

Chapitre I : Le monde microbien

I. Introduction

- **Micro-** préf : du grec "**mikros**" et signifie « **petit** ».
- **Bio-** préf. : du grec "**bios**" et signifie « **vie** ».
- **Logie** : du grec "**logia**" et signifie « **théorie, science** ».

La **microbiologie** est une sous-discipline de la biologie qui étudie les **microorganismes**.

Le terme **microorganisme** ou **microbe** n'a pas de signification taxonomique précise. Il désigne des organismes microscopiques invisibles à l'œil nu mais visibles aux microscopes. Ils incluent les bactéries, les archées et les eucaryotes, et sont répartis dans les trois domaines du vivant. Ces organismes sont très diversifiés en termes de forme, de taille et de mode de vie. Leur petite taille nécessite l'utilisation de techniques spéciales, comme la microscopie, pour pouvoir les observer.

La microbiologie est divisée en plusieurs branches en fonction du type du microbe étudié :

- **La bactériologie** : elle étudie plus particulièrement les bactéries mais ce terme est souvent utilisé comme synonyme de microbiologie
- **La protozoologie** : elle s'intéresse aux protozoaires ; c'est une branche de la parasitologie qui étudie les protozoaires parasites de l'homme.
- **La mycologie** étudie les champignons.
- **La phycologie** ou **algologie** étudie les algues.
- **La virologie** étudie les virus.

La microbiologie englobe l'étude de différents aspects des micro-organismes, y compris, leur structure, leur fonctionnement, leur classification, leur écologie, leur reproduction, leur génétique et leur interaction avec leur environnement, les autres organismes vivants y compris l'humain.

La microbiologie joue un rôle essentiel dans de nombreux domaines de la science et de la société. Elle contribue à :

- la prévention et au traitement des maladies infectieuses,
- la production d'aliments sûrs,
- l'élaboration de nouvelles thérapies médicales,
- la découverte de nouveaux antibiotiques,
- la détection et à la prévention des épidémies,
- la protection de l'environnement.
- l'exploitation durable des ressources naturelles.

II. Historique

L'histoire de la microbiologie remonte à l'Antiquité. Bien que les micro-organismes ne soient pas visibles à l'œil nu, les premières observations et théories concernant ces organismes invisibles remontent à la Grèce antique, où des penseurs tels que Hippocrate et Aristote spéculaient sur la possibilité de l'existence de "petites créatures" responsables de la maladie.

- Vers 1665, Antony Van Leeuwenhoek (1632-1723), drapier hollandais fabrique le premier microscope en superposant des lentilles dans le but d'observer les textiles. Esprit curieux, il observe à l'aide de cet instrument des particules provenant de la surface de sa peau, de sa bouche ou de ses dents et les dessine. Il découvre **le monde microbien**. Le mot **microbe** n'existait pas encore et la terminologie

de l'époque utilisait le terme « **animalcules** » pour désigner ce qui était observé grâce au microscope, c'est-à-dire des protozoaires, des algues unicellulaires, des levures..... etc

- 1828 : Christian Gottfried Ehrenberg utilise pour la première fois le terme **bactérie**.
- 1857-1876 : Louis Pasteur met en évidence les rôles des micro-organismes dans la fermentation lactique et alcoolique. Il développe les techniques de pasteurisation et de stérilisation lui permettant la mise en place de cultures pures de micro-organismes. La possibilité de culture a permis de démontrer que la génération spontanée était une aberration.
- 1877-1895 : Louis Pasteur démontre que des maladies sont la conséquence de la **présence** de ces micro-organismes. Premières recherches systématiques sur l'origine de certaines maladies, ainsi que la vaccination (connue depuis Edward Jenner pour la variole – maladie virale).
- 1873-1882 : Robert Koch met en évidence le bacille responsable de la tuberculose (*Mycobacterium tuberculosis*). Ce germe lui doit son nom, **bacille de Koch**
Koch a développé des techniques pour isoler et cultiver des bactéries pathogènes spécifiques, ainsi que des critères pour établir la relation entre un microbe spécifique et une maladie donnée. Koch découvre également la **tuberculine**, extrait du bacille, et son rôle pour le diagnostic de la maladie.
- 1884 : Hans Christian Gram développe une technique de **coloration** qui est la plus utilisée dans l'étude et la classification des bactéries en deux grands groupes : les bactéries à Gram positif et celles à Gram négatif.
- 1928 : Frederick Griffith découvre la **transformation** bactérienne et établit les fondements de la génétique moléculaire.
- 1929 : Alexander Fleming découvre les propriétés antibactériennes de la **pénicilline** produite par *Penicillium*. L'humanité entre dans l'ère des antibiotiques. Ces découvertes ont révolutionné le traitement des infections bactériennes et ont ouvert la voie à l'ère des antibiotiques
- 1944 : Albert Schatz et Selman Waksman découvrent un autre antibiotique: la **streptomycine** qui sera bientôt utilisée contre la tuberculose.
- 1977 : Carl Woese étudie l'**ARN** ribosomique pour découvrir une troisième forme de vie, les **Archaea**, distincte génétiquement des bactéries et des eucaryotes.
- 1986 : En utilisant une enzyme de la bactérie *Thermus aquaticus*, Kary Mullis invente la technologie de **PCR** (Polymerase Chain Reaction). La technique de PCR est devenue l'outil de base de la biologie moléculaire.
- 1995 : **Séquençage** complet du premier génome bactérien (*Haemophilus influenzae*) par Craig Venter et ses collègues du TIGR. La microbiologie entre dans l'ère de la **génomique**.

