

Cours Biologie des Populations Microbiennes

Dr HAFFAF S

A decorative graphic element consisting of several horizontal lines of varying lengths and colors (teal, light blue, white) extending from the right side of the slide towards the center.

Chapitre I: Classification des microorganismes



Classification des microorganismes

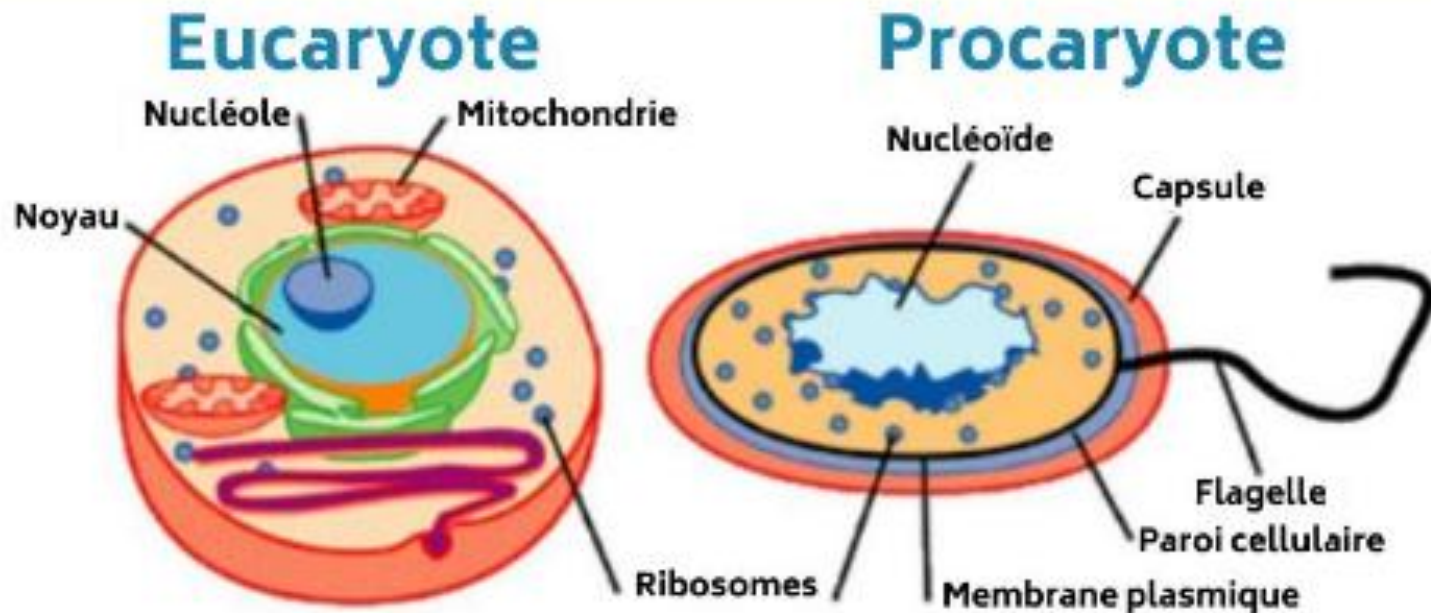
Le monde vivant est constitué d'une collection infinie d'organismes unicellulaires et pluricellulaires

La cellule représente la plus petite entité possédant les propriétés de vivant, c'est-à-dire la capacité de transformer les matériaux et l'énergie trouvés dans le milieu afin de se reproduire, de subir des changements ou des mutations, transmis ensuite de génération en génération et en fin d'évoluer.

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

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

DIFFÉRENCE ENTRE CELLULE EUCARYOTE ET PROCARYOTE



DIFFÉRENCE ENTRE CELLULE EUCARYOTE ET PROCARYOTE

Aspect	Eucaryote	Procaryote
Taille	Plus grande (+ 10 micromètres)	Plus petite (- 10 micromètres)
Noyau cellulaire, mitochondries, chloroplastes, vacuoles et cytosquelette	Oui	Non
Mode de vie	Organismes unicellulaires et pluricellulaires	Organismes unicellulaires
Reproduction	Reproduction sexuée et asexuée	Reproduction asexuée

Classification des microorganismes

- Les organismes vivants avaient été répartis en deux ensembles **biotiques** :
- **Les Procaryotes** (de *pro* = *primitif* et *karyon* = *noyau*)
- **Les Eucaryotes** (*eu* = *vrai*)

Répartis en **5 Règnes** (Procaryotes, Protistes, Mycètes, Animaux et Plantes).

Un autre groupe « **Acaryote** » a été admis pour regrouper les **Virus**.

- **Procaryotes** : (*Prokaryota* ou *Prokarya*), du grec *pro* (avant) et *caryon* (noyau), sont des organismes dont la cellule ne possède pas de noyau cellulaire ni d'autres organites, ils appartiennent à au moins deux taxons distincts : Archées et Eubactéries

1- Archées (archéobactéries)

- Les archéobactéries constituent un taxon du vivant caractérisé par des cellules sans noyau et se distinguant des eubactéries par certains caractères chimiques dont la constitution de la membrane cellulaire.
- sont un groupe particulier, car il ne comprend essentiellement que des espèces anaérobies (n'ayant pas besoin d'oxygène, voire souvent ne tolèrent pas l'oxygène),

- Les archéobactéries constituent un groupe très hétérogène, regroupant peu d'espèces connues.
- Les archéobactéries se développent dans des **niches extrêmes** où les conditions de vie sont très difficiles voire impossibles pour la plupart des autres organismes (milieu **salin très acide** ou **très alcalin**, milieu à température proche de l'ébullition ex: *Pyrobaculum* provient de réservoirs profonds de pétrole chaud)
- vivant dans des environnements extrêmes : on parle **d'organisme extrémophile**.
- Les archéobactéries ne sont pas que des extrémophiles, ce sont aussi des organismes plus communs qui vivent dans des conditions de vie classique comme **les marais** ou les **rumens des ruminants**.

2-Eubactéries : comprennent la plupart des bactéries, excepté les archéobactéries.

- Elles occupent la plupart des milieux (sol, nourriture.... et constituent certainement en nombre de cellules, peut être en masse, la plus grande partie du vivant.
- Elles remplissent des fonctions fondamentales dans l'écosystème terrestre, comme par exemple dans le cycle de l'azote ou du soufre.

Eucaryotes

Le domaine des eucaryotes est un groupe monophylétique ou taxons simples qui englobe :

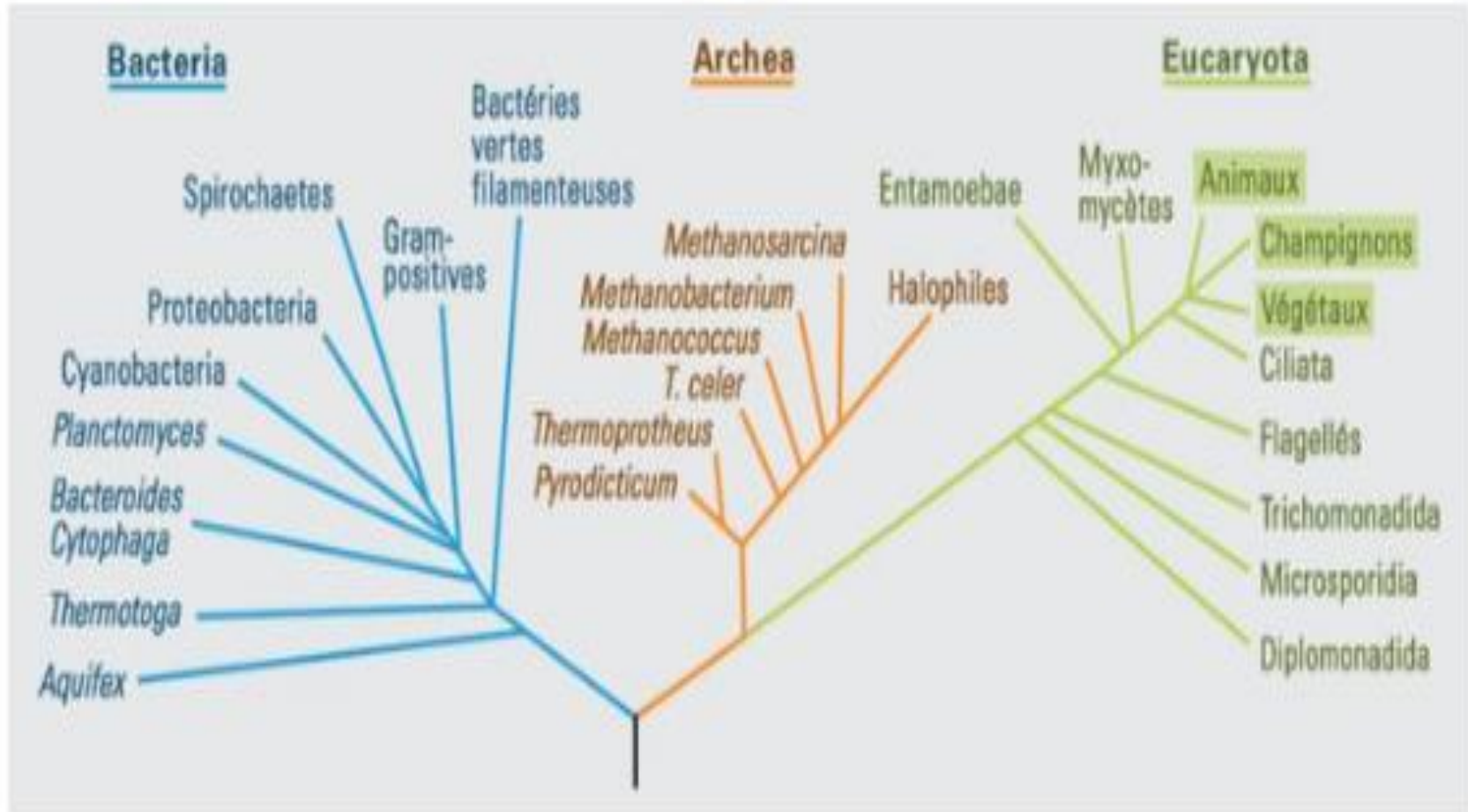
- o animaux
 - o végétaux
 - o algues
 - o champignons
 - o protozoaires
-
- Les eucaryotes ont un système membranaire interne enfermant des organites (noyau, plaste, mitochondrie...) ; ils présentent un cytosquelette interne (actine, tubuline) absent chez les procaryotes, qui leur confère une taille souvent plus importante que les procaryotes.

Caractéristiques	Domaines		
	Bactéries	Archées	Eucaryotes
Enveloppe nucléaire	Absente	Absente	Présente
Organites membraneux	Absents	Absents	Présents
Peptidoglycane dans la paroi cellulaire	Présents	Absents	Absents
Lipides membranaires	Chaînes carbonées linéaires	Quelques chaînes carbonées ramifiées	Chaînes carbonées linéaires
ARN polymérase	Un type	Plusieurs types	Plusieurs types
Premier acide aminé dans la synthèse des protéines	Formyl-méthionine	Méthionine	Méthionine
Introns dans les gènes	Très rares	Présents dans certains gènes	Présents dans de nombreux gènes
Réaction à la streptomycine et au chloramphénicol (antibiotiques)	Inhibition de la croissance	Aucune inhibition de la croissance	Aucune inhibition de la croissance
Histones associées à l'ADN	Absentes	Présentes dans certaines espèces	Présentes
Chromosome en forme d'anneau	Présent	Présent	Absent
Capacité de croître à des températures supérieures à 100 °C	Non	Oui, chez certaines espèces	Non

Classification des microorganismes

- E 1866, **E. Haeckel** divise le monde vivant en trois règnes, le règne animal, le règne végétal et le règne des protistes qui rassemble les algues, les protozoaires, les champignons et les bactéries.
- En 1968, **R.G.E. Murray**, divise le monde vivant en deux règnes, celui des "Eucaryotae" et celui des "Procaryotae" (ou "Monera").

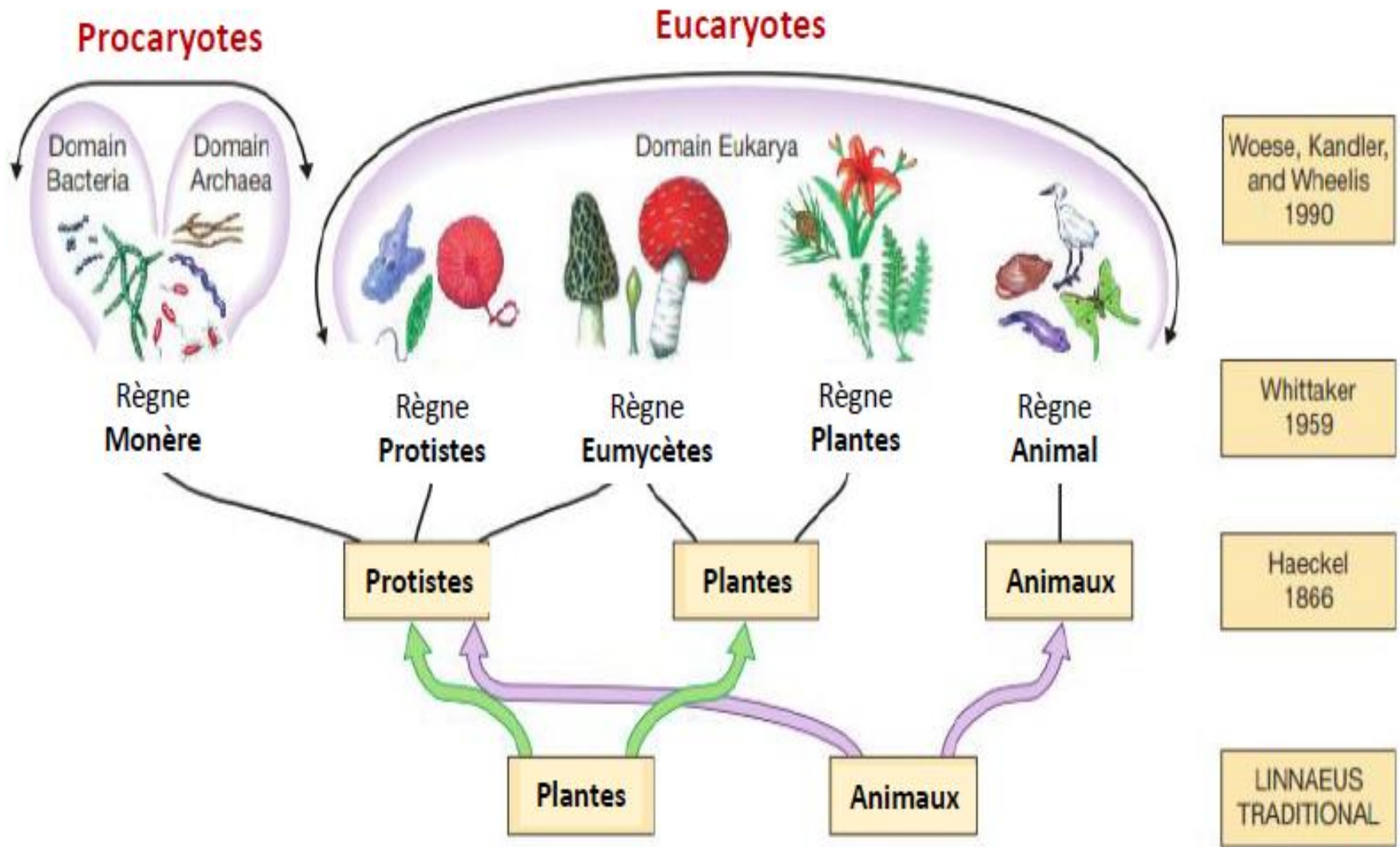
Classification des microorganismes



- L'analyse des séquences des ARNr a permis, en 1970, a **Carl Woese de séparer tous les organismes vivants en trois grands groupes appelés domaines :**
- - Bacteria (Eubacteria) ou vrai bactéries
- - Achaea (Archaeobactéria) du grec archaios, ancien et backterion, bâton) qui comportent les bactéries "extremophyles" vivant dans des environnements hostiles, thermophiles ou halophiles
- - Eucarya qui possèdent un vrai noyau délimité par une membrane nucléaire, constitué de plusieurs chromosomes et d'un nucléole.

- En 1969 **ROBERT H. WHITAKER** proposa un autre système de classification à cinq règnes. Ce système ne fut adopté qu'après les travaux de **LYN MARGULIES** 1985 qui ont étayé et confirmés la théorie sur ces cinq règnes proposés près d'une vingtaine d'année auparavant par **WHITAKER** :
 - o Règne des monères « procaryotes » (bactéries et cyanophycées ou algues bleus)
 - o Règne des protistes « eucaryotes unicellulaires » (protozoaires, algues 'autres que bleues' et moisissures ondulipodiées).
 - o Règne des Fungi (champignons ou Eumycètes)
 - o Règne des animaux
 - o Règne des végétaux
- Cette classification est prise en compte jusqu'à l'heure actuelle.

Evolution du système de classification



Caractéristiques	Domaines		
	Bactéries	Archées	Eucaryotes
Enveloppe nucléaire	Absente	Absente	Présente
Organites membraneux	Absents	Absents	Présents
Peptidoglycane dans la paroi cellulaire	Présents	Absents	Absents
Lipides membranaires	Chaînes carbonées linéaires	Quelques chaînes carbonées ramifiées	Chaînes carbonées linéaires
ARN polymérase	Un type	Plusieurs types	Plusieurs types
Premier acide aminé dans la synthèse des protéines	Formyl-méthionine	Méthionine	Méthionine
Introns dans les gènes	Très rares	Présents dans certains gènes	Présents dans de nombreux gènes
Réaction à la streptomycine et au chloramphénicol (antibiotiques)	Inhibition de la croissance	Aucune inhibition de la croissance	Aucune inhibition de la croissance
Histones associées à l'ADN	Absentes	Présentes dans certaines espèces	Présentes
Chromosome en forme d'anneau	Présent	Présent	Absent
Capacité de croître à des températures supérieures à 100 °C	Non	Oui, chez certaines espèces	Non

Caractéristiques	Cellule Procaryote	Cellule Eucaryote
Taille typique	1-10 μm	10-100 μm
<u>Type de noyau</u>	nucléoïde (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 stéroïds 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

Culture et croissance des microorganismes

Besoins nutritionnels des microorganismes

- **1. Source de carbone :** Le carbone est un des éléments les plus abondants des bactéries, il doit être fourni en quantité suffisante.

Ex: Les bactéries qui peuvent se développer en milieu inorganique, contenant le CO₂ comme seule source de carbone sont dites **autotrophes**, celles qui exigent des composés organiques pour se reproduire sont dites **heterotrophes**.

- Les bactéries phototrophes et la plupart des chimiotrophes sont autotrophes.
- Le rôle du CO₂ bien que moins évident est très important en primo culture de certaines espèces bactériennes ; Une atmosphère enrichie en CO₂ stimule la croissance de ***Brucella abortus***.
- Le CO₂ intervient dans la synthèse de certains métabolites essentiels par réaction de carboxylation.

- **2. Source d'azote** : L'azote est un élément essentiel pour la synthèse des protéines.
- La plupart des bactéries incorporent l'azote sous forme de sels d'ammonium, hormis quelques bactéries capables de fixer l'azote moléculaire comme les *Rhizobium*, qui vivent en symbiose avec certaines légumineuses en leur permettant de fixer l'azote atmosphérique et les bactéries du genre *Nitrobacter* qui peuvent utiliser les nitrites.

- **3. Soufre et phosphore** : Le soufre est présent dans certains acides aminés (cystéine) et des protéines sous forme de groupements thiol (-SH) .Il est incorporé principalement sous formes de sulfate ou de composés organiques. Le phosphore qui fait partie des acides nucléiques, de nombreuses coenzymes et de l'ATP est incorporé dans la cellule sous forme de phosphore inorganique.
- **4. Elements minéraux** : Jouent un rôle dans l'équilibre physico-chimique exemple (**Na, K, Mg et Cl**), ou rentrent dans la composition d'enzymes et de coenzymes tel que le **Fe** (cytochromes), **Mg** (chlorophylle).
- **5.Oligo-éléments** : Tels que Ca, Cu, Mo jouant le rôle de cofacteurs ou d'activateurs enzymatiques, ils sont requis en quantités infimes, le plus souvent apportés sous forme de traces.

- S et les principaux sels sont des micronutriments car ils sont nécessaires en moins grandes quantités (de 0,1 à 1%).
- La présence de sels est aussi nécessaire pour maintenir la pression osmotique du milieu.
- Les oligo-éléments ne sont nécessaires qu'à l'état de traces, et comme ils sont souvent présents en tant que contaminants d'autres composants, il n'est pas toujours utile d'en ajouter.
- Un facteur de croissance est un constituant indispensable de la biomasse que la cellule est incapable de synthétiser par elle-même, et qu'elle doit donc se procurer directement comme substrat (acide aminé, vitamine ou coenzyme, base azotée, lipide, ...).

Tableau 2 : Eléments et substrats essentiels pour la nutrition des cellules

Elément chimique	Exemples de substrats utilisés comme sources de l'élément	
% du poids sec	Minéraux	Organiques
C (≈ 50)	CO ₂ , (CO)	Glucides, lipides, acides aminés, ...
O (≈ 20)	H ₂ O, CO ₂ , (O ₂)	La plupart
N (≈ 15)	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , N ₂ , ...	Acides aminés, bases azotées, amines, ...
H (≈ 10)	H ₂ O, H ⁺ , (H ₂)	La plupart
P (≈ 3)	Phosphate	Nucléotides, composés phosphorylés, ...
S (≈ 1)	SO ₄ ²⁻ , H ₂ S, ...	Cys, Met, thiols, sulfonates, sulfides, ...
Sels (≤ 1)	Na ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺ , Cl ⁻ , ...	-
Métaux ou oligoéléments (< 1)	Fe ²⁺ , Zn ²⁺ , Mg ²⁺ , Cu ²⁺ , ...	Hème pour le fer, ...

Source d'énergie

- Pour synthétiser sa propre matière, une cellule vivante nécessite des aliments essentiels et d'éventuels facteurs de croissance, du pouvoir réducteur (donneur d'électrons), et de l'énergie. L'ensemble de ces besoins permet de définir des types trophiques (du grec trophê "nourrir") généraux **Besoins énergétiques**.
- En fonction de la source d'énergie ; On distingue :
 - 1/Microorganismes phototrophes ou photosynthétiques** : Tirent leur énergie à partir des réactions de photosynthèse, l'énergie lumineuse permet la synthèse de l'ATP au dépend de l'ADP et du phosphore inorganique. Si le donneur d'électrons est un composé minéral ;
 - **Ex:** on parle de bactéries **photolithotrophes** ; c'est le cas des bactéries sulfureuses pourpres (**Thiorhodaceae**) ou vertes (**Chlorobacteriaceae**)
 - Si la source d'électrons est un composé organique on parle de bactéries **Photoorganotrophes** ; c'est le cas de bactéries pourpres non sulfureuses (Athiorhodaceae).

