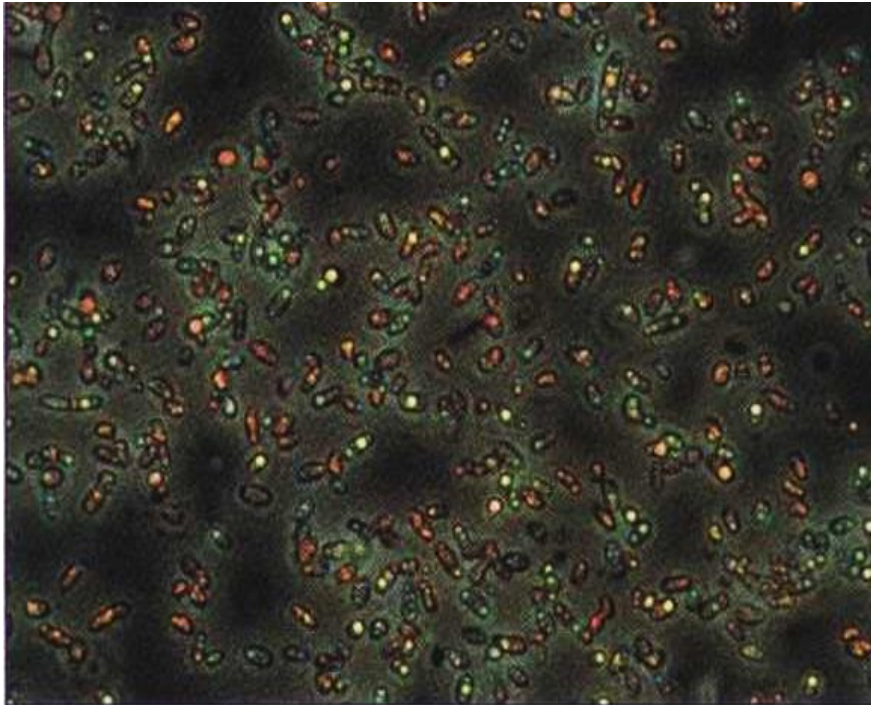


## CHAPITRE I

*Systématiques des procaryotes*  
*Classification des microorganismes*



Réalisé par : Dr. CHERIET Wafa.

## **1-Introduction**

La science des lois de la classification, et en particulier de la classification des formes de vie, s'appelle **taxinomie** (mot formé des éléments grecs *taxi-* = arrangement, ordre; *-nomie* = lois); on dit aussi taxonomie.

L'objectif de la taxinomie est donc de nommer les organismes vivants et de les classer, c'est-à-dire d'établir des relations entre deux groupes d'organismes et de faire la distinction entre eux.

Il existe peut-être 30 millions d'organismes vivants distincts, dont 10% au plus sont connus actuellement; la proportion d'organismes classés et identifiés est encore plus faible.

Un système taxinomique permet de décrire un organisme inconnu, puis de le classer avec d'autres organismes présentant des caractéristiques similaires.

### **Exemple :**

*La taxinomie fournit également des points de repère pour l'identification d'organismes classés.*

*Par exemple, si on pense qu'une bactérie isolée d'un patient est responsable d'une maladie donnée, on tente de découvrir une correspondance entre les caractéristiques des bactéries classées et celles de l'isolat afin de reconnaître ce dernier. Si on réussit, on peut choisir un médicament qui influe sur la bactérie identifiée;*

*La taxinomie présente donc un grand intérêt pour la médecine qui traite des maladies infectieuses.*

## **2 - L'étude des relations phylogénétiques**

### ***Les objectifs d'apprentissage de cette partie :***

*Définir la taxinomie*

*Le taxon*

*La phylogenèse*

Les organismes vivants présentent une unité et une diversité considérables. Jusqu'ici, les biologistes ont décrit plus de 15 million d'organismes différents, dont certains se ressemblent sur de nombreux points. **Par exemple**, tous les organismes vivants sont composés :

- **De cellules entourées d'une membrane cytoplasmique;**
- **Ils utilisent tous l'ATP comme source d'énergie**
- **Ils emmagasinent tous l'information génétique dans l'ADN.**

**Ces similitudes s'expliquent par l'évolution, c'est-à-dire par la descendance d'un ancêtre commun.**

**En 1859, le naturaliste britannique Charles Darwin** émet l'hypothèse que la sélection naturelle est responsable à la fois des similitudes et des différences entre les organismes. Il attribue ces différences à la survie des organismes dont les caractéristiques sont le mieux adaptées à un milieu donné.

- Pour **faciliter la recherche**, l'**apprentissage** et la **communication**, on **classe les organismes** en **unités taxinomiques**, appelées **taxons**, de manière à faire **ressortir les degrés de similitude**.
- La phylogénèse est l'étude de l'histoire évolutive, ou généalogie, d'un groupe d'organismes. La hiérarchie des taxons met en évidence les relations évolutives probables, ou **phylogénétiques** entre ces derniers.
- La systématique est l'étude de la diversité biologique : elle englobe la phylogénèse et la taxinomie.

