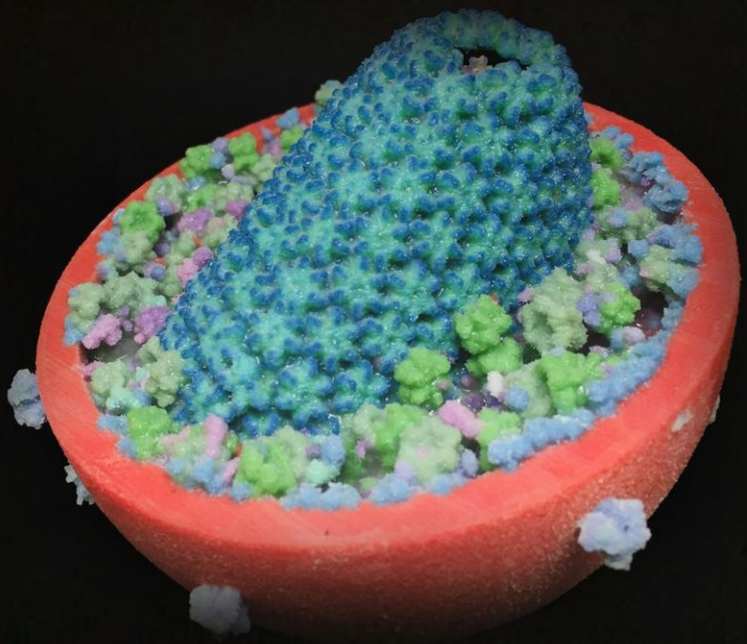
MICRO BIOLOGIE



CONFORME AU PROGRAMME NATIONAL

2ème Année

EDITION 2025

Options humanités SCIENTIFIQUES



TABLE DES MATIÈRES

PRÉLIMINAIRES **1**

0.1. Note pédagogique à l'attention de l'enseignant 1
- 0.1.1. Finalité pédagogique 1
- 0.1.2. Approche didactique préconisée 1
- 0.1.3. Articulation entre théorie et pratique 1

0.2. Profil d'entrée et prérequis 1
- 0.2.1. Socle de connaissances en sciences de la vie et de la matière 1
- 0.2.2. Aptitudes au raisonnement scientifique 2

0.3. Compétences visées et profil de sortie 2
- 0.3.1. Maîtrise des savoirs fondamentaux 2
- 0.3.2. Développement des compétences pratiques 2
- 0.3.3. Profil de sortie et aptitude à l'analyse 3

0.4. Méthodologie et matériel didactique 3
- 0.4.1. Approche Pédagogique 3
- 0.4.2. Matériel Didactique Essentiel 3
- 0.4.3. Adaptation et Contexte Local 4

PARTIE 1 : FONDAMENTAUX ET TECHNIQUES DE LABORATOIRE **5**

a. Un monde à l'échelle du micron 5

b. L'arsenal du microbiologiste 5

c. La rigueur comme bouclier 5

d. De la paillasse au diagnostic concret 5

CHAPITRE 1 : DIVERSITÉ ET CLASSIFICATION DU MONDE MICROBIEN **6**

1.1. Les Bactéries : structure et morphologie 6
- a. L'invisible devient l'ennemi identifiable 6
- A. Les formes fondamentales des bactéries 6

FIGURE 1 : RÉF. IMG (9799-6352-9448) **8**

Classification morphologique des bactéries : cocci, bacilles et spirilles. 8
- B. L'anatomie d'une cellule procaryote 8

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 2 : RÉF. IMG (7873-4826-2879) **10**

Structure schématique d'une cellule bactérienne et de ses composants essentiels. 10

- Scénarios et Exercices 10
- Une affaire de fermentation à Mbandaka 10

1.2. Les Virus : entités acellulaires 12

- a. L'énigme du vivant 12
- A. Structure et composition d'un virion 12

FIGURE 3 : RÉF. IMG (3982-4497-2174) **14**

Anatomie comparée d'un bactériophage et d'un virus enveloppé 14

- B. Le cycle de réplication virale : une prise de contrôle 14

1.3. Les Champignons microscopiques : levures et moisissures 17

- a. L'accroche du quotidien 17
- A. Les Levures : des unicellulaires bourgeonnants 17

