

MICROBIOLOGIE

I-Généralités

La microbiologie est la science qui étudie les organismes microscopiques ou microorganismes. Les microorganismes aussi appelés « microbes », dérivé du grec : Mikros, «petit» et Organismos, «organisme», forment un ensemble d'organismes invisibles à l'œil nu (trop petits).

Leur taille est généralement inférieure à un millimètre : ils doivent être observés au microscope (photonique/optique ou électronique) et cultivés dans des milieux permettant leur croissance et leur isolement.

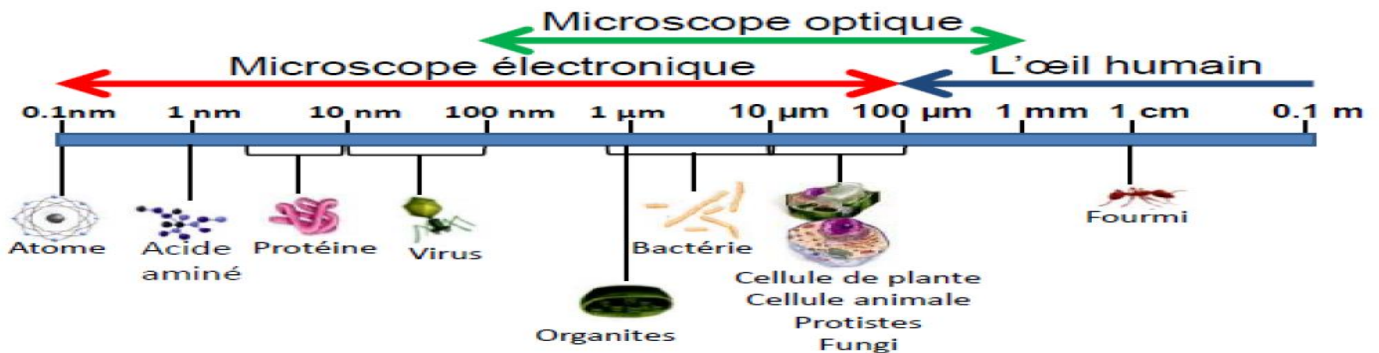


Figure 1: Position des êtres vivants en fonction de leur taille

Les microorganismes vivent **partout** dans notre environnement mais aussi sur notre organisme à savoir sur notre peau et dans nos cavités internes (voies respiratoires, digestives, génitales). Ils sont généralement accusés à tort ou à raison, d'être les responsables de la dégradation de la santé de l'homme. Cependant, il a été souvent constaté leur présence en des lieux sans que cela ne débouche, obligatoirement, sur l'apparition de maladies.

Les microorganismes sont ubiquitaires (très diversifiés), et retrouvés sur tous les types de surfaces : air, sol, eau, etc. Les microbes sont également présents dans divers phénomènes de notre quotidien : production d'aliments, alicaments, biofilms, croissance des végétaux, digestion des animaux, etc. Certains d'entre eux sont bénéfiques et d'autres sont jugés néfastes (maladies).

Les microorganismes ont des propriétés communes : leur taille microscopique, et leur organisation simple.

II- TYPES DE MICROORGANISMES

1-Bactéries

Les microorganismes procaryotes sont exclusivement des bactéries (unicellulaires). Les bactéries les plus communes se présentent sous deux formes majeures : sphérique (coque ou cocci) ; ou cylindrique (bacilles en bâtonnet), mais d'autres formes existent. La taille d'une bactérie est de l'ordre du micromètre ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m}$). Les plus petites bactéries ont une taille similaire à celle des plus grands virus tandis que les plus grandes atteignent la taille de certaines algues unicellulaires. Quelques exemples :

**Mycoplasma pneumoniae* $0,2 \mu\text{m}$

**Escherichia coli* $1 \times 2 \mu\text{m}$

**Treponema pallidum* (Spirochète) $0,1 \times 10 \mu\text{m}$

**Oscillatoria* (Cyanobactérie) $7 \mu\text{m}$

Les bactéries peuvent être divisées en deux grands groupes, selon leur domaine d'origine : Eubactéries ou Archéobactéries.

