

Chapitre I : Place des micro-organismes dans les milieux naturels.

- Introduction

L'environnement est un terme général qui englobe tous les facteurs qui constituent le milieu ambiant. L'air que l'on respire, la terre sur laquelle on vit, l'eau que l'on boit et toutes les choses vivantes et non vivantes qui font partie de l'environnement sont désignés comme l'environnement.

Dans l'environnement, il y a des micro-organismes qui sont étudiés dans ce domaine.

La microbiologie environnementale est l'étude des micro-organismes et des conditions physiques et chimiques qui les influencent. Les environnements sont des composantes des écosystèmes. Un écosystème est une communauté de micro-organismes et leur environnement physique et chimique qui fonctionne comme une unité écologique. L'écosphère ou biosphère organise l'ensemble des organismes vivants sur terre et l'environnement abiotique qu'ils occupent. Elle peut être divisée en atmosphère, hydrosphère et litho-écosphère pour définir les parts de la dépense globale habitées par les êtres vivants dans les environnements de l'air, de l'eau et du sol respectivement.

1. Histoire de la microbiologie environnementale

Dans la première édition de la microbiologie environnementale, il a été reconnu que ce domaine s'était étendu à l'étude des systèmes terrestres, aquatiques et aériens, y compris le contact des microbes indigènes avec les polluants organiques et inorganiques, le comportement des agents pathogènes introduits dans ces systèmes, ainsi que la découverte et l'application de nouveaux microbes et de leurs produits pour améliorer la santé humaine et promouvoir le bien-être.

Au cours des dernières années, on a assisté à une explosion fondamentale des connaissances sur la diversité et les communautés microbiennes dans divers environnements. Par conséquent, la deuxième édition de la microbiologie environnementale contient des informations sur les environnements extrêmes, ainsi que sur les communautés microbiennes et la communication entre les micro-organismes. De même, compte tenu de l'augmentation constante des pressions exercées par la population humaine et du changement climatique, des informations sur la microbiologie domestique, et l'impact du changement mondial sur les maladies infectieuses microbiennes ont été trouvées.

L'objectif global de la microbiologie environnementale est de définir les microbes importants impliqués dans la microbiologie environnementale, la nature des différents environnements dans lesquels les microbes se trouvent, les méthodologies utilisées pour surveiller les microbes et leurs activités et, enfin, d'évaluer les effets de ces microbes sur les activités menées par les êtres humains. Actuellement, à partir de la microbiologie environnementale, les chercheurs ont développé des applications tendant à utiliser des microorganismes dans les différents domaines d'intérêt de l'homme : industrie agro-alimentaire, pharmacologie, agriculture, cosmétologie, bioremédiation, épuration des eaux usées...etc.

2. Micro-organismes des milieux naturels

Les micro-organismes occupent sur notre planète l'ensemble d'une sphère irrégulière qui comprend une fraction de la croûte terrestre, la totalité de la masse aqueuse et l'atmosphère. Cette colonisation de tous les sites de la biosphère, sans exception, est due à une extraordinaire adaptabilité à la fois génotypique et phénotypique des micro-organismes aux stress physico-chimiques. Ainsi, des milieux aux conditions extrêmes sont occupés tels que les glaciers, les fontaines hydrothermales, les milieux maritimes, y compris les abysses ou les marais salants. Les milieux naturels ont fourni de nombreuses souches microbiennes productrices d'antibiotiques.

Par ailleurs, la maîtrise de la qualité de l'environnement peut être améliorée en utilisant certains micro-organismes pour biodégrader des produits toxiques issus de l'activité humaine tels que le toluène (par exemple, *Pseudomonas putida*).

Ils sont, plus généralement, très utiles dans les opérations de décontamination. Leur rôle dans le traitement des effluents ménagers est mis à profit dans l'assainissement des eaux usées. En revanche, ils peuvent participer à des phénomènes de détérioration ou constituer des enduits nocifs, appelés biofilms, à la surface des installations urbaines ou industrielles.

2.1. Microorganismes dans le sol

Le sol de surface est toujours riche en populations indigènes de bactéries (y compris les actinomycètes), de champignons, d'algues et de protozoaires.

- Les microbes jouent un rôle important dans la formation des agrégats du sol et dans sa stabilité, ce qui lui confère fertilité et productivité.
- Les microbes du sol participent à ces processus de différentes manières, par exemple, les microbes filamenteux rassemblent les particules d'argile à l'aide d'un vaste réseau d'hyphes, ce qui donne lieu à des agrégats de sol.
- En outre, certains microbes sécrètent des exopolysaccharides ou provoquent le compactage des particules d'argile qui favorisent l'agrégation du sol.

2.2. Microorganismes dans l'environnement aquatique

Les environnements aquatiques occupent plus de 70 % de la surface de la terre, notamment les océans, mais aussi d'autres milieux tels que les estuaires, les ports, les rivières, les lacs, les zones humides, les ruisseaux, les sources, les aquifères, etc.

Une grande variété de communautés microbiennes vit dans les environnements aquatiques : communautés planctoniques, sédimentaires, tapis microbiens, biofilms, etc.

-**Les planctons** désignent la communauté microbienne photo-autotrophe comprenant à la fois des eucaryotes (algues) et des procaryotes (cyanobactéries) et la communauté hétérotrophe comprenant des bactéries (bactérioplancton) et des protozoaires (zooplancton).

-**Les phytoplanctons** sont les producteurs primaires du réseau trophique grâce à leur capacité à fixer le CO₂ dans la matière organique par la photosynthèse.

2.3. Les Biofilms

Dans la nature, les biofilms sont des populations de micro-organismes intimement associées à des surfaces vivantes ou minérales par l'intermédiaire d'une substance muqueuse composée d'eau et de polymères biologiques (sucres, protéines, ADN, acides humiques). Ils sont présents partout : sur le tronc des arbres ou les galets du fond d'une rivière, mais aussi sur la coque des bateaux, à l'intérieur des tuyauteries de distribution d'eau ou des radiateurs de chauffage central, et même dans notre bouche et sur nos gencives, où ils forment la plaque dentaire.

Il est apparu que, lorsque des microbes vivent groupés dans des communautés comme les biofilms, bon nombre de leurs propriétés diffèrent radicalement de celles des mêmes cellules nageant ou flottant individuellement au sein d'une phase liquide. Et l'une des caractéristiques les plus inquiétantes que ces organismes acquièrent en biofilm est une nette augmentation des résistances aux agents antimicrobiens, aux détergents et aux défenses immunitaires. C'est la cause du décès de dizaines de milliers de personnes, à la suite d'infections contractées lors d'interventions chirurgicales, d'hospitalisations ou de traitements médicaux. Dans l'immense majorité des cas, ces infections sont le résultat de la colonisation de cathéters intravasculaires ou de sondes urinaires qui restent au contact de la peau du malade et du milieu extérieur.

La contamination des produits à partir d'installations colonisées par des germes pathogènes est également une hantise quotidienne dans de nombreux secteurs industriels, comme l'agro-alimentaire, la pharmacie, les cosmétiques et la papeterie.

3. Impacts importants des microorganismes sur les écosystèmes

Les effets des microorganismes sur leur environnement peuvent être bénéfiques, nocifs ou inapparents au regard de la mesure ou de l'observation humaine.

L'effet le plus important sur la terre est leur capacité à recycler les éléments primaires qui composent tous les systèmes vivants, en particulier le carbone, l'oxygène et l'azote (N).

La décomposition ou biodégradation résulte de la décomposition de matières organiques complexes en d'autres formes de carbone qui peuvent être utilisées par d'autres organismes.

3.1. Effets bénéfiques

➤ Générer de l'oxygène dans l'atmosphère

La photosynthèse oxygénique se produit chez les plantes, les algues et les cyanobactéries. C'est le type de photosynthèse qui entraîne la production de l'O₂ dans l'atmosphère.

Au moins 50 % de l'O₂ présent sur terre est produit par des micro-organismes photosynthétiques (algues et cyanobactéries). Pendant au moins un milliard d'années avant l'apparition des plantes, les microbes étaient les seuls organismes produisant de l'O₂ sur terre.

O₂ est nécessaire à de nombreux types d'organismes, y compris les animaux, dans le cadre de leurs processus respiratoires.

➤ Production primaire

La production primaire implique des organismes photosynthétiques qui absorbent le CO₂ présent dans l'atmosphère et le transforment en matière organique (cellulaire).

Ce processus, également appelé fixation du CO₂, représente une très grande partie du carbone organique disponible pour la synthèse du matériel cellulaire.

Bien que les plantes terrestres soient évidemment des producteurs primaires, les algues planctoniques et les cyanobactéries représentent près de la moitié de la production primaire de la planète.

Ces organismes unicellulaires qui flottent dans l'océan sont "l'herbe de la mer" et constituent la source de carbone à partir de laquelle la vie marine est dérivée.

➤ Fixer l'azote de l'atmosphère dans une forme utilisable

Les seuls organismes capables d'extraire l'azote gazeux N₂ de l'atmosphère et de le "fixer" sous une forme utilisable ; l'ammoniac et l'ammonium (NH₃, NH₄), sont les bactéries. La fixation biologique de l'azote est un processus propre à certaines bactéries qui prélèvent l'azote dans l'atmosphère et le transforment en ammoniac (NH₃), qui sera utilisé par les plantes et les animaux.

Les bactéries spécifiques capables de fixer l'azote sont dispersées dans tous les groupes, y compris les cyanobactéries.

La fixation de l'azote permet également de reconstituer l'azote du sol éliminé par les processus agricoles.

Certaines bactéries fixent l'azote en association symbiotique avec les plantes. D'autres bactéries fixatrices d'azote vivent librement dans le sol et les habitats aquatiques.

➤ **Recycler les nutriments stockés dans la matière organique à une forme inorganique**

La décomposition libère les nutriments minéraux (par exemple, N, P, K (potassium)) liés à la matière organique morte sous une forme inorganique qui peut être utilisée par les producteurs primaires.

Sans ce recyclage des nutriments inorganiques, la productivité primaire de la planète s'arrêterait.

Sur terre, la majeure partie de la décomposition (également appelée "minéralisation") de la matière organique morte se produit à la surface du sol, et le taux de décomposition est fonction de l'humidité et de la température (trop ou trop peu de l'une ou l'autre de ces variables réduit le taux de décomposition).

Les champignons sont les principaux décomposeurs des composés structuraux des plantes (cellulose et lignine - mais notez que la lignine n'est pas décomposée en l'absence d'oxygène).

Dans l'eau, la décomposition de la matière organique est principalement oxygène dans les cours d'eau et dans l'océan et anoxique au fond des lacs ou dans les marécages.

➤ **Contribution au recyclage des déchets et désintoxication**

Les bactéries et les champignons sont capables de biodégrader/ détoxifier les substances ; les processus microbiens sont donc largement utilisés pour la biorestauration.

Les processus de biostimulation et de bioaugmentation favorisent le taux de dégradation des polluants organiques et inorganiques.

Les microbes hétérotrophes tels que *Pseudomonas*, *Sphingomonas* et *Mycobacterium* sont connus pour leur rôle dans la dégradation du pétrole.

Les microbes (bactéries et champignons) sont capables de dégrader une série de pesticides biodégradables tels que l'atrazine, qui est dégradée par une bactérie, par exemple *Arthrobacter nicotinovorans*, et des dérivés apparentés tels que la simazine, la propazine et la cyanazine.

La capacité des microbes à résister à la toxicité des métaux et leur adaptation physiologique au stress métallique revêtent une grande importance.

Aujourd'hui, la capacité microbienne à transformer les métaux lourds est largement utilisée comme outil de biorestauration.

3.2. Effets néfastes

➤ **Contribution aux gaz à effet de serre**

Outre la production de nutriments inorganiques, la décomposition a également pour effet de produire du CO₂ et du CH₄ (gaz à effet de serre) qui sont libérés dans l'atmosphère.

Les méthanogènes produisent du méthane dans des environnements anaérobies naturels et artificiels (sédiments, sols saturés d'eau tels que les rizières, installations d'eaux usées, installations de biogaz et production anthropique de méthane associée aux combustibles fossiles).

L'agriculture est le principal émetteur du puissant gaz à effet de serre qu'est l'oxyde nitreux (N₂O), qui est libéré par l'oxydation et la réduction microbiennes de l'azote.

➤ **Les microbes provoquent la détérioration et la décomposition des aliments**

Les microbes sont les agents de la détérioration des aliments et de la décomposition des vêtements et des matériaux d'abri.

Les facteurs qui permettent aux microbes d'accomplir la biodégradation et le cycle du carbone sont à l'œuvre sur tout ce qui est organique, y compris :

- les aliments et les céréales stockés dans les greniers,
- supermarché ou réfrigérateur,
- matériaux structurels naturels
- les textiles utilisés pour nos abris et nos vêtements.

Les champignons et les bactéries sont les principaux agents microbiens de décomposition dans les environnements aérobies.

➤ **Les microorganismes sont à l'origine des maladies infectieuses**

Un microbe capable de provoquer une maladie infectieuse chez un animal ou une plante est appelé agent pathogène.

La purification de l'eau, l'immunisation (vaccination) et l'antibiothérapie moderne (tous des développements dans le domaine de la bactériologie) ont considérablement réduit la morbidité et la mortalité dues aux maladies infectieuses au cours du vingtième siècle, du moins dans les pays développés où il s'agit de pratiques culturelles acceptables.

Cependant, de nombreux nouveaux pathogènes microbiens ont été reconnus au cours des 30 dernières années et de nombreux "anciens" pathogènes bactériens, tels que *Staphylococcus aureus* et *Mycobacterium tuberculosis*, sont apparus avec de nouvelles formes de virulence et de nouveaux schémas de résistance aux agents antimicrobiens.

Les microbes sont également à l'origine de nombreuses maladies des plantes qui, si elles touchent les plan les plantes cultivées ou les ressources forestières, peuvent avoir d'importantes conséquences économiques ou sociales.

Les maladies des plantes sont causées par des agents infectieux (champignons, bactéries, virus et nématodes).

Les champignons représentent environ 85% des maladies des plantes. Ils envahissent les plantes, infectent les tissus vivants, se nourrissent du contenu cellulaire et s'attaquent aussi bien aux branches, troncs, feuilles, fleurs, fruits et racines des végétaux.

Les maladies de plantes causées par des bactéries sont malheureusement incurables. Seules la vigilance et les mesures de précaution sont de mise et permettent de limiter les dégâts provoqués par ces microorganismes. Parmi les bactéries susceptibles de causer des dommages aux plantes, on retrouve les genres *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Clavibacter* et *Agrobacterium*.



Figure 1 : **Le feu bactérien** provoqué par la bactérie *Erwinia amylovora*, est une redouble maladie incurable de nombreux arbres fruitiers appartenant à la famille des rosacées, dont les pommiers et poiriers.