

"Tout ce qui est généralement commun aux végétaux et aux animaux comme toutes les facultés qui sont propres à chacun de ces êtres sans exception, doit constituer l'unique et vaste objet d'une science particulière qui n'est pas encore fondée, qui n'a même pas de nom, et à laquelle je donnerai le nom de **biologie**."

Jean-Baptiste Monet Chevalier de Lamarck 1744-1829

LA THEORIE CELLULAIRE

- Tous les êtres vivants sont faits de cellules (au moins une cellule).
- La cellule est l'unité de base du vivant.

Un être humain contient quelque chose comme 100 000 milliards de cellules ($1 \cdot 10^{14}$). Chacune de ces cellules est un être vivant.

Toute cellule vient de la reproduction d'une autre cellule

- D'où vient la première cellule ? > Problématique des origines de la vie.
- La Terre et le système solaire ont environ entre 4,5 et 5 milliards d'années
- Les plus vieilles traces de vie datent de 3,5 à 3,8 milliards d'années
- Comment s'est formée la première cellule ? À quoi ressemblait-elle ? On a que des hypothèses
- LUCA = Last Universal Common Ancestor

On reconnaît deux grands types cellulaires: Cellules **Procaryotes** et Cellules **Eucaryotes**

- **Cellule Procaryotes**: 1 à 3 μm en général, pas d'organites présents (sauf *ribosomes*), matériel génétique non enfermé dans un noyau délimité.
- **Cellule Eucaryote**: 10 à 100 μm en général, nombreux organites internes délimités par des membranes, matériel génétique compartimenté = noyau

Date importantes dans l'évolution de notre planète

4,5 milliards d'années	Formation de la Terre
3,5 milliards d'années	Les cellules procaryotes (bactéries) dominent la Terre
2,5 milliards d'années	L'oxygène s'accumule dans l'atmosphère
1,5 milliards d'années	Avènement des cellules Eucaryotes (Cellules avec noyau)
0,5 milliards d'années	Explosion cambrienne des organismes pluricellulaires Eucaryotes

CLASSIFICATION PHYLOGENETIQUE

La classification phylogénétique est un système de classification systématique des êtres vivants. Elle tente de remplacer la classification scientifique traditionnelle basée sur des traits multiples: biologiques, phénotypiques (anatomiques) et physiologiques (phénomènes physico-chimiques, nutrition). Une des caractéristiques de l'approche phylogénétique est que cette classification bouleverse les classifications fixistes comme celle développées par Linné. La nomenclature binomiale de Linné était basée sur l'adage que toutes les espèces sont apparues en même temps et que celles-ci étaient fixes. Alors que la classification phylogénétique illustre les principes d'évolutions et de parenté des espèces.

William Hennig est à l'origine de la classification phylogénétique en 1950, il révolutionna par la suite, après la traduction en anglais de son œuvre, toute la systématique à partir de la fin des années 1960. Les caractères anatomiques des êtres vivants furent alors analysés différemment, rejoints bientôt par les caractères moléculaires. La classification phylogénétique est un système de classification des êtres vivants d'abord fondé sur ce que les êtres vivants ont (au niveau morphologique comme au niveau moléculaire), et non pas, en première instance, sur ce qu'ils n'ont pas (on évitera alors « invertébrés ») ou sur ce qu'ils font (on évitera alors « vivipares », « fousseurs »). Ce n'est pas une classification écologique ni anthropocentrique. Elle regroupe les êtres vivants sur un type particulier de ressemblance, celles des ressemblances qui sont évolutivement innovantes au sein de l'échantillon d'espèces à classer. Elle s'oppose en cela aux classifications phénétiques qui ne trient pas la ressemblance et font des classements à partir de la ressemblance globale. Elle remplace la classification traditionnelle basée sur une foule de critères, morphologiques mais aussi écologiques, éthologiques, anthropocentriques, et de préférences nutritionnelles.

La classification phylogénétique ne valide que des groupes monophylétiques, quels que soient les caractères utilisés, moléculaires, morphologiques, anatomiques, caryologiques, génomiques. Les caractères utilisés pour construire un arbre phylogénétique ne sont valables que si ceux-ci sont des caractères apomorphes partagés par au moins deux taxons. (Un caractère apomorphe est un caractère ancestral qui a été transformé. Ce caractère apomorphe partagé est une synapomorphie. Seul les synapomorphies (ou caractère dérivé) caractérise un clade ou groupe monophylétique. Un groupe monophylétique (ou clade) est un groupe comprenant un ancêtre (ou nœud) et tous ses descendants.

La première hiérarchie est donc composée de trois domaines :

1. Archéobactéries 2. Eubactéries 3. Eucaryotes

Savoir lesquels de ces trois groupes partagent un ancêtre commun qui les distingue du troisième est un sujet de recherche.

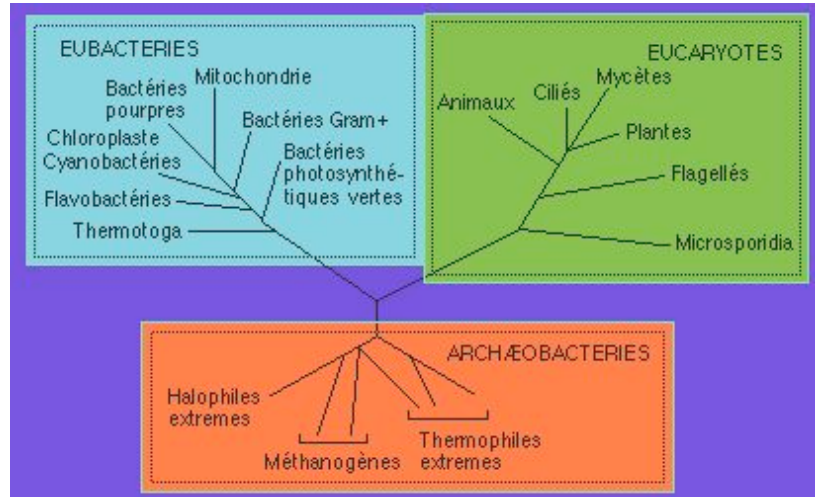
La systématique phylogénétique dans sa version moderne rejette toute catégorisation des niveaux hiérarchiques. Pour des raisons pratiques, l'arbre du vivant donne lui-même la hiérarchie que tentaient de fournir les anciennes catégories. L'arbre du vivant est, en effet, un ensemble de points de branchement. Chaque niveau est assimilé à un taxon. Un taxon est un regroupement d'organisme défini par un ensemble de synapomorphies. Les points ou nœuds sont obligatoirement un organisme théorique qui posséderait les synapomorphies des nœuds postérieurs dans le cladogramme. Si cet organisme est découvert (fossiles ou autres) un nouvel arbre doit être construit. À terme, si l'arbre restitue la totalité des relations de parenté, tous les branchements devraient être binaires. Le sens des dichotomies n'a rien à voir avec la sexualité ni avec des spéciations binaires, car l'arbre n'est pas une généalogie ("qui descend de qui"), mais reflète uniquement un

pouvoir explicatif maximal de l'arbre : un arbre totalement dichotomique réussit à restituer toutes les relations de parenté ("qui est plus proche de qui").

La systématique moderne prend en compte tous les caractères héréditaires, depuis ce qui est visible (anatomie et morphologie, base de la classification traditionnelle) jusqu'aux séquences d'ADN et d'ARN, en passant par les protéines et les données de la paléontologie. Le séquençage de certaines parties du génome, comme l'ADN des mitochondries ou l'ARN des ribosomes a permis dans les dernières années de faire des progrès importants dans la classification et de résoudre maints problèmes séculaires.

L'arbre est obtenu à partir de nombreux critères et fait appel à des algorithmes complexes. Des algorithmes différents peuvent donner des résultats différents. Dans ce cas, celui qui répondra le plus aux critères de parcimonie sera retenu. C'est à dire l'arbre demandant le minimum de transformation de caractères. La classification actuelle est continuellement remaniée en fonction de nouvelles informations.

ARBRE PHYLOGENETIQUE D'APRES CARL WOESE



CLASSIFICATION PHYLOGENETIQUE DU VIVANT (Diversité des Microorganismes)

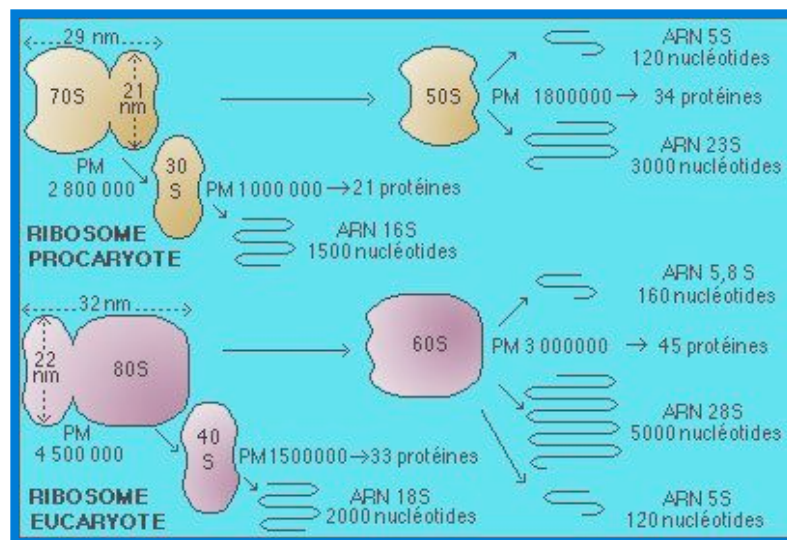
Procaryotes Archéobactéries (ARCHEA) Crénarchées Thermoacidophiles Euryarchées Méthanogènes Halophiles Thermoacidophiles Eubactéries (BACTERIA) Protéobactéries Firmicutes * Groupe Bacillus/Clostridium * Actinobactéries * Cyanobactéries Groupe Thermus/Deinococcus Bactéries vertes sulfureuses Flavobactéries Bactéroïdes Spirochètes Chlamydiées Planctomycétales Bactéries vertes non sulfureuses Aquificales Thermotogales Eucaryotes (EUCARYA) Parabasaliens Métamonadines	Mycétozoaires Actinopodes Foraminifères Euglénobiontes Cryptophytes Rhizopodes Percolozoaires Chlorarachniophytes Alvéolobiontes Ciliés Dinophytes Apicomplexés Lignée brune Straménopiles Haptophytes Opisthontes Champignons Eumycètes Microsporidies Choano-organismes Choanoflagellés Métazoaires Lignée verte Glaucophytes Métabiontes Rhodobiontes Chlorobiontes
---	--

* Bactéries à Gram positif: Actinobactéries ou Actinomycètes (e.g. *Streptomyces* spp. bactéries filamenteuses productrices d'antibiotiques), y se trouvent aussi les Mycobactéries (e.g. *Mycobacterium* spp. paroi cireuse due aux acides mycoliques), ces bactéries sont appelées "bacilles acido-alcoolo-résistants" ou BAAR, on utilise pour le mettre en évidence la coloration de Ziehl-Neelsen.

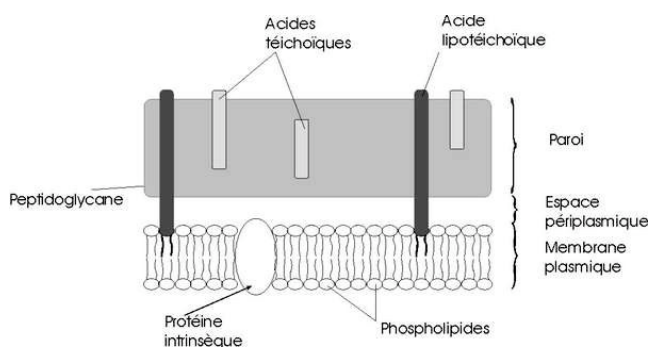
QUELQUES DIFFERENCES ENTRE ARCHEA, BACTERIA ET EUKARYA

Caractères	Archéobactéries	Eubactéries	Eucaryotes
Taille (longueur)	1 µm	1 µm	10 µm
Paroi	Divers constituants jamais d'acide muramique	Acide muramique composant du peptidoglycane toujours présent	Eu. ani.: pas de paroi Eu. vég.: enveloppe sans peptidoglycane
Lipides membranaires	Lipides à chaînes ramifiées avec des liaisons éther	Lipides à chaînes droites avec des liaisons ester	Lipides à chaînes droites avec des liaisons ester
Membranes nucléaires	Absente	Absente	Présente
Chromosomes	Un seul	Un seul	Toujours plusieurs
ARN de transfert	Thymidine Absente	Thymidine en général présente	Thymidine en général présente
Ribosomes	70 S	70 s	80 S
Taille des sous-unités	30 S, 50 S	30 S, 50 S	40 S, 60 S
Longueur de l'ARN 16 S	1 500 Nucléotides	1 500 Nucléotides	1 800 Nucléotides
Longueur de l'ARN 23 S	2 900 Nucléotides	2 900 Nucléotides	3 500 Nucléotides
Flagelles	Souvent absents	Présents	Présents
Pigments photosynthétiques	Bactériorhodopsine	Bactériochlorophylle	Chlorophylle et caroténoïdes
Division cellulaire	Fission binaire	Fission binaire	Mitose

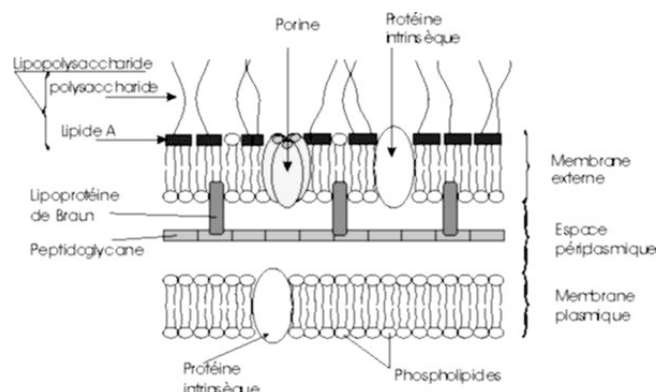
RIBOSOME PROCARYOTE ET RIBOSOME EUCARYOTE



LA PAROI DES EUBACTERIES

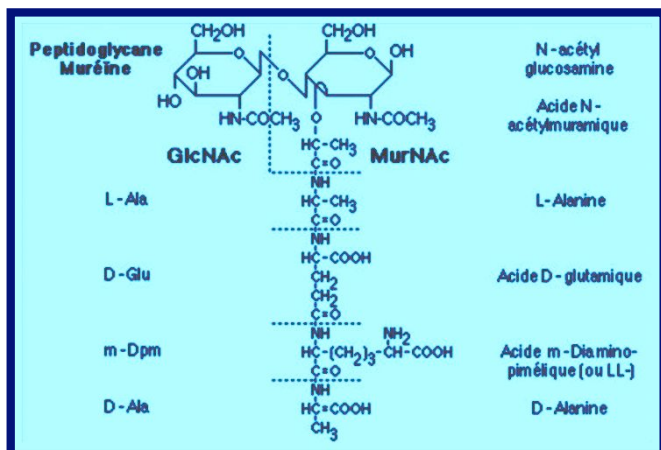


Paroi d'une bactérie Gram positif.

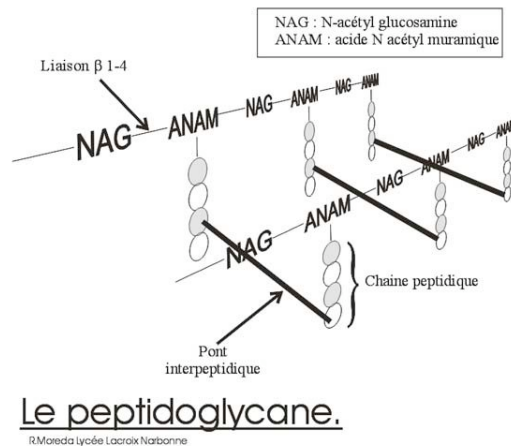


Paroi d'une bactérie Gram négatif.

UNITE DE BASE DU PEPTIDOGLYCANE OU MUREINE



RESEAU DU PEPTIDOGLYCANE



COLORATION DE GRAM

RESULTAT			
ETAPES	PROCEDURE	Gram +	Gram -
COLORATION INITIALE	Violet de gentiane pendant 30 secondes	Violet	Violet
FIXATION	Lugol (solution d'Iode)	Reste violet	Reste violet
DECOLORATION	Lavage à l'éthanol 95 % pendant 10 à 20 secondes	Reste violet	Deviens incolore
CONTRE-COLORATION	Fuschine ou Safranine pendant 20 à 30 secondes	Reste violet	Coloration rose

QUELQUES DIFFERENCES ENTRE BACTERIES GRAM + ET GRAM -

Bactéries Gram +	Bactéries Gram -
- Les bactéries Gram + sont fréquemment sensibles à la pénicilline. - Elles sont productrices d'exotoxines. - Elles sont sensibles aux désinfectants à base de phénol. - Exemples : <i>Bacillus anthracis</i>, <i>Staphylococcus aureus</i>, <i>Streptococcus pyogenes</i>, <i>Clostridium tetani</i> et <i>Corynebacterium diphtheriae</i>.	- Les bactéries Gram - sont fréquemment sensibles aux tétracyclines et aux aminoglycosides : gentamicine, néomycine et kanamycine. - Elles sont productrices d'endotoxines. - Elles sont sensibles au chlore, à l'iode et aux détergents. - Exemples : <i>Salmonella typhi</i>, <i>Shigella sonnei</i>, <i>Bordetella pertussis</i> et <i>Yersinia pestis</i>.

COLORATION DE ZIEHL-NEELSEN

Les **Mycobactéries** forment un groupe de bactéries particulières dont fait partie *Mycobacterium tuberculosis*. En plus du peptidoglycane, la paroi de ces bactéries contient des acides gras particuliers, les acides mycoliques, qui leur confèrent des propriétés particulières. On peut noter : Une grande résistance à la dessiccation: le **bacille tuberculeux** peut survivre pendant des semaines dans les expectorations desséchées; une résistance à l'action des alcalis et à celle de certains désinfectants; une résistance à l'action des acides et de l'alcool qui leur est spécifique; et un comportement hydrophobe.

Quand les **mycobactéries** sont cultivées en milieu liquide, elles restent difficilement en suspension. C'est pourquoi elles forment des voiles en surface et des agrégats difficiles à séparer dans de tels milieux. C'est aussi pourquoi on ajoute des substances tensio-actives dans les milieux de culture de ces espèces afin d'en permettre une dispersion plus uniforme.

Il faut signaler que la résistance à l'action des acides et de l'alcool - on dit que les **mycobactéries** sont alcoolo-acido-résistantes - est à l'origine de la Coloration de **Ziehl-Neelsen**. Cette coloration est spécifique et permet de distinguer ces bactéries de toutes les autres.

Procédure

- Recouvrir la lame de fuschine de Ziehl. Chauffer sur de l'eau bouillante pendant 8 min. Ajouter du colorant s'il s'est dissipé.
- Après que la lame est refroidie, décolorer avec la solution d'alcool acidifié pendant 10-20 s.
- Arrêter la décoloration en rinçant brièvement avec de l'eau distillée.
- Contre-coloration avec du bleu de méthylène pendant 30 s.
- Rincer brièvement avec de l'eau distillée pour enlever l'excès de bleu de méthylène.
- Sécher légèrement avec du papier buvard et examiner directement avec l'objectif d'immersion. Les mycobactéries apparaissent colorées en rouge sur un fond bleu.

GROUPE TROPHIQUES

- 1) Si la source de carbone est une molécule minérale (e.g. CO_2), l'organisme est dit **AUTOTROPHE**.
Si la source de carbone est une molécule organique (e.g. glucose), l'organisme est dit **HETEROTROPHE**.
 - 2) Si la source d'énergie provient de la lumière (photonique), l'organisme est dit **PHOTOTROPHE**.
Si la source d'énergie provient des réactions d'oxido-réduction, l'organisme est dit **CHIMOTROPHE**.
 - 3) Si le donneur d'électrons est une molécule minérale (e.g. H_2O), l'organisme est dit **LITHOTROPHE**.
Si le donneur d'électrons est une molécule organique (e.g. glucose), l'organisme est dit **ORGANOTROPHE**.
- Si l'organisme se développe dans des milieux simples, il est dit **PROTOTROPHE**.
Si l'organisme a besoin des facteurs de croissance (e.g. vitamines) pour se développer, il est dit **AUXOTROPHE**.

FERMENTATION ET RESPIRATION

- A) Si l'accepteur final d'électrons est une molécule organique, l'organisme réalise la **FERMENTATION**.
- B) Si l'accepteur final d'électrons est l'oxygène, l'organisme réalise la **RESPIRATION AEROBIE**.
Si l'accepteur final d'électrons est une molécule exogène, sauf l'oxygène, l'organismes réalise la **RESPIRATION ANAEROBIE**.

FERMENTATION

Oxydation incomplète du substrat. L'accepteur d'électrons est une molécules organique endogène.

Fermentation	Produits de la fermentation	Microorganisme type
Lactique	Acide lactique	<i>Lactobacillus</i>
Alcoolique	Ethanol + CO_2	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Acétique	Acide acétique	<i>Acetobacter</i>
Butyrique	Acide butyrique + Butanol + Isopropanol + Acétone + CO_2	<i>Clostridium</i>
Propionique	Acide propionique + CO_2 + Acide acétique + H_2	<i>Propionibacterium</i>
Butanediolique	2,3-Butanediol + Ethanol + Acide formique + Acide lactique + CO_2 + H_2	<i>Enterobacter</i>
Acide mixte	Ethanol + Acide lactique + Acide acétique + Acide formique + Acide succinique + CO_2 + H_2	<i>Escherichia</i>

Fermentation homolactique

Il y a fermentation homolactique quand la quantité d'acide lactique est tres supérieure a celle des autres produits formés (de l'ordre de 80% des sucres fermentés).

Fermentation hétérolactique

La fermentation hétérolactique produit de l'acide lactique, de l'éthanol et du CO_2 , quasiment en relation stoechiométrique, (les trois molécules en quantité supérieure à 80% des sucres fermenté), on obtient également de l'acide acétique et du glycérol.

Fermentation malolactique

La fermentation malolactique est la transformation de l'acide malique en acide lactique par l'intermédiaire de bactéries lactiques. Elle permet une stabilisation et un assouplissement du vin, par une diminution de l'acidité, particulièrement recherchés pour la vinification du vin rouge. Elle intervient généralement après la fermentation alcoolique et provoque un dégagement de gaz carbonique.

CULTURE ET NUTRITION DE BACTERIES

Ensemencement de bactéries par stries transversales sur un milieu de culture solide en tube (gélose nutritive inclinée) et incubation à 37°C .

Le poste de travail. La paillasse est constituée d'un matériau résistant, lisse et qui peut facilement être désinfectée par lavage à l'eau de Javel.

- Un bec Bunsen allumé en flamme chauffante durant toutes les manipulations, permet de maintenir localement les conditions d'asepsie.
- Dans un premier récipient en verre, sont disposés les instruments usuels: pipettes Pasteur, fils à ensemencer, pinces à coton, crayon marqueur. Un second récipient, contenant de l'eau de Javel, est destiné à la décontamination des pipettes usagées.
- Il est nécessaire un portoir sur lequel sont disposés les tubes des cultures bactériennes et les tubes des différents milieux stériles à être ensemencés.

La technique d'ensemencement.

- Il faut stériliser d'abord l'œse par flambage, et la laisser refroidir au voisinage de la flamme du bec Bunsen (œse tenue dans la main droite).
- Il faut prendre le tube contenant la culture bactérienne dans la main gauche, dévisser le bouchon en le maintenant entre l'auriculaire et la paume de la main droite, flamber l'orifice du tube par rotation rapide dans la flamme.
- A l'aide de l'œse refroidie, il faut effleurer la surface du milieu de culture: l'œse est ainsi chargée en bactéries.
- Après un nouveau flambage de l'orifice, il faut reboucher le tube de culture et le reposer sur le portoir.
- Le tube contenant le milieu de culture stérile est alors ouvert de la même façon. L'œse est introduite au fond du tube sans toucher ni le milieu ni les parois. La culture microbienne est ensuite déposée sur la pente du milieu par stries transversales.

- Une fois le milieuensemencé, le tube est fermé après flambage de l'orifice et l'œse stérilisée.

Après ensemencement, les milieux sont incubés à température convenable.

La série de milieuxensemencés est incubée à l'étuve, à 37°C en général.

L'étuve est une enceinte métallique dont la température est maintenue constante par un système de thermostat.

Les étuves bactériologiques possèdent une porte métallique et une porte vitrée (permettant l'observation sans ouverture complète de l'enceinte), et un système de contrôle de la température (thermostat et thermomètre de contrôle).

Une bactérie déposée sur un milieu nutritif se multiplie rapidement et donne naissance, après 24 heures d'incubation à 37°C, à une « colonie », c'est-à-dire un amas de milliards de bactéries-filles identiques.

La technique d'isolement.

Le milieu de culture stérile est contenu dans une boîte elle-même stérile (boîte de Pétri en verre ou en plastique - dans ce dernier cas : récipient à usage unique -).

Les précautions d'asepsie sont respectées en travaillant au voisinage du bec Bunsen allumé et en maintenant la boîte entrouverte pendant l'ensemencement.

Le dépôt se fait à partir d'une suspension bactérienne en effleurant le milieu de culture par stries transversales avec l'œse ou la pipette Pasteur chargées.

Les techniques d'isolement ont pour but :

Soit de séparer les différentes espèces d'un mélange de bactéries.

Soit de contrôler la pureté d'une culture bactérienne.

LE VIRUS

Les Virus contiennent de l'ADN ou de l'ARN

Et une capsid

Quelques uns sont entourés par une enveloppe

Quelques uns ont des spicules

La plupart des virus infectent seulement un type spécifique de cellules dans un hôte donné

Le type d'hôte est déterminé par des sites spécifiques et des facteurs cellulaires

Structure des Virus

Tous les virions, même ceux qui possèdent d'autres constituants sont construits autour d'une nucléocapside centrale. Celle-ci est composée d'un acide nucléique ADN ou ARN, enfermé dans une capsid protéique. Il existe quatre types de capsides :

Les capsides de forme icosaédrique. Un icosaèdre est un polyèdre régulier avec vingt faces triangulaires équilatérales et douze sommets (Adénovirus).

Les capsides hélicoïdales. Elles forment un cylindre protéique creux. Elles sont rigides ou flexibles (Mosaïque du tabac).

Les capsides enveloppées. L'enveloppe est une couche membranaire, souvent hérissée de spicules, qui confère au virus une forme sphérique, même si la capsid est hélicoïdale ou icosaédrique (Virus de la grippe).

Les capsides complexes. Ces capsides présentent une symétrie qui n'est ni complètement icosaédrique, ni complètement hélicoïdale. Ces capsides peuvent porter des queues (Bactériophages) ou des parois complexes multicouches (Poxvirus de la vaccine).

Classification des Virus

Le nom de la famille se termine par : -viridae

Le nom du Genre se termine par : -virus

Des noms communs sont utilisés pour l'espèce (même information génétique et niche écologique [hôte])

Les sous-espèces sont désignées par des nombres

Exemples :

Famille	Herpesviridae	Retroviridae
Genre	Herpesvirus	Lentivirus
Nom commun	Herpes Humain Virus 1, HHV 2, HHV 3	Virus de l'Immunodéficience Humaine 1, HIV 2

Les virus doivent se développer dans les cellules vivantes.

Les Bactériophages forment des plaques dans un tapis de bactéries.

Les virus d'animaux peuvent être cultivés sur des animaux vivants ou sur des oeufs embryonnaires.

Les virus d'animaux et des plantes peuvent être cultivés sur des suspensions cellulaires animales ou végétales.

Des lignées cellulaires peuvent être maintenues indéfiniment.