1-1-Eubactéries

Elles représentent le groupe d'organismes le plus vaste sur terre. Ce sont les "vraies" (eu=vrai) bactéries. Elles font preuve d'une extraordinaire diversité (ubiquitaires), et ont colonisé tous les milieux (air, eau, sol et être vivant...). Elles peuvent être classifiées d'après plusieurs critères : leur forme, leur besoin en oxygène, leur source d'énergie: photosynthèse ou chimiosynthèse à partir de composés organiques, leur source d'électrons ou leur source de carbone, etc.

1-2-Archaeobactéries

Ce sont des bactéries adaptées à la vie dans des conditions extrêmes (forte salinité, haute température, faible pH, sans oxygène). Leur paroi ne contient pas de peptidoglycanes contrairement aux eubactéries. Leur membrane cellulaire est aussi distincte des eubactéries et des eucaryotes. Leur énergie est généralement obtenue par chimiosynthèse en utilisant des sources d'électrons inorganiques et la plupart ne requièrent pas d'oxygène. On distingue 3 grands groupes :

***Halophiles extrêmes**

Ce sont des bactéries qui nécessitent une présence de sel à 9% minimum. Ils tolèrent des pH basiques de l'ordre de 11.5. On les trouve dans les lacs salés, les marais salants et saumures (eau très salée). Ce sont les seules Archaeobactéries capables de photosynthèses grâce à des pigments caroténoïdes, qui leur confèrent une couleur rose. Le genre Halobacterium en est l'exemple type.

***Thermophiles extrêmes**

Elles nécessitent des températures élevées. La température optimale de croissance est de l'ordre de 80°C et même plus (contrairement aux Eubactéries : 20–40°C). Anaérobies et résistants aux pH acides extrêmes. Elles sont thermoacidophiles. Pyridictium occultum : 105°C ; Sulfolobus sp : 87°C à 90°C et un pH=1.

***Méthanogènes**

Elles sont capables comme Méthanobactérium de produire le méthane (CH₄) à partir de gaz carbonique (CO₂). Généralement saprophytes du tube digestif des ruminants. On les trouve également dans les sédiments des eaux de sources, sources thermales et les stations d'épuration.

2- Champignons microscopiques

Les champignons microscopiques (mycètes) se divisent en deux groupes : les champignons unicellulaires ou levures et les champignons pluricellulaires filamenteux ou moisissures.

L'organisation cellulaire des champignons est généralement sous forme de thalle. Chez les champignons microscopiques, le thalle peut être unicellulaire (levures) ou filamenteux (moisissures). Certaines levures sont toutefois capables de former des structures filamenteuses (pseudomycélium) dans certaines conditions. La paroi de ces champignons est généralement composée de chitine.

2-1-Levures

Les levures sont des champignons unicellulaires qui ont une taille qui varie de 2 à 50 µm. La taille des levures est donc supérieure à celle des bactéries ce qui permet facilement de les distinguer. Leur thalle est dit lévuriforme. Les levures peuvent se présenter sous plusieurs formes, elle peut être sphérique, ovoïde, allongée, cylindrique.

*Forme ronde ou ovalaire : levures et spores.

*Forme pseudo filamenteuse : chaînes de levures formant des filaments ou pseudomycélium (différentes espèces de Candida).

*Forme filamenteuse : formation d'un vrai mycélium (C. albicans).

2-2-Moisissures

Les moisissures sont des champignons pluricellulaires hétérotrophes. Leurs filaments plus ou moins ramifiés sont appelés hyphes. L'ensemble des hyphes constitue le mycélium. La paroi cellulaire responsable de leur forme est riche en cellulose ou en chitine selon les groupes. Elles contiennent

également des substances mucilagineuses, des polysaccharides, des substances pectiques, des protéines, des pigments et de l'hémicellulose.

