

DR.ARIECH MOUNIRA

MICROBIOLOGIE ALIMENTAIRE

Le cours est destiné aux étudiants de la troisième année, spécialité :
Alimentation, nutrition et pathologies (Semestre 6)

2020

Semestre : 6

Unité d'enseignement transversales1 UET3.2.1(O/P) : Les Microorganismes et l'Alimentation

Matière 1 : Microbiologie Alimentaire

Crédits : 5

Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement (*Décrire ce que l'étudiant est censé avoir acquis comme compétences après le succès à cette matière – maximum 3 lignes*).

L'objectif est de former les étudiants en microbiologie alimentaires pour œuvrer principalement dans des laboratoires d'entreprises du secteur agroalimentaire ou des laboratoires spécialisés en analyses microbiologiques.

Connaissances préalables recommandées (*descriptif succinct des connaissances requises pour pouvoir suivre cet enseignement – Maximum 2 lignes*).

Connaissances et acquis préalables en Biophysiques et Microbiologies générale.

Contenu de la matière :

I - Les Relations Aliments - Microorganismes - Consommateurs ** (a été dicté)

II - Rôle Et Signification Des Microorganismes Dans Les ALIMENTS

II - 1. Sources primaires de microorganismes

II - 2. Altérations microbiennes des aliments

II - 3 . Principaux paramètres de contrôle de la prolifération microbienne dans nos

Aliments

II - 4 . La microbiologie prédictive.

III. Les Maladies Microbiennes Transmises Par Les Aliments

III. Principales maladies bactériennes transmises

III - 1. Toxi-infections à Salmonella

III - 2. Entérotoxicose staphylococcique

III - 3. Toxi-infections à Clostridium perfringens

III - 4 . Intoxication botulinique

III - 5. Autres maladies liées à la consommation d'aliments

III - 5 - 1. *Bacillus cereus*

III - 5 - 2. *Vibrio cholerae* et *V. parahaemolyticus*

III - 5 - 3. *Listeria monocytogenes*

III - 5 - 4. *Escherichia coli*

III - 5 - 5. *Yersinia enterocolytica*

III - 5 - 6. *Campylobacter jejuni* (ou *Vibrio fetus*)

III - 5 - 7. *Shigella dysenteriae* , *S. sonnei* , *S. flexneri* , *S. boydii*

IV . Les Mycotoxines

V.Principales Maladies Parasitaires Transmises Par Les Aliments

V - 1 Protozoaires (unicellulaires)

V - 2 – Helminthes

VI. LES virus en agroalimentaire

VI - 1. Généralités les virus en industrie agroalimentaire

VI - 2 . Recherche des particules virales dans nos aliments

Voir Matière
MIAA

Mode d'évaluation : (type d'évaluation et pondération) :

Contrôle continu et Examen semestriel

Références bibliographiques

1. Professeur Jean-Louis CUQ.2007. **MICROBIOLOGIE ALIMENTAIRE**. Université Montpellier II Sciences et Techniques du Languedoc.
2. les relations aliments – nutrition – intoxications alimentaires.
<http://www.chu-rouen.fr/ssf/alimentfr.html>
3. - la sécurité alimentaire en Europe

http://europa.eu.int/comm/food/fs/intro/index_en.html

4. Le Centre Européen de Prévention des Risques (CEPR)
<http://www.cepr.tm.fr/fr/observatoire/index.asp>

II.4. La Microbiologie prévisionnelle

II.4.1. Définitions

- ✚ La microbiologie prévisionnelle est une nouvelle discipline qui vise à prévoir le développement des micro-organismes dans les aliments à l'aide de modèles mathématiques.

Les modèles primaires décrivent l'évolution d'une population microbienne en fonction du temps et les modèles secondaires décrivent l'effet des facteurs environnementaux (température, pH, ...) sur les paramètres des modèles primaires.

Différentes approches peuvent être utilisées pour construire ces modèles. Chacune présente des avantages et des inconvénients qu'il est important de prendre en compte pour assurer une utilisation optimale des modèles. Cette discipline en pleine expansion offre déjà des outils intéressants complémentaires aux méthodes traditionnelles pour le contrôle de la sécurité alimentaire.

