



MICROBIOLOGIE

Bactériologie, virologie, mycologie et parasitologie

CRMEF

Département : Sciences de la Vie et de la Terre

Module : Biologie/Microbiologie

Volume horaire : 6 heures

Enseignant : Nouzha Chahboune

Année universitaire : 2025/2026

SOMMAIRE

Objectifs généraux du cours	11
Organisation du module	11
Introduction générale	12
Chapitre I — Le monde microbien	13
1. Définition de la microbiologie	12
2. Bref historique	12
3. Place des microorganismes dans le monde vivant	12
4. Microorganismes utiles, nuisibles et commensaux	14
4.1 Microorganismes utiles	14
4.2 Microorganismes nuisibles : aperçu général	14
4.3 Microorganismes commensaux	14
4.4 Bactéries d'intérêt agroalimentaire	15
4.4.1 Fermentation lactique	16
4.4.2 Fermentation propionique	16
4.4.3 Oxydation acétique	16
4.4.4 Autres applications industrielles	16
4.5 Bactéries pathogènes pour l'être humain	16
4.5.1 Pathogènes stricts, opportunistes et commensaux devenus pathogènes	18
4.5.2 Principales voies de transmission	18
4.5.3 De la colonisation à la maladie	19
Chapitre II — Classification microbienne et taxonomie bactérienne	20
1. Objectifs de la classification	20
2. Classification phénétique	20
3. Classification géotypique	20

3.1 Coefficient de Chargaff ou GC %	20
3.2 Hybridation ADN–ADN	20
3.3 Étude des ARN ribosomaux	21
4. Taxonomie numérique	21
5. Manuel de Bergey	21
6. Phylogénie moléculaire et phylogénomique	21
7. Génome cœur, génome accessoire et pangénome	21
8. Classification virale : logique de Baltimore	21
Chapitre III — La cellule bactérienne	23
1. Définition	23
2. Techniques d’observation	23
3. Morphologie cellulaire	23
4. Taille bactérienne	24
5. Éléments constants et inconstants	24
5.1 Éléments constants	24
5.2 Éléments inconstants	24
6. Membrane plasmique	24
7. Cytoplasme et ribosomes	24
8. Nucléoïde	25
9. Plasmides	25
10. Capsule	25
11. Pili, fimbriae et flagelles	25
12. Spore bactérienne	25
Chapitre IV — Structure des enveloppes bactériennes	26
1. Paroi bactérienne	26

2. Composition chimique du peptidoglycane	26
3. Fonctions de la paroi	26
4. Enveloppe Gram positive	26
5. Enveloppe Gram négative	26
6. Enveloppe mycobactérienne	26
6.1 Conséquences physiopathologiques de l'enveloppe mycobactérienne	27
Chapitre V — Nutrition et croissance bactérienne	28
1. Besoins élémentaires	28
1.1 Eau	28
1.2 Source d'énergie	28
1.3 Source de carbone	28
1.4 Source d'azote	28
1.5 Oligoéléments	25
2. Types trophiques	28
2.1 Fermentations bactériennes et applications agroalimentaires	28
3. Facteurs environnementaux	29
3.1 Température	29
3.2 pH	29
3.3 Pression osmotique	29
3.4 Besoins gazeux	29
4. Croissance bactérienne	29
5. Mesure de la croissance	29
6. Courbe de croissance	30
7. Paramètres de croissance	30
8. Phénomène de diauxie	30

Chapitre VI — Quorum sensing, biofilms et résistance	32
1. Quorum sensing	32
2. Biofilms	32
3. Étapes de formation d'un biofilm	32
4. Résistance aux antibiotiques	33
5. Transfert horizontal de gènes	33
Chapitre VII — Virologie intégrative	34
1. Définition d'un virus	34
2. Cycle viral général	34
3. Virus à ADN	34
4. Virus à ARN	34
5. Rétrovirus : VIH	34
6. Virus à ARN segmenté : influenza	35
7. Oncogenèse virale	35
Chapitre VIII — Mycologie et parasitologie	36
1. Champignons microscopiques	36
2. Candida albicans	36
3. Cryptococcus neoformans	36
4. Plasmodium	36
5. Trypanosoma brucei	37
Chapitre IX — Travaux dirigés	38
TD 1 — Identification d'une souche inconnue par galerie biochimique	38
Données cliniques	38
Culture	38
Galerie biochimique	38

Questions	38
Correction	38
Interprétation clinique : espèce, souche et site anatomique	39
TD 2 — Antibiotogramme	39
Résultats expérimentaux	39
Interprétation du profil de sensibilité	40
TD 3 — Calcul de la concentration minimale inhibitrice	40
Résultats de microdilution	40
Détermination de la CMI	40
Auto-évaluation	41
Synthèse finale	41

LISTE DES FIGURES

Figure	Titre et légende	
1	Bactéries et transformations agroalimentaires Les bactéries transforment les substrats alimentaires en acides organiques, gaz et composés aromatiques responsables de la conservation, de la texture et du goût des produits fermentés.	15
2	Bactéries pathogènes : voies de transmission et organes cibles Les infections bactériennes dépendent de la voie d'entrée et du site anatomique atteint. Une même espèce peut avoir des effets différents selon la souche, la porte d'entrée et le compartiment colonisé.	17
3	Classification de Baltimore Les virus sont classés selon la nature de leur génome et la stratégie utilisée pour produire un ARN messager. Tous les groupes convergent vers la synthèse d'un ARNm traduisible par la cellule hôte.	22
4	Techniques d'observation des microorganismes Comparaison de la microscopie optique, de la microscopie à fluorescence et de la microscopie électronique. Chaque technique apporte un niveau différent d'information sur la morphologie, la localisation moléculaire ou l'ultrastructure.	23
5	Organisation générale d'une cellule bactérienne Représentation schématique des éléments constants de la cellule bactérienne et de plusieurs éléments facultatifs impliqués dans la motilité, l'adhésion, la résistance ou l'adaptation.	25
6	Comparaison des enveloppes Gram positive, Gram négative et mycobactérienne Les bactéries Gram positives possèdent un peptidoglycane épais, les Gram négatives une membrane externe contenant du LPS, et les mycobactéries une mycomembrane riche en acides mycoliques. Ces différences influencent la coloration, la perméabilité et la sensibilité aux antibiotiques.	27
7	Courbe de croissance bactérienne en culture discontinue Une culture bactérienne fermée traverse successivement une phase de latence, une phase exponentielle, une phase stationnaire et une phase de déclin.	30
8	Diauxie lors de l'utilisation successive du glucose et du lactose En présence de glucose et de lactose, la bactérie utilise d'abord le glucose. Une pause diauxique permet ensuite l'induction des enzymes nécessaires à l'utilisation du lactose.	31
9	Quorum sensing chez les bactéries Gram négatives À faible densité, les autoinducteurs restent peu concentrés. À forte densité, leur accumulation active collectivement l'expression de gènes impliqués dans la virulence, le biofilm ou d'autres comportements coordonnés.	32
10	Étapes de formation d'un biofilm La formation d'un biofilm comprend une adhésion réversible, une adhésion irréversible, la formation de microcolonies, la maturation de la structure et la dispersion de cellules.	32
11	Transfert horizontal de gènes La transformation correspond à l'acquisition d'ADN libre, la transduction à un transfert médié par un bactériophage et la conjugaison à un transfert direct de plasmide entre bactéries.	33

12	Cycle viral général Le cycle viral comporte généralement l'attachement, l'entrée, la décapsidation, l'expression des gènes, la réplication du génome, l'assemblage des virions et leur libération.	34
13	Cycle de réplication du VIH Le VIH se fixe aux cellules CD4, fusionne avec leur membrane, réalise une transcription inverse, intègre son ADN sous forme de provirus, puis produit de nouveaux virions qui mûrissent après bourgeonnement.	35
14	Réassortiment génétique du virus influenza Lorsqu'une même cellule est infectée par deux virus influenza différents, les segments génomiques peuvent être redistribués dans les virions descendants et produire de nouvelles combinaisons.	35
15	Transition levure-hyphes de Candida albicans Candida albicans peut passer de la forme levure à la forme pseudo-hyphale puis hyphale. Cette transition favorise l'adhésion, l'invasion tissulaire et la virulence.	36
16	Capsule de Cryptococcus neoformans La capsule polysaccharidique de Cryptococcus neoformans limite la phagocytose, favorise la persistance dans l'hôte et participe à la résistance au stress oxydatif.	36
17	Cycle de vie de Plasmodium Le cycle alterne entre l'être humain et le moustique Anopheles. Il comprend une phase hépatique, une phase sanguine et une phase sexuée chez le vecteur.	37
18	Variation antigénique de Trypanosoma brucei Les vagues successives de parasitémie correspondent à l'expression de variants antigéniques VSG différents, permettant au parasite d'échapper progressivement aux anticorps.	37
19	Galerie biochimique d'identification bactérienne Les résultats positifs et négatifs des tests métaboliques forment un profil biochimique qui est comparé à une base de données afin de proposer une identification bactérienne.	38

OBJECTIFS GÉNÉRAUX DU COURS

Ce cours présente la microbiologie comme une discipline intégrative reliant la structure cellulaire, la phylogénie, le métabolisme, la génétique, l'écologie, la physiopathologie et l'évolution. L'objectif n'est pas seulement d'apprendre à reconnaître des microorganismes, mais de comprendre comment leur organisation biologique explique leur survie, leur virulence, leur adaptation, leur transmission et leur sensibilité ou résistance aux agents antimicrobiens.