III. Place des micro-organismes dans le monde vivant

Avec plus de 500 000 espèces, le monde micro- bien est d'une extraordinaire diversité. Même à l'heure actuelle, il est impossible de donner une classification unique et définitive des microorganismes. Le survol des grands groupes microbiens à travers leurs principaux caractères anatomiques et physiologiques permettra de mieux s'y retrouver dans les classifications successives des microorganismes.

Avant la découverte des microorganismes, tous les êtres vivants étaient classés dans les règnes **animal** et **végétal**.

- Les organismes animaux utilisent les matières organiques comme source d'énergie, accumulent des réserves sous forme de graisses ou de glycogène, mobiles et n'ont pas de parois cellulaires.

- Les organismes végétaux, quant à eux, sont photosynthétiques, utilisant la lumière comme source d'énergie, synthétisent de l'amidon comme réserve nutritive, immobiles et possèdent une paroi cellulaire. La découverte de nouvelles formes vivantes microscopiques rendait de plus en plus difficile leur classement dans le règne animal ou végétal. Parmi elles, les algues et les champignons pouvaient être rapprochés des plantes. Par contre, les protozoaires mobiles et non photosynthétiques étaient plutôt considérés comme des animaux. La place des bactéries restait à fixer.

Afin d'éviter une répartition arbitraire des organismes unicellulaires dans l'un ou l'autre règne, le zoologiste allemand Haeckel proposa en 1866 de ranger ces organismes dans un troisième règne, celui des **protistes** "**Protista**", à partir du grec *protestos*, superlatif de **protos**, « premier » regroupant les algues, les protozoaires et les bactéries. Dans la version de 1886, les protistes rassemblaient aussi les champignons. Les protistes sont caractérisés avant tout par une organisation biologique rudimentaire.

En 1937 et grâce à l'invention du microscope électronique, Edward Chatton mis en opposition deux types de cellules :

- La cellule **eucaryote** (noyau est entouré d'une membrane et qui renferme des d'organites cellulaires)
- La cellule **procaryote** (noyau sans membrane et dont l'organisation est très simple).

Ceci a conduit à la subdivision des protistes en deux groupes :

- Les "**protistes inférieurs**" (*Protista inferior*) qui recouvrent les procaryotes (bactéries)
- Les "**protistes supérieurs**" (*Protista superior*) regroupent des organismes eucaryotes tels que les protozoaires, les champignons et les algues unicellulaires.

En 1938, H.F. Copeland sépare le règne des bactéries (ou "**Monera**") de celui des protistes.

Le développement des techniques de biologie moléculaire a permis de caractériser les gènes qui codent pour les ARN ribosomiaux (ARNr). En comparant une multitude de séquences d'ARNr 16S, appartenant à divers organismes vivants, il est arrivé à diviser les organismes vivants en trois domaines et six règnes.

✚ Le domaine **Eucarya** comprend les organismes eucaryotes, qui peuvent être unicellulaires ou multicellulaires. Il englobe les règnes suivants :

- les champignons (**Fungi**),
- les plantes (**Plantae**),
- les animaux (**Animalia**).
- Les organismes eucaryotes unicellulaires (protistes « **Protista**») suivent cette classification. Il s'agit :
 - ✓ des algues unicellulaires, dont les cellules ressemblent aux cellules végétales,
 - ✓ des protozoaires, dont les cellules ressemblent aux cellules animales,
 - ✓ des levures, dont les cellules ressemblent aux cellules des champignons.