- ✚ La microbiologie prévisionnelle ou quantitative (predictive microbiology) a été définie par Roberts et Jarvis en 1983. C'est la discipline qui s'intéresse au développement de modèles mathématiques de prédiction de l'effet des facteurs environnementaux au sein des produits alimentaires sur :

- la croissance des micro-organismes
- la production de métabolites
- la survie des micro-organismes

Prédire,

- c'est estimer les risques
- c'est anticiper sur les dangers
- c'est assurer la qualité des aliments

II.4.2. Principaux logiciels de microbiologie prévisionnelle

- Pathogen Modelling Program (Buchanan, USA, 1991)
- Decision Support System (Zwietering, NL, 1992)
- Food Micromodel (Mc Clure & al, UK, 1994)
- Ask-me (Rosso, France, 1995)
- Sym'Previus (Collectif, France, 2005)

II.4.3. Applications de la microbiologie prévisionnelle

- Détermination des **dates limites** de consommation (DLC) : notion de **dose minimale infectieuse (DMI)**.
- Optimisation de procédés et les adapter afin de garantir la sécurité de l'aliment : **traitements thermiques, conditions de conservation...**
- Aide au développement de **nouveaux produits : formulation et procédé**
- Détermination des **limites critiques des facteurs** environnementaux
- Exemple: détermination des points critiques microbiologiques (HACCP)

HACCP: Hazard Analysis Critical Control Point: Système qui identifie, évalue et maîtrise les dangers significatifs au regard de la sécurité des aliments

II.4.4. Limites de la microbiologie prévisionnelle

- Non prise en compte de certaines **conditions environnementales** et des phénomènes de compétition nutritionnelle
- Les **interactions** entre microorganismes et les situations de stress microbien ne sont pas encore intégrés dans les modèles
- Validation rare sur milieux complexes, solides comme les **matrices alimentaires**

II.4.5. Conclusion sur la microbiologie prévisionnelle

- Anticipation et maîtrise des risques
- Praticabilité, rigueur, accès aux utilisateurs
- Indissociable de l'expérience

II.4.6. Dans les années à venir :

- Elargissement vers l'appréciation des risques pour le consommateur
- Prises en compte de scénarii de plus en plus divers, et de plus en plus complexes

IV. Les Mycotoxines

IV.1. Généralités

- ✚ La qualité sanitaire des produits alimentaires peut être menacée par toute une gamme de contaminants, incluant des toxines d'origine naturelle. Parmi celles-ci figurent les mycotoxines.
- ✚ Le terme « mycotoxine » trouve son origine dans les racines grecques « mycos » (champignon) et « toxicum » (poison). Il désigne les métabolites secondaires produits par des champignons filamenteux (ou moisissures) et présentant un risque pour la santé de l'Homme et des animaux.
- ✚ La plupart des mycotoxines sont chimiquement stables, résistent aux températures élevées, aux conditions de stockage et procédés de transformation, et se retrouvent dans les produits finis.
- ✚ Plus de mille ont déjà été décrites, dont une trentaine avec des effets sur la santé préoccupants.
- ✚ Une même toxine peut être élaborée par diverses espèces fongiques et, inversement, une même souche fongique peut produire plusieurs mycotoxines.
- ✚ La présence du champignon ne prouve pas la présence de mycotoxines et une toxine peut persister alors que le champignon a disparu.
- ✚ La production de mycotoxines par le champignon dépend fortement des stress environnementaux auquel il est soumis. Les conditions de culture et de stockage du grain (température, hygrométrie) peuvent donc faire varier fortement le niveau de contamination par la mycotoxine, à niveau de contamination fongique égal.
- ✚ La présence de mycotoxines dans des aliments a été mise en évidence pour la première fois en 1960, lors de la « maladie X du dindon », une mortalité très élevée observée dans un élevage de dindes en Grande-Bretagne. Il s'agissait d'aflatoxines produites par des souches d'*Aspergillus flavus* qui s'étaient développées sur les tourteaux d'arachide distribués aux animaux.
- ✚ Les produits végétaux, et en particulier les céréales et les fruits secs, sont les substrats privilégiés des champignons producteurs de mycotoxines.
- ✚ Une trentaine de mycotoxines sont actuellement considérées comme d'importance mondiale du fait des effets sur la santé humaine et animale et des pertes économiques considérables que leur présence engendre sur la productivité animale, les rendements et la qualité des récoltes ainsi que sur les échanges commerciaux .
- ✚ Quatre groupes de mycotoxines sont considérés comme les plus préoccupants du point de vue agro-alimentaire et sanitaire :
 - les aflatoxines,
 - les ochratoxines,
 - les fusariotoxines,
 - la patuline.