FIGURE 4 : RÉF. IMG (7594-7772-2049) **19**

Observation microscopique de la levure Saccharomyces cerevisiae en bourgeonne 19

- B. Les Moisissures : une organisation filamenteuse 19

FIGURE 5 : RÉF. IMG (9528-1721-0367) **22**

Structure typique d'une moisissure du genre Penicillium vue au microscope 22

- Une affaire de conservation à Mbandaka 22

1.4. Les Protozoaires : unicellulaires eucaryotes 24

- a. Les "premiers animaux" microscopiques 24
- A. Structure et caractéristiques fondamentales 24
- B. Classification selon la locomotion 25

FIGURE 6 : RÉF. IMG (3003-1767-3825) **27**

Comparaison morphologique de l'Amibe et de la Paramécie 27

FIGURE 7 : RÉF. IMG (1644-1310-2326) **29**

Protozoaires pathogènes, Trypanosome et Plasmodium, observés au microscope 29

- Une eau stagnante à Mbandaka 29

CHAPITRE 2 : TECHNIQUES DE CULTURE MICROBIENNE **32**

2.1. Les milieux de culture : composition et types 32

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- Une introduction au monde de la culture.....32
- A. Composition de base d'un milieu de culture.....32
- B. Classification selon la consistance.....32
- C. Classification selon la composition et la fonction.....33

FIGURE 8 : RÉF. IMG (2942-4897-8183).....35

Boîtes de Petri avec milieux sélectif et différentiel.....35

- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....35
- Une anecdote pour la route.....35

2.2. Stérilisation, asepsie et techniques d'ensemencement.....37

- a. Le paradoxe du laboratoire impeccable.....37
- A. La Stérilisation : L'art de l'éradication totale.....37
- B. L'Asepsie : La barrière invisible.....38

FIGURE 9 : RÉF. IMG (1045-4077-6300).....40

Zone de travail stérile créée par la flamme d'un bec Bunsen.....40

- C. Les Techniques d'Ensemencement : Planter l'invisible.....40

FIGURE 10 : RÉF. IMG (0680-3813-1849).....42

Technique de l'isolement par stries sur une boîte de Petri.....42

- b. La leçon du "fumbwa" de Mbandaka.....42

2.3. Conditions physiques de croissance.....44

- a. Les exigences du monde invisible.....44
- A. La Température : le thermostat du vivant.....44

FIGURE 11 : RÉF. IMG (4381-3808-0546).....47

Courbes de croissance bactérienne selon la température d'incubation.....47

- B. Le pH : l'équilibre acido-basique.....47
- C. La Pression osmotique : la gestion de l'eau.....48

CHAPITRE 3 : LA LUTTE ANTIMICROBIENNE.....50

3.1. Agents antimicrobiens physiques et chimiques.....50

- a. Une question de survie.....50
- A. Les méthodes physiques : la force brute.....50

FIGURE 12 : RÉF. IMG (4329-9247-1242).....53

Schéma de principe d'un autoclave de laboratoire.....53

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- B. Les méthodes chimiques : la guerre moléculaire.....53

FIGURE 13 : RÉF. IMG (9029-6356-6121).....56

Distinction visuelle entre un antiseptique et un désinfectant.....56

- Anecdote : Le drame évité de l'hôpital de Mbandaka.....56

3.2. Les antibiotiques et l'antibiogramme.....58

- a. La découverte accidentelle de la pénicilline.....58
- A. Antibiotiques : Définition et modes d'action.....58

FIGURE 14 : RÉF. IMG (1114-9524-2557).....61

Les quatre cibles principales d'un antibiotique dans une cellule bactérienne.....61

- B. L'antibiogramme : Un test de susceptibilité.....61

FIGURE 15 : RÉF. IMG (6866-3880-2305).....64

Lecture et interprétation d'un antibiogramme sur une boîte de Petri.....64

- SCÉNARIOS ET EXERCICES.....64

3.3. Comportements d'hygiène et biosécurité.....66

- a. L'ennemi invisible et nos mains.....66
- A. Hygiène individuelle et collective : La première barrière.....67
- B. Asepsie et Antisepsie : La précision du laboratoire.....67
- C. Niveaux de Biosécurité : Une protection graduée.....67

PARTIE 2 : MICROBIOLOGIE APPLIQUÉE ET INDUSTRIELLE.....70

a. De la théorie à l'usine.....70

b. Le garde-manger microbien.....70

c. L'arsenal thérapeutique.....70

d. Les ingénieurs de l'invisible.....70

CHAPITRE 4 : MÉTABOLISME ÉNERGÉTIQUE ET FERMENTATIONS.....71

4.1. La respiration cellulaire aérobie.....71

- a. L'oxygène, ce partenaire indispensable.....71
- A. Définition et Équation Bilan.....71