À la fin du module, l'étudiant doit être capable de :

1. Expliquer l'évolution des classifications microbiennes, depuis les critères phénotypiques jusqu'à la phylogénie moléculaire.
2. Comparer les enveloppes bactériennes Gram positives, Gram négatives et mycobactériennes.
3. Relier la paroi bactérienne à la coloration, à l'immunogénicité, à la virulence et à l'action des antibiotiques.
4. Décrire les éléments constants et inconstants de la cellule bactérienne.
5. Expliquer les besoins nutritionnels, les types trophiques, les facteurs environnementaux et les paramètres de croissance bactérienne.
6. Interpréter une courbe de croissance bactérienne, y compris le phénomène de diauxie.
7. Décrire le quorum sensing, les biofilms et les mécanismes de transfert horizontal de gènes.
8. Expliquer les cycles de réplication des virus à ADN, ARN, rétrovirus et virus à ARN segmenté.
9. Comprendre les interactions hôte-virus, la latence, l'échappement immunitaire et l'oncogenèse virale.
10. Décrire les mécanismes de virulence fongique et les cycles parasitaires complexes.
11. Identifier une souche inconnue à partir d'observations morphologiques, de tests biochimiques, d'une galerie biochimique, d'un antibiogramme et d'une CMI.

ORGANISATION DU MODULE

Séquence	Durée indicative	Contenu
Séquence 1	45 min	Monde microbien, historique, classification, phylogénie moléculaire
Séquence 2	1 h 30	Cellule bactérienne, enveloppes, nutrition, croissance, métabolisme
Séquence 3	1 h	Quorum sensing, biofilms, résistance aux antibiotiques, transfert horizontal
Séquence 4	1 h 15	Virologie : cycles complexes, rétrovirus, virus segmentés, oncogenèse
Séquence 5	45 min	Mycologie et parasitologie : virulence et cycles complexes
Séquence 6	1 h 30	Travaux dirigés : souche inconnue, galerie biochimique, antibiogramme, CMI

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La microbiologie étudie des organismes ou entités biologiques de très petite taille : bactéries, archées, champignons microscopiques, protozoaires, algues microscopiques et virus. Ces formes biologiques sont invisibles à l'œil nu dans la majorité des cas, mais elles jouent un rôle majeur dans la biosphère, la santé humaine, l'agriculture, l'industrie et l'évolution du vivant.

Les microorganismes ne sont pas uniquement des agents pathogènes. Beaucoup sont indispensables aux cycles biogéochimiques, à la digestion, à la fermentation alimentaire, à la dépollution, à la production de molécules d'intérêt et au fonctionnement des écosystèmes. D'autres sont pathogènes pour l'homme, les animaux ou les plantes. Certains sont commensaux : ils vivent avec l'hôte sans provoquer de maladie tant que l'équilibre écologique est maintenu.

La microbiologie intégrative cherche donc à comprendre les microorganismes comme des systèmes biologiques dynamiques, capables de s'adapter rapidement à leur environnement. Les bactéries échangent des gènes, modifient leur métabolisme, forment des biofilms et communiquent chimiquement. Les virus détournent la machinerie cellulaire et peuvent établir des infections aiguës, chroniques ou latentes. Les champignons opportunistes exploitent les failles de l'immunité. Les parasites protozoaires développent des cycles complexes impliquant plusieurs hôtes et plusieurs formes morphologiques.

CHAPITRE I — LE MONDE MICROBIEN

1. Définition de la microbiologie

La microbiologie est la science qui étudie les microorganismes, c'est-à-dire des êtres vivants ou entités biologiques généralement invisibles à l'œil nu. Elle comprend plusieurs branches :

Branche	Objet d'étude
Bactériologie	Bactéries et archées
Virologie	Virus et particules virales
Mycologie	Champignons microscopiques, levures, moisissures
Parasitologie	Protozoaires et parasites microscopiques
Immunomicrobiologie	Interactions entre microorganismes et système immunitaire
Microbiologie industrielle	Utilisation des microorganismes en production
Microbiologie environnementale	Rôle des microbes dans les écosystèmes

2. Bref historique

La microbiologie s'est construite progressivement autour de plusieurs ruptures conceptuelles. Antonie van Leeuwenhoek observe au XVII^e siècle des "animalcules" grâce à des microscopes simples. Cette observation ouvre la voie à la découverte du monde microbien. Au XIX^e siècle, Louis Pasteur démontre le rôle des microorganismes dans les fermentations et réfute la génération spontanée. Robert Koch établit une méthode permettant d'associer un microorganisme à une maladie infectieuse donnée. Les postulats de Koch deviennent une base fondatrice de la bactériologie médicale.

Au XX^e siècle, la microbiologie se transforme avec la découverte des antibiotiques, la culture cellulaire, la virologie moderne, la microscopie électronique, la génétique bactérienne et la biologie moléculaire. Au XXI^e siècle, la génomique, la métagénomique, la phylogénomique et la biologie des systèmes permettent d'étudier les microbes non plus seulement isolément, mais comme des populations, des communautés et des réseaux évolutifs.

3. Place des microorganismes dans le monde vivant

Les microorganismes appartiennent à plusieurs grands ensembles biologiques.

Groupe	Organisation	Exemple
Bactéries	Procaryotes cellulaires	Escherichia coli, Bacillus subtilis
Archées	Procaryotes cellulaires particuliers	Methanococcus, Halobacterium
Champignons microscopiques	Eucaryotes	Candida albicans, Aspergillus fumigatus
Protozoaires	Eucaryotes unicellulaires	Plasmodium, Trypanosoma
Virus	Entités acellulaires	VIH, influenza, papillomavirus

Les bactéries et archées sont des procaryotes : elles ne possèdent pas de noyau délimité par une enveloppe nucléaire. Les champignons et protozoaires sont des eucaryotes : ils possèdent un noyau, des organites et une organisation cellulaire plus compartimentée. Les virus ne sont pas des cellules ; ils dépendent d'un hôte pour se répliquer.

4. Microorganismes utiles, nuisibles et commensaux

4.1 Microorganismes utiles

Les microorganismes utiles participent aux cycles de la matière, à la digestion, à la fermentation, à la production de molécules et à la dépollution.

Catégorie	Rôle	Exemples
Décomposeurs	Dégradent la matière organique morte	Bacillus, Pseudomonas
Symbiotiques	Vivent en association bénéfique avec un hôte	Rhizobium, Lactobacillus
Industriels	Produisent aliments, enzymes, acides organiques	Lactobacillus, Streptococcus, Acetobacter
Bioremédiateurs	Dégradent des polluants	Pseudomonas dégradant hydrocarbures

Les bactéries du genre *Rhizobium* vivent dans les nodules des légumineuses et fixent l'azote atmosphérique. Les *Lactobacillus* et *Bifidobacterium* participent à l'équilibre du microbiote intestinal et à certaines fermentations alimentaires.

4.2 Microorganismes nuisible : aperçu général

Certains microorganismes provoquent des maladies chez l'être humain, les animaux ou les plantes. Leur pouvoir pathogène dépend de la souche, de la porte d'entrée, du site anatomique, de la dose infectieuse et de l'état immunitaire de l'hôte. Les principales bactéries pathogènes pour l'être humain sont présentées en détail dans la section 4.5.

4.3 Microorganismes commensaux

Les microorganismes commensaux vivent sur ou dans l'hôte sans provoquer de maladie. Ils peuvent devenir opportunistes si les barrières anatomiques sont rompues ou si l'immunité est affaiblie. *Staphylococcus epidermidis*, par exemple, est fréquent sur la peau, mais peut devenir problématique s'il colonise un cathéter ou pénètre dans le sang.

À retenir

Un microorganisme n'est pas intrinsèquement "bon" ou "mauvais". Son effet dépend de l'espèce, de la souche, du site anatomique, de l'état immunitaire de l'hôte et du contexte écologique.

4.4 Bactéries d'intérêt agroalimentaire

Les bactéries occupent une place centrale dans les transformations agroalimentaires. Elles modifient les propriétés chimiques, organoleptiques et microbiologiques des matières premières. Les fermentations qu'elles réalisent contribuent à la conservation des aliments, à la formation des arômes, à l'acidification, à la texture et, dans certains cas, à l'amélioration de la digestibilité. La fermentation repose sur l'utilisation de substrats organiques, notamment les glucides, et sur leur transformation en produits comme l'acide lactique, l'acide acétique, le dioxyde de carbone ou divers composés aromatiques.