Le tableau suivant présente les principales toxines, les champignons qui peuvent les produire et les matières premières où elles se développent en général.

Champignons	Mycotoxines	Matières premières
<i>Aspergillus</i>	Aflatoxines Ochratoxine A Patuline	Maïs, arachides, coton, semences, riz, haricots, lait, tissus animaux, ensilage
<i>Fusarium</i>	Trichothécènes, zéaralénone Fumonisines, fusarine C	Blé, maïs, orge, riz, seigle, avoine, noix
<i>Penicillium</i>	Patuline, citrinine, Ochratoxine A, acide cyclopiazonique	Fruits, jus de fruits, blé, riz Fromage, noix, tissus animaux, ensilage
<i>Byssochlamys</i>	Patuline	Fruits et jus de fruits, ensilage
<i>Claviceps</i>	Alcaloïdes de l'ergot	Seigle, blé
<i>Alternaria</i>	Alternariol Acide ténuazonique	Fruits, légumes Pommes et tomates

IV.2. Exposition de l'être humain aux mycotoxines

L'être humain peut être exposé aux mycotoxines par les voies cutanée, respiratoire et alimentaire. L'exposition par voie cutanée et respiratoire reste très peu documentée à ce jour.

- ✚ L'exposition par voie respiratoire résulte de l'inhalation de particules contenant des mycotoxines (poussières de substrats contaminés, spores fongiques ou fragments de mycélium). Le maniement de produits céréaliers (moisson, transport, stockage, transformation...) est l'une des principales sources d'émission de poussières contaminées par des mycotoxines. Aussi les opérateurs du secteur agricole sont directement concernés par cette exposition. Des spores fongiques de moisissures toxigènes peuvent aussi se retrouver dans l'environnement intérieur d'habitations humides propices au développement de moisissures sur les papiers, cartons et bois. Les occupants de ces locaux sont alors susceptibles d'inhaler des spores libérées dans l'atmosphère de la maison, et en conséquence les éventuelles mycotoxines qu'elles renferment.
- ✚ Beaucoup plus étudiée est l'exposition aux mycotoxines par voie alimentaire. Des études ont clairement démontré que les aliments et produits d'origine végétale, et en particulier les céréales, représentent la source d'exposition la plus préoccupante. En effet, les céréales, qui sont une des composantes majeures de l'alimentation de l'être humain, sont aussi des substrats privilégiés pour les champignons producteurs de mycotoxines. D'autre part, les mycotoxines ne sont que partiellement détruites par les procédés technologiques (cuisson, lyophilisation, fermentation, fractionnement...) et se retrouvent dans les produits transformés tels que le pain, les biscuits et les pâtes. Les autres produits d'origine végétale susceptibles d'être contaminés par des mycotoxines sont les fruits et légumes secs, les épices, le café, le cacao, les jus de fruits et leurs produits de fermentation. Il ne faut pas non plus négliger le risque de contamination de certains produits d'origine animale, et en particulier le lait, les viandes et les abats. Dans ces denrées, la présence de mycotoxines ou de leurs métabolites résulte principalement de la consommation d'aliments contaminés par les

animaux d'élevage. En outre, dans le lait et les produits dérivés (fromages par exemple), la production de mycotoxines par des moisissures indésirables, ou même par des moisissures nécessaires à l'élaboration du produit, ne peut pas être totalement exclue. En ce qui concerne les foies, muscles et graisse de volaille, des événements de contamination ont été rapportés. Par ailleurs, alors que des études expérimentales avec distribution d'aliments très contaminés ont suggéré la possibilité d'un transfert de mycotoxines dans les œufs, aucune enquête n'a mis en évidence des niveaux préoccupants de toxines dans les produits issus d'élevage de volailles.

IV.3. Quelle protection des consommateurs ?

- ✚ La maîtrise du risque mycotoxique reste toujours d'actualité.
- ✚ Il passe par la mise en place des moyens de prévention incluant des stratégies agronomiques, l'amélioration des conditions de récolte et de stockage et du suivi tout au long de la chaîne alimentaire.
- ✚ Les réglementations instaurées dans de nombreux pays ont permis de limiter les mycotoxicoses aiguës liées à la consommation d'un aliment fortement contaminé. Ce qui inquiète toujours les toxicologues et épidémiologistes, ce sont les conséquences de la toxicité chronique liée à l'exposition aux faibles doses et aux mélanges caractéristiques de ce type de contamination.

V. Principales Maladies Parasitaires Transmises Par Les Aliments

V.1. Généralités :

- Les parasites sont des organismes vivants qui sont protégés et nourris par des organismes vivants, leurs hôtes.
- Plus de 100 parasites susceptibles d'être transmis à l'homme par la nourriture ou l'eau et causer des maladies sont connus aujourd'hui.
- Les parasites les plus communs sont **les vers (Helminthes)**, comme les ténias et les ascaris, mais beaucoup sont des organismes unicellulaires microscopiques. Au nombre de ces organismes **parasitaires unicellulaires** ou **protozoaires** figurent *Toxoplasma gondii*, *Giardia duodenalis* et *Cryptosporidium spp.*
- Les conséquences d'une infection parasitaire d'origine alimentaire dépendent du type de parasite, mais l'état de santé général de la personne infectée joue aussi un rôle essentiel.
- Il est important pour la santé publique que notre alimentation soit exempte de ces agents pathogènes.

V.2. Les dix parasites alimentaires les plus dangereux pour l'Homme

Une liste des dix parasites d'origine alimentaire les plus nuisibles à l'échelle mondiale vient d'être publiée par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Objectif : élaborer de nouvelles normes pour le commerce alimentaire mondial permettant d'aider les pays à contrôler la présence de ces parasites dans la chaîne alimentaire.

1. [Taenia solium](#) : ténia du **porc**, dans la viande de **porc**
2. [Echinococcus granulosus](#) (ver hydatide), dans les produits frais
3. [Echinococcus multilocularis](#) (type de ténia), dans les produits frais
4. [Toxoplasma gondii](#) (protozoaire), dans la viande des petits ruminants, la viande de **porc**, de bœuf, de gibier (viande rouge et organes)
5. [Cryptosporidium spp.](#) (protozoaire), dans les produits frais, les jus de fruits, le lait
6. [Entamoeba histolytica](#) (protozoaire), dans les produits frais
7. [Trichinella spiralis](#) (ténia du porc), dans la viande de **porc**
8. [Opisthorchiidae](#) (famille de vers plats), dans le poisson d'eau douce
9. [Ascaris spp.](#) (petits vers ronds), dans les produits frais
10. [Trypanosoma cruzi](#) (protozoaire), dans les jus de fruits

V.3. Les parasites par continent

Il est difficile de connaître la diffusion mondiale des parasites, classés biologiquement en protozoaires et helminthes (mais plus connus sous les noms de ténias, vers plats et vers ronds), car de nombreux pays n'imposent aucune obligation de notifier leur présence aux autorités de santé publique.

- ✚ **En Europe**, plus de 2 500 personnes sont victimes chaque année d'infections parasitaires d'origine alimentaire. En 2011, l'Union européenne comptait 268 cas de trichinellose et 781 cas d'échinococcose.

- ✚ **En Asie**, il n'existe pas de données précises à l'échelle nationale mais les maladies parasitaires sont largement répandues et reconnues comme un problème majeur de santé publique dans de nombreux pays.
- ✚ **La plupart des pays africains** ne disposent d'aucune donnée sur la prévalence des parasites d'origine alimentaire chez l'homme en raison d'un manque de systèmes de surveillance.
- ✚ **Aux Etats-Unis**, la neurocysticercose, causée par le *Taenia solium*, est la cause unique la plus répandue de crises épileptiques dans certaines régions où 2 000 personnes en sont atteintes chaque année. La toxoplasmose est une cause principale de maladies et de décès d'origine alimentaire.

V.4. Quelques recommandations pour éviter les parasites alimentaires

Le rapport FAO/OMS énumère un certain nombre de moyens de réduire le risque d'infections dues aux parasites. Il conseille :

- aux agriculteurs d'utiliser des engrais biologique et de contrôler attentivement leur compostage sans contamination fécale.
- La qualité de l'eau doit également être surveillée de près.
- Les consommateurs doivent bien cuire toutes les viandes et de n'utiliser que de l'eau propre pour laver et préparer les légumes.

V.5. Pourquoi cette liste des principaux parasites alimentaires ?

- La liste et le rapport ont été rédigés suite à une requête émise par la Commission du Codex Alimentarius (Codex), organe mondial des normes alimentaires, demandant à la FAO et à l'OMS d'examiner l'état actuel des connaissances sur les parasites présents dans les aliments et leurs impacts sur la santé publique et le commerce.
- Le Service de la sécurité sanitaire et de la qualité des aliments de la FAO et l'OMS sont intervenus en organisant conjointement un appel mondial à l'information, auquel ont répondu 22 nations et un organe régional, qui a été suivi d'une évaluation et d'une analyse réalisée par 21 experts sur l'impact des parasites d'origine alimentaire.
- A partir de ces travaux, une liste initiale de 93 parasites a été élaborée avant d'être restreinte aux 24 parasites les plus nuisibles, sur la base des critères suivants :
 1. nombre de maladies mondiales,
 2. répartition mondiale,
 3. morbidité aiguë,
 4. morbidité chronique,
 5. impact économique.
- Le Comité du Codex sur l'hygiène alimentaire est désormais en train d'élaborer de nouvelles directives pour lutter contre ces parasites. La FAO et l'OMS soutiennent ce processus en dispensant des conseils scientifiques et techniques.
- Le but est d'élaborer de nouvelles normes pour le commerce alimentaire mondial permettant d'aider les pays à contrôler la présence de ces parasites dans la chaîne alimentaire.
- "Naturellement, il s'agit d'une perspective mondiale plus générale et la liste ne reflète pas nécessairement les classements des parasites au niveau national où chaque pays

peut disposer d'informations plus précises", a déclaré Mme Renata Clarke, responsable de la sécurité sanitaire et de la qualité des aliments à la FAO. "Cependant, au vu des problèmes qu'ils causent, ces parasites ne reçoivent pas l'attention qu'ils méritent. Nous espérons que la publication de cette liste permettra de sensibiliser davantage les responsables politiques, les médias et le grand public sur cet important problème de santé publique", a-t-elle ajouté.

VI. LES virus en agroalimentaire

VI.1. Les maladies virales d'origine alimentaire

Les maladies virales d'origine alimentaire trouvent leur source dans toutes sortes de virus susceptibles de contaminer les aliments à tous les niveaux de la chaîne d'approvisionnement.

Les maladies d'origine alimentaire (c.-à-d. les maladies provoquées par la consommation d'aliments contaminés) représentent à l'échelle mondiale un fardeau de plus en plus pesant pour la santé publique. Il est apparu qu'une part significative des toxi-infections alimentaires est d'origine virale.

VI.2. Qu'est-ce qu'un virus?

- Les virus sont des micro-organismes infectieux de très petite taille (c.-à-d. en moyenne d'une taille cent fois inférieure à celle de la plupart des bactéries) constitués d'un génome d'ADN ou d'ARN entouré d'une capsule protéinique.
- À la différence des bactéries, les virus ne peuvent se reproduire qu'à l'intérieur de cellules vivantes d'autres organismes.
- Cependant, de nombreux virus font preuve d'une très grande résistance quand ils sont soumis à des conditions difficiles comme la chaleur, la congélation, l'exposition aux UV et autres, et sont capables de survivre pendant de longues périodes dans les aliments ou dans l'environnement.
- La majorité des infections virales sont transmises par contact humain, le risque de contamination via les aliments constituant un risque mineur dans le contexte global.

VI.3. Quels virus sont le plus souvent à l'origine d'une intoxication alimentaire?