FIGURE 16 : RÉF. IMG (0861-7134-8994).....73

Vue en coupe d'une mitochondrie, l'usine énergétique de la cellule.....73

- B. Les trois grandes étapes séquentielles.....73

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 17 : RÉF. IMG (6794-8708-0839)....76

Schéma simplifié des flux de matière et d'énergie dans la respiration....76

- Scénarios et Exercices....76
- Une histoire de "Lotoko" à Mbandaka....76

4.2. La fermentation alcoolique....78

- a. Le secret du munkoyo et du lotoko....78
- A. Principe et Acteurs Microbiens....78

FIGURE 18 : RÉF. IMG (5654-4704-7963)....81

Schéma simplifié des deux étapes de la fermentation alcoolique....81

- B. Bilan Énergétique et Équation Globale....81

FIGURE 19 : RÉF. IMG (1597-4270-1442)....84

Cellules de levure Saccharomyces cerevisiae en microscopie électronique....84

- Scénarios et Exercices....84

4.3. Les fermentations lactique, acétique et autres....86

- a. Le secret du lait caillé....86
- A. La fermentation lactique : l'acide au service de la conservation....86
- B. La fermentation acétique : une oxydation déguisée....87

FIGURE 20 : RÉF. IMG (2196-3753-4617)....89

Voies métaboliques des fermentations homolactique et hétérolactique....89

- C. Autres fermentations d'intérêt....89

CHAPITRE 5 : MICROBIOLOGIE ALIMENTAIRE ET PANIFICATION....92

5.1. La fabrication du pain....92

- a. Accroche historique....92
- A. Les Acteurs Microscopiques de la Panification....92
- B. La Fermentation Alcoolique : Le Secret de la Pâte Levée....92

FIGURE 21 : RÉF. IMG (3839-8070-3239)....95

Observation microscopique de la levure dans une pâte à pain....95

- C. Le Rôle de la Cuisson....95

5.2. Les produits laitiers fermentés....97

- a. Du lait suspect au produit de luxe....97
- A. La fermentation lactique : le principe biochimique....98

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

FIGURE 22 : RÉF. IMG (6361-1477-7678)..... 100

Observation microscopique des bactéries lactiques dans un échantillon de yaourt..... 100

- B. Les acteurs microbiens : les ferments lactiques..... 100

FIGURE 23 : RÉF. IMG (2519-5035-3646)..... 103

Schéma simplifié de la voie métabolique de la fermentation lactique..... 103

- Anecdote : Le "Mashanza" du Kasaï et la science cachée..... 103

5.3. La fermentation du manioc (Rouissage)..... 105

- a. L'héritage biochimique d'une racine voyageuse..... 105
- A. Objectifs biochimiques du rouissage..... 105

FIGURE 24 : RÉF. IMG (8672-7644-0396)..... 108

Dégradation enzymatique de la linamarine durant le rouissage du manioc..... 108

- B. Les acteurs microbiens et les étapes clés..... 108

FIGURE 25 : RÉF. IMG (1341-0172-1987)..... 111

Succession écologique des micro-organismes pendant la fermentation du manioc..... 111

- Scénarios et exercices..... 111
- Anecdote : Le mystère du fufu amer de Mbandaka..... 111

5.4. Conservation et altération des aliments..... 113

- a. Une sagesse ancestrale..... 113
- A. Principes de la conservation alimentaire..... 114

FIGURE 26 : RÉF. IMG (8571-2688-8593)..... 116

Facteurs influençant la croissance microbienne dans un aliment..... 116

- B. Les principales altérations microbiennes..... 116

FIGURE 27 : RÉF. IMG (9684-8374-9422)..... 119

Exemples d'altérations microbiennes visibles sur des aliments courants..... 119

- Une histoire de poisson salé à Mbandaka..... 119

CHAPITRE 6 : MICROBIOLOGIE INDUSTRIELLE ET BOISSONS..... 122

6.1. La brasserie industrielle et la vinification..... 122

- a. Le paradoxe de la fermentation..... 122
- A. Brasserie : La maîtrise de Saccharomyces cerevisiae..... 122

FIGURE 28 : RÉF. IMG (2663-5731-3745)..... 124

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Cycle de vie de Saccharomyces cerevisiae dans un fermenteur industriel....124
- B. Vinification : La danse des levures et des bactéries....124