Certaines moisissures vivent en symbiose avec les végétaux, d'autres sont parasites des végétaux et animaux, d'autres encore sont des saprophytes qui se développent sur des déchets organiques ou contaminent les produits alimentaires. Les champignons filamenteux sont parfois très utiles et largement utilisés en pharmacologie (antibiotiques), en agriculture ou dans l'industrie alimentaire : fabrication de fromages.

Selon la présence de cloisons (parois) entre les cellules de l'hyphe on peut distinguer :

*Les Phycomycètes, les cellules ne sont pas séparées par des cloisons transversales : le thalle est dit coenocytique (ou « siphonné »).

*Les Septomycètes, le thalle est cloisonné (ou « septé »). Dans ce cas, des perforations assurent la communication entre les cellules (ex : *Aspergillus*).

3-Micro-algues ou algues microscopiques

Les algues microscopiques sont le plus souvent unicellulaires, mais peuvent être multicellulaires. Elles possèdent une paroi (cellulose) et sont autotrophes. Elles obtiennent leur énergie par photosynthèse grâce à leurs pigments dont le plus important est la chlorophylle (algues vertes). Certaines micro-algues sont toxiques pour la faune aquatique, d'autres sont par contre peu ou pas toxiques et servent de nourriture pour la faune marine.

4- Protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires hétérotrophes, dont la structure est proche de celle des cellules animales. Dépourvus de paroi, leur membrane plasmique est donc directement au contact du milieu extérieur, dans lequel ils doivent puiser leurs nutriments. Les protozoaires sont extrêmement diversifiés tant au niveau des structures cellulaires que du point de vue écologique. La classification des protozoaires est complexe. L'une d'entre elles se base sur le mode de déplacement ou de locomotion :

***Rhizopodes**

Les amibes forment des prolongements cytoplasmiques « pseudopodes ». Les pseudopodes servent à la locomotion et à la nutrition (pour se nourrir). (ex : *Entamoeba histolytica*).

***Flagellés**

Ils possèdent un ou plusieurs flagelles permettant leur déplacement (ex : *Trypanosoma brucei*).

***Ciliés (ou « infusoires »)**

Les cellules sont recouvertes de cils dont les battements permettent la locomotion, apportent les particules alimentaires et renouvellent le dioxygène (ex : *Paramecium caudatum*).

***Sporozoaires**

Ce sont des parasites intracellulaires, dont le cycle comprend plusieurs phases. Ce sont des protozoaires qui n'ont pas de moyen de locomotion (ex : *Plasmodium vivax*).

5-virus

Les virus ne sont pas constitués d'une cellule, c'est pour cela qu'on les appelle des organismes « acellulaires ». Ils sont uniquement composés d'acides nucléiques (ARN ou ADN) et de protéines. Ils mesurent quelques dizaines de nanomètres. Ils ne peuvent se reproduire qu'à l'intérieur de cellules vivantes : ce sont donc des parasites intracellulaires obligatoires. Les Capsides (structure qui entoure le génome : ADN ou ARN) sont enfermés dans une coque protéique (avec parfois, en plus, des lipides et des glucides).

Le virus peut être nu ou contenu dans une « enveloppe virale ». Ils sont classés selon la nature de leur génome en :

*Virus à ARN simple brin (ou monocaténaire) de polarité positive et négative,

*Virus à ARN double brin (ou bicaténaire),

*Virus à ADN simple brin et double brin et

*Virus utilisant la transcriptase inverse pour leur réplication (ARN/Retroviridae et ADN/Hepadnaviridae).

On peut également trouver des formes similaires aux virus, telles que les : Viroïdes (Composé d'ARN) et les Prions (composé de protéines).

III- CONDITIONS DE VIE DES MICROORGANISMES

1-Effet de l'oxygène

Il existe plusieurs classes de microorganismes en fonction de leurs rapports avec l'oxygène.

Les **aérobies stricts** ne se développent qu'en présence d'air. Leur source principale d'énergie est la respiration. L'oxygène moléculaire, ultime accepteur d'électron, est réduit en eau (*Pseudomonas, Acinetobacter, Neisseria*).

Les **microaérophiles** se développent mieux ou exclusivement lorsque la pression partielle d'oxygène est inférieure à celle de l'air (*Campylobacter, Mycobacteriaceae*).

Les **aéro-anaérobies** facultatifs se développent avec ou sans air. C'est le cas de la majorité des bactéries rencontrées en pathologie médicale : les entérobactéries (*Escherichia, Salmonella*), les streptocoques, les staphylocoques. L'énergie provient de l'oxydation des substrats et de la voie fermentaire.

Les **anaérobies stricts** ne se développent qu'en absence totale ou presque d'oxygène qui est le plus souvent toxique. Ces microorganismes doivent se cultiver sous atmosphère réductrice. La totalité de l'énergie est produite par fermentation. C'est le cas des bactéries intestinales (*Bacteroides, Fusobacterium, Clostridium*) et de nombreuses bactéries présentes dans les flores normales de l'organisme. La production d'énergie se fait grâce aux cytochromes membranaires couplés à des phosphorylations oxydatives mais en l'absence d'oxygène moléculaire. La toxicité de l'oxygène s'explique par la production de radicaux superoxydes que les bactéries anaérobies ne peuvent pas détruire (**absence de superoxyde dismutase**) et/ou par l'absence d'une activité enzymatique à type de catalases et de peroxydases.

2- Effet de la température

Les microorganismes peuvent être classés selon leur température optimale de croissance.

● **mésophiles** (Ex. : *Escherichia coli*) :

Intervalle de croissance +20°C – +45°C

Température optimale +30°C – +37°C

température de croissance proche de celle du corps humain (37°C)

● **thermophiles** (Ex. : *Thermus aquaticus*) :

Intervalle de croissance +35°C – +70°C

Température optimale +40°C – +55°C

● **psychrophiles** (Ex. : *Pseudomonas*) :

Intervalle de croissance 0°C – +25°C

Température optimale +20°C – +25°C.

La température joue un rôle important dans la croissance des moisissures, la plupart se développent bien entre 15 et 30 °C, avec une température optimale située entre 20 et 25 °C. Leur croissance est habituellement stoppée ou ralentie par la réfrigération, sauf pour des espèces comme les *Cladosporium, Sporotrichum* et *Thamnidium*, qui continuent à se développer, bien que très lentement, jusqu'au voisinage de -10 °C. On remarque souvent leur présence dans les entrepôts frigorifiques.

Il existe également des moisissures capables de se développer jusqu'à 57 °C.

3- Effet du pH

Le pH (concentration en ion hydrogène [H⁺]) de l'environnement varie entre 0,5 (sols acides) et 10,5 (eaux alcalines des lacs).

Les microorganismes se développent dans une gamme de pH donnée. On distingue :

● Les **neutrophiles** se développent pour des pH sont compris entre 5,5 et 8 avec un

optimum voisin de 7.

- Les **alcalophiles** préfèrent les pH alcalins (8 et 11,5): cas de *Pseudomonas* et *Vibrio*.
- Les **acidophiles** se multiplient mieux dans des milieux acides (1 et 5,5) : cas des *Lactobacillus*.

4- Effet de l'eau libre

Une substance ou l'atmosphère renferme une quantité plus ou moins importante d'eau. Cette eau peut être liée ou libre.

Eau liée est la partie de l'eau liée aux molécules de matière par des liaisons électriques : elle n'est donc pas disponible pour les micro-organismes.

Eau libre Les molécules d'eau qui ne sont pas liées constituent l'eau libre. Cette eau libre peut être mesurée en laboratoire et s'appelle : **Activité de l'eau** (Activity of Water = **Aw**).

Cette eau est disponible et permet aux micro-organismes de se développer.

Exemples:

Eau pure :	$A_w = 1$
Produits frais :	A_w compris entre 0.95 et 1
Produits secs :	A_w compris entre 0.70 et 0.91
Produits déshydratés :	A_w inférieur à 0.30

IV-Actions des microorganismes

En fonction de l'effet de leurs actions, les microorganismes peuvent être utiles ou nuisibles (pathogènes).

1-Microorganismes pathogènes

Le **pouvoir pathogène** est la capacité d'un microorganisme (l'agent pathogène) de causer une maladie dont les symptômes sont d'intensité variable.

La **virulence** d'un microorganisme traduit la gravité des troubles engendrés chez l'hôte, autrement dit le **degré du pouvoir pathogène**.

La virulence est une notion quantitative alors que le pouvoir pathogène est une notion qualitative. Ainsi pour un même pouvoir pathogène, il peut y avoir des souches plus ou moins virulentes. Exemple : *Shigella dysenteriae* et *Shigella flexneri* sont toutes les deux responsables d'une dysenterie bacillaire, mais pas avec les mêmes doses. Quelques bactéries suffisent pour développer une infection avec *S.dysenteriae* alors que plusieurs milliers sont nécessaires avec *S. flexneri*. Cette espèce est donc considérée comme moins virulente que *S.dysenteriae*.

Nous nous limiterons à la pathogénicité des bactéries et des virus.

1-1-Bactéries et pathogénicité

1-1-Au niveau de l'être humain

Le pouvoir pathogène des bactéries est conditionné par plusieurs facteurs :

- la capacité des bactéries à se multiplier dans l'hôte : le **pouvoir invasif**,
- la capacité des bactéries à libérer des toxines : le **pouvoir toxique**,
- les **résistances opposées par l'organisme hôte** : le "terrain".

❖ Pouvoir invasif

C'est la capacité d'un microorganisme à pénétrer et à se propager à l'intérieur de l'organisme, à s'y multiplier et à y occasionner des destructions tissulaires ou fonctionnelles.

❖ Pouvoir toxique (ou toxinogène)

Les **bactéries toxinogènes** produisent des **toxines**, c'est à dire des substances toxiques capables de nuire à l'hôte, même en l'absence du microorganisme producteur. On distingue deux types de toxines:

*les **exotoxines** sont des protéines produites lors de la croissance bactérienne, totalement ou partiellement libérées pendant la vie du microorganisme,

*les **endotoxines** sont des molécules complexes, faisant partie de la paroi bactérienne, et libérées uniquement lors de la destruction du microorganisme.

1-1-2-Pathogénicité des bactéries au niveau des aliments

La plupart de nos aliments constituent des milieux favorables à la croissance de divers microorganismes. En effet, les aliments contiennent diverses matières organiques pouvant être consommées par des bactéries ou des champignons (moisissures). Rarement stériles, les aliments hébergent les microorganismes dont le développement modifie leurs qualités et peut entraîner une putréfaction (modification de l'aspect, odeurs nauséabondes,...). Les **aliments sont alors avariés**. C'est la raison pour laquelle la mise sur le marché d'un certain nombre d'aliments est accompagnée d'une date limite de consommation, au-delà de laquelle l'aliment n'est plus considéré comme comestible. Plusieurs actions des microorganismes sont responsables de l'altération des aliments, on distingue par exemple :

*Les bactéries **lactiques** qui modifient les sucres contenus dans le lait pour leur donner un goût aigre et acide

*Les bactéries de **putréfaction** (ex : *Pseudomonas*), s'attaquent aux protéines des viandes, poissons, œufs. Elles produisent des gaz responsables de très mauvaises odeurs.

*Les bactéries de **rancissement** dégradent les lipides (gras) du beurre, de la crème fraîche, de la margarine et des graisses animales en produits toxiques et acides. L'aliment prend une odeur rance et ne doit pas être consommé.

*Les champignons (moisissures et levures) se développent dans de nombreux aliments (fruits, légumes, confitures, viandes etc).