La majorité des maladies alimentaires d'origine virale sont souvent causées par un nombre restreint de virus, au nombre desquels:

- **les norovirus** (ils sont à l'origine de la gastro-entérite, qui est l'infection virale d'origine alimentaire la plus courante et qui se caractérise par des diarrhées, des vomissements et des douleurs abdominales) ;
- **l'hépatite A et l'hépatite E** (qui provoquent une inflammation du foie);
- **les rotavirus** (particulièrement associés à la gastro-entérite infantile)

VI.4. Comment les virus d'origine alimentaire se propagent-ils?

Tous les virus d'origine alimentaire proviennent des intestins des hommes et des animaux. De ce fait, ils sont souvent véhiculés par les fèces ou autres fluides corporels. Comme les virus ne se reproduisent pas dans les aliments, la propagation des virus via les aliments a trois causes majeures:

- la manipulation des aliments sans respecter une hygiène suffisante;
- le contact des aliments avec des déjections animales, les effluents humains ou les eaux d'égout;
- la consommation d'animaux eux-mêmes contaminés par des virus (par exemple, la viande, le poisson, etc.).

La part relative des différents modes de transmission des virus provoquant des maladies d'origine alimentaire n'a pas été déterminée.

VI.5. Aliments associés aux maladies alimentaires d'origine virale

Les aliments le plus souvent associés aux maladies alimentaires d'origine virale sont:

- les coquillages (comme les huîtres, les moules, etc.), les crustacés et leurs sous produits, récoltés ou élevés dans des eaux à proximité d'une sortie d'égout (par exemple, à proximité des stations d'épuration);
- les fruits et légumes cultivés sur des terres fertilisées avec des déjections animales ou irriguées avec des eaux contaminées;
- les viandes insuffisamment cuites.

VI.6. Comment détecter les virus dans les aliments?

- La détection des virus d'origine alimentaire n'est pas aisée et requiert une méthode différente de celle utilisée pour la détection des bactéries d'origine alimentaire.
- Comme les virus ne peuvent être cultivés en laboratoire comme les bactéries, il faut souvent recourir à des techniques moléculaires afin de les extraire, les purifier et les identifier.
- On ne dispose pas partout de méthodes standardisées de détection des virus, si bien qu'il est difficile de fixer des normes pour la présence de virus dans les aliments.
- On se fonde souvent sur des analyses microbiologiques pour le contrôle de la qualité, alors qu'il a été prouvé que ces critères ne suffisent pas à protéger des maladies alimentaires d'origine virale.
- Cependant, le Comité européen de normalisation a récemment développé et rendu publique une méthode de laboratoire standardisée (c.-à-d. une méthode agréée, utilisable par différents laboratoires et donnant des résultats comparables) permettant de détecter et de chiffrer la présence de norovirus et d'hépatovirus dans différents aliments tels que les coquillages, les fruits, les produits frais et l'eau en bouteille.

VI.7. Comment éviter et maîtriser l'apparition de maladies alimentaires d'origine virale?

Les antibiotiques étant inefficaces contre les virus, il faut donc recourir aux mesures suivantes de prévention pour essayer d'enrayer les maladies alimentaires d'origine virale:

- sensibiliser et former aux règles d'hygiène (par exemple se laver les mains, laver les fruits et légumes et les manipuler correctement, conserver les aliments au réfrigérateur et cuire suffisamment la viande). Ces règles sont particulièrement importantes dans les lieux comme les hôpitaux où de la nourriture est préparée pour des personnes malades ou fragiles,
- en cas de maladie, relever de leur poste les employés habituellement affectés au service,
- utiliser de l'eau propre pour irriguer les cultures, particulièrement celles qui ne seront pas transformées,
- éviter d'utiliser du fumier d'origine animale pour fertiliser les cultures, particulièrement celles qui ne seront pas transformées,

- pratiquer la conchyliculture dans des eaux de mer propres, protégées de toute contamination par les égouts.

VI.8. Conclusion

De nombreux virus sont associés aux maladies d'origine alimentaire, mais les norovirus et les hépatovirus représentent un risque majeur. Pour limiter la propagation de ces maladies, une conscience accrue de l'importance de l'hygiène et des formations aux bonnes pratiques de production et de manipulation des aliments sont nécessaires. L'amélioration des méthodes de détection permettra de mieux contrôler la présence de virus dans les aliments en général, et diminuera en particulier les risques pour les aliments généralement associés aux maladies alimentaires virales.

Bon courage