FIGURE 29 : RÉF. IMG (0504-1972-8562)....127

Succession microbienne durant la vinification d'un vin rouge du Kivu....127
- #### b. Scénarios et exercices....127

6.2. Les boissons fermentées traditionnelles....129
- a. Un savoir-faire biologique ancestral....129
- A. Les acteurs de la fermentation : substrats et micro-organismes....129
- B. La biochimie au cœur de la tradition....130

FIGURE 30 : RÉF. IMG (3113-2228-3627)....132

Les étapes clés de la fermentation du vin de palme traditionnel....132
- b. Anecdote : Le lotoko piquant de Papa Mbuyi....132

6.3. Production d'acides organiques et d'alcools industriels....134
- a. L'usine dans la cellule....134
- A. La voie des alcools : la fermentation éthylique....134

FIGURE 31 : RÉF. IMG (6671-9481-3847)....136

Schéma d'un bioréacteur industriel pour la fermentation microbienne....136
- B. La voie des acides : la fermentation aérobie....136

FIGURE 32 : RÉF. IMG (2890-1356-4093)....139

Acteurs microscopiques clés : levures et moisissures industrielles....139
- C. Le choix du micro-organisme : une décision stratégique....139

PARTIE 3 : MICROBIOLOGIE MÉDICALE ET PATHOLOGIES....142

L'émergence du pathogène....142

Les facteurs de virulence....142

La réponse immunitaire de l'hôte....142

Le diagnostic et le contrôle des infections....142

CHAPITRE 7 : INTRODUCTION À L'ÉPIDÉMIOLOGIE ET À L'INFECTION....143

7.1. Terminologie et dynamique des épidémies....143
- a. Le nombre fait la différence....143
- A. Les trois échelles de la maladie....143

FIGURE 33 : RÉF. IMG (7749-8534-9899) **145**

Schéma comparatif des niveaux de diffusion d'une maladie infectieuse 145

- B. Les indicateurs de la dynamique 145

FIGURE 34 : RÉF. IMG (0100-5337-6821) **148**

Courbes d'incidence et de prévalence pour une épidémie de grippe 148

- L'anecdote de l'infirmier de Bumba 148

7.2. Chaîne de transmission et portes d'entrée 150

- a. Le principe de la chaîne ininterrompue 150
- A. Les six maillons de la chaîne épidémiologique 150

FIGURE 35 : RÉF. IMG (8822-7912-3338) **153**

Schéma simplifié de la chaîne de transmission d'un agent pathogène 153

- B. Les principales portes d'entrée de l'organisme 153

7.3. Les armes microbiologiques et le bioterrorisme 155

- a. L'ennemi invisible 155
- A. Définitions et catégories d'agents 156

FIGURE 36 : RÉF. IMG (5184-3314-6654) **158**

Classification des agents de bioterrorisme par le CDC américain 158

- B. Caractéristiques d'une arme biologique idéale 158

FIGURE 37 : RÉF. IMG (8207-1988-6886) **159**

Le bacille du charbon (Bacillus anthracis) sous microscope électronique 159

- Scénarios et Exercices 159
- Une alerte sanitaire à Mbandaka 159

CHAPITRE 8 : DIVERSITÉ DES MALADIES MICROBIENNES **162**

8.1. Maladies bactériennes majeures 162

- a. L'ennemi invisible 162
- A. La Tuberculose : L'ennemi silencieux 162

FIGURE 38 : RÉF. IMG (4221-9103-1104) **164**

Structure de la bactérie Mycobacterium tuberculosis et son action pulmonaire 164

- B. Le Choléra : La menace hydrique 164

FIGURE 39 : RÉF. IMG (6624-6234-7014) **167**

Cycle de transmission du choléra de l'eau contaminée à l'homme....167
- C. Le Tétanos : La blessure fatale....167

8.2. Maladies virales et émergentes....169
- a. Du connu à l'inconnu....169
- A. La nature d'une infection virale....170

FIGURE 40 : RÉF. IMG (9434-8703-7721)....172

Cycle de réplication virale à l'intérieur d'une cellule hôte....172
- B. Le concept de maladie émergente....172

FIGURE 41 : RÉF. IMG (0379-9846-0959)....175

Schéma de la transmission zoonotique d'un virus à l'humain....175
- Anecdote du technicien de laboratoire....175

8.3. Maladies parasitaires à protozoaires....177
- a. Un visiteur invisible et redoutable....177
- A. Le Paludisme (Malaria) : Le parasite du sang....177

FIGURE 42 : RÉF. IMG (1271-4894-3727)....180

Cycle de vie complexe du Plasmodium, l'agent du paludisme....180
- B. L'Amibiase : Le péril de l'eau souillée....180

FIGURE 43 : RÉF. IMG (4143-0550-3153)....183

Les deux formes de Entamoeba histolytica, cause de l'amibiase....183
- Scénarios et Exercices....183
- Une torpeur au bord de la rivière Kwilu....183

8.4. Maladies fongiques (Mycoses)....185
- a. L'ennemi invisible....185
- A. Définition et Classification des Mycoses....185
- B. Agents Pathogènes et Facteurs de Risque....186

FIGURE 44 : RÉF. IMG (3781-3141-3243)....188

Le champignon Candida albicans observé au microscope électronique à balayage....188
- Scénarios et Exercices....189
- Une leçon apprise à la dure dans les champs du Kasaï....189

CHAPITRE 9 : IMMUNOLOGIE ET PROPHYLAXIE....191

9.1. L'immunité naturelle (non spécifique) et acquise (spécifique).....191
- a. L'instinct de survie du corps.....191
- A. L'immunité innée : La première ligne de défense.....191

FIGURE 45 : RÉF. IMG (9533-3739-9203).....193

Le processus de phagocytose par une cellule immunitaire, le macrophage.....193
- B. L'immunité acquise : La mémoire du combattant.....193

FIGURE 46 : RÉF. IMG (1776-1820-7462).....196

La spécificité de la reconnaissance entre un anticorps et son antigène.....196
- Une histoire de variole et de bon sens à Mbandaka.....196

9.2. La vaccination et la sérothérapie.....198
- a. Le paradoxe de la protection.....198
- A. La vaccination : L'immunité active provoquée.....198

FIGURE 47 : RÉF. IMG (3719-6920-9982).....200

Schéma du principe de la vaccination et de la mémoire immunitaire.....200
- B. La sérothérapie : L'immunité passive immédiate.....200

FIGURE 48 : RÉF. IMG (5667-0605-3652).....203

Comparaison graphique de la cinétique des anticorps post-vaccination et post-.....203
- Scénarios et Exercices.....203
- Une anecdote depuis Mbandaka.....203

9.3. Hygiène publique et assainissement du milieu.....205
- a. L'ennemi invisible et la sagesse collective.....205
- A. Les Piliers de l'Hygiène Publique.....206

FIGURE 49 : RÉF. IMG (4611-1897-2629).....207

Cycle de contamination fécale et points de rupture par l'hygiène.....207
- B. L'Assainissement du Milieu : Une Approche Systémique.....207

FIGURE 50 : RÉF. IMG (3501-7336-0976).....210

Schéma du cycle de vie du moustique et cibles de la lutte.....210
- Anecdote et Exercices.....210
- La guerre du Dr. Muyembe contre Ebola.....210

ANNEXES.....213

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

A.1. Protocoles de Travaux Pratiques (TP).....213
- A. Règles Fondamentales de Sécurité et d'Asepsie.....213
- B. Préparation des Milieux de Culture.....214
- C. Coloration de Gram : Procédure Différentielle.....215

A.2. Fiches techniques des maladies épidémiques en RDC.....216
- A. Maladie à Virus Ebola (MVE).....216
- B. Choléra.....217

A.3. Glossaire microbiologique.....218
- A. Structure et Morphologie.....218
- B. Métabolisme et Nutrition.....219
- C. Génétique Bactérienne.....220
- D. Taxonomie et Identification.....221
- E. Interaction Hôte-Pathogène.....222

A.4. Guide des bonnes pratiques au laboratoire.....222
- A. Niveaux de Sécurité Biologique (NSB) et Principes Fondamentaux.....222
- B. Personnel : Compétences et Hygiène.....223
- C. Gestion des Locaux et Équipements.....224
- D. Manipulation, Réactifs et Déchets.....225

PRÉLIMINAIRES

0.1. Note pédagogique à l'attention de l'enseignant

0.1.1. Finalité pédagogique

L'enseignement de la microbiologie à ce niveau vise la transition d'une connaissance descriptive vers une compétence analytique. La maîtrise du vocabulaire technique constitue un prérequis. L'objectif final demeure la construction d'un raisonnement hypothético-déductif. L'élève doit pouvoir identifier une cause, analyser un mécanisme et en déduire les conséquences. Cette aptitude est fondamentale pour la résolution des problématiques complexes posées à l'Examen d'État.

0.1.2. Approche didactique préconisée

Une démarche active est à privilégier. L'efficience de cet enseignement est conditionnée par l'ancrage permanent des concepts dans des contextes tangibles. Les métabolismes bactériens s'illustrent par la fermentation du manioc au Kwilu ou la production du vin de palme à l'Équateur. La propagation virale s'étudie via des cas épidémiologiques documentés, du Kongo Central aux Kasaï. Cette contextualisation transforme la notion abstraite en un phénomène observable et analysable.

0.1.3. Articulation entre théorie et pratique

Au-delà de l'exposé magistral, l'expérimentation et l'analyse de documents sont centrales. Chaque concept théorique trouve son aboutissement dans une application pratique ou un exercice de modélisation. Les scénarios et exercices de cet ouvrage ne sont pas de simples contrôles de connaissances. Ils simulent des situations d'analyse, de diagnostic ou de prophylaxie, calquées sur les exigences de l'inspection et de la dissertation scientifique de l'Examen d'État.

0.2. Profil d'entrée et prérequis

0.2.1. Socle de connaissances en sciences de la vie et de la matière

La maîtrise des concepts fondamentaux de biologie et de chimie de première année scientifique est un prérequis non négociable. L'élève doit posséder une connaissance solide de la structure et de la fonction de la cellule eucaryote.

Une compréhension claire des grands métabolismes énergétiques (glycolyse, respiration cellulaire) est également attendue.

En chimie, les notions de base sur les molécules organiques (glucides, lipides, protides, acides nucléiques) et les principes de la stœchiométrie, des solutions (calcul de concentration, dilution) et des réactions d'oxydoréduction sont indispensables. Ce socle assure la transition vers l'étude du métabolisme microbien.

0.2.2. Aptitudes au raisonnement scientifique

Ce manuel est conçu pour des élèves capables d'appliquer un raisonnement hypothético-déductif. L'aptitude à formuler une hypothèse, à interpréter un protocole expérimental et à analyser des résultats (graphiques, tableaux) est centrale. L'élève doit démontrer une rigueur dans l'observation et une précision dans la description.

Une capacité d'abstraction est également fondamentale pour appréhender des échelles de grandeur allant du micromètre au nanomètre et pour modéliser des processus invisibles à l'œil nu. L'enseignement s'appuiera sur cette faculté pour construire des modèles explicatifs complexes.

0.3. Compétences visées et profil de sortie

0.3.1. Maîtrise des savoirs fondamentaux

Au terme de ce programme, l'élève démontre une connaissance approfondie de la taxonomie microbienne. Il différencie structurellement et fonctionnellement les procaryotes (bactéries, archées) des eucaryotes (champignons, protistes). Une compréhension solide des métabolismes énergétiques et biosynthétiques est acquise. Sont également expliqués les mécanismes de la génétique microbienne, notamment la conjugaison, la transformation et la transduction. L'élève identifie le rôle des micro-organismes dans les cycles biogéochimiques et les applications industrielles.

0.3.2. Développement des compétences pratiques

La manipulation en laboratoire est un axe central de la formation. L'élève applique rigoureusement les techniques d'asepsie pour prévenir toute contamination croisée. Il prépare de manière autonome des milieux de culture sélectifs et différentiels. L'isolement en culture pure et la numération des micro-organismes deviennent des savoir-faire maîtrisés. Finalement,

l'utilisation du microscope optique, couplée à l'interprétation de colorations spécifiques comme celle de Gram, est une compétence validée.

0.3.3. Profil de sortie et aptitude à l'analyse

Le profil de sortie est celui d'un apprenant initié à la démarche hypothético-déductive en microbiologie. Cet apprenant formule une hypothèse, conçoit un protocole expérimental simple et analyse des résultats bruts. Ces acquis solides orientent l'élève vers des études supérieures dans les filières biomédicales, agronomiques ou biotechnologiques. Il développe par ailleurs une pensée critique face aux enjeux de santé publique et environnementaux impliquant des agents microbiens.

0.4. Méthodologie et matériel didactique

0.4.1. Approche Pédagogique

L'enseignement de la microbiologie en deuxième année scientifique articule une démarche théorique rigoureuse et une application pratique constante. Le raisonnement hypothético-déductif est privilégié pour structurