

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Batna 2, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département de
microbiologie et de biochimie
Intitulé du Master : Microbiologie appliquée

Microbiologie agroalimentaire

II- Microbiologie des principaux produits alimentaires

1-La microbiologie de l'eau

Dr. BOUAZIZ Amira
Année universitaire : 2021/2022

1-La microbiologie de l'eau

1.1 L'eau dans les industries alimentaires

-L'eau constitue un aliment essentiel puisqu'indispensable à la vie. L'eau potable ordinaire est une eau possédant des qualités chimiques, microbiologiques et organoleptiques qui la rendent apte à la consommation humaine : cette eau peut être canalisée ou embouteillée, dès son prélèvement pour être livrée à la consommation (eau embouteillée).

Les eaux (minérales) sont des eaux possédant des propriétés thérapeutiques reconnues par la loi, mais dont l'appellation n'implique pas obligatoirement une forte teneur en minéraux. L'eau est également un élément essentiel dans l'industrie alimentaire ; elle est utilisée pour le lavage et le traitement des aliments, pour la stérilisation des produits ou du matériel, pour le nettoyage du matériel, des emballages et récipients, pour le refroidissement etc.

-Les volumes d'eau utilisés peuvent être très importants selon le type d'industrie.

-L'eau destinée à l'alimentation en tant que boisson ou celle destinée au traitement des aliments ou à l'industrie alimentaire en général, doit présenter une grande pureté du point de vue microbiologique.

-Cette pureté dépend beaucoup de sa provenance. On distingue les eaux d'origine souterraine (sources, puits, forages) et les eaux de surfaces (rivières, lacs naturels ou artificiels, réservoirs d'écoulement).

-L'eau est d'autant mieux protégée du point de vue microbiologique qu'elle provient de nappes plus profondes : en effet dans ce cas, les contaminations sont plus difficiles et la filtration à travers les couches sédimentaires limite le nombre de micro-organismes.

La pureté microbiologique des eaux de traitement dépend aussi des circuits de distribution ou de recyclage propres aux usines.

L'eau d'alimentation ou celle destinée à l'industrie alimentaire peut subir des traitements autorisés destinés à améliorer ses qualités : sédimentation, adjonction de faibles quantités de polyphosphates ou de silicates, filtration sur résines cationiques, traitements antimicrobiens par le chlore et ses dérivés ou l'ozone.

L'avantage majeur des procédés « mécaniques » (filtration) est d'éliminer la biomasse et ne pas altérer les qualités organoleptiques. Les rayons UV sont utilisables pour traiter de petits volumes d'eau au niveau de la désinfection finale.

Du point de vue de l'industrie alimentaire, il y a plusieurs problèmes de pureté microbiologique de l'eau.

- La pureté de l'eau de distribution

Ce problème se pose au niveau du captage, du traitement, de la distribution, de l'embouteillage éventuel de l'eau d'adduction publique, des eaux «de table » ou des eaux « minérales ». Divers services publics ou industries spécifiques sont concernés. Les autres industries ne le sont pas lorsqu'elles sont alimentées en eau d'adduction publique, par contre des problèmes similaires peuvent leur être posés lorsqu'elles sont alimentées par des stations de captage qui leur sont propres.

- La pureté des eaux de traitement

Ce problème se pose dans le cas de nombreuses industries, en particulier lorsque leurs besoins sont importants, lorsque le réseau intérieur à l'usine est complexe.

- La pureté des eaux résiduaires

Ce problème est surtout important du point de vue chimique, il l'est généralement moins du point de vue microbiologique, mais des cas particuliers peuvent se poser.

1.2 Flore microbienne de l'eau

Les micro-organismes rencontrés dans l'eau sont très variés. Leur nature dépend de celle de l'eau à analyser : eau de captage ou de distribution, eaux de traitements ou de circuits industriels, eaux résiduaires.

1.2.1 Eau de captage ou de distribution

- Flore aquatique

Les micro-organismes rencontrés dans l'eau captée dans la nature sont de trois types : des germes typiquement aquatiques, des germes telluriques et des germes de contamination humaine ou animale. Les germes typiquement aquatiques sont des algues microscopiques et des bactéries. Les bactéries appartiennent le plus souvent aux genres *Vibrio*, *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Chromobacterium* et *Corynebacterium* étudiés précédemment mais aussi à d'autres genres qui ont un intérêt beaucoup moins grand du point de vue de l'industrie alimentaire : *Spirillum*, *Crenothrix*, *Sphaerotilus*, *Galionella*, etc. (ces bactéries Gram - poussent mal sur les milieux de culture ordinaire).

Les algues sont de type eucaryote ou procaryote (cyanobactéries): quelques-unes sont toxigènes mais elles sont rares et cette toxicité a peu ou pas d'incidence sur la qualité de l'eau. Les germes aquatiques sont présents dans les nappes ou contaminent les réseaux d'adduction, les parois des canalisations leur servant parfois d'habitat. Les germes telluriques rencontrés dans l'eau sont des bactéries sporulées (*Bacillus*, *Clostridium*) ou appartenant au genre *Streptomyces* et quelque-fois des spores fongiques. Elles sont présentes parfois dans les nappes ou peuvent contaminer les réseaux en mauvais état.

- Contaminations

Les contaminations microbiennes sont liées à la pluie, aux végétaux, aux animaux et humains (baignade, contamination fécale, industries biologiques). La contamination fécale peut être animale (poissons et autres) ou humaine (par l'intermédiaire de rejets). Chez l'homme prédominent les coliformes fécaux (ou thermotolérants) : de 10^8 à 10^{10} /g dont, au départ, 80 à 90 % d' *Escherichia coli* dont le nombre relatif décroît rapidement par rapport aux coliformes. On rencontre ensuite des entérocoques (10^7 à 10^9), d'autres bactéries (*Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, etc), des virus (10^2 à 10^3 ; parfois jusqu'à 10^6). On trouve aussi des bactéries sporulées anaérobies (*Clostridium perfringens*).

Une contamination microbienne industrielle peut être directe, liée au rejet de levures et bactéries lactiques (industries de fermentations alimentaires) ou indirecte : flores associées aux rejets sucrés, amylacés (industries alimentaires), protéiques (abattoirs), divers (papeterie, tannerie, etc.) Les germes de pollution fécale humaine ou animale sont très fréquents et souvent pathogènes. Il s'agit d'Entérobactéries (*Escherichia coli*, coliformes, *Salmonella*, *Shigella*), de streptocoques fécaux, de *Clostridium perfringens*, de virus, etc. On peut également rencontrer dans l'eau, surtout sous climat tropical, mais parfois aussi en climat tempéré, des protozoaires et autres parasites animaux. Dans le cas d'eaux conditionnées on peut rencontrer des contaminations par *Pseudomonas aeruginosa*. La contamination par les germes pathogènes est souvent une contamination de la nappe. Cependant il peut arriver qu'elle soit due à une détérioration des installations et des infiltrations dans celles-ci, d'eaux souillées. Dans le cas d'eaux conditionnées, la contamination peut provenir de la chaîne d'embouteillage. En définitive, bien que la majorité des germes rencontrés couramment dans l'eau soient des germes banaux mésophiles peu dangereux, les problèmes microbiologiques posés dans le cas d'eaux de captage sont essentiellement des problèmes sanitaires dus à des germes pathogènes souvent en quantité limitée.

- Incidence sanitaire

De nombreuses maladies peuvent avoir une origine hydrique : la plupart sont des gastro-entérites ou des toxi-infections intestinales. Elles sont généralement liées à la présence de bactéries strictement pathogènes (*Escherichia coli* ECEP, ECET, ECEH, etc., *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia*, *Vibrio cholerae* et autres vibriions, et à un moindre degré, *Campylobacter*, *Francisella*, *Legionella*, *Leptospira*, *Listeria*, *Mycobacterium*, etc.) ou opportunistes (*Pseudomonas aeruginosa*, *Aeromonas*, *Flavobacterium*, et à un moindre degré *Staphylococcus*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, etc.).

Il faut signaler également que des intoxications peuvent être liées à la présence d'algues eucaryotes ou de cyanobactéries (*Anabaena flosaquae*, *Microcystis aeruginosa*, etc.)

1.2.2 Eaux de traitement ou de circuits internes en milieu industriel

À ce niveau, le problème sanitaire est théoriquement résolu puisque l'eau à utiliser doit être potable. Il peut cependant arriver que des contaminations par des germes pathogènes d'origine fécale puissent survenir en raison de la dégradation des installations couplées à une mauvaise conception des circuits (par exemple canalisations poreuses ou en mauvais état, trop proches des collecteurs d'égout ou des installations sanitaires) ou par défaut d'hygiène chez les manipulateurs.

Des germes non pathogènes peuvent entraîner des problèmes au niveau des réseaux. En principe, si l'eau a été traitée, il n'y a pas de développement (bactéries libres ou biofilm), tant que le chlore persiste. Cependant à la longue, le chlore se combine avec les molécules en solution et disparaît, permettant la croissance d'algues microscopiques et de bactéries (*Vibrio*, *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Chromobacterium*, *Corynebacterium*, *Spirillum*, *Crenothrix*, *Sphaerotilus*, *Galionella*, bactéries sulfato-réductrices, etc.). Certaines sont des mucogènes pouvant obturer les canalisations ou des agents de corrosion. Les *Streptomyces* sont responsables de mauvaises qualités organoleptiques.

Il peut apparaître également des problèmes spécifiques dus à une contamination par une flore particulière adaptée à l'aliment, ou à sa matière première et qui est répandue à l'état endémique dans l'usine. L'analyse sera alors orientée soit sur l'évaluation de la flore «totale », soit sur la recherche ou la numération du (ou des) micro-organisme(s) habituel(s), responsable(s) généralement d'accidents de fabrication ou de conservation : ce (ou ces) micro-organisme(s) pouvant être parfaitement identifié(s).

1.2.3 Eaux usées

Une eau est chargée en micro-organismes lorsque sa teneur dépasse 10^6 /mL. *Sphaerotillus*, *Zooglea*, *Spirillum* sont présents et constituent de bons indicateurs de pollution. Les eaux d'égout contiennent de 10^8 à 10^{11} bactéries/mL dont de nombreux coliformes, d'autres bactéries aéro-anaérobies ou anaérobies (*Aeromonas*, *Lactobacillus*, etc.) et des virus. Les *Aeromonas* sont en général très abondants, ce qui peut paraître paradoxal car ces bactéries ne sont pas typiquement d'origine fécale.

✓ Flore de l'épuration :

Les eaux polluées ou usées subissent des processus naturels d'auto-épuration. Des procédés basés sur les mêmes principes sont utilisés pour l'épuration au niveau des stations.

1.3.1 Auto-épuration

Un grand nombre de micro-organismes de types variés interviennent dans l'auto-épuration. Ces micro-organismes utilisent et minéralisent les substances organiques apportées au cours de la pollution. Après leur transformation, ces dernières s'élimineront dans l'atmosphère ou seront utilisées par les végétaux. Les bactéries hétérotrophes typiquement aquatiques et indicatrices de pollution (*Beggiatoa*, *Galionella*, *Sphaerotilus*, *Spirillum*, etc.) et autres (*Pseudomonas*, *Vibrio*, etc.) et dans une moindre mesure les protozoaires, dégradent les substances organiques : ces organismes sont aérobies. Des protozoaires consomment les bactéries, les algues et d'autres protozoaires et sont consommés à leur tour par divers invertébrés qui servent de nourriture aux poissons. Des bactéries aéro-anaérobies ou anaérobies (*Clostridium*, *Desulfovibrio*) participent à la dégradation. La destruction des polluants n'est complète qu'après une minéralisation totale de l'azote et du soufre qui est réalisée par des chimolithotrophes aérobies.

Au cours de l'auto-épuration, on observe la baisse du nombre des micro-organismes, en particulier la disparition de certaines bactéries pathogènes. Ce phénomène est dû à diverses causes: antibiose (production de substances antibiotiques ou de produits inhibiteurs), lyse par des phages, action de *Bdellovibrio bacteriovorus* et de protozoaires, etc.

1.3.2 Lagunage

L'épuration peut être réalisée en stockant les eaux usées dans des bassins ou des lagunes exposés à l'air (étangs d'oxydation). Dans ces systèmes, il se produit une succession de flores identique à celle intervenant en auto-épuration.

1.3.3 Boues activées

De nombreux micro-organismes aquatiques épurateurs ont la propriété de former des agrégats. L'association des micro-organismes en «flocs » favorise l'absorption des polluants et leur métabolisation, ainsi que leur propre décantation. Les bactéries et autres micro-organismes à capsule muqueuse (moisissure Zoophagus, protozoaires ciliés et flagellés, etc.) jouent un grand rôle dans la formation du floc. Parmi les bactéries, *Zooglea* tient une place particulière. Les floccs ne contiennent pas seulement des micro-organismes «agglutinants », mais également de nombreuses espèces qui sont «piégées ». Les bactéries sont très nombreuses. Il s'agit de bactéries aérobies ou aéro-anaérobies (*Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Xanthomonas*, *Aeromonas*, *Arthrobacter*, etc.).

1.3.4 Lits bactériens

Les lits bactériens permettent une épuration aérobie grâce à l'obtention de films biologiques actifs. Ils sont obtenus en empilant des matériaux minéraux poreux de granulométrie variable. L'eau à épurer, préalablement débarrassée de ses boues dans un décanteur primaire, ruisselle au travers des matériaux poreux, qui constituent une grande surface réactive, avant d'aller dans un décanteur secondaire. Le lit bactérien est formé d'une pellicule visqueuse (zooglée) qui tapisse toute la surface du matériel filtrant. La microflore et la microfaune sont très variées. On rencontre toujours les bactéries aérobies et aéro-anaérobies facultatives des procédés précédents. On trouve aussi des bactéries anaérobies strictes, comme *Desulfovibrio desulfuricans* dans les zones profondes.

1.3.5 Traitements anaérobies

La fermentation méthanogène est une option de traitement anaérobie. Il s'agit d'un procédé complexe qui met en oeuvre une succession de flores. Des bactéries aéro-anaérobies et anaérobies strictes (*Clostridium*) dégradent les matières organiques par hydrolyse des polymères (phase 1:liquéfaction), puis fermentation. Celle-ci produit de nombreux produits dont des acides organiques, mais aussi des alcools et amines (phase 2: acidogénèse). Il y a également dégagement de gaz variés : hydrogène, ammoniac (par suite de la présence de nombreuses bactéries de la dénitrification) et CO₂. La production de CO₂ se poursuit au cours de la dégradation des acides organiques en acides plus petits : acides acétique, formique (phase 3: acétogénèse). Enfin des bactéries anaérobies strictes, très spécialisées (*Methanobacterium*, *Methanosarcina* et *Methanococcus*) réalisent la phase ultime produisant du méthane (phase 4: méthanogénèse).