Les êtres-vivants procaryotes sont séparés en deux domaines très différents :

✚ Le domaine **Bacteria** : Il comprend les bactéries, organismes unicellulaires.

✚ Le domaine **Archaea** : Longtemps considérées comme des bactéries, elles ont d'abord été groupées derrière le vocable archéobactéries. Ce préfixe (donné par Carl Woese en 1977) vient de ce qu'on les a initialement considérées comme des formes de vie ancestrales, ce qui a été depuis remis en cause.

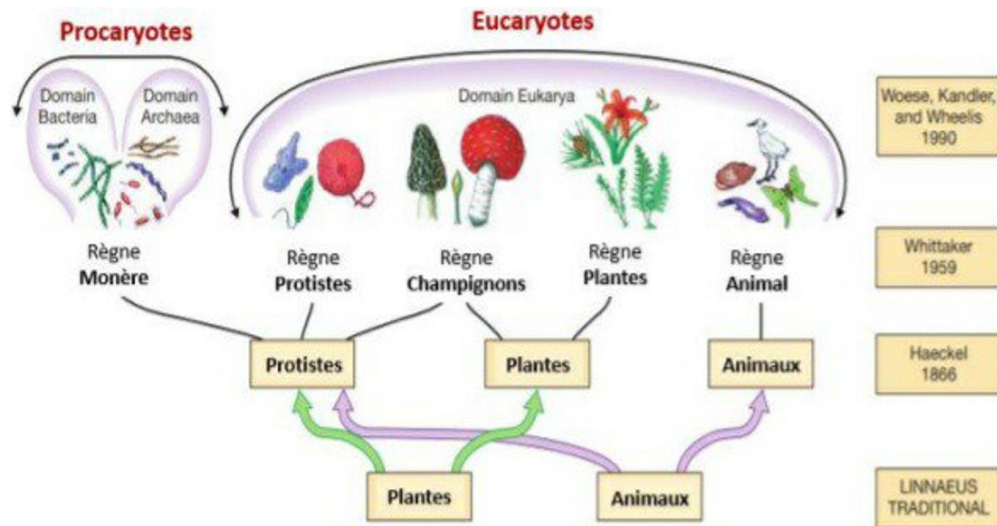
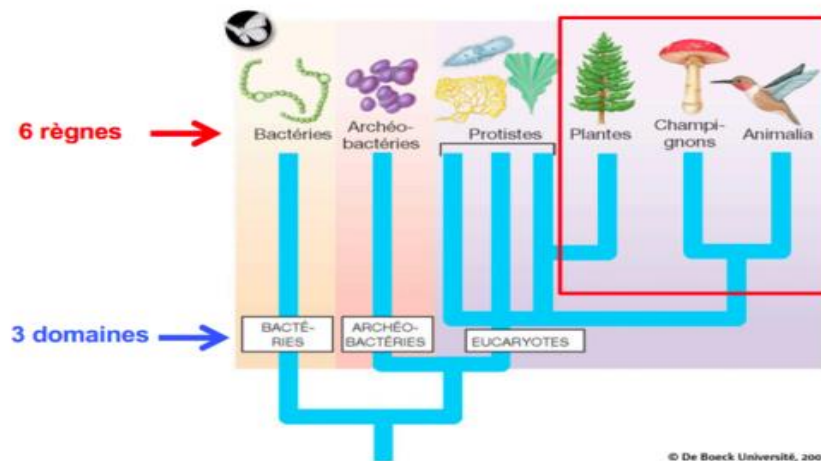


Fig.1 : Evolution du système de classification ; les systèmes de classification ont progressé du modèle linnéen simple de deux royaumes à l'arrangement actuel à cinq règnes et trois domaines.

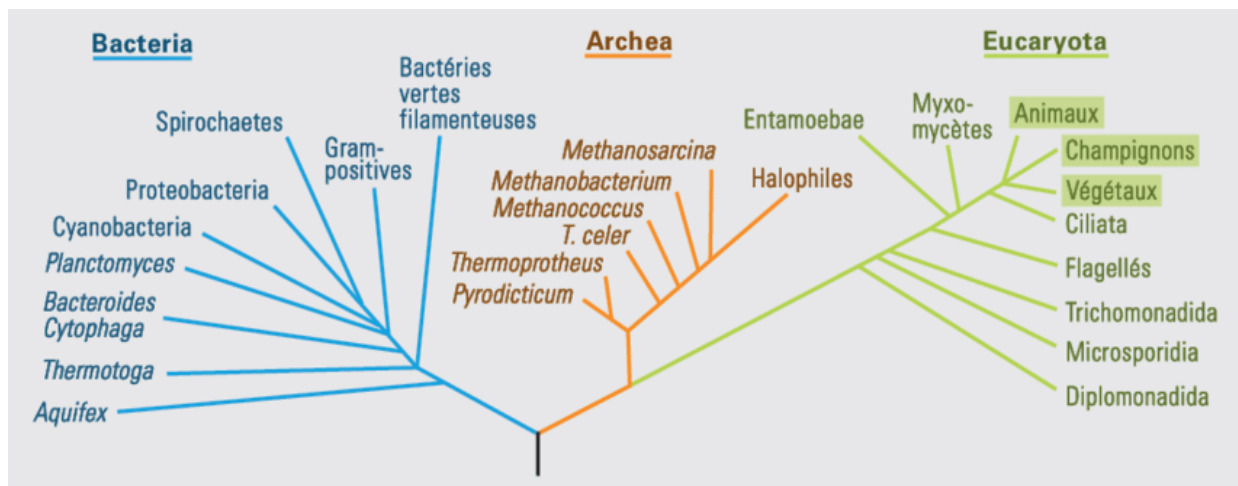


Fig. 2 : Arbre phylogénétique du vivant basé sur l'information génétique de l'ARN ribosomique (ARNr)

Ainsi, on classe parmi les microorganismes :

Microalgues

Les algues forment une catégorie de microorganismes **eucaryotes** capables de **photosynthèse**. Ce sont des organismes **autotrophes** possédant des **chloroplastes** dans leur cellule. De plus, elles se distinguent des autres catégories d'eucaryotes par la présence d'une paroi cellulaire rigide imprégnée de cellulose et de pectine.

Les microalgues sont unicellulaires ou faites de plusieurs cellules qui s'associent pour former des filaments, des colonies ou des lames.

Le plus souvent, les algues se reproduisent par fission binaire (reproduction asexuée). La taille des espèces unicellulaires est généralement comprise entre 5 et 10 μm .

Seulement une cinquantaine de spécimens de microalgues est actuellement étudiée, ils se répartissent en plusieurs groupes, les plus fréquentes sont

- Les **Diatomées** : *Skeletonema*, *Thalassiosira*, *Phaeodactylum*, *Chaetoceros*, (90 % du plancton marin)
- Les **Flagellées** : *Isochrysis*, *Monochrysis*, *Dunaliella*
- Les **Chlorophycées** : *Chlorella*, *Scenedesmus*
- Les **Chrysophycées**

Et les **Cyanophycées** ou cyanobactéries ou microalgues bleues : Ce sont des procaryotes très proches des bactéries qui ont la particularité de posséder de la chlorophylle et d'être capables de produire de la matière carbonée par photosynthèse.



Variété de
cyanophycée : *Anabaena*
sphaerica



Protozoaires

Les protozoaires sont des eucaryotes unicellulaires de tailles variables mais généralement microscopique. Les plus petits mesurent 1 μm . Ils se caractérisent par la **motilité**, qui est la règle générale pour les organismes de ce groupe, l'absence de paroi cellulosique, et l'incapacité de réaliser la photosynthèse. Les protozoaires se nourrissent des matières organiques qu'ils puisent dans l'environnement : **hétérotrophes**. La plupart vivent à l'état libre dans les milieux naturels en particulier dans les milieux aquatiques. D'autres espèces vivent à l'état parasite dans les tissus humains et animaux.

Les protozoaires se reproduisent le plus souvent par fission binaire (reproduction asexuée). La reproduction sexuée est occasionnelle.

Les mycètes (champignons)

Ils forment un groupe très vaste et très diversifié d'organismes eucaryotes. Ils sont hétérotrophes, ils sont immobiles et leurs cellules sont entourées d'une paroi imprégnée de chitine et non de peptidoglycane. Pour leur reproduction, les mycètes font appel à divers processus asexués et sexués. On distingue deux catégories de mycètes : les **moisissures** et les **levures**.

Les bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires relativement simples dont le matériel génétique, représenté par un seul chromosome circulaire, n'est pas contenu dans une enveloppe nucléaire.

Les archées

Appelés aussi archéobactéries ou archéobactéries, elles regroupent les organismes procaryotes qui, morphologiquement similaire à la bactérie ; leurs enzymes de réplication de l'ADN, de transcription de l'ADN en ARN et de traduction de l'ARN messager en protéines sont similaires à celles des eucaryotes. On distingue :

- ✓ **Les méthanogènes** (Ex: *Methanobrevibacter smithii*) qui ont des voies métaboliques spécifiques : la méthanogenèse.
- ✓ **Les halophiles** (Ex: *Halobacterium*, *Haloarcula* et *Haloquadrata*) dont la particularité est de vivre dans les milieux proches de la saturation en sel (lacs salés, marais salants).
- ✓ **Les thermoacidophiles** (Ex: *Sulfolobus solfataricus*); ces archées vivent dans les sources chaudes terrestres acides.

Tous ces microorganismes ont comme points communs

- Ils présentent tous une organisation de type **cellulaire** ;
- Ils sont **capables** de réaliser leurs propres activités métaboliques ;

Ces critères ne s'appliquent pas aux **virus**, qui se distinguent par une organisation non cellulaire et par leur incapacité de produire l'énergie nécessaire à la réalisation de leurs activités vitales. Ce ne sont que de grosses molécules d'acide nucléique (ADN ou ARN), unique ou fragmenté en plusieurs chromosomes et combiné à des protéines (formant autour de l'acide nucléique une coque appelée **capside**). On peut considérer qu'ils forment un monde à part, à la frontière entre la vie et la matière inerte.

IV. Caractéristiques générales de la cellule procaryote

Les **procaryotes** (*Prokaryota* ou *Prokarya*), du grec *pro* (avant) et *caryon* (noyau).

Le progrès de la microscopie électronique a permis de distinguer les cellules eucaryotes des cellules procaryotes. Ces dernières se caractérisent par :

1. **Absence de noyau** : Contrairement aux cellules eucaryotes, les cellules procaryotes n'ont pas de noyau délimité par une membrane. L'ADN sous forme **chromosome** unique nu, flotte librement dans le cytoplasme.
2. **Taille réduite** : Les cellules procaryotes sont généralement plus petites que les cellules eucaryotes.

3. **Organites limités** : Les organites intracellulaires tels que les mitochondries, le réticulum endoplasmique et l'appareil de Golgi sont absents chez les cellules procaryotes. Cependant, ils peuvent contenir des structures similaires, mais moins complexes, telles que des ribosomes, des plasmides (petites molécules d'ADN circulaire) et des vacuoles.
4. **Paroi cellulaire** : La plupart des cellules procaryotes ont une paroi cellulaire rigide composée de peptidoglycane. Cette paroi fournit une protection et une résistance mécanique à la cellule.
5. **Flagelles** : Certaines cellules procaryotes sont dotées de flagelles, qui sont des structures filamenteuses utilisées pour la locomotion.
6. **Reproduction asexuée** : Les cellules procaryotes se reproduisent principalement par division cellulaire asexuée: division binaire.
7. **Diversité métabolique** : Les cellules procaryotes peuvent présenter une grande diversité métabolique. Certaines sont **autotrophes**, capables de produire leur propre nourriture à partir de matière inorganique, tandis que d'autres sont **hétérotrophes** et dépendent de sources organiques pour se nourrir.