En d'autres termes, les aliments altérés subissent des transformations qui se traduisent par :

*Modification des **qualités organoleptiques** (goût, odeur, aspect)

*Perte des **qualités nutritionnelles** (aliments moins digestes, moins riches en vitamines et minéraux)

*Perte des **qualités sanitaires**, avec un aliment présentant des risques pour la santé

L'altération des fruits et légumes s'observe facilement : ils se ramollissent, présentent des taches brunes ou des moisissures.

Pour certains aliments, seul le goût sera modifié, sans changement d'aspect ; ainsi, les boissons sucrées piquent dans le palais, tandis que les sauces bouillon s'acidifient.

Les microorganismes d'altération peuvent provenir d'une contamination externe (opérateur etc...) mais aussi des aliments en eux-mêmes, s'ils sont mal stockés.

1-2-Virus et pathogénicité

La pathogénicité des virus s'exprime selon différentes modalités ou stratégies et elle doit être envisagée à deux niveaux différents :

- à l'échelle de la cellule hôte
- à l'échelle de l'organisme hôte

1-2-1-Echelle de la cellule hôte

Certains virus provoquent la lyse de la cellule, l'effet cytopathogène n'est donc pas négligeable, en particulier pour certains virus. Ex : le virus de la Poliomyélite s'attaquent aux moto-neurones du bulbe rachidien et des cornes antérieures de la moelle épinière, provoquant ainsi la paralysie poliomyélitique (les cellules nerveuses ne régénèrent pas). Dans une infection par le virus grippal les altérations cellulaires sont beaucoup moins graves ; il en est de même du virus des oreillons. Le virus du SIDA détruit les cellules immunitaires...

Certains virus ne provoquent pas la lyse, mais incitent au contraire les cellules à proliférer plus rapidement. Ces modifications entraînent des troubles des mécanismes de régulation cellulaire avec une tendance à la malignité (cancers)

1-2-2-Echelle de l'organisme hôte

L'introduction et la prolifération d'un virus étranger entraîne des effets toxiques et pyrogènes, soit une réaction de l'organisme lui-même l'inflammation.

En effet le virus est porteur au niveau de sa capside de protéines qui ont un fort pouvoir antigénique et permettant la formation d'anticorps spécifiques par l'organisme hôte.

1-2-3-Stratégies virales

La seule finalité d'un virus est de survivre dans le temps et dans l'espace. Cette survie comprend deux étapes clefs :

- production du virus dans l'organisme (**invasion**)
- transmission du virus aux organismes (**contagion**).

Il s'agit d'un cycle de multiplication car les nouveaux organismes atteints sont l'objet de nouvelles invasions, points de départ de nouvelles contagion et ainsi de suite.

Pour survivre, le virus doit à tout prix, échapper aux défenses immunitaires. Le virus doit dès développer des stratégies afin de survivre. On définit schématiquement deux stratégies virales :

1-2-3-1-Stratégie de la terre brûlée ou infection aiguë

L'invasion virale massive facilite la contagion vers un deuxième organisme. La transmission surviendra donc probablement avant l'élimination du virus par le système immunitaire au sein du premier organisme. Le virus se multiplie alors dans le deuxième organisme avant le système immunitaire de celui-ci ne réagisse ; ce qui demande un délai d'environ trois semaines. Avant cela, le virus aura eu le temps d'envahir un ou plutôt plusieurs organismes. C'est donc la **capacité à se répliquer rapidement de manière abondante** c'est-à-dire plus il y a de virus produits, plus la probabilité que l'un d'eux atteigne un autre organisme rapidement est élevée

La réplication virale massive accapare le métabolisme cellulaire. La cellule meurt en relâchant une multitude de nouveaux virus. On parle de **pathogenèse par effet lytique ou de cytopathogenèse**.

Exemple : virus Ebola, virus de la fièvre jaune

1-2-3-2-Stratégie écologique ou infection chronique

Le virus doit absolument être capable de survivre sur place ; il faut que l'infection persiste. Pour cela, deux conditions sont nécessaires :

-le virus doit épargner les cellules qui servent d'usine à sa multiplication. Il ne doit pas les détruire plus vite qu'elles ne se reproduisent. Ce n'est rien d'autre qu'une préoccupation écologique : « ne pas exploiter la forêt au delà de ses capacités de renouvellement ».

-le virus doit survivre sur place plus de trois semaines, délai moyen de mise en route des défenses immunitaires, le virus doit pouvoir échapper à leur vigilance.

Pour ne pas être détecté, le virus dispose de trois possibilités :

***faire le moins d'antigènes possibles**, ce qui revient à, se multiplier très peu : c'est la "latence". Le virus peut être présent uniquement sous forme de matériel génétique. Cette tactique est utilisée de façon partielle et transitoire

***jouer sur la variabilité** : le virus change en permanence de forme. Ainsi, du fait des délais de mise en route de la réponse immunitaire, celle-ci devient inefficace sur les formes effectivement présente dans l'organisme.

***assurer son invisibilité** par rapport au système immunitaire. Le virus perturbe les systèmes de reconnaissance des protéines étrangères, ou mieux, il prend l'aspect des protéines de l'organisme par **mimétisme cellulaire**

Les deux contraintes : **maintien du capital cellulaire et échappement immunologique** contrarient les tendances à la production massive des virus.

Exemples : VIH, hépatite B, varicelle puis zona.

2-Microorganismes utiles

2-1-Microorganismes indispensables

*Ils participent aux cycles élémentaires de la nature et permettent le maintien de la vie sur Terre. Ils dégradent le carbone organique et l'oxydent en carbone minéral, contribuant à maintenir le taux de carbone atmosphérique (CO₂). Ils transforment la matière inorganique en matière organique tout en produisant de l'oxygène. Ainsi, le phytoplancton des eaux continentales et marines fournit 70 % de l'oxygène de la biosphère. Ils fixent l'azote atmosphérique (N₂) en forme utilisable pour les plantes (NH₃). Ils participent aux cycles du phosphate et du sulfate ;

*Ils entretiennent des relations symbiotiques c'est-à-dire durables et réciproquement profitables avec des organismes variés.

Ces relations servent différentes fonctions :

- nutrition (fixation d'azote, décomposition de la cellulose, fourniture de d'éléments nutritifs essentiels ou de cofacteurs, ..).
- Chez l'Homme, la microflore colique fermente les substances fournies par l'alimentation, par exemple les fibres alimentaires qui ne peuvent être digérées dans l'intestin grêle. Elle modifie les protéines et les acides aminés, elle synthétise des vitamines du groupe B et K et a des effets sur les médicaments (le sulfamide succinylsulfathiazol est inactif, mais sous l'action de bactéries intestinales il est transformé en sulfathiazol, un antimicrobien actif),
- reconnaissance (symbiose entre poissons et bactéries luminescentes, ...),
- protection, ce rôle est alors assuré directement par l'hôte qui héberge le ou les microorganismes ou indirectement en empêchant le développement de microorganismes pathogènes ou parasites (peau, tractus intestinal, ...).

2-2-Microorganismes utiles

L'utilité des microorganismes peut-être vues dans différents domaines :

2-2-1-Domaine de l'alimentation

Les microorganismes ont un impact important en tant que ferments puisqu'ils participent à l'élaboration de nombreux produits fermentés tels que les produits laitiers, les produits carnés, les boissons comme le cidre, le vin, le champagne ou la bière, les produits de panification et autres. A cela s'ajoute une dimension historique puisque la fermentation constitue depuis longtemps un mode de conservation empirique des aliments

2-2-2-Domaine de l'agriculture et de l'agronomie

*Les microorganismes produisent de l'humus, par la suite de la décomposition des cadavres animaux et des débris animaux.

*Ils mettent en circulation les minéraux contenus dans la matière organique et les rendent accessibles aux organismes producteurs

*Ils produisent des composés organiques que ne peuvent produire certains producteurs ;

*Ils rendent inoffensifs des produits toxiques en les décomposant.

