

Chapitre 1: Les Micro-organismes du Sol

I. Introduction :

Les organismes vivants se nourrissent, se développent et se multiplient au sein d'un habitat qui leur fournit les éléments nécessaires et subit leur action.

Un habitat fournit aux microorganismes les éléments nécessaires et subit leur action. C'est le lieu de l'environnement où un organisme se trouve: c'est une notion physique et non fonctionnelle.

1. Types d'habitats :

- Terrestre (Sol)
- Aquatique (Lacs, mer, eau saumâtre)
- Atmosphérique (air)

2. Les organismes du Sol : (selon la taille)

- Macroflore : Organismes macrobiotiques tels que les vers de terre, les arthropodes, les mollusques et les racines ...
- Mésoflore : Organismes mésobiotiques tels que les nématodes, les petits arthropodes (collemboles)...
- Microflore (Ubiquitaire) : Organismes microbiotiques tels que les algues, les champignons et les bactéries...

3. Types trophiques des organismes telluriques

Les organismes vivants sont classifiés selon:

- La source d'énergie:

Energie solaire: organismes Photosynthétiques= **Phototrophes**

Energie issue de réactions chimiques d'oxydation= **Chimiotrophes**

- La source principale de carbone:

- Carbone inorganique: organismes **Autotrophes**

Les autotrophes sont des organismes qui possèdent des enzymes leur permettant d'utiliser le carbone d'origine inorganique sous forme exclusive CO_2 .

- Carbone organique: organismes **Hétérotrophes**

Les hétérotrophes sont des organismes qui ont besoin du carbone sous forme organique

Ces deux critères (source d'énergie + source de carbone) sont combinés pour la détermination des principaux types trophiques :

❖ Photoautotrophe

Lumière comme source d'énergie (nécessité d'un photopigment)

مكتبة AZROU
Près du Campus Universitaire
Région de Casablanca

CO₂ (carbone inorganique) comme source de carbone

Les plantes, les algues, les cyanobactéries, les bactéries pourpres et vertes sulfuriques

Le donneur d'électrons pour les organismes eucaryotiques supérieurs (algues, plantes) est toujours l'eau (H₂O) avec production d'oxygène, alors que le donneur d'électron pour organismes procaryotiques (les cyanobactéries, les bactéries pourpres et vertes sulfuriques) n'est jamais l'eau. Mais un donneur inorganique tel que le sulfure d'hydrogène (H₂S) et ne produit jamais l'oxygène mais des minéraux tel que le soufre S

❖ Photohétérotrophe

Lumière comme source d'énergie (nécessité d'un photopigment)

Carbone organique comme source de pouvoir réducteur (donneur d'électron)

Les bactéries pourpres non sulfuriques

Procaryotes phototrophes				Photosynthèse aérobie
Photosynthèse anaérobie		Bactéries vertes		Cyanobactéries
Bactéries pourpres				
Non sulfureuses	Sulfureuses	Non sulfureuses	Sulfureuses	
<i>Rhodospirillum</i>	<i>Thiospirillum</i>	<i>Chloroflexus</i>	<i>Chlorobium</i>	<i>Anabaena</i>
<i>Rhodopseudomonas</i>	<i>Chromatium</i>		<i>Prosthecochloris</i>	<i>Oscillatoria</i>

❖ Chimioautotrophe

Composés inorganiques comme source d'énergie

CO₂ (carbone inorganique) comme source de carbone

Capables d'extraire les électrons à partir de la matière inorganique à base de fer, soufre, hydrogène, ammoniacque, nitrite afin de produire leur énergie et réduire le CO₂ en matière organique (comme dans la phase obscure de la photosynthèse chez les plantes). Ex: les bactéries nitrifiantes

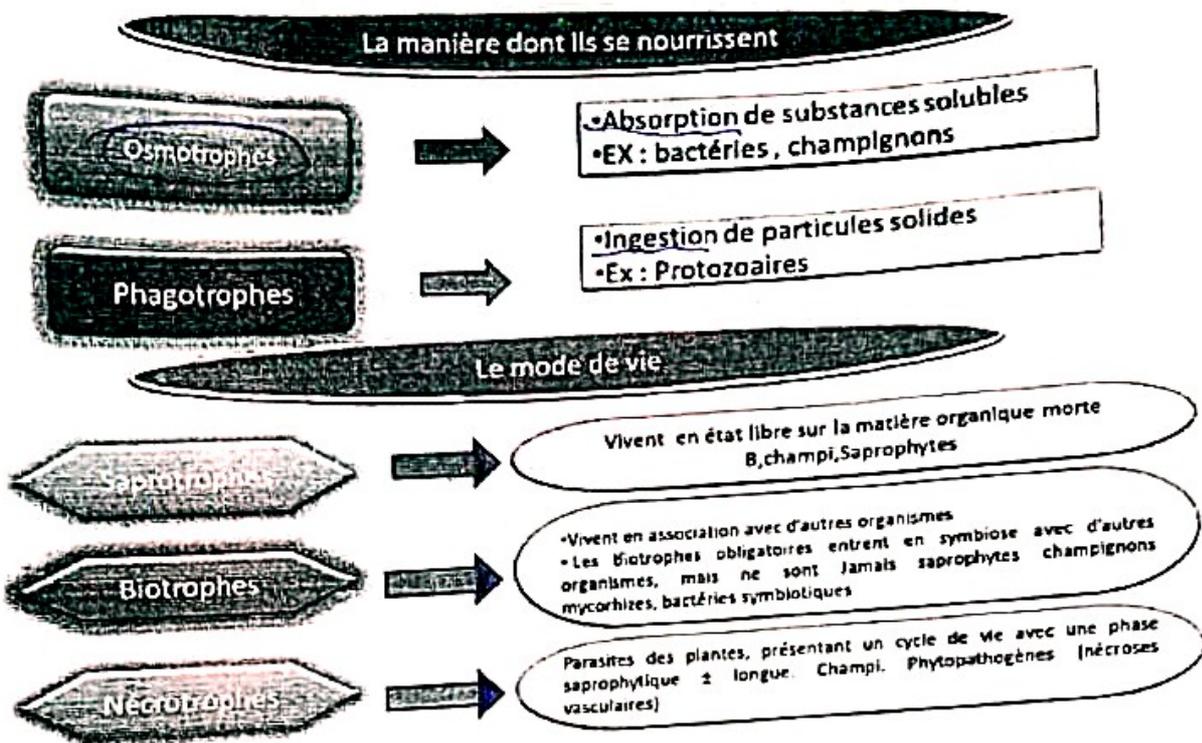
❖ Chimiohétérotrophe

Composés organiques comme source d'énergie

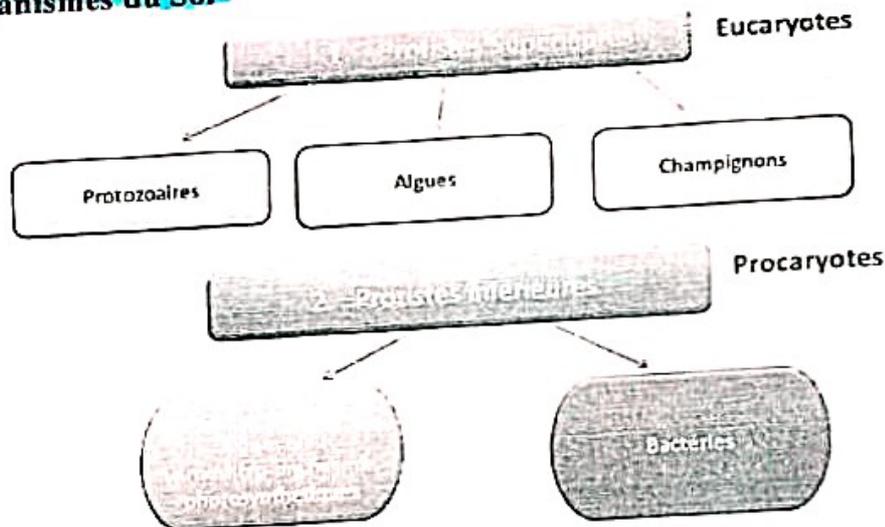
Carbone organique comme source de carbone

Besoin de matière organique comme source d'énergie et de carbone. Ex. Animaux protozoaires, champignons, la majorité des bactéries

Les chimiohétérotrophes se divisent selon :



II- Micro-organismes du Sol



1. Les cyanobactéries

- Les cyanobactéries forment le groupe le plus vaste et le plus diversifié des bactéries photosynthétiques.
- Ils possèdent un système photosynthétique producteur d'O₂ comme celui des eucaryotes.
- Les cyanobactéries varient grandement en forme et en aspect. Elles peuvent être unicellulaires, en colonies de différentes formes ou constituer des **filaments** appelés **trichomes**.
- Un trichome est une rangée de cellules bactériennes en contact étroit l'une avec l'autre sur une grande surface.

- Beaucoup de cyanobactéries filamenteuses fixent l'azote atmosphérique, grâce à des cellules spécialisées appelées hétérocystes.
- Les hétérocystes sont des cellules rondes et épaisses (conditions anoxiques car la nitrogénase est sensible à O₂) provenant de la différenciation de cellules végétatives lorsqu'elles sont privées de nitrate et d'ammoniac (conditions limitantes d'azote), leurs sources préférées d'azote.
- Certaines espèces développent des akinètes, cellules quiescentes spécialisées (spores) à paroi épaisse résistantes à la dessiccation. La germination des akinètes produit de

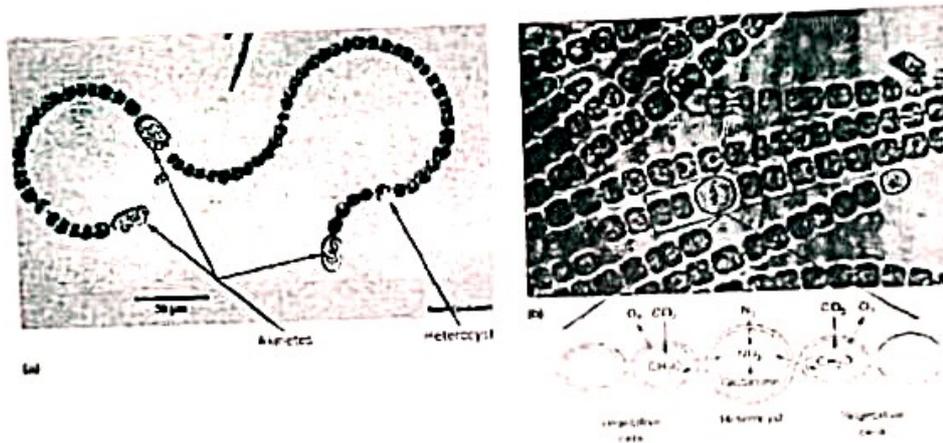
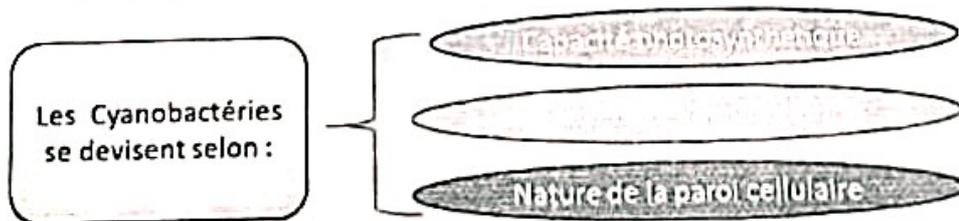


Figure 19.9 Cyanobacteria with Akinetes and Heterocysts. (a) The filamentous cyanobacterium *Anabaena* with terminal and subterminal akinetes and heterocysts. (b) *Anabaena* heterocysts (arrow) and vegetative cells. (c) Heterocysts fix dinitrogen to form glutamine, which is exchanged with adjacent vegetative cells for carbohydrate. Heterocysts use only photosystem I, so photosynthesis is anoxygenic in these differentiated cells.



Cyanobactéries: Algues bleu-vert = microorganismes photosynthétiques

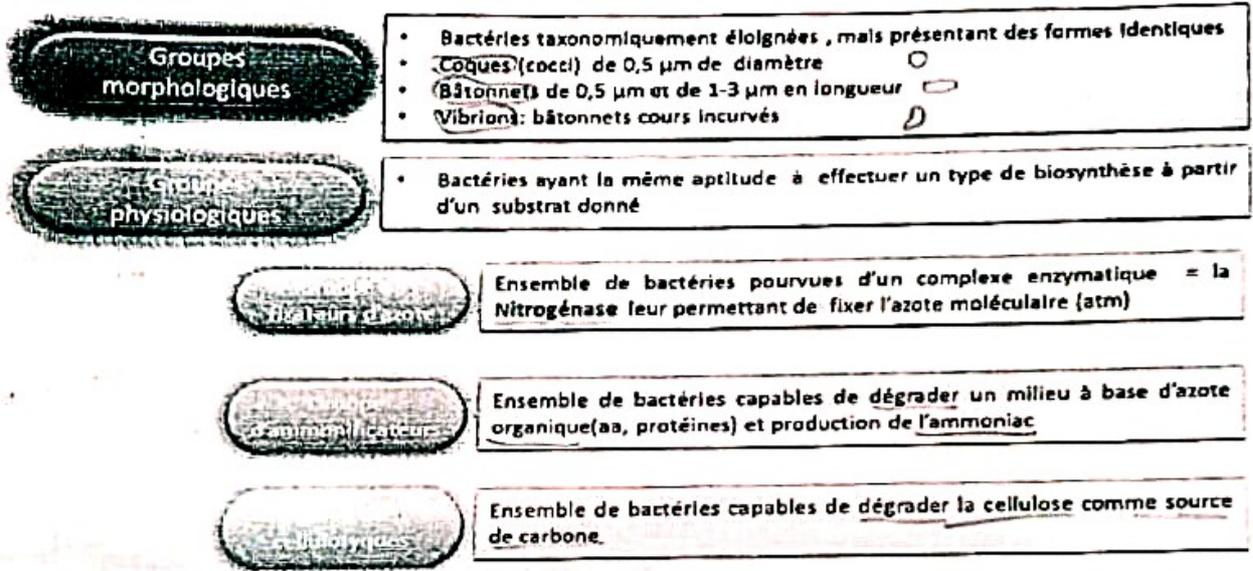
O/Enrobococcales	O/Pleurocapsales	O/Oscillatoriales	O/Sigonematales
<ul style="list-style-type: none"> • Bacilles ou coques • Agrégats non filamenteux • Hétérocystes absents. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bacilles ou coques • Peuvent former des agrégats • Hétérocystes absents 	<ul style="list-style-type: none"> • Filaments, trichomes ramifiés • Hétérocyste absents 	<ul style="list-style-type: none"> • Trichomes filamenteux ramifiés • Hétérocyste présent
Près que tous immobiles	cellules (ou agrégats) sont mobiles	Généralement mobiles	akinètes
G/ <i>Gyrodactylon</i> G/ <i>Glaucobacter</i> G/ <i>Synechococcus</i>	G/ <i>Pleurocapsa</i> G/ <i>Dermocarpa</i>	G/ <i>Anabaena</i> G/ <i>Colothrix</i> , <i>Nostoc</i>	G/ <i>Sigonema</i> G/ <i>Serfilina</i>

nouveaux filaments.

2. Les bactéries

a- Généralités :

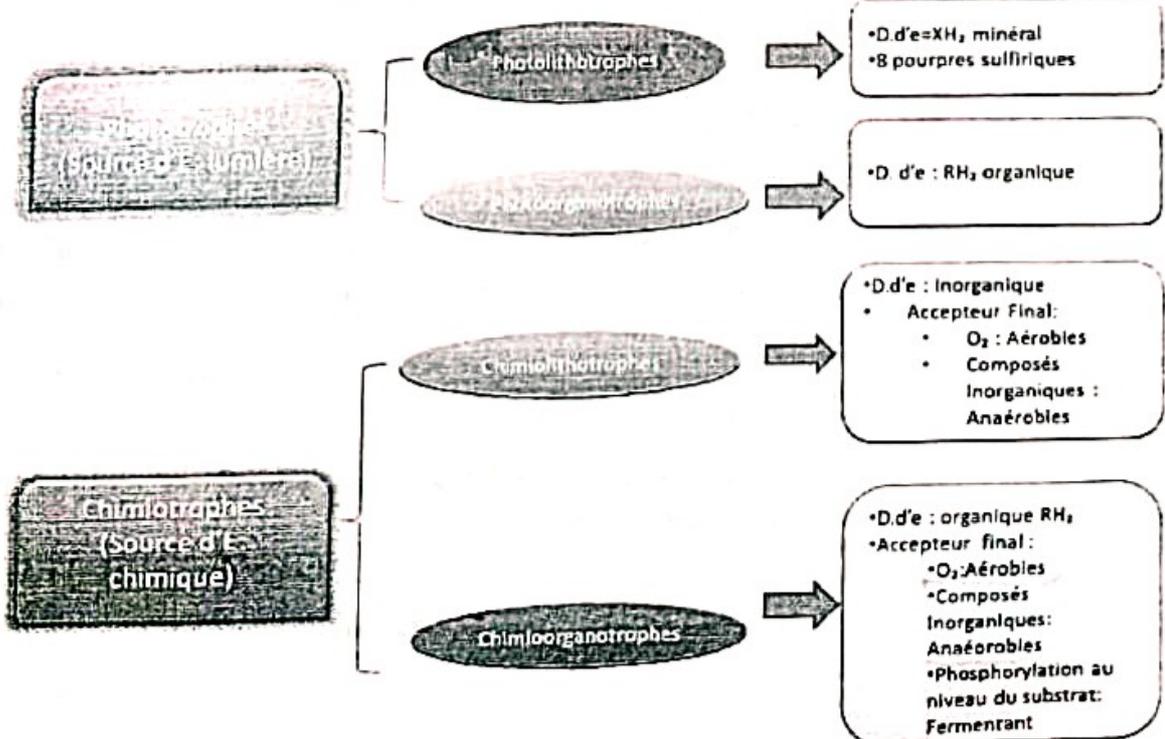
- Dans le sol la densité de la microflore bactérienne se situe entre 10^6 à 10^9 UFC /g de sol.
- La taille des bactéries peut énormément varier, leur diamètre peut se situer entre $0,1 \mu\text{m}$ à $0,5 \mu\text{m}$ et leur longueur peut atteindre $7 \mu\text{m}$ pour la plus grande.
- Les bactéries du sol sont regroupées en:



b- Les types trophiques

Le type trophique prend en considération:

- La source d'énergie
- Le donneur d'électrons (RH_2)
- L'accepteur d'électrons terminal
- La source de carbone: CO_2 ou composés organiques



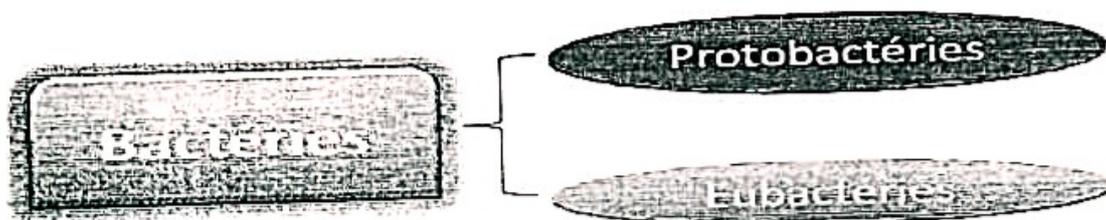
c- Autres caractéristiques des bactéries :

- Elles peuvent utiliser une seule source de carbone = **Prototrophes** (peuvent vivre sur un milieu minimum).
- Ou bien elles peuvent avoir besoin de facteurs de croissance = **Auxotrophes** (vivent sur un milieu + vitamines + AA...)
- La majorité de bactéries ne possèdent pas d'éléments de résistance et survivent dans le sol en état de vie ralentie.
- Certaines bactéries produisent des spores (endospores) leur permettant de résister dans le sol à la chaleur et à la dessiccation. Ex : *G/ Clostridium* et *G/ Bacillus*

d- Les principaux groupes bactériens du sol et leur fonction

Parmi les bactéries les plus abondantes au niveau des sols, les *Actinomycètes* sont bien représentées, suivies des bactéries sporulantes *Bacillus* et *Clostridium*.

En dernier lieu figurent les bactéries suivantes: *Agrobacterium*, *Azotobacter*, *Nitrosomonas*, *Nitroacter*, *Rhizobium*, *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Spirillum*...



↓ **Protobactéries**

➤ **Spirochètes**

- Bactéries spiralées + les vibrions
- Bactéries Gram⁻
- *G/ Azospirillum*: très répandu au niveau du sol rhizosphérique des plantes (graminées tropicales)
- *Bdellovibrio* : microorganisme très petit, parasite obligatoire d'autres bactéries.

➤ **Myxobactéries**

- Bactéries mobiles par glissement
- EX: *G/ Myxococcus* (bâtonnet), vivent en détruisant d'autres bactéries et en décomposant la cellulose par la production d'antibiotiques et des Exo-enzymes
- Elles peuvent former des agrégats de plusieurs cellules contenant des spores de conservation = Myxospores
- Quand les conditions environnementales sont défavorables, *Myxococcus* forment un cyste (organe de fructification). Celui-ci peut se décrocher et être transporté par le vent vers des conditions plus favorables pour les bactéries. L'organe de fructification s'ouvre alors et permet la fructification de la bactérie.

↓ Eubactéries : Bactéries Gram

1. Pseudomonadacées

- Ce sont des bactéries qui décomposent la matière organique animale ou végétale.
- Elles se présentent sous forme de bâtonnets aérobies ou anaérobies facultatifs.
- Ex : *Pseudomonas aeruginosa*: utilise NO_3^- comme accepteur final d'électrons tout comme O_2 .

2. Azobacteriacées

- Ce sont des fixateurs d'azote libre
- Ne forment aucune interaction symbiotique avec les plantes
- G/*Azobacter*,
- G/*Derxia*, G/*Beijerinckia* (Abondants dans les sols tropicaux)

3. Rhizobacteriacées

- Ce sont des fixateurs d'azote, s'associent à des plantes légumineuses (symbiose)
- G/*Rhizobium* forme des nodules symbiotiques sur les racines de légumineuses
- G/*Agrobacterium* est un pathogène qui cause des tumeurs chez diverses plantes: maladie de la galle du collet = tumeur bactérienne du collet = Crown gall.

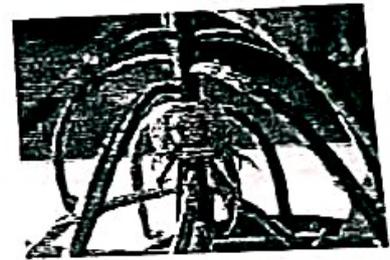


Figure 28.29 Agrobacterium, Agrobacterium tumefaciens

4. Enterobacteriacées

- Ce sont des constituants normaux de la microflore intestinale des mammifères
- G/*Enterobacter*, G/*Klebsiella*

5. Nitrobacteriacées

- Bactéries en forme de coques ou bâtonnets
- Capables d'oxyder les formes réduites de l'azote minéral (NH_4^+)
- G/*Nitrobacter*

6. Thiobacilles

- Bactéries en forme de bâtonnets
- Oxydent le soufre inorganique
- G/*Thiobacillus*
- G/*Thiobacillus* et G/*Nitrobacter* sont autotrophes, leur énergie est obtenue par des réactions d'oxydation-réduction des éléments minéraux.

↓ Eubactéries : Bactéries Gram⁺

1. Micrococcacées

- Bactéries en forme de coques

- Aérobie ou anaérobie facultative
- *G/ Micrococcus* : le plus répandu dans le sol
- 2. **Actinomycètes**
 - Représentent le groupe le plus large et le plus diversifié des bactéries du sol
 - Morphologies très variées
 - Peuvent se présenter sous forme de bâtonnets = Coryneformes
 - La plupart sont filamenteux thalle = mycélium
 - Responsables de l'odeur du sol: production de la géosmine (dérivés terpéniques)
 - Ce groupe est très proche des champignons de point de vue morphologique (présence de filaments). Néanmoins, ils s'en distinguent par les caractères suivants:
 - Procaryotes (noyaux primitifs)
 - Leurs filaments ont un diamètre qui se rapproche à celui des bactéries (1 à 1.5 μm). Celui des champignons est de 3 μm
 - La paroi constituée de polymères de sucres, AA, aminosides, comme celle des bactéries Gram-positives. Alors que celles des champignons est de type végétal (eucaryote) constituée de chitine et de cellulose
 - Les actinomycètes peuvent se nourrir sur la matière organique de nature variée
 - Ils permettent la dégradation des substances organiques difficilement dégradables par les autres micro-organismes (champignons et autres bactéries)
 - Ils produisent des enzymes et des antibiotiques leur permettant d'inhiber la croissance des autres microorganismes
 - Ils sont l'origine des antibiotiques connus dans le monde : streptomycine, chloramphénicol, tétracycline...
 - Ils se divisent en 2 types :
 1. Les actinomycètes en bâtonnets= coryneformes : *G/ Corynebacterium*, *G/ Cellulomonas*, *G/ Arthrobacter*
 2. Les actinomycètes filamenteux : *G/Mycobacterium* (mycélium rudimentaire se fragmentant en bâtonnets), *G/Nocardia*, *G/Actinomyces*, *G/Frankia*, *G/Streptomyces*, *G/Streptoverticillium*, *G/Micromonospora*.
- Le genre *Frankia* est endophytique de certaines angiospermes non légumineuses où ils fixent l'azote : intérêt économique pour le reboisement des sols peu fertiles
- Les genres *Nocardia* et *Streptomyces* représentent 70 % de la population des actinomycètes dans le sol