- 2. Microorganismes chimiotrophes ou chimiosynthétiques** ; puisent leur énergie à partir des réactions chimiques, plus exactement à partir des réactions d'oxydo-reductions.
- Si le donneur d'électrons est un composé minéral ; On parle de bactéries **chimiolithotrophes**, s'il est organique la bactérie sera **chimioorganotrophe**

Types de milieux de culture

- **Milieu complexe (empirique)** : est préparé à partir d'extraits de matières organiques et dont la composition exacte n'est par conséquent pas connue (hydrolysats de protéine, extraits de levure, de viande, de soja, de lait, d'oeuf, de sang, ...).
- Ce type de milieu est parfois dit "riche" car il contient suffisamment de composés pour permettre la croissance de la plupart des microorganismes courants. Il a l'avantage d'être facile à préparer.
- **Milieu synthétique (chimiquement défini)** : est un milieu dont la composition exacte est entièrement connue. Ce milieu est dit "minimum" lorsqu'il ne contient que les éléments strictement indispensables à la cellule, c'est-à-dire les nutriments et les facteurs de croissance éventuels. Ce type de milieu est utile pour étudier précisément les besoins nutritionnels du microorganisme, son métabolisme et sa physiologie.

Types de milieux de culture

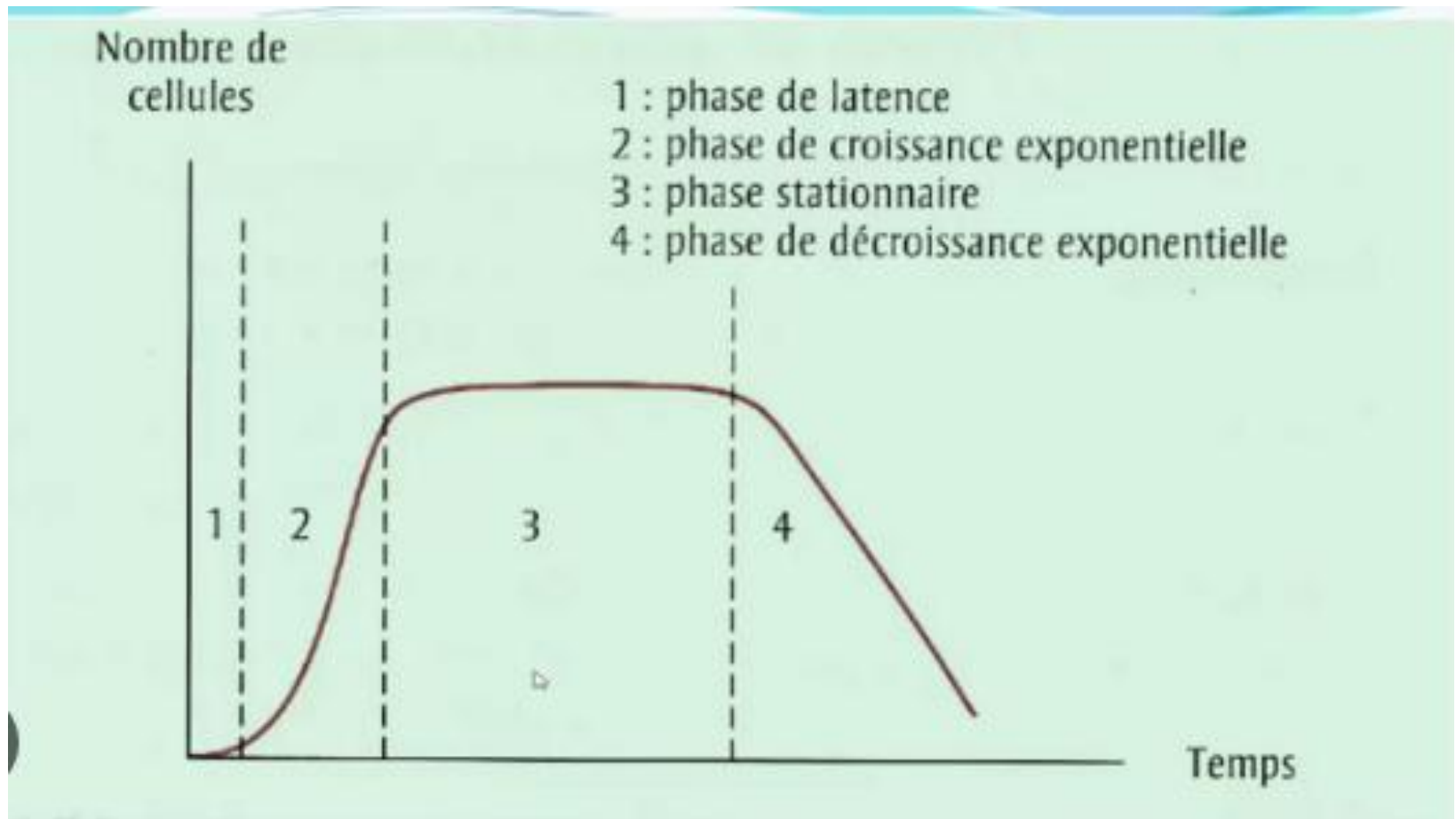
- **Milieu liquide** : est rendu solide par addition d'agar, composé appartenant à une famille de polysaccharides gélifiants extraits de certaines algues rouges (agarose, guar, etc.) et aussi utilisés comme additifs alimentaires (E406).

Les milieux solides sont très utiles pour effectuer des isolements, ce qui permet de trier un mélange de microorganismes différents.

- Un milieu peut être rendu "sélectif" par addition d'un ou plusieurs inhibiteurs auxquels le microorganisme que l'on souhaite isoler est insensible ou résistant.

- Exemple de courbe de croissance microbienne

Description des phases de croissance



Description des phases de croissance

- ***Phase de latence (facultative)*** : temps d'adaptation des cellules à de nouvelles conditions d'environnement, au cours duquel aucune croissance n'est observée. On peut arriver à supprimer cette phase en réensemencant plusieurs fois de suite une culture dans les mêmes conditions.
- ***Phase d'accélération*** : certaines cellules commencent à se diviser. Cette phase peut être très courte et n'est pas toujours apparente.
- ***Phase exponentielle*** : toutes les cellules se divisent régulièrement et leur nombre double à intervalles de temps constants c'est-à-dire augmente selon une exponentielle de base 2, ce qui permet de définir un taux de croissance ou nombre de génération par unité de temps, et un temps de génération ou de doublement. La vitesse de croissance dépend à la fois des capacités propres du microorganisme et des conditions de culture.

Description des phases de croissance

- **Phase de ralentissement** : certaines cellules cessent de se diviser car les conditions de culture deviennent défavorables. Soit un des constituants du milieu indispensable aux cellules est épuisé (cas le plus courant), soit un produit du métabolisme cellulaire s'est accumulé en entraînant des effets négatifs, comme par exemple une variation de pH trop importante ou bien la production d'éthanol pour certaines levures.
- **Phase stationnaire** : il n'y a plus aucune division, mais une partie du métabolisme est encore actif ce qui permet certaines synthèses. Les cellules s'adaptent à des conditions de stress (carence nutritionnelle, ...). Contrairement à une fausse idée trop répandue, cette phase n'est absolument pas un équilibre entre des cellules qui meurent et d'autres qui se divisent !
- **Phase de décroissance ou de déclin (facultative)** : les cellules meurent et lysent.