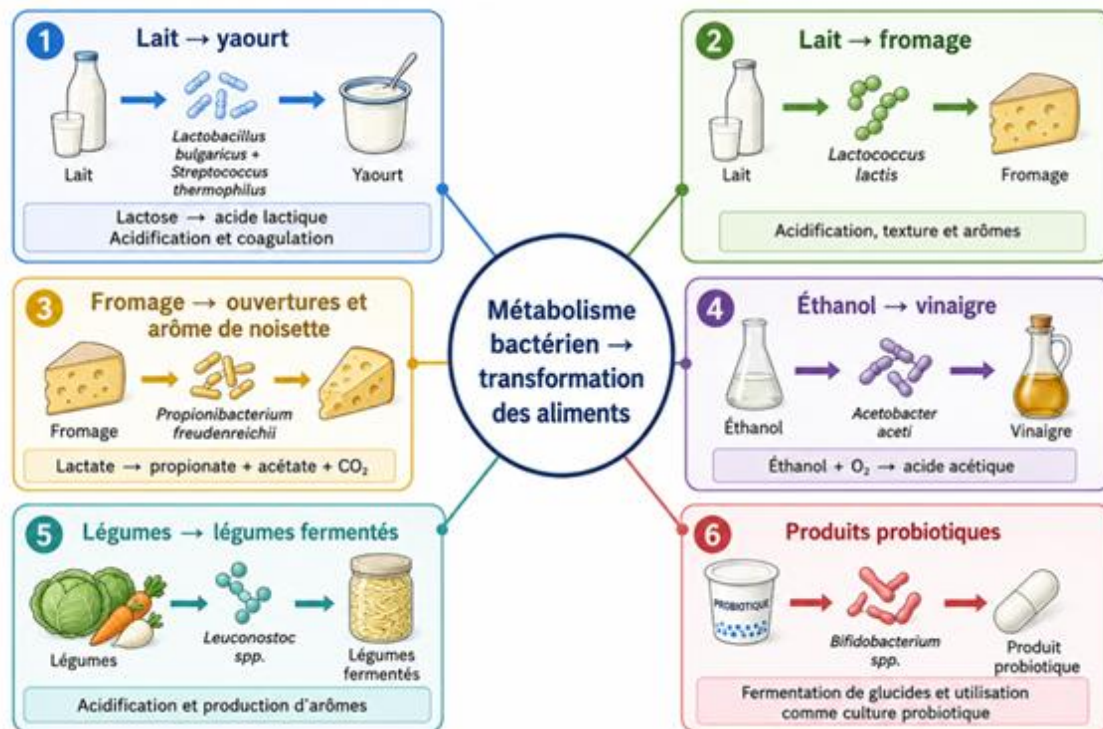


Figure 1 – Bactéries et transformations agroalimentaires

Bactérie ou association bactérienne	Activité principale	Produits ou applications
<i>Lactobacillus bulgaricus</i> et <i>Streptococcus thermophilus</i>	Fermentation du lactose et production d'acide lactique	Yaourt et laits fermentés
<i>Lactococcus lactis</i>	Acidification, production de composés aromatiques et participation à la maturation	Fromages, beurre et crème fermentée
<i>Propionibacterium freudenreichii</i>	Fermentation produisant notamment du propionate et du CO ₂	Emmental et Gruyère ; formation des ouvertures et d'arômes caractéristiques
<i>Acetobacter aceti</i>	Oxydation de l'éthanol en acide acétique en présence d'oxygène	Vinaigre

<i>Leuconostoc</i> spp.	Fermentation lactique hétérofermentaire des végétaux	Choucroute, légumes fermentés et cornichons
<i>Bifidobacterium</i> spp.	Fermentation de glucides et utilisation comme culture probiotique dans certains produits	Laits fermentés, produits probiotiques et certaines préparations infantiles

4.4.1 Fermentation lactique

Les bactéries lactiques produisent principalement de l'acide lactique à partir des glucides. L'acidification entraîne plusieurs effets :

- limitation de la croissance de nombreux microorganismes indésirables ;
- coagulation des protéines du lait ;
- modification de la texture ;
- formation d'arômes ;
- prolongation de la conservation.

Dans la fabrication du yaourt, les deux bactéries utilisées agissent en association. Leur activité combinée accélère l'acidification et participe à la production des caractéristiques aromatiques et texturales du produit.

4.4.2 Fermentation propionique

Dans certains fromages, *Propionibacterium freudenreichii* transforme notamment le lactate en propionate, acétate et dioxyde de carbone. Le CO₂ s'accumule dans la pâte et contribue à la formation des ouvertures caractéristiques de certains fromages à pâte pressée cuite.

4.4.3 Fermentation acétique

Les bactéries acétiques oxydent l'éthanol en acide acétique. Contrairement à une fermentation strictement anaérobie, cette transformation nécessite de l'oxygène. Elle constitue l'étape microbiologique essentielle de la production du vinaigre.

4.4.4 Autres applications industrielles

Certaines bactéries sont utilisées pour produire :

- de l'acide lactique employé comme additif alimentaire ;
- des vitamines du groupe B ;
- des acides aminés ;
- des enzymes ;
- des arômes ;
- des polysaccharides améliorant la texture des aliments.

À retenir

Les bactéries agroalimentaires ne servent pas uniquement à transformer les aliments. Elles contribuent aussi à leur conservation, à leur sécurité microbiologique, à leur valeur sensorielle et parfois à leur valeur nutritionnelle.

4.5 Bactéries pathogènes pour l'être humain

Une bactérie pathogène est capable de provoquer une maladie chez un hôte. Le pouvoir pathogène dépend de plusieurs facteurs :

- l'espèce et la souche bactérienne ;
- la présence de facteurs de virulence ;
- la porte d'entrée ;
- la dose infectieuse ;

- le site anatomique atteint ;
- l'état immunitaire de l'hôte ;
- la présence éventuelle de dispositifs médicaux ou de lésions tissulaires.

Les bactéries pathogènes peuvent être classées selon leur mode de transmission, leur organe cible ou le mécanisme de la maladie.

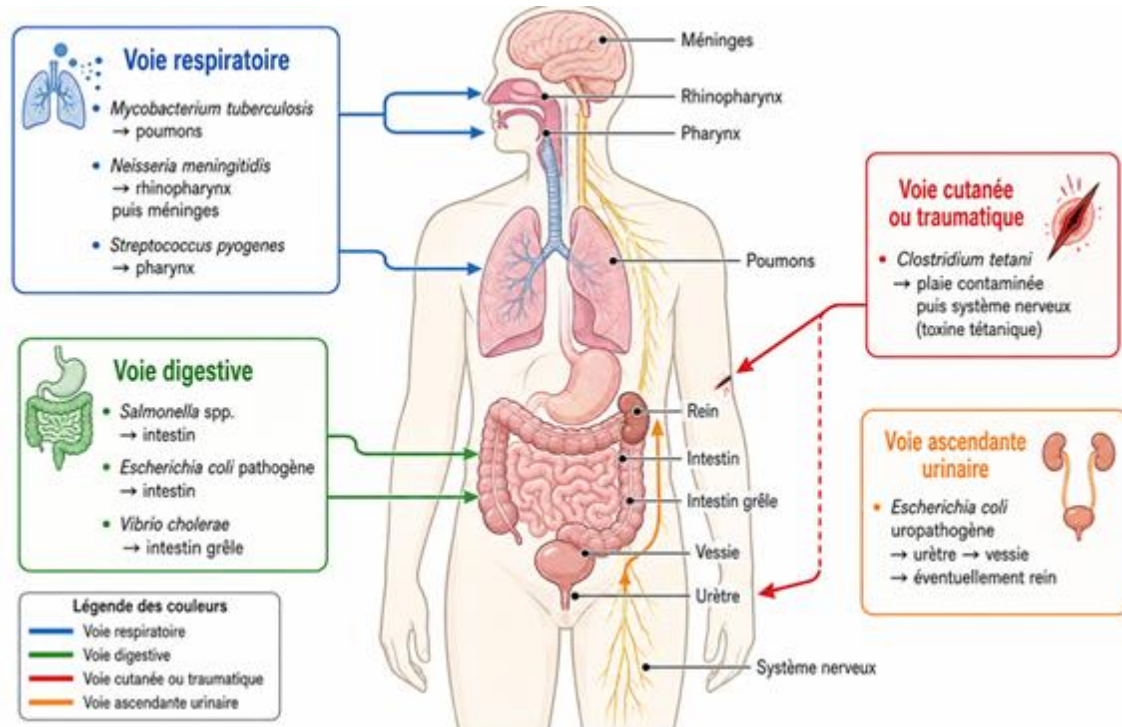


Figure 2 – Bactéries pathogènes : voies de transmission et organes cibles

Maladie ou syndrome	Agent bactérien fréquent	Mode de transmission ou porte d'entrée	Manifestations principales
Tuberculose	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Aérosols et gouttelettes respiratoires	Toux persistante, fièvre, sueurs nocturnes, amaigrissement
Gastro-entérites et infections alimentaires	<i>Salmonella</i> spp. et certaines souches pathogènes d' <i>Escherichia coli</i>	Aliments ou eau contaminés	Diarrhée, douleurs abdominales, vomissements et fièvre variable
Angine et scarlatine	<i>Streptococcus pyogenes</i>	Gouttelettes respiratoires et contact rapproché	Mal de gorge, fièvre, inflammation amygdalienne et parfois éruption cutanée
Méningococcie	<i>Neisseria meningitidis</i>	Gouttelettes respiratoires et contact étroit	Fièvre, céphalées, raideur de nuque et parfois purpura

Choléra	<i>Vibrio cholerae</i>	Eau ou aliments contaminés	Diarrhée aqueuse massive et déshydratation
Tétanos	<i>Clostridium tetani</i>	Contamination d'une plaie par des spores présentes dans l'environnement	Contractures et spasmes musculaires
Infection urinaire	Le plus souvent certaines souches uropathogènes d' <i>Escherichia coli</i>	Ascension depuis la région périnéale vers les voies urinaires	Brûlures mictionnelles, pollakiurie et parfois fièvre

4.5.1 Pathogènes stricts, opportunistes et commensaux devenus pathogènes

Tous les agents infectieux ne possèdent pas la même relation avec l'hôte.

Pathogènes capables de provoquer une maladie chez un hôte sain

Certaines bactéries possèdent des facteurs de virulence leur permettant d'envahir les tissus, de produire des toxines ou d'échapper à l'immunité. C'est notamment le cas de *Vibrio cholerae*, *Mycobacterium tuberculosis* ou de certaines souches de *Salmonella*.

Pathogènes opportunistes

Une bactérie opportuniste provoque surtout une maladie lorsque les défenses de l'hôte sont affaiblies, lorsqu'une barrière anatomique est rompue ou lorsqu'elle atteint un site normalement stérile. Les cathéters, prothèses, brûlures, interventions chirurgicales et immunodépresseurs favorisent ce type d'infection.

Microbiote et changement de site anatomique

Certaines bactéries vivent normalement dans le microbiote sans provoquer de maladie. Elles peuvent néanmoins devenir pathogènes lorsqu'elles atteignent un autre compartiment anatomique. *Escherichia coli* constitue un exemple important. De nombreuses souches vivent dans l'intestin sans provoquer de maladie. Toutefois :

- certaines souches possèdent des facteurs de virulence intestinale ;
- certaines souches uropathogènes peuvent coloniser les voies urinaires ;
- une bactérie intestinale introduite dans le sang ou la cavité péritonéale peut provoquer une infection sévère.

Il est donc incorrect de considérer toutes les souches d'une même espèce comme biologiquement équivalentes.

4.5.2 Principales voies de transmission

Voie de transmission	Exemples
Respiratoire	Tuberculose, méningococcie, angine streptococcique
Digestive	Choléra, salmonellose, certaines infections à <i>E. coli</i>
Cutanée ou traumatique	Tétanos, infections de plaies
Ascendante	Infections urinaires
Hématogène	Diffusion secondaire par le sang
Iatrogène	Cathéters, chirurgie, dispositifs invasifs

4.5.3 De la colonisation à la maladie

Le développement d'une infection peut être présenté comme une succession d'étapes :

1. exposition à la bactérie ;
2. adhésion à une surface ou à un tissu ;
3. colonisation ;
4. multiplication ;
5. invasion ou production de toxines ;
6. réponse inflammatoire ;
7. symptômes et lésions ;
8. élimination, persistance ou dissémination.

À retenir

La présence d'une bactérie ne signifie pas systématiquement maladie. Il faut distinguer contamination, colonisation, portage asymptomatique et infection véritable.

CHAPITRE II — CLASSIFICATION MICROBIENNE ET TAXONOMIE BACTÉRIENNE

1. Objectifs de la classification

La classification permet de nommer, comparer, identifier et organiser les microorganismes. Elle répond à trois objectifs :

1. ****Taxonomie**** : organiser les organismes en groupes hiérarchisés.
2. ****Nomenclature**** : attribuer des noms scientifiques selon des règles internationales.
3. ****Identification**** : déterminer à quel taxon appartient une souche inconnue.

2. Classification phénétique

La classification phénétique repose sur les caractères observables : morphologie, coloration de Gram, mobilité, métabolisme, conditions de croissance et tests biochimiques.

Critère	Exemple
Morphologie	Coque, bacille, spirille
Arrangement	Chaînes, amas, diplocoques
Coloration	Gram positif, Gram négatif
Respiration	Aérobie, anaérobie, microaérophile
Tests enzymatiques	Catalase, oxydase, coagulase
Tests métaboliques	Fermentation du lactose, indole, citrate

Cette méthode reste utile au laboratoire, mais elle peut être trompeuse sur le plan évolutif. Deux bactéries peuvent se ressembler phénotypiquement sans être proches phylogénétiquement.

3. Classification génotypique

La classification génotypique repose sur la comparaison du matériel génétique.

3.1 Coefficient de Chargaff ou GC%

Le GC% correspond au pourcentage de guanine et cytosine dans l'ADN total.

$$GC\% = [(G + C) / (A + T + G + C)] \times 100$$

Deux bactéries très différentes ont rarement exactement le même GC%, mais un GC% proche ne suffit pas à démontrer une parenté étroite. Ce critère est donc un indicateur global, mais insuffisant seul.

3.2 Hybridation ADN/ADN

L'hybridation ADN/ADN compare la similarité globale entre deux génomes. Les ADN des deux organismes sont dénaturés, puis on mesure leur capacité à s'hybrider. Historiquement, un seuil élevé d'hybridation a été utilisé pour définir des espèces bactériennes proches.

Cette méthode a été largement remplacée par les comparaisons génomiques modernes, mais elle reste importante historiquement pour comprendre l'évolution de la taxonomie bactérienne.

3.3 Étude des ARN ribosomaux

L'étude de l'ARN ribosomique 16S a révolutionné la classification bactérienne. Cette molécule est universelle chez les procaryotes, suffisamment conservée pour comparer des groupes éloignés, mais suffisamment variable pour distinguer des lignées.

L'analyse des ARNr a conduit à la distinction fondamentale entre Bacteria, Archaea et Eukarya.

4. Taxonomie numérique

La taxonomie numérique consiste à analyser un grand nombre de caractères phénotypiques ou moléculaires et à calculer des indices de similarité entre souches. Les résultats peuvent être représentés sous forme de dendrogrammes. Cette approche a préparé le terrain aux méthodes informatiques modernes de classification.

5. Manuel de Bergey

Le manuel de Bergey est une référence classique pour la classification et l'identification des bactéries. Il organise les bactéries selon des critères phénotypiques, physiologiques, écologiques et moléculaires. Il est particulièrement utile pour relier une démarche diagnostique de laboratoire à une classification structurée.

6. Phylogénie moléculaire et phylogénomique

La phylogénie moléculaire compare des séquences d'ADN, d'ARN ou de protéines pour reconstruire les relations évolutives. La phylogénomique va plus loin : elle compare des génomes entiers ou de grands ensembles de gènes.

7. Génome cœur, génome accessoire et pangénome

Concept	Définition	Importance
Génome cœur	Gènes partagés par presque toutes les souches d'un groupe	Fonctions essentielles
Génome accessoire	Gènes présents seulement chez certaines souches	Virulence, résistance, adaptation
Pangénome	Ensemble total des gènes d'un groupe	Plasticité évolutive

Exemple : *Escherichia coli* peut être commensal, uropathogène, entérotoxigène ou entérohémorragique selon son génome accessoire.

8. Classification virale : logique de Baltimore

La classification de Baltimore regroupe les virus selon la manière dont ils produisent un ARN messager.

Groupe	Génome	Stratégie
I	ADN double brin	Transcription en ARNm
II	ADN simple brin	Conversion en ADN double brin
III	ARN double brin	ARN polymérase ARN-dépendante
IV	ARN positif	Génome directement traduisible
V	ARN négatif	Polymérase virale nécessaire
VI	ARN avec transcription inverse	Provirus ADN
VII	ADN avec transcription inverse	Intermédiaire ARN

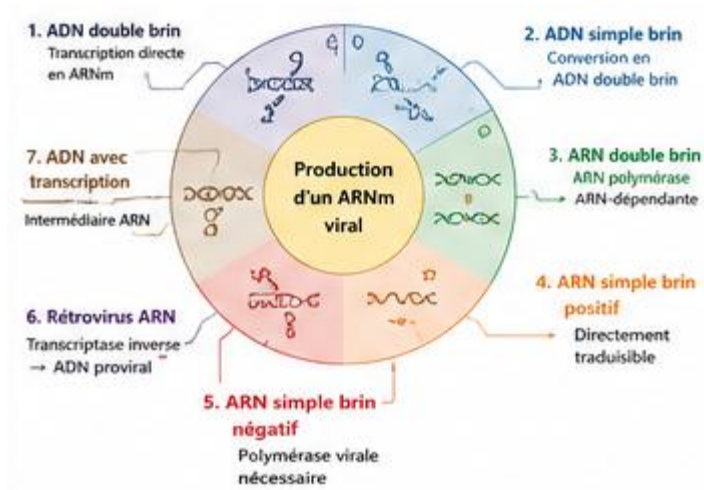


Figure 3 – Classification de Baltimore

CHAPITRE III — LA CELLULE BACTÉRIENNE

1. Définition

La cellule bactérienne est une cellule procaryote. Elle ne possède pas de noyau individualisé, mais un nucléoïde contenant généralement un chromosome circulaire. Elle peut posséder des plasmides, une paroi, une capsule, des pili, des flagelles et parfois des spores.

2. Techniques d'observation

Technique	Utilité
Microscopie optique	Observation générale, coloration
Coloration de Gram	Différenciation Gram+ / Gram-
Coloration de Ziehl-Neelsen	Mycobactéries acido-alcool-résistantes
Microscopie à fluorescence	Localisation de protéines ou d'acides nucléiques
Microscopie électronique	Ultrastructure cellulaire
Contraste de phase	Observation de cellules vivantes non colorées

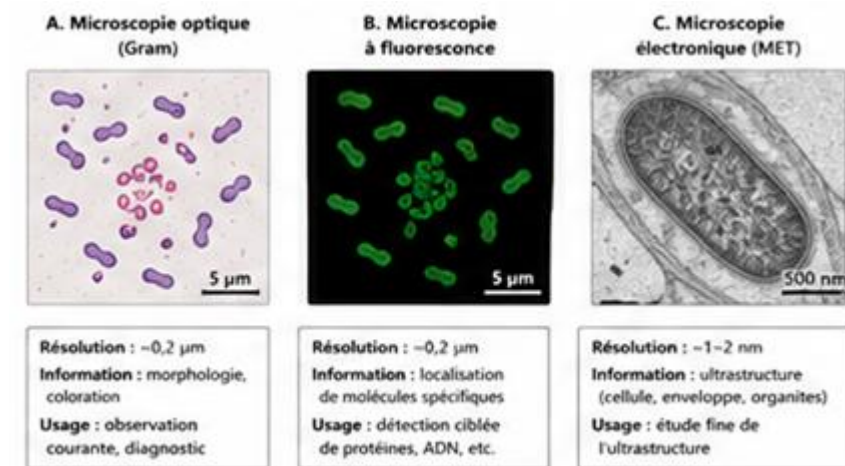


Figure 4 – Techniques d'observation des microorganismes

3. Morphologie cellulaire

Les bactéries présentent plusieurs formes :

Forme	Description	Exemple
Coque	Cellule sphérique	Staphylococcus, Streptococcus
Bacille	Cellule allongée	Escherichia coli, Bacillus
Vibron	Forme incurvée	Vibrio cholerae
Spirille	Forme spiralée rigide	Spirillum
Spirochète	Forme spiralée flexible	Treponema

Les arrangements cellulaires peuvent aussi être informatifs : diplocoques, chaînettes, amas, palissades ou tétrades.

4. Taille bactérienne

La plupart des bactéries mesurent entre 0,5 et 5 μm . Cette petite taille facilite les échanges avec le milieu grâce à un rapport surface/volume élevé.

5. Éléments constants et inconstants

5.1 Éléments constants

Élément	Fonction
Membrane plasmique	Barrière sélective, transport, énergie
Cytoplasme	Milieu des réactions métaboliques
Ribosomes 70S	Traduction des protéines
Nucléoïde	Support principal de l'information génétique
Paroi	Forme et résistance osmotique, sauf exceptions

5.2 Éléments inconstants

Élément	Fonction
Capsule	Protection, adhésion, échappement immunitaire
Plasmides	Gènes accessoires, résistance, virulence
Pili ou fimbriae	Adhésion, conjugaison
Flagelles	Motilité
Spores	Résistance extrême
Inclusions	Réserves métaboliques
Chromatophores	Photosynthèse chez certaines bactéries

6. Membrane plasmique

La membrane plasmique est une bicouche lipidique contenant des protéines. Chez les bactéries, elle assure des fonctions que les eucaryotes répartissent parfois entre différents organites :

- * transport sélectif ;
- * respiration et production d'ATP ;
- * biosynthèse de la paroi ;
- * réception de signaux ;
- * ancrage de complexes enzymatiques.

7. Cytoplasme et ribosomes

Le cytoplasme contient enzymes, métabolites, ARN, ribosomes et inclusions. Les ribosomes bactériens sont de type 70S, composés de sous-unités 30S et 50S. Ils constituent des cibles majeures pour des antibiotiques comme les aminosides, tétracyclines, macrolides et chloramphénicol.

8. Nucléoïde

Le nucléoïde est la région contenant le chromosome bactérien, généralement circulaire et surenroulé. Il n'est pas entouré d'une membrane nucléaire. L'ADN est compacté par des protéines associées au nucléoïde et par le surenroulement.

9. Plasmides

Les plasmides sont des molécules d'ADN extrachromosomiques, souvent circulaires, capables de réplication autonome. Ils peuvent porter des gènes de résistance, de virulence, de métabolisme ou de conjugaison.

10. Capsule

La capsule est une couche externe généralement polysaccharidique. Elle protège contre la phagocytose, favorise l'adhésion et participe à la formation de biofilms.

11. Pili, fimbriae et flagelles

Les pili ou fimbriae sont des appendices courts impliqués dans l'adhésion. Les pili sexuels participent à la conjugaison. Les flagelles permettent la mobilité et la chimiotaxie.

12. Spore bactérienne

Certaines bactéries, comme *Bacillus* et *Clostridium*, produisent des endospores. La spore est une forme de résistance, non une forme de reproduction. Elle résiste à la chaleur, à la dessiccation, aux radiations et à de nombreux agents chimiques.

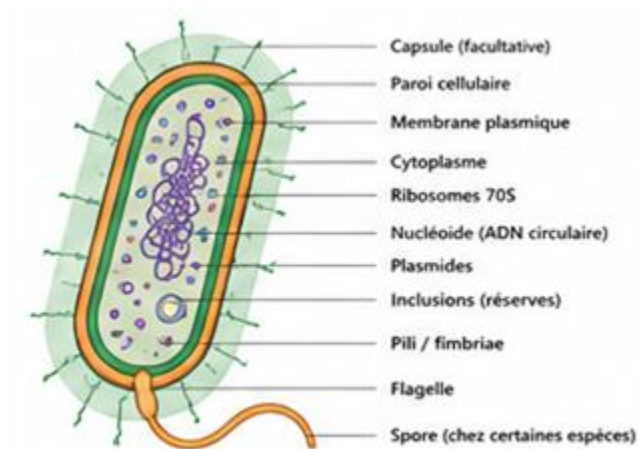


Figure 5 – Organisation Générale d'une cellule bactérienne

CHAPITRE IV — STRUCTURE DES ENVELOPPES BACTÉRIENNES

1. Paroi bactérienne

La paroi bactérienne maintient la forme cellulaire et protège contre la lyse osmotique. Son composant principal chez la majorité des bactéries est le peptidoglycane.

2. Composition chimique du peptidoglycane

Le peptidoglycane est formé de chaînes de N-acétylglucosamine et d'acide N-acétylmuramique reliées par des ponts peptidiques.

3. Fonctions de la paroi

Fonction	Description
Protection osmotique	Empêche l'éclatement de la cellule
Forme	Maintient coque, bacille ou spirille
Division	Sert de structure dynamique pendant la septation
Interaction avec l'hôte	Contient des motifs reconnus par l'immunité
Cible thérapeutique	Cible des β -lactamines, glycopeptides

4. Enveloppe Gram positive

Les Gram positives possèdent une membrane cytoplasmique et une épaisse couche de peptidoglycane contenant des acides téichoïques et lipotéichoïques.

5. Enveloppe Gram négative

Les Gram négatives possèdent une membrane interne, un périplasme, une fine couche de peptidoglycane, une membrane externe et du LPS.

6. Enveloppe mycobactérienne

Les mycobactéries possèdent une enveloppe riche en lipides, avec acides mycoliques, arabinogalactane et peptidoglycane. Cette structure explique leur imperméabilité, leur croissance lente et leur coloration acido-alcool-résistante.

Caractère	Gram +	Gram –	Mycobactérie
Peptidoglycane	Épais	Fin	Présent
Membrane externe	Absente	Présente	Mycomembrane
LPS	Absent	Présent	Absent
Acides mycoliques	Absents	Absents	Présents
Perméabilité	Moyenne	Faible	Très faible

6.1 Conséquences physiopathologiques de l'enveloppe mycobactérienne

La structure très lipidique de l'enveloppe de *Mycobacterium tuberculosis* contribue à sa faible perméabilité et limite l'entrée de nombreuses molécules hydrophiles. Cette barrière participe à la résistance intrinsèque de la bactérie à plusieurs agents chimiques et complique l'action des antibiotiques.

La richesse en acides mycoliques, l'organisation de la mycomembrane et la croissance lente de la bactérie contribuent également à la nécessité de traitements prolongés et associés. *Mycobacterium tuberculosis* constitue ainsi un exemple direct du lien entre architecture cellulaire, adaptation dans l'hôte et pouvoir pathogène.

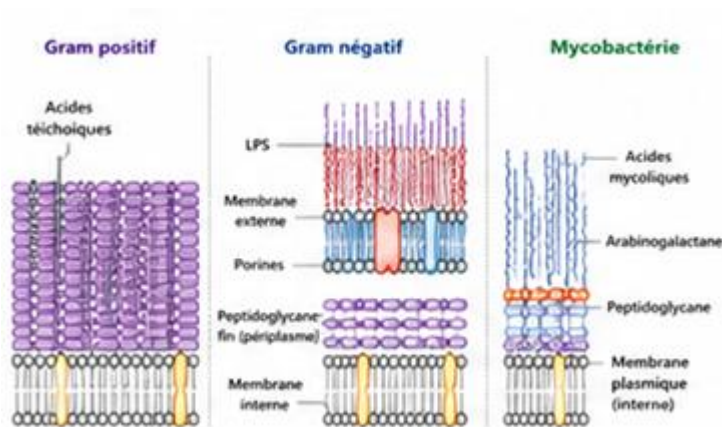


Figure 6 – Comparaison des enveloppes Gram⁺, Gram⁻ et mycobactérienne

La faible perméabilité de l'enveloppe mycobactérienne résulte notamment de la présence d'une mycomembrane riche en acides mycoliques.

CHAPITRE V — NUTRITION ET CROISSANCE BACTÉRIENNE

1. Besoins élémentaires

Les bactéries ont besoin d'eau, d'une source d'énergie, d'une source de carbone, d'une source d'azote, de sels minéraux et parfois de facteurs de croissance.

1.1 Eau

L'eau est le solvant des réactions biochimiques. La disponibilité en eau conditionne la croissance microbienne.

1.2 Source d'énergie

Les bactéries peuvent utiliser la lumière ou l'énergie chimique.

1.3 Source de carbone

Les autotrophes utilisent le CO₂. Les hétérotrophes utilisent des composés organiques.

1.4 Source d'azote

L'azote est nécessaire à la synthèse des acides aminés, bases azotées et coenzymes. Certaines bactéries fixent l'azote atmosphérique.

1.5 Oligoéléments

Fer, zinc, manganèse, magnésium, cuivre, molybdène et cobalt sont nécessaires à de nombreuses enzymes.

2. Types trophiques

Type trophique	Source d'énergie	Source de carbone	Exemple
Photoautotrophe	Lumière	CO ₂	Cyanobactéries
Chimioautotrophe	Réactions chimiques minérales	CO ₂	Bactéries nitrifiantes
Chimiohétérotrophe	Composés organiques	Composés organiques	Escherichia coli
Photohétérotrophe	Lumière	Composés organiques	Bactéries pourpres

2.1 Fermentations bactériennes et applications agroalimentaires

Les fermentations bactériennes possèdent une importance écologique et industrielle majeure. Elles permettent aux bactéries de produire de l'énergie en absence de respiration complète et conduisent à la formation de produits organiques comme l'acide lactique, l'acide propionique, l'éthanol ou d'autres métabolites.

Les fermentations lactique et propionique, ainsi que l'oxydation acétique, sont exploitées dans la fabrication des produits laitiers, des légumes fermentés et du vinaigre. Elles illustrent le lien direct entre métabolisme microbien et biotechnologies alimentaires.

La fermentation lactique est notamment utilisée pour la fabrication du yaourt, des laits fermentés et de nombreux fromages. La fermentation propionique contribue à la production d'arômes et de dioxyde de carbone dans certains fromages. L'oxydation acétique de l'éthanol est utilisée pour la fabrication du vinaigre.

3. Facteurs environnementaux

3.1 Température

Groupe	Température préférentielle
Psychrophiles	Basse température
Mésophiles	Températures modérées
Thermophiles	Températures élevées
Hyperthermophiles	Températures très élevées

3.2 pH

Les bactéries peuvent être acidophiles, neutrophiles ou alcalophiles.

3.3 Pression osmotique

Les halophiles tolèrent ou nécessitent de fortes concentrations salines.

3.4 Besoins gazeux

Type	Relation à l'oxygène
Aérobie strict	Nécessite O ₂
Anaérobie strict	O ₂ toxique
Anaérobie facultatif	Croît avec ou sans O ₂
Microaérophile	Nécessite faible O ₂
Aérotolérant	Tolère O ₂ sans l'utiliser

4. Croissance bactérienne

La croissance bactérienne correspond à l'augmentation du nombre de cellules. Elle est généralement mesurée dans une culture en milieu liquide ou solide.

5. Mesure de la croissance

Méthode	Principe
Densité optique	Mesure de la turbidité
Numération viable	Comptage des colonies
Filtration sur membrane	Concentration puis culture
Comptage microscopique	Observation directe

Masse sèche	Biomasse totale
-------------	-----------------

6. Courbe de croissance

Une culture discontinue présente quatre phases :

1. phase de latence ;
2. phase exponentielle ;
3. phase stationnaire ;
4. phase de déclin.

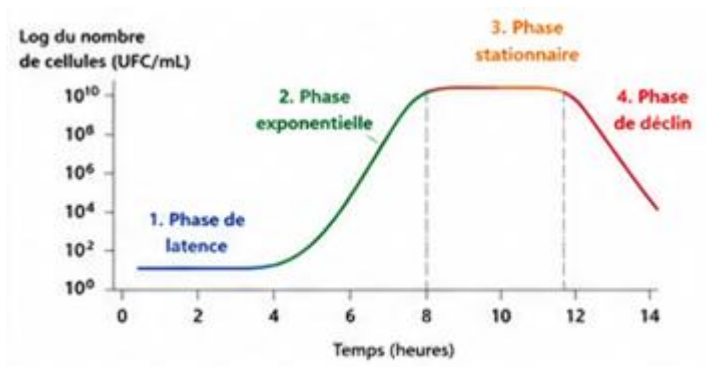


Figure 7 -- Courbe de croissance bactérienne en culture discontinue

7. Paramètres de croissance

Le temps de génération correspond au temps nécessaire pour doubler le nombre de cellules.

Si N_0 est le nombre initial de cellules, n le nombre de générations et N le nombre final :

$$N = N_0 \times 2^n$$

8. Phénomène de diauxie

La diauxie correspond à une croissance en deux temps lorsque deux sources de carbone sont disponibles. Par exemple, en présence de glucose et de lactose, *Escherichia coli* consomme d'abord le glucose. Lorsque le glucose est épuisé, une phase de latence secondaire permet l'induction des enzymes du métabolisme du lactose.

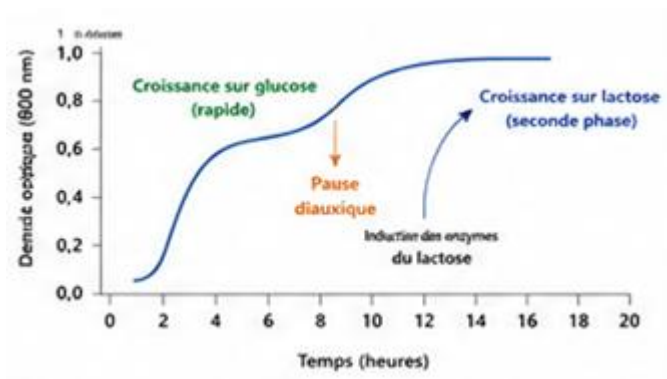


Figure 8 -- Diauxie lors de l'utilisation successive du glucose et du lactose

CHAPITRE VI — QUORUM SENSING, BIOFILMS ET RÉSISTANCE

1. Quorum sensing

Le quorum sensing est une communication chimique dépendante de la densité cellulaire. Les bactéries produisent des autoinducteurs qui s'accumulent dans le milieu. Lorsque la concentration dépasse un seuil, un programme transcriptionnel collectif est activé.

Ce mécanisme contrôle la bioluminescence, la virulence, la compétence génétique, la formation de biofilm, la production de toxines et la dispersion.

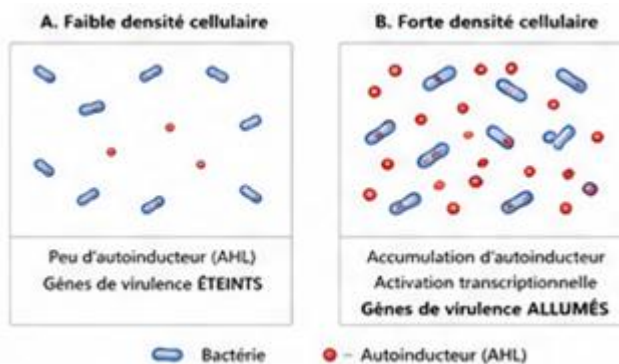


Figure 9 -- Quorum sensing chez les bactéries Gram négatives

2. Biofilms

Un biofilm est une communauté microbienne adhérant à une surface et incluse dans une matrice extracellulaire. La matrice contient polysaccharides, protéines, ADN extracellulaire et lipides.

3. Étapes de formation d'un biofilm

1. adhésion réversible ;
2. adhésion irréversible ;
3. microcolonies ;
4. maturation ;
5. dispersion.

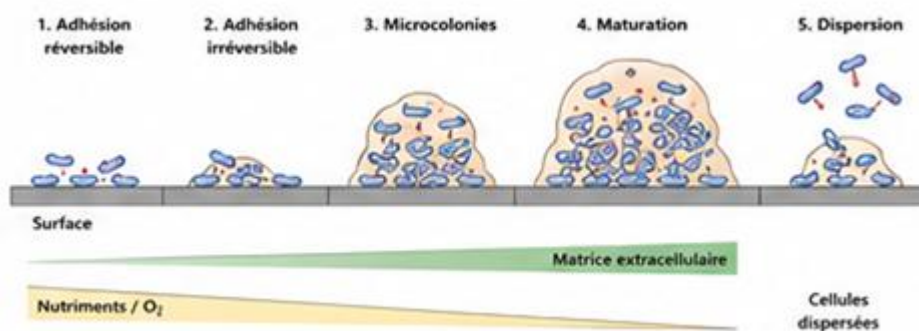


Figure 10 -- Étapes de formation d'un biofilm

4. Résistance aux antibiotiques

La résistance peut être intrinsèque, acquise, adaptative ou liée à la tolérance.

