits sans risque. Un emballage est souvent formé de multiples composantes de formes, de fonctions et de matériaux différents afin de répondre à des besoins complémentaires pour un produit déterminé. Plus particulièrement, l'emballage alimentaire (produits sensibles et périssables) ne doit pas présenter un risque pour la santé humaine et doit être compatible avec la nature du produit, sa forme physique, sa protection et sa dégradation causée par différentes causes biologiques ou chimiques.

6.1 Emballage : terminologie Afin de se constituer une base lexicale technique de qualité, il est essentiel de revenir sur une classification des termes clés de l'industrie de l'emballage alimentaire.

6.1.1 Emballage primaire En contact direct avec le produit, il a pour but de **contenir** et de **préserver** celui-ci. Cet emballage doit être compatible avec le produit et le protéger de tout contaminant extérieur pouvant causer une éventuelle dégradation non souhaitée.



Pour illustration concrète (figure ci-dessus) : Le sac de céréales en plastique constitue un emballage primaire. Le carton contenant le sac en plastique de céréales constitue un emballage secondaire. La caisse en carton ondulé de boîtes de céréales constitue un emballage d'expédition. La palette constitue l'emballage de transport.

6.1.2 Emballage d'expédition

Il regroupe plusieurs emballages secondaires pour la **manutention** et la **protection** des contenants durant le transport.

6.1.3 Emballage de transport

Il est souvent fait par des palettes réutilisables en bois ou en plastique qui permettent le transport, le stockage et la manutention de certaines quantités d'unités d'expédition.

6.2 Rôles de l'emballage alimentaire

Les emballages ont pour rôle de contenir le produit, de le préserver de toute contamination, de permettre son transport, sa distribution, son stockage, son étalage, son utilisation et enfin sa disposition finale. Le tableau ci-dessous résume les différents rôles et intervenants en emballage alimentaire.

Tableau 4: Rôles de l'emballage

Rôle technique	Rôle marketing	Intervenants
Contenir	Vendre	Fabricants
Préserver	Communiquer	Transformateurs
Transporter	Motiver	Détaillants/Grossistes
Utiliser	Informé	Consommateurs

6.3 Emballages et les aliments

6.3.1 Emballage en verre et en métal

Les emballages en verre et en métal figuraient auparavant parmi ceux qui étaient les plus utilisés dans l'industrie alimentaire, mais ils coûtent chers et sont plus lourds à transporter. Les papiers cartons et plastiques ont pris beaucoup de place dans nos emballages, car ils sont plus flexibles et plus légers.

Dès leur conception, les emballages en verre sont prévus pour résister à l'écrasement vertical, aux chocs sur les lignes de conditionnement (physique ou thermique), au transport, ainsi qu'à la pression interne à l'intérieur du contenant. De plus, ces emballages sont recyclables à l'infini. Les emballages en verre et en métal sont souvent utilisés pour les boissons.

6.3.2 Emballage en aluminium

L'aluminium est extrêmement fonctionnel en tant que matière d'emballage alimentaire, car il tolère des températures extrêmes. Par conséquent, il convient bien aux aliments qui ont besoin d'être surgelés, grillés, cuits ou simplement conservés au frais. Certains récipients sont suffisamment robustes pour contenir des quantités importantes d'aliments, tout en conservant la légèreté qui caractérise l'aluminium. L'inconvénient le plus important des emballages alimentaires en métal et aluminium est leur incompatibilité avec le réchauffement par micro-ondes.

Tout comme l'acier et le verre, l'aluminium présente un caractère indéfiniment et entièrement recyclable, sans altération de ses propriétés intrinsèques. Sa valorisation permet de limiter la consommation énergétique.

L'aluminium est principalement utilisé comme emballage de boissons sucrées comme les sodas, les boissons énergétiques ou encore les sirops.

6.3.3 Emballage papier/carton

Cet emballage est un dérivé de l'industrie du bois. Les fibres de cellulose sont recyclables jusqu'à sept fois, ce qui rend ce produit intéressant au point de vue environnemental mais également au plan des coûts. Dans l'industrie alimentaire, généralement, un matériau mesurant moins de 300 micromètres d'épaisseur est appelé papier, alors qu'un matériau qui mesure plus de 300 micromètres est appelé carton.

Les cartons sont sensibles à l'humidité et changent de propriétés physiques en fonction de l'environnement externe. Il est à noter que les emballages en carton destinés à la réfrigération sont souvent cirés, ce qui les rend non recyclables. Notre industrie utilise essentiellement le carton pour des boîtes pliantes (tubes, plateaux, paniers, etc. au secteur biscuits), des contenants de liquide (Tétra Brik, Gable Top, etc. au secteur laitier) ou des boîtes ondulées pour la manutention et le transport (tous les secteurs).

6.3.4 Emballage en plastique

Pour les plastiques, ce sont des polymères souvent dérivés du pétrole et leur prix varie énormément avec ce dernier. La plupart des plastiques utilisés en emballage sont des thermoplastiques commerciaux. Parmi les matériaux utilisés pour l'emballage alimentaire, nous retrouvons : le polyéthylène, le polypropylène, le polystyrène, le polyamide chlorure de polyvinyle, l'acétate de polyvinyle et le polyéthylène téréphtalate. Chaque plastique a ses propriétés et caractéristiques de perméabilité aux gaz et à l'humidité. Chaque matériau a un symbole utilisé communément dans l'industrie (PP, PETE, PVC, CPET, etc.). L'industrie du plastique a développé un sigle de recyclage avec un numéro pour les six plastiques les plus utilisés. Le tableau ci-dessous offre un bon résumé des différents plastiques et de leurs utilisations les plus fréquentes dans l'industrie alimentaire. Ce tableau donne un aperçu des propriétés les plus importantes des plastiques utilisés dans l'industrie alimentaire.

Tableau 5 : Nomenclature et champ d'application des plastiques

<p>PET</p>	<p>Polyéthylène téréphtalate (PETE) : Souvent utilisé pour les bouteilles de boisson gazeuse, d'huile de cuisine, etc. <u>En film</u>, il est surtout utilisé pour ses propriétés de scellage à n'importe quel autre matériau d'emballage, et comme film moulant. C'est actuellement le plastique le plus recyclé. Pour les micro-ondes et les fours, l'industrie utilise le PET qui résiste à des températures plus élevées.</p>
<p>Exemples : Bouteilles d'eau, le petit lait, mayonnaise, bouteilles de détergent (lave vitre..), vinaigre, d'huile, de jus et de boisson gazeuse... etc</p>	
<p>PE-HD</p>	<p>Polyéthylène haute densité : Souvent utilisé pour les bouteilles de détergent, jus de fruits, contenants pour congélation, chaudières, barils et bouchons. Il représente 50 % du marché des bouteilles en plastique. <u>En film</u>, il est souvent utilisé pour des doublures pour baril et boîtes en industrie alimentaire. Coût bas et bonne barrière à l'oxygène</p>
<p>Exemples : Flacons de shampoing, bouteilles de détergents, de jus.....etc</p>	
<p>PVC</p>	<p>Polychlorure de vinyle (PVC) : C'est le 2e plastique le plus utilisé dans le monde (20 % de l'ensemble des plastiques) après les polyéthylènes (32 %). Utilisé pour des bouteilles et pots de miel, confiture et mayonnaise avec une excellente transparence. <u>En film</u>, il est utilisé aussi pour les manchons thermo rétractables et sceaux de sécurité. N. B. : Peut susciter la controverse à cause de sa teneur en chlore</p>
<p>Exemple : Film alimentaire</p>	

<p>Le film alimentaire évite le transfert d'odeurs dans le réfrigérateur. C'est également une matière qui protège de l'humidité. Ce sont des rouleaux écologiques à ne pas mettre au four. Le film étirable alimentaire professionnel pvc possède une grande quantité et large qualité. Etirable, souple et résistant, il s'adapte au plateau grand confort et une facilité de rangement. Le film étirable alimentaire polyéthylène existe en plusieurs diamètres, formats de film plastique qui sont disponibles en largeur 30 ou 45 cm.</p>	
 <p>PEBD ou LDPE</p>	<p>Polyéthylène basse densité : Généralement utilisé pour certains sacs ou emballages plastiques (bouteilles comprimables, bouchons ou capsules). En film, il est utilisé pour stabiliser les caisses ou palettes (étirable, ou thermorétractable). Coût bas et barrière moyenne à l'oxygène.</p>
<p>Exemples : <u>Films alimentaires</u>; bouteilles; Sacs plastique d'épicerie; sacs à légumes et à pain; Sacs à ordures, bouchons des bouteilles de lait.</p>	
 <p>PP</p>	<p>Polypropylène (PP): Utilisé pour certaines tasses pour enfants, gourdes souples réutilisables pour sportifs, récipients alimentaires réutilisables, pots de yogourt, de lait et de margarine. Il est surtout le plus utilisé pour le remplissage à chaud et les couvercles. Coût bas et barrière à l'humidité.</p>
<p>Exemples : Boîtes d'entreposage d'aliments surtout s'ils sont gras. Pots de yogourt, pate à tartiner, margarine, le miel....etc.</p>	
 <p>PS</p>	<p>Polystyrène (PS) : Utilisé principalement pour les gobelets et contenants thermoformés ou par injection. En alimentaire, surtout présent dans les barquettes et contenants en styromousse pour les produits frais et emballage de protection. Le PS expansé est surtout utilisé comme support pour rouleau d'étiquettes. Ne jamais chauffer les aliments dans des récipients en polystyrène (peut représenter des risques pour la santé).</p>
<p>Exemples : Contenants et ustensiles jetables; Barquettes en styromousse; etc.</p>	
 <p>0</p>	<p>Autres plastiques, comme le Polycarbonate : Utilisé pour les biberons Et certaines tasses pour bébé en polycarbonate translucide et rigide, tout comme les bonbonnes d'eau de 20 litres et certaines de 3,5 litres.</p>
<p>Exemples : Bonbonnes pour refroidisseurs d'eau bouteilles réutilisables, verres en plastique épais biberons.....etc</p>	

6.4 Emballage et le transport/distribution

Si l'on regarde de près la question du transport, on peut optimiser celui-ci à travers deux outils. *Premièrement*, la réduction du parcours de livraison permettant de réduire le temps passé sur la route et, *deuxièmement*, par des emballages permettant de réduire le nombre de véhicules de transport requis pour la livraison. Ainsi, nous réduisons les coûts de logistique et de maintenance, de même que la consommation de carburant. Les facteurs qui améliorent notre efficacité logistique sont :

1. Réduire les volumes et les poids de nos emballages;
2. Optimiser les dimensions de l'emballage d'expédition pour maintenir l'espace palette;
3. Choisir les moyens de transport les plus écologiques;
4. Mieux planifier les trajets de nos flottes de transport;
5. Faire pression sur les fournisseurs pour qu'ils améliorent également leurs emballages.

Un produit, tout au long de son cycle de vie, parcourt une longue chaîne logistique avant d'arriver chez le consommateur. À chaque étape, l'emballage doit offrir la protection adéquate afin d'éviter toute dégradation ou tout dommage physique. Les facteurs auxquels l'emballage et le produit doivent faire face sont : les variations de température, l'humidité et les chocs. Si un produit est endommagé en raison d'un emballage défectueux, la perte économique et écologique est considérable.

Bibliographies

Anses (2015). Définition des denrées périssables et très périssables. *Avis de l'Anses, saisine n° 2014-SA-0061*.

[<https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2014sa0061.pdf>] (Consulté le 13/09/15).

Anses. *Fiches de dangers biologiques transmissibles par les aliments* [En ligne] (Mise à jour le 26/08/2015).

[<https://www.anses.fr/fr/content/les-toxi-infections-alimentaires-collectives-tiac>] (Consulté le 10/09/2015).

AUGUSTIN J.-C., CARLIER V. (2012). *Le contrôle microbiologique des denrées alimentaires*. Polycopié. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité d'Hygiène et Industries des Denrées Alimentaires d'Origine Animale, 52 p.

BIO Intelligence Service (2010). Preparatory study on food waste across EU 27. Commission Européenne.

[http://www.ecoemballages.fr/sites/default/files/bio_foodwaste_report.pdf] (Consulté le 26/10/2015).

BITON M. (1997). Dossier : les procédés de conservation des aliments. Institut Danone. Objectif Nutrition n°35 du 28/09/1997.

[<http://institutdanone.org/objectif-nutrition/les-procedes-de-conservation-des-aliments/dossier-les-procedes-de-conservation-des-aliments>] (Consulté le 12/10/15).

DGCCRF (2014). La conservation des aliments. Les fiches pratiques de la concurrence et de la consommation.

[<http://www.economie.gouv.fr/dgccrf/Publications/Vie-pratique/Fiches-pratiques/Conservation-des-aliments>] (Consulté le 15/10/15).

NEWSOME, R. et al. (2014). Applications and perceptions of date labeling of food. *Comp. Rev. in Food Sci Food Safety*. 13, 745-769.

PARFITT J. et al. (2010). Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Phil. Trans. R. Soc. B*. 365, 3065-3081.