**La taxinomie est une science de synthèse en constante évolution.**

- Depuis l'époque d'**Aristote**, les organismes vivants ont été classés en **deux catégories** seulement : les **plantes et les animaux**.
- Mais l'essor des sciences biologiques incite les chercheurs à chercher un système de classification naturel, qui regrouperait les organismes en fonction de leurs relations ancestrales et permettrait de percevoir un certain ordre dans les formes de vie.
- Au **XVIII<sup>e</sup> siècle**, Carl Von Linné élabore : une première classification des organismes à partir de la « **similitude de leurs structures** ».
- En 1857, **Karl Wilhelm Von Nägeli**, **botaniste contemporain** de Pasteur, suggère de classer les **bactéries et les champignons** dans le **règne des Plantes**.
- **En 1866**, **Ernst Haeckel** propose de regrouper les **bactéries, les protozoaires, les algues et les champignons** dans le règne des **Protistes**. Mais comme on n'arrive pas à s'entendre sur la définition des protistes, les biologistes continuent pendant un siècle encore à classer les bactéries et les champignons dans le règne des Plantes, comme l'avait suggéré Nageli il est ironique de constater que, selon le séquençage de l'ADN -qui est une technique récente.
- Les champignons sont plus apparentés aux animaux qu'aux plantes.
- **Depuis 1959**, on considère que les **champignons** constituent un règne à part, le règne des **Mycètes**.
- L'invention du microscope électronique a permis d'observer les différences structurales entre des cellules.

- **Edward Chatton** est le premier, en **1937**, à employer le mot **procaryote** pour caractériser les cellules dépourvues de noyau et les distinguer des cellules nucléées des plantes et des animaux (qui sont des **eucaryotes**).
- **En 1961, Roger Stanier** énonce la définition des procaryotes encore en usage aujourd'hui : cellules dans lesquelles le matériel nucléaire (nucléoplasme) n'est pas entouré d'une membrane.
- **En 1968, Robert G. E. Murray** suggère de créer un troisième règne, celui des Procaryotes.
- **En 1969, Robert H. Whittaker** élabore un système à **cinq règnes** dans lequel les procaryotes forment le règne des Monères, tandis que les eucaryotes se répartissent dans quatre autres règnes : **Protistes, Mycètes, Plantes et Animaux**.
- La création du règne regroupant les procaryotes reposait sur des observations microscopiques. Depuis, de nouvelles techniques de biologie moléculaire ont montré qu'il existe en fait deux types de cellules procaryotes. alors que toutes les cellules eucaryotes sont d'un même type.

### **3- Les trois domaines**

#### **Objectifs d'apprentissage de cette partie :**

*Examiner les avantages du système à trois domaines (imité taxinomique supérieure au règne).*

*Enumérer les caractéristiques du domaine des Bactéries, de celui des Archéobactéries et de celui des Eucaryotes.*

- C'est la **constatation** que **les ribosomes ne sont pas identiques dans toutes les cellules** qui a mené à la découverte de **trois types différents de cellules**.
- Comme **toutes les cellules contiennent des ribosomes**, ceux-ci peuvent servir de critères de comparaison. Ainsi, en **comparant les séquences de nucléotides de l'ARN ribosomal (ARNr)** de différents types de cellules, on constate qu'il existe trois groupes distincts de cellules : **les Eucaryotes, les Bactéries et les Archéobactéries**.
- **En 1978, Carl. Woese** suggère de faire **des trois types de cellules des divisions taxinomiques supérieures** aux règnes: **les domaines**.
- Il pense que les Archéobactéries(*Archaea*) et les Bactéries (*Bacteria*), bien qu'apparemment semblables, devraient former deux domaines séparés dans l'arbre phylogénétique (figure 1).
- Dans ce modèle largement accepté, le troisième domaine, celui des Eucaryotes (*Eucarya*) est constitué par le règne des Animaux (*Animalia*), le règne des Plantes (*Plantae*). le règne des Mycètes et le règne des Protistes.
- Les organismes sont classés dans les trois domaines selon le type de cellules.
- Ils se différencient non seulement par :
  - o l'ARNr,
  - o **la structure lipidique membranaire,**

- les molécules d'ARN de transfert
  - la sensibilité aux antibiotiques (tableau 1):
  - ces différences sont liées à la composition chimique des cellules.
- Le domaine des **Bactéries** comprend tous les procaryotes pathogènes, beaucoup de procaryotes non pathogènes présents dans le sol et dans l'eau, ainsi que les procaryotes photo-autotrophes.
  - Le domaine des **Archéobactéries** regroupe les procaryotes dont la paroi cellulaire **ne contient pas de peptidoglycane**. Ces organismes vivent souvent dans des conditions **environnementales extrêmes** et ils sont le siège de **processus métaboliques exceptionnels**.
  - Les Archéobactéries comprennent trois grands groupes:
    - Les bactéries méthanogènes, qui sont des anaérobies stricts produisant du méthane ( $\text{CH}_4$ ) à partir de dioxyde de carbone et d'hydrogène.
    - Les bactéries halophiles extrêmes, qui vivent uniquement dans les milieux à forte concentration en sel.
    - Les bactéries thermophiles extrêmes, qui croissent normalement dans les sources chaudes sulfureuses et acides.

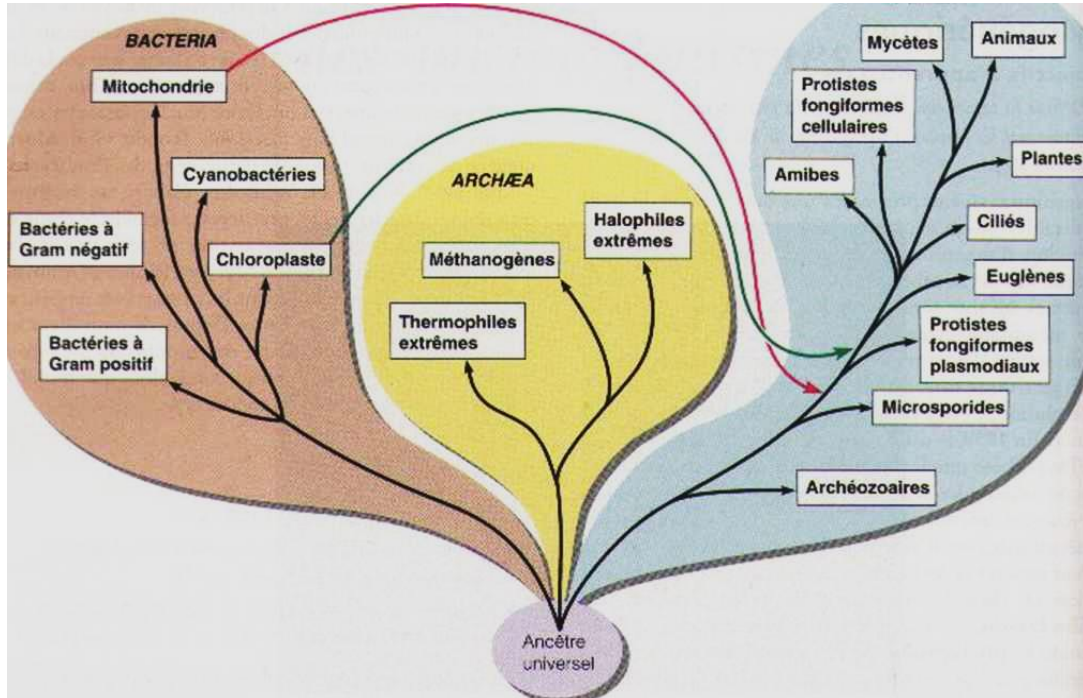


FIGURE 1 Classification des êtres vivants en trois domaines.

Ce système est fondé sur l'existence de trois types de cellules (issus d'un ancêtre, commun)



## Chapitre I : Classification des microorganismes

- Woese et d'autres chercheurs ont poursuivi des études sur les relations phylogénétiques entre les trois domaines. On a d'abord cru que les Archéobactéries constituaient le groupe le plus primitif et que les Bactéries étaient plutôt apparentées aux Eucaryotes.
- Cependant, des études portant sur l'ARNr indiquent qu'un ancêtre rudimentaire universel a donné naissance à trois lignées
- les Archéobactéries, les Bactéries et les Eucaryotes (**figure.1**).
- Les fossiles les plus anciens sont constitués des restes de procaryotes ayant vécu il y a plus de 3,5 milliards d'années.
- Les cellules eucaryotes sont apparues plus récemment, il y a environ 1,4 milliard d'année» Selon l'hypothèse de l'origine endosymbiotique (endo = l'intérieur; symbiose = vivre ensemble), des cellules eucaryotes se sont développées à partir de cellules procaryotes qui vivaient les unes à l'intérieur des autres, c'est-à-dire comme des endosymbiotes (ou endosymbiontes)
- En fait, les similitudes entre les cellules procaryotes et les organites intracellulaires des eucaryotes fournissent des preuves frappantes d'une telle relation endosymbiotique: (tableau 2).
- La cellule eucaryote originelle était de structure procaryote. Cependant, des invaginations de sa membrane plasmique entouraient peut-être la région nucléaire, de manière à constituer un véritable noyau (figure 2).

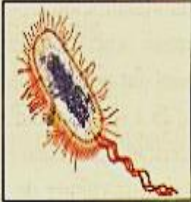
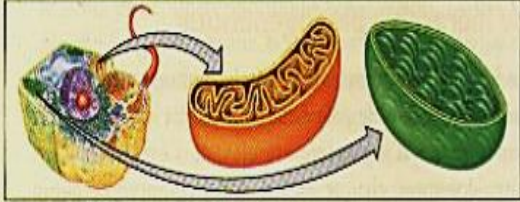
**Tableau 1. : Quelques caractéristiques des domaines des *Archaea*, des *Bacteria* et des *Eucarya***

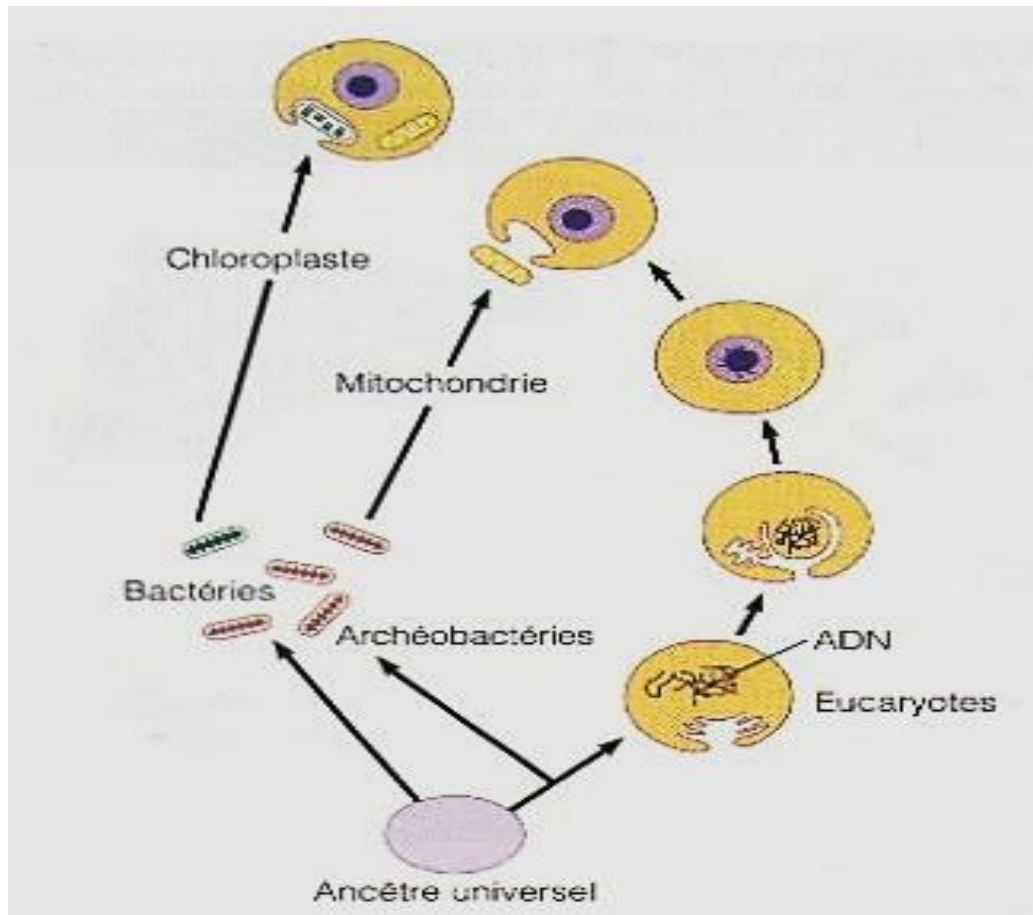
	<i>Archaea</i>	<i>Bacteria</i>	<i>Eucarya</i>
	 <i>Methanosarcina</i> 	 <i>E. coli</i> 	 <i>Amoeba</i> 
Type de cellule	Procaryote	Procaryote	Eucaryote
Paroi cellulaire	Composition variable; ne contient pas de peptidoglycane	Contient du peptidoglycane	Composition variable; contient des glucides
Lipides membranaires	Composés de chaînes de carbone ramifiées unies à du glycérol par des liaisons éther	Composés de chaînes de carbone droites unies à du glycérol par des liaisons ester	Composés de chaînes de carbone droites unies à du glycérol par des liaisons ester
Codon d'initiation de la synthèse des protéines	Méthionine	Formylméthionine	Méthionine
Sensibilité aux antibiotiques	Non	Oui	Non
Boucle d'ARNr*	Absente	Présente	Absente
Fragment commun d'ARNt**	Absent	Présent	Présent

*Chapitre I : Classification des microorganismes*

**Tableau 02. Comparaison des cellules procaryotes et des organites des eucaryotes**

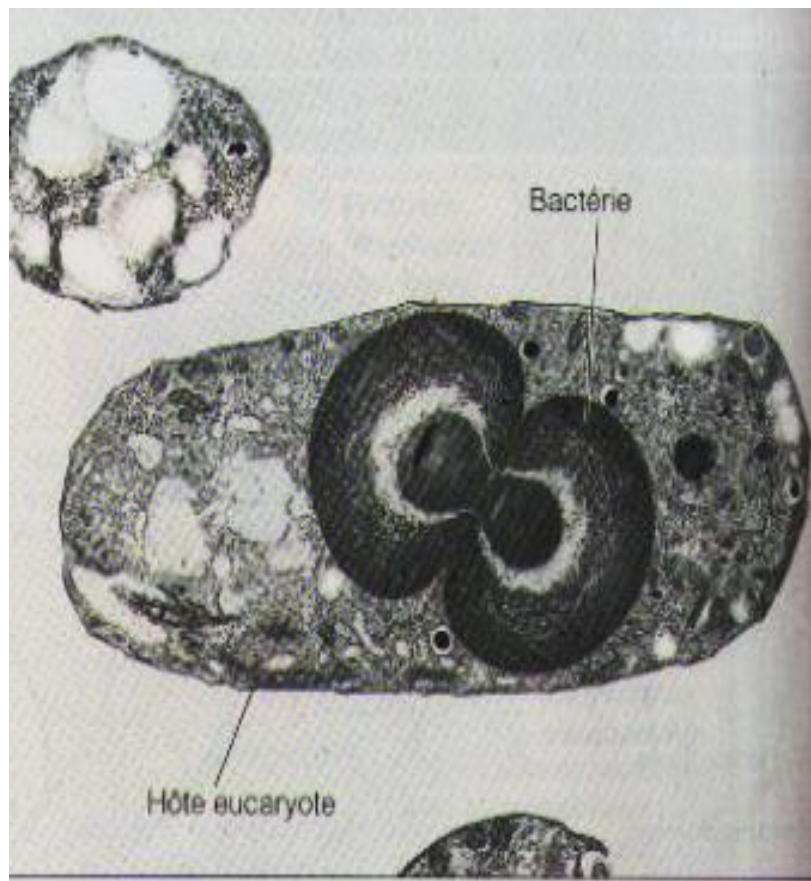
	Cellule procaryote	Cellule eucaryote	Organites des eucaryotes (mitochondries et chloroplastes)
ADN	Circulaire	Linéaire	Circulaire
Histones	Non	Oui	Non
Ribosomes	70S	80S	70S
Croissance	Scissiparité	Mitose	Scissiparité



**Figure 2 : Un modèle de l'origine des eucaryotes.**

- Cette cellule été le premier hôte dans lequel des bactéries endosymbiotes se sont transformées en organites. **La figure.3** représente un exemple d'un procaryote actuel qui vit dans une cellule hôte eucaryote.
- La cellule qui ressemble à une cyanobactérie et l'hôte eucaryote ont besoin l'un de l'autre pour survivre.
- En effectuant le séquençage du génome d'un procaryote, *Thermotoga maritima*, la microbiologiste **Karen Nelson** a observé que cette espèce possède des gènes semblables à la fois à ceux des Bactéries et à ceux des Archéobactéries.
- Cette découverte porte à croire que *Thennotoga* est l'une des cellules les plus anciennes, et qu'elle existait avant que les Bactéries et les Archéobactéries se différencient.
- La taxinomie fournit des outils pour mieux comprendre l'évolution des organismes et les relations qui les unissent.
- On découvre chaque jour de nouveaux organismes, et les taxinomistes tentent toujours d'élaborer un système naturel de classification qui reflète les relations phylogénétiques.



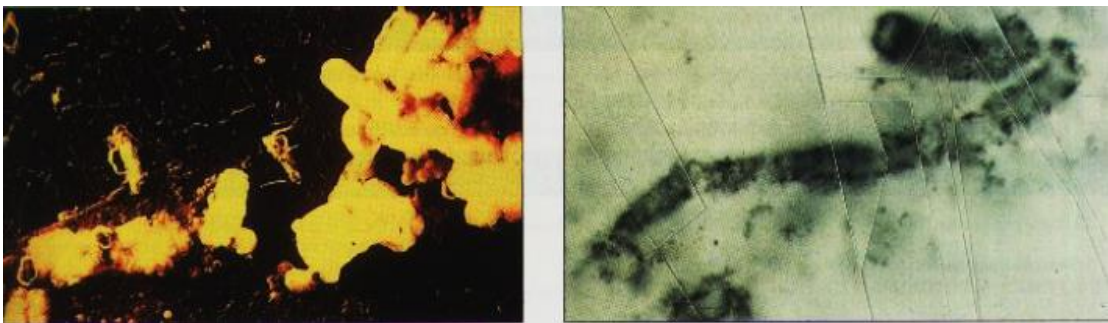
**Figure 3** *Cyanophora paradoxa*.

*Cet organisme, dans lequel l'hôte eucaryote et la bactérie ont besoin l'un de l'autre pour survivre, est un exemple actuel d'un modèle d'évolution des cellules eucaryotes.*



#### 4- Une hiérarchie phylogénétique

- Dans une hiérarchie phylogénétique, le regroupement d'organismes en fonction des propriétés communes suppose qu'un groupe donné d'organismes résulte de l'évolution d'un ancêtre commun, chaque espèce ayant conservé certaines caractéristiques de cet ancêtre.
- Les fossiles fournissent une partie de l'information utilisée pour établir la classification et déterminer les relations phylogénétiques entre les organismes, d'ordre supérieur.
- . Les os, les carapaces et les tiges contenant des minéraux ou ayant laissé une empreinte dans les roches autrefois à l'état de boue, sont des exemples de fossiles.
- La structure de la majorité des microorganismes ne se fossilise pas facilement. Voici toutefois quelques exceptions
  - Des colonies fossilisées d'un protiste marin forment les falaises de craie blanche de Dover, en Angleterre.
- Les stromatolithes, qui sont des restes fossilisés de communautés microbiennes ayant prospéré il y a entre 0,5 à 2 milliards d'années.
- Les cyanobactéries fossilisées découvertes dans des roches d'Australie-Occidentale et qui datent de 3,0 à 3,5 milliards d'années. Ce sont les plus vieux fossiles connus, le **figure 4** représente des procaryotes fossilisés.



**Figure 4 Procaryotes fossilisés,**

*a) Cyanobactéries coccoïdes b) Procaryotes filamenteux*

#### 5- La classification des organismes

*Objectif d'apprentissage de cette partie*

*Distinguer les espèces d'eucaryotes. Des procaryotes et des virus.*

Les organismes vivants sont regroupés en fonction de caractéristiques communes (classification), et chaque organisme est désigné par un nom scientifique unique.

## 5-1 La nomenclature binominale

### Objectif d'apprentissage de cette partie

#### Expliquer l'utilité de la nomenclature binominale.

- Comme le monde est habité par des millions d'organismes vivants. Les biologistes doivent s'assurer qu'ils savent exactement de quel organisme ils parlent entre eux.
  - L'emploi de noms courants (ou noms vernaculaires) n'est pas satisfaisant parce qu'un même nom désigne souvent des organismes distincts dans des régions différentes.
  - Exemple, deux plantes distinctes sont couramment appelées **herbe à puce et herbe à poux** au Québec; ni l'une ni l'autre de ces plantes n'ont respectivement de puces ni de poux. La première cause une dermatite de contact, la seconde provoque une rhinite allergique.
  - Étant donné que les appellations courantes sont rarement spécifiques et qu'elles prêtent souvent à confusion, on a élaboré au 18<sup>ème</sup> siècle un système de noms scientifiques faisant référence à une nomenclature systématique ; ainsi, l'herbe à puce porte le nom de *Rhus radicans* L. et l'herbe à poux, le nom *d'Abrosia artemisiifolia* L.
  - Nous avons vu que chaque organisme est désigné par deux mots latins, ou binôme. Ces mots **sont le genre et l'épithète spécifique (qui désigne l'espèce), et ils sont toujours imprimés en italique**
  - Comme dans ce manuel ou soulignés. Le mot désignant le genre commence par une majuscule, et c'est toujours un nom ; **le mot précisant l'espèce commence par une minuscule, et c'est généralement un adjectif.**
  - Comme ce système désigne chaque organisme au moyen de deux mots, il est appelé nomenclature binominale.
  - Voici quelques exemples. L'être humain est désigné par le genre et l'épithète spécifique *Homo sapiens*. Le nom. qui désigne le genre, signifie homme et l'adjectif, ou épithète spécifique, signifie sage.
- Une moisissure qui contamine le pain s'appelle *Rhizopus nigricans*. Rhizo- (racine) évoque les structures qui ressemblent à des racines et nigri- (noir) se rapporte à la couleur des sporanges qui renferment les spores. D'autres exemples sont présentés dans le tableau.3.

Tableau 3 I Familiarisation avec les noms scientifiques.

	Origine du nom du genre	Origine de l'épithète spécifique
<i>Klebsiella pneumoniae</i> (bactérie)	Du nom du bactériologiste Edwin Klebs	De la maladie provoquée par la bactérie
<i>Salmonella typhimurium</i> (bactérie)	Du nom du microbiologiste en santé publique Daniel Salmon	De la stupeur ( <i>typh-</i> ) provoquée chez les souris ( <i>muri-</i> )
<i>Streptococcus pyogenes</i> (bactérie)	De l'apparence des cellules assemblées en chaînettes ( <i>strepto-</i> )	De la formation de pus ( <i>pyo-</i> )
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (levure)	De la propriété du mycète ( <i>-myces</i> ) qui utilise du sucre ( <i>sacchara-</i> )	De son utilité pour la fabrication de la bière ( <i>cerevisia</i> )
<i>Penicillium notatum</i> (mycète)	De la forme évoquant un pinceau ( <i>penicill-</i> ) observée au microscope	De la dissémination facile des spores dans l'air ( <i>notus</i> = vent)
<i>Trypanosoma cruzi</i> (protozoaire)	De la forme en tire-bouchon ( <i>trypano-</i> = vrille; <i>soma</i> = corps) observée au microscope	Du nom de l'épidémiologiste Oswaldo Cruz

- Les scientifiques du monde entier emploient la nomenclature binominale. quelle que soit leur langue maternelle, de manière à partager leurs connaissances de façon efficace et précise. Plusieurs entités scientifiques sont responsables de rétablissement des règles qui régissent la désignation des organismes.
- Ainsi, F International Code of Zoological Nomenclature contient les règles de nomenclature des protozoaires et des vers parasites, et International Code of Botanical Nomenclature, les règles de nomenclature des mycètes et des algues.
- Le Comité international de bactériologie systématique, qui fait lui-même partie de l' Union internationale des associations de microbiologie, fixe les règles de la nomenclature des bactéries nouvellement classées et de l'intégration de ces bactéries dans un taxon ; ces règles sont colligées dans le Bacteriological Code.
- La description des bactéries et les données servant à les classer sont d'abord publiées dans l'International Journal of Systematic Bacteriology, puis elles sont intégrées dans le manuel de Bergey .
- Selon le Bacteriological Code, tout nom scientifique doit être un mot latin (le terme désignant le genre peut toutefois être emprunté au grec) ou un mot latinisé par l'ajout d'un suffixe approprié.
- Par exemple, dans le domaine des Bactéries, les suffixes employés pour les termes désignant un ordre et une famille sont respectivement (*ales et -acea*).

6- La hiérarchie taxinomique

Objectif d'apprentissage de cette partie

Enumérer les principaux taxons par ordre décroissant.

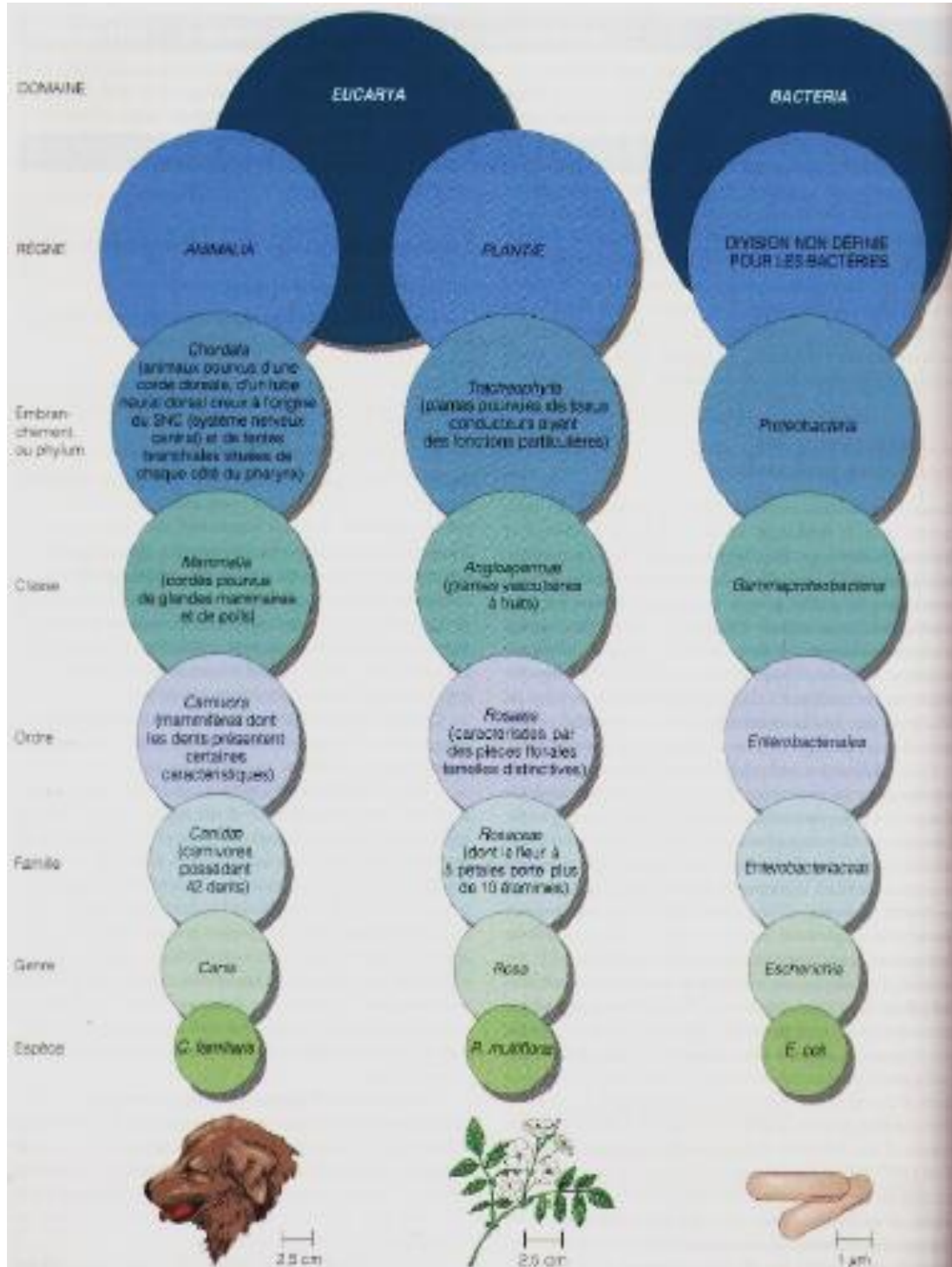


Figure 5 : La hiérarchie taxinomique



- On classe tous les organismes dans des divisions successivement qui forment la hiérarchie taxinomique.
- L'organisation taxons permet donc de voir les relations phylogénétiques qui existent entre les organismes.
- **Définition d'une espèce eucaryote** « un ensemble d'organismes étroitement apparentés et interféconds.
- **Définition d'un genre** : se compose d'espèces génétiquement apparentées, mais qui présentent des différences.
- **Par exemple, les chênes appartiennent au genre *Quercus*, qui regroupe tous les arbres de ce type (chêne blanc, chêne rouge, chêne à gros fruits, chêne rouvre, etc.).**
- De la même façon qu'un genre regroupe des espèces, des genres apparentés forment une famille.
- Les familles apparentées constituent un ordre
- un ensemble d'ordres semblables forment une classe.
- Les classes apparentées forment de leur tour un embranchement, ou phylum (ce dernier terme est plutôt utilisé en botanique).
- Tous les embranchements apparentés constituent un règne
- les règnes apparentés sont regroupés dans un domaine. (Figure 5)

### 7- La classification des organismes procaryotes

- On trouve un modèle de classification taxinomique des procaryotes dans la deuxième édition du *Bergey of Manual of systematic Bacteriology* dont le premier tome a été publié en 2000.
- les quatre autres tomes devant paraître dans les années à venir.
- Dans cette édition, les procaryotes sont divisés en deux domaines : les Bactéries et les Archéobactéries et chaque domaine est divisé en embranchements.
- Rappelez-vous que la classification est fondée sur les similitudes des séquences de nucléotides de l'ARNr, et que les classes sont divisées en ordres, les ordres en familles, les familles en genres, et les genres en espèces.
- **On ne définit pas une espèce procaryote exactement de la même façon qu'une espèce eucaryote**, qui est un ensemble d'organismes étroitement apparentés et interféconds. **Contrairement à la reproduction des organismes eucaryotes**, la division cellulaire des bactéries est **asexuée**
- **On peut donc définir une espèce procaryote simplement comme une population de cellules bactériennes ayant des caractéristiques semblables ( figure 6).**

- Toutefois, dans certains cas, **des cultures pures d'une même espèce ne sont pas tout à fait identiques**. On utilise alors le terme de **souche** pour désigner chaque groupe,
- **Une souche étant un ensemble de cellules bactériennes descendant toutes d'une même cellule mère.**

## **8- La classification des organismes eucaryotes**

*Objectif d'apprentissage de cette partie*

*Énumérer les principales caractéristiques servant à différencier les quatre règnes d'Eucaryotes.*

**En 1969.** On a regroupé les organismes eucaryotes simples, en majorité unicellulaires, dans le règne des Protistes, qui est un règne fourre-tout comprenant une grande diversité d'organismes.

**Pendant longtemps, on a classé parmi les Protistes tous les organismes eucaryotes qui ne semblaient pas appartenir aux autres règnes.**

Le séquençage de l'ARN ribosomal permet aujourd'hui de diviser les protistes en catégories fondées sur la descendance d'un ancêtre commun.

**Pour des raisons pratiques, nous employons le terme protiste pour désigner n'importe quel eucaryote unicellulaire et tout organisme qui lui est étroitement apparente.**

**Les Mycètes, les Plantes et les Animaux constituent les trois règnes d'organismes eucaryotes plus complexes, en majorité pluricellulaires.**

- Le règne des Mycètes comprend les **levures unicellulaires, les moisissures pluricellulaires et des espèces macroscopiques telles que les champignons.**
- Les mycètes obtiennent les matières premières essentielles à leurs fonctions vitales en absorbant, à travers leur membrane plasmique, de la matière organique dissoute.
- Le règne des Plantes comprend certaines **algues, toutes les mousses et fougères, et tous les conifères et plantes à fruits.**
- **Tous les membres du règne végétal sont des organismes pluricellulaires photoautotrophes.**
- Une plante obtient l'énergie dont elle a besoin par photosynthèse processus de conversion du dioxyde de carbone et de l'eau en molécules organiques utilisées par la cellule.

- Le règne des Animaux, également composé d'organismes pluricellulaires, comprend notamment les spongiaires, les vers, les insectes et les animaux pourvus d'une colonne vertébrale (les Vertébrés).
- Les animaux sont des organismes chimiohétérotrophes qui obtiennent les nutriments et l'énergie dont ils ont besoin en ingérant de la matière organique par une sorte de bouche.

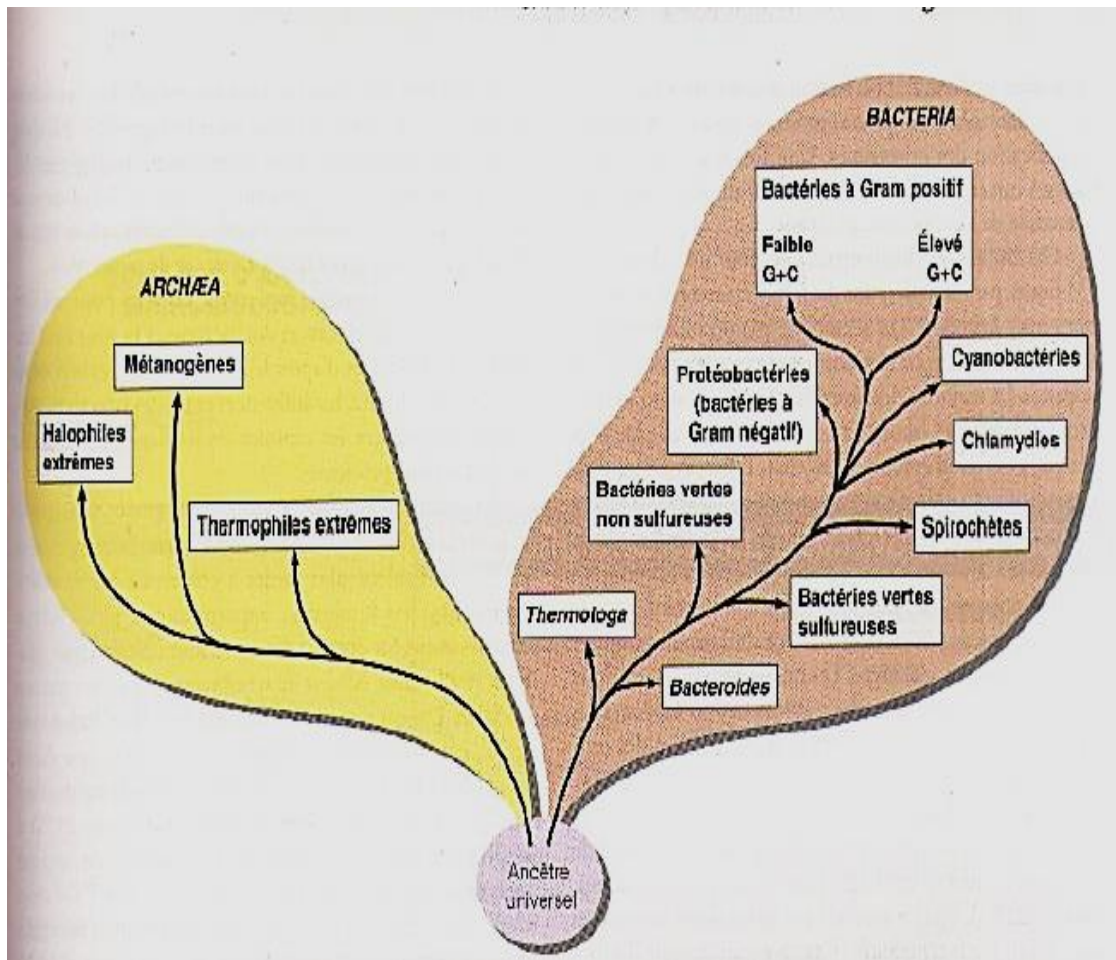


Figure 6 : Relations phylogénétiques entre des procaryotes.

### 9- La classification des virus

- Les virus sont des agents infectieux acellulaires; ils utilisent les systèmes anabolisants de leur cellule hôte pour se multiplier.
- On ne les classe dans aucun des trois domaines parce qu'ils ne possèdent pas de ribosomes.
- Le génome d'un virus peut régir la biosynthèse à l'intérieur de la cellule hôte, et le génome de certains virus s'intègre même au génome de la cellule hôte. La niche écologique d'un virus est sa cellule hôte spécifique, de sorte que les virus sont parfois plus apparentés à leur hôte qu'à d'autres virus.

- **En 1991, le Comité international de taxonomie des virus a défini une espèce virale comme une population de virus présentant des caractéristiques similaires (relatives à la morphologie, aux gènes aux enzymes et ayant une niche écologique spécifique.**
- **Les virus sont des parasites intracellulaires obligatoires; à ne peuvent donc apparaître qu'au moment où il existe une cellule hôte appropriée.**
- **Deux hypothèses ont été retenues à propos de l'origine des virus:**
  - **1) ils sont issus de brins d'acides nucléiques à réplication indépendante (tels que les plasmides)**
  - **2) ils se sont développés à partir de cellules dégénérées qui ont graduellement perdu, en de nombreuses générations, la capacité de survivre de façon indépendante, mais pouvaient encore vivre en association avec une autre cellule.**