Mécanisme	Exemple
Inactivation enzymatique	β -lactamases
Modification de cible	PBP2a
Mutation de cible	gyrA, parC
Efflux	AcrAB-TolC
Perte de porines	Résistance aux β -lactamines
Protection de cible	Protéines Tet

5. Transfert horizontal

Les trois grands mécanismes sont transformation, transduction et conjugaison.

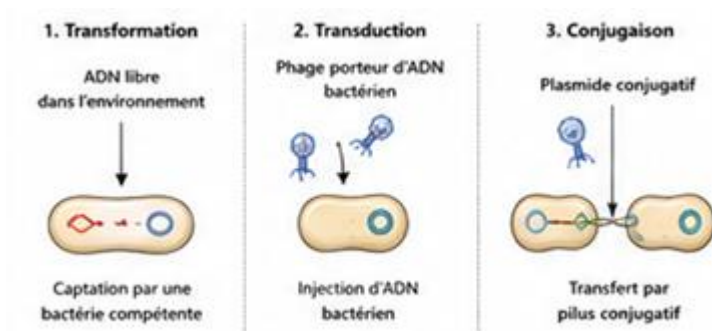


Figure 11 -- Transfert horizontal de gènes

CHAPITRE VII — VIROLOGIE INTÉGRATIVE

1. Définition d'un virus

Un virus est une entité acellulaire constituée d'un génome ADN ou ARN, d'une capside et parfois d'une enveloppe lipidique. Il dépend d'une cellule hôte pour se répliquer.

2. Cycle viral général

1. attachement ;
2. entrée ;
3. décapsidation ;
4. expression ;
5. réplication ;
6. assemblage ;
7. sortie.

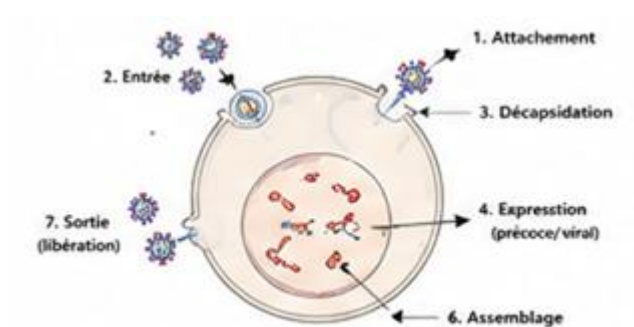


Figure 12 -- Cycle viral general

3. Virus à ADN

Les virus à ADN utilisent souvent le noyau. Les herpesvirus établissent des latences. Les papillomavirus peuvent perturber le cycle cellulaire.

4. Virus à ARN

Les virus ARN positif utilisent directement leur génome comme ARNm. Les virus ARN négatif doivent emporter une polymérase virale. Les virus ARN double brin transcrivent leurs ARNm dans des particules subvirales.

5. Rétrovirus : VIH

Le VIH est un rétrovirus à ARN. Il infecte les cellules exprimant CD4, utilise une transcriptase inverse, intègre son ADN viral dans le génome de l'hôte et forme un provirus.

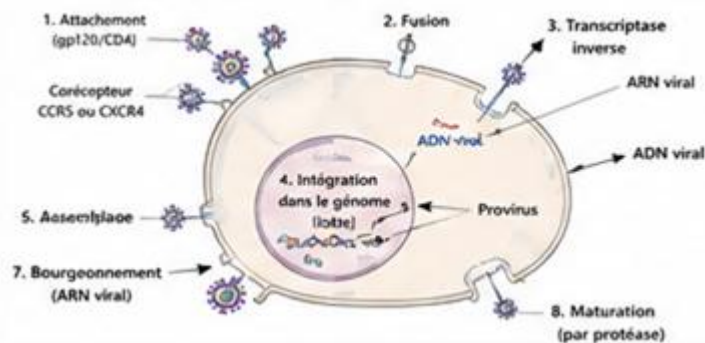


Figure 13 – Cycle du VIH

6. Virus ARN segmentés: influenza

Les virus influenza possèdent un génome ARN négatif segmenté. Cette segmentation permet le réassortiment, c'est-à-dire le mélange de segments issus de deux virus différents infectant la même cellule.

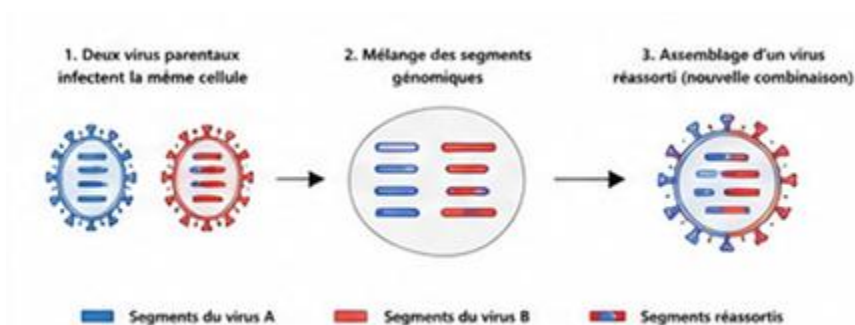


Figure 14 -- Réassortiment génétique du virus influenza

7. Oncogénèse virale

Virus	Cancer associé	Mécanisme
HPV	Cancer du col, oropharynx	E6 inhibe p53, E7 inhibe Rb
EBV	Lymphomes	Activation des lymphocytes B
HBV	Cancer du foie	Inflammation chronique, intégration
HCV	Cancer du foie	Inflammation chronique
HTLV-1	Leucémie T	Dérégulation transcriptionnelle

CHAPITRE VIII — MYCOLOGIE ET PARASITOLOGIE

1. Champignons microscopiques

Les champignons sont des eucaryotes possédant une membrane à ergostérol et une paroi composée de glucanes, chitine et mannoprotéines.

2. *Candida albicans*

Candida albicans est un commensal opportuniste. Il peut passer de la forme levure à la forme hyphale, adhérer aux tissus, former des biofilms et sécréter des enzymes hydrolytiques.

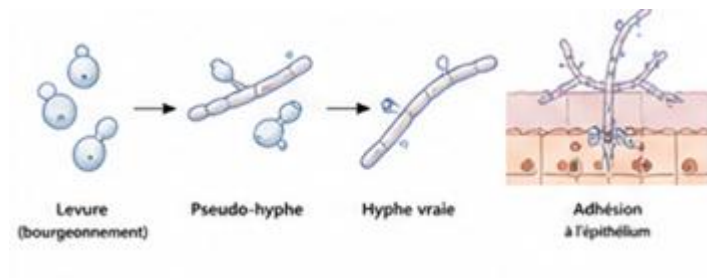


Figure 15 -- Transition levure-hyphe de *Candida albicans*

3. *Cryptococcus neoformans*

Cryptococcus neoformans est une levure encapsulée. Sa capsule limite la phagocytose. La mélanine protège contre le stress oxydatif.

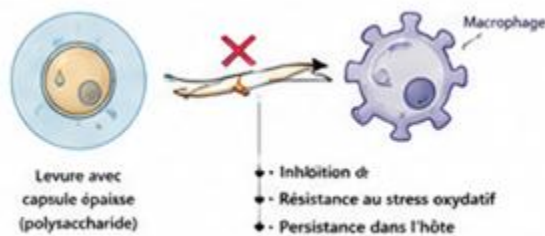


Figure 16 -- Capsule de *Cryptococcus neoformans*

4. Plasmodium

Plasmodium possède un cycle impliquant l'humain et le moustique *Anopheles*. Les sporozoïtes infectent le foie, les mérozoïtes infectent les globules rouges et les gamétocytes assurent la transmission au moustique.

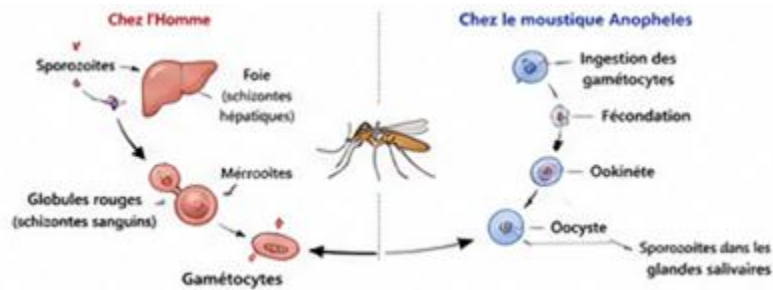


Figure 17 -- Cycle de vie de Plasmodium

5. Trypanosoma brucei

Trypanosoma brucei est transmis par la mouche tsé-tsé. Il échappe à l'immunité par variation antigénique des VSG.

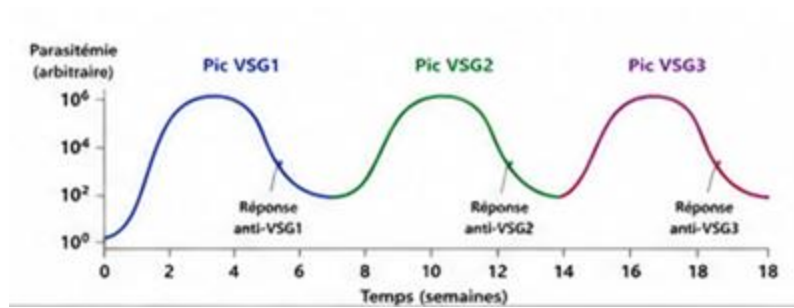


Figure 18 -- Variation antigénique de *Trypanosoma brucei*

CHAPITRE IX — TRAVAUX DIRIGÉS

TD 1 — Identification d'une souche inconnue par galerie biochimique

Données cliniques

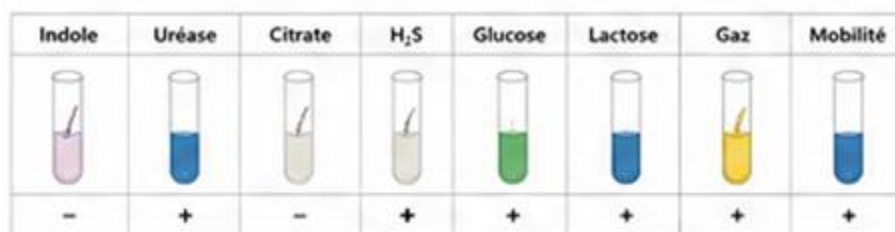
Patiente de 24 ans présentant brûlures mictionnelles, pollakiurie et douleurs sus-pubiennes. Absence de fièvre. Bandelette urinaire : leucocytes +++, nitrites +.

Culture

- * Culture pure : 10^5 UFC/mL.
- * Gélose MacConkey : colonies roses.
- * Microscopie : bacilles Gram négatifs.
- * Tests rapides : oxydase –, catalase +.

Galerie biochimique

Test	Résultat
Indole	+
Uréase	–
Citrate	–
H ₂ S	–
Glucose	+
Lactose	+
Gaz	+
Mobilité	+



Profil biochimique → Interprétation → Hypothèse d'identification

Figure 19 -- Galerie biochimique d'identification bactérienne

Questions

1. Quel groupe bactérien est suspecté ?
2. Quelle espèce est la plus probable ?
3. Quel caractère explique les colonies roses sur MacConkey ?
4. Que signifient les nitrites positifs ?
5. Quels facteurs de virulence peuvent être associés à cette infection ?

Correction

Le profil évoque une entérobactérie : bacille Gram négatif, oxydase négative, culture sur MacConkey. L'espèce la plus probable est *Escherichia coli*, car la souche est indole positive, lactose positive, citrate négative, uréase négative et mobile. Les colonies roses indiquent la fermentation du lactose. Les nitrites positifs traduisent la réduction des nitrates en nitrites, fréquente chez les entérobactéries urinaires.

Interprétation clinique : espèce, souche et site anatomique

L'identification de l'espèce ne suffit pas à conclure sur le pouvoir pathogène. Il faut également tenir compte du site de prélèvement, de la concentration bactérienne, des signes cliniques, de la pureté de la culture et, si nécessaire, des facteurs de virulence.

De nombreuses souches d'*Escherichia coli* vivent normalement dans le côlon et appartiennent au microbiote intestinal. Elles ne provoquent pas de maladie dans ce site. En revanche, certaines souches possèdent des facteurs de virulence particuliers, tandis qu'une souche intestinale peut devenir pathogène si elle atteint un compartiment normalement stérile.

Dans une infection urinaire, les souches uropathogènes peuvent exprimer des pili de type 1, des pili P, des sidérophores, une capsule ou des toxines. Ces facteurs favorisent l'adhésion à l'uroépithélium, la colonisation de la vessie et, dans certains cas, l'ascension vers les reins.

TD 2 — Antibiotogramme

Figure 18. Antibiotogramme par diffusion (méthode des disques)

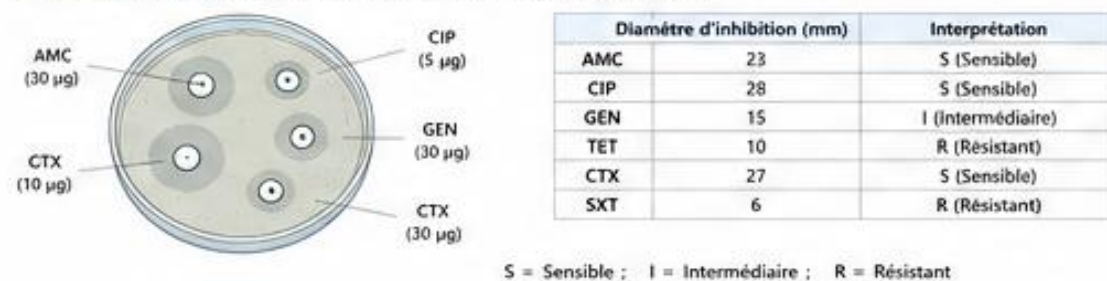


Figure 20 -- Antibiotogramme par diffusion en gélose

Antibiotique	Diamètre observé	Seuil pédagogique S	Seuil pédagogique R	Interprétation
Ampicilline	8 mm	≥ 17 mm	< 14 mm	R
Amoxicilline-acide clavulanique	19 mm	≥ 18 mm	< 15 mm	S
Céfotaxime	12 mm	≥ 20 mm	< 17 mm	R
Ceftazidime	14 mm	≥ 22 mm	< 18 mm	R
Imipénème	28 mm	≥ 22 mm	< 19 mm	S
Ciprofloxacine	15 mm	≥ 25 mm	< 22 mm	R
Nitrofurantoïne	24 mm	≥ 18 mm	< 15 mm	S

Interprétation

La résistance aux céphalosporines de troisième génération suggère une β -lactamase à spectre étendu. La sensibilité à l'imipénème indique l'absence apparente de carbapénémase dans ce cas pédagogique. Un test de synergie avec clavulanate peut confirmer le phénotype BLSE.

TD 3 — Calcul de CMI

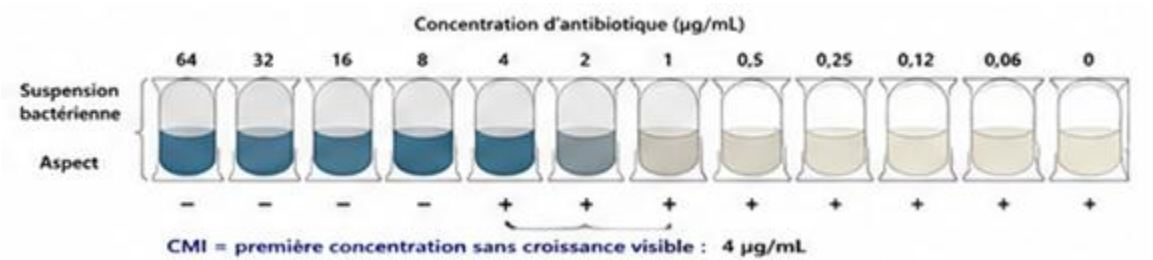


Figure 21 -- Bactéries pathogènes : voies de transmission et organes cibles

Puits	Concentration	Croissance
1	8 mg/L	—
2	4 mg/L	—
3	2 mg/L	—
4	1 mg/L	—
5	0,5 mg/L	+
6	0,25 mg/L	+
7	0,125 mg/L	+
8	0,0625 mg/L	+

Figure 21 -- Bactéries pathogènes : voies de transmission et organes cibles

La CMI est la plus faible concentration sans croissance visible.

CMI = 1 mg/L.

AUTO-ÉVALUATION

Questions courtes

1. Quelle est la différence entre classification phénétique et classification génotypique ?
2. Pourquoi le GC% ne suffit-il pas à définir une espèce bactérienne ?
3. Quel est l'intérêt de l'ARNr 16S en taxonomie ?
4. Quels sont les éléments constants de la cellule bactérienne ?
5. Quel est le rôle de la capsule ?
6. Quelles sont les différences entre Gram+, Gram- et mycobactéries ?
7. Qu'est-ce que le phénomène de diauxie ?
8. Qu'est-ce qu'un autoinducteur ?
9. Pourquoi les biofilms résistent-ils mieux aux antibiotiques ?
10. Pourquoi un virus ARN négatif doit-il apporter une polymérase ?
11. Qu'est-ce qu'un provirus ?
12. Quel est le mécanisme du réassortiment viral ?
13. Quels sont les principaux facteurs de virulence de *Candida albicans* ?
14. Comment *Plasmodium* alterne-t-il entre hôte humain et moustique ?
15. Comment *Trypanosoma brucei* échappe-t-il aux anticorps ?

SYNTHÈSE FINALE

La microbiologie intégrative relie la structure, la classification, le métabolisme, la génétique, l'écologie et la pathogénicité des microorganismes. Les bactéries doivent être comprises comme des cellules procaryotes dynamiques, capables de modifier leur métabolisme, d'échanger des gènes et de former des communautés organisées. Les virus illustrent une autre logique biologique : celle d'entités acellulaires dépendant de la machinerie cellulaire. Les champignons et parasites montrent que les microorganismes eucaryotes possèdent des stratégies complexes d'invasion, de persistance et d'échappement immunitaire.

L'objectif final n'est donc pas de mémoriser une liste de microbes, mais de comprendre comment un microorganisme fonctionne, évolue, interagit avec son hôte et peut être identifié au laboratoire.