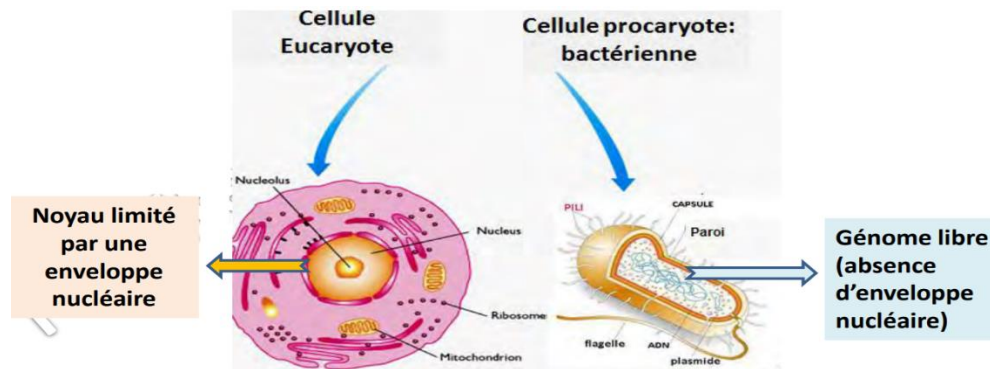


Fig. 3 : Différence entre la cellule eucaryote et la cellule procaryote

Ce tableau résume les différences existantes entre les cellules eucaryotes et procaryotes.

Tableau I : Caractères de différenciations entre Eucaryotes et Procaryotes

Caractéristiques	Cellule Procaryote	Cellule Eucaryote
Taille typique	1-10 µm	10-100 µm
Type de noyau	nucléotide (pas de véritable noyau)	vrai noyau avec double membrane
Division de la cellule	division simple	mitose (réplication de la cellule) méiose (menant à la formation de gamètes)
Organisation génétique		
Membrane nucléaire	Non	oui
Nombre de chromosomes	1 chromosome (Haploïde)	Plusieurs chromosomes Diploïde)
Chromosome circulaire	Oui	non
Histones	Non	oui
Nucléole	Non	oui
Echange génétique	transfert unidirectionnel	fusion de gamètes
ARN et synthèse des protéines	couplé au cytoplasme	synthèse d'ARN dans le noyau synthèse de protéines dans le cytoplasme
Premier acide aminé initiant la synthèse d'une chaîne polypeptidique	méthionine ou N-formylméthionine	méthionine

Structures cellulaires et organites		
Réticulum endoplasmique	Non	oui
Appareil de Golgi	Non	oui
Lysosomes	Non	oui
Mitochondries	Non	oui
Chloroplastes	Non	oui chez les plantes
Microtubules	Non	oui
Paroi cellulaire avec peptidoglycane	Oui	non
Présence de stéroïdes dans les membranes	Non	oui
Endospores	oui, parfois	non
Taille des ribosomes	70 S	80 S, sauf mitochondries et chloroplastes
Localisation des ribosomes	dispersés dans le cytoplasme	dispersés dans le cytoplasme ou liés au réticulum endoplasmique
Constantes de sédimentation des ARN ribosomaux	16S, 23S, 5S	18S, 28S, 5,8S, 5S

Attributs fonctionnels		
Phagocytose	Non	oui, parfois
Pinocytose	Non	oui, parfois
Flux cytoplasmique	Non	oui
Mouvement de la cellule	flagelles faites de flagelline	flagelle et cils faits de tubuline
Site du transport des électrons	membrane cellulaire	membrane des organites

Le tableau n° 2 récapitule les principales différences entre les trois domaines du vivant

Caractéristiques	Eucaryotes	Archae (bactéries)	Eubactéries
<u>Paroi bactérienne</u>	Absente	Absente ou présente sans peptidoglycane	Présente avec peptidoglycane
<u>Lipides membranaires</u>	Chaînes droites unies au glycérol par des liaisons ester	Chaînes ramifiées unies au glycérol par des liaisons éther	Chaînes droites unies au glycérol par des liaisons ester
<u>Génome</u>	2n chromosomes linéaires dans le noyau	Un chromosome circulaire libre	Un chromosome circulaire libre
<u>Introns dans les gènes</u>	Oui	?	Non
<u>Protéines histones</u>	Oui	Non	Non
<u>Gènes ARNr</u>	18S, 5.8S, 28S	16S, 23S, 5S	16S, 23S, 5S
<u>Taille ribosomes</u>	80S	70S	70S
<u>Sensibilité ribosomale</u>	Toxine diphtérique, cycloheximide	Toxine diphtérique	Chloramphénicol
<u>Boucle d'ARNr se liant aux protéines ribosomales</u>	Non	Non	Oui
<u>Séquence commune aux ARNt</u>	Oui (Guanine-Thymine-Pseudouridine-Cytosine-Guanine)	Non	Oui (Guanine-Thymine-Pseudouridine-Cytosine-Guanine)
<u>Codon d'initiation</u>	Méthionine	Méthionine	Formyl-méthionine
<u>Reproduction</u>	Mitose	Scissiparité	Scissiparité