*Ils apportent aux végétaux des composés qu'ils ne peuvent synthétiser eux-mêmes ; c'est le cas des nitrates fournis par les bactéries fixatrices d'azote comme *Rhizobium*.

Ils sont utilisés dans des applications agronomiques telles que la résistance des plantes aux maladies (plantes transgéniques).

Exemple : Le principal ravageur du maïs est, en France, la pyrale du maïs, le lépidoptère *Ostrinia nubilalis*. *Bacillus thuringiensis* ou Bt est une bactérie du sol qui produit une toxine insecticide. Un gène de Bt est introduit dans le maïs qui va fabriquer lui-même la toxine insecticide et devenir ainsi résistant à la pyrale. Ce procédé permet de réduire la pollution liée à l'agriculture en diminuant la quantité d'insecticides utilisés

2-2-3-Domaine de la santé

La diversité d'action des microorganismes dans le domaine de la santé s'y manifeste dans la fabrication d'antibiotiques (par exemple, pénicilline), de vitamines, d'hormones (insuline, hormone

de croissance ...) et autres substances pharmacologiquement actives (immunosuppresseurs ...), la création de vaccins et les soins par thérapie génique.

2-2-4-Domaine de la chimie

Une grande variété de microorganismes est utilisée pour la production industrielle d'acides organiques (acide citrique, fumarique ...), alcools, acides aminés (acide glutamique ...), polysaccharides, vitamines ou enzymes qui sont utilisés dans différents domaines tels que l'alimentation, la pharmacie, la cosmétologie, la santé ...

2-2-5-Autres domaines

*Ils sont utilisés en génie génétique, à cause de leur vitesse de reproduction:

- pour cloner des fragments d'ADN afin de les multiplier indéfiniment pour faire des études
- comme vecteurs pour l'intégration de gènes

*Ils interviennent dans la préparation des fibres textiles d'origine végétale : au cours de sa récolte, le lin est arraché puis laissé sur le sol afin que le rouissage s'opère sous les actions conjuguées de la rosée, de la pluie, du vent, du soleil et de microorganismes. Au cours de cette étape, les champignons et les bactéries agissent sur les ciments qui relient les fibres entre elles et permettent de séparer les fibres de l'écorce et du bois.

*Ils interviennent pour traiter les eaux usées et dépolluer les sols et les eaux : la biodégradation des hydrocarbures peut être réalisée par des bactéries ou des champignons, on parle alors de biodépollution ou bioremédiation.

*Ils interviennent dans la séparation des métaux utiles du minerai, on parle de **lixiviation biologique**. Ce procédé est efficace pour récupérer les métaux présentant une valeur commerciale à partir des minerais pauvres et des minerais réfractaires pour lesquels le métal utile est dispersé et difficile à extraire par les méthodes classiques (extraction de l'uranium par *Aspergillus ochraceus* et *Penicillium funiculosum*, du titane par *P. simplicissimum*, du cuivre par *A. niger*, du chrome par *P. lapidosum*, du fer par *Thiobacillus*, *Leptospirillum* et *Sulfolobus* ...).

*Ils permettent de fabriquer de la neige "de culture" : l'utilisation comme additif, d'une protéine cryogène extraite de *Pseudomonas syringae*, accélère la cristallisation de l'eau qui commence alors 2 à 3°C au-dessus de la température habituelle

CONCLUSION

Les microorganismes, malgré la mauvaise étiquette qui leur a été collée, interviennent dans plusieurs domaines où ils contribuent au bien-être de l'homme et donc à l'instauration et au maintien de l'état de santé.

EXERCICES DE MICROBIOLOGIE

1-Classer les microorganismes selon les critères suivants :

- 1-1-la nature du noyau
- 1-2-la nature cellulaire
- 1-3-la source d'énergie et d'électron
- 1-4-la source de carbone

2-Les bactéries sont caractérisées par leurs formes et leurs structures.

2-1-Quelles sont les types de structures retrouvées chez les différentes bactéries ?

2-2-Précisez les rôles de ces structures.

3-Décrivez les différentes étapes de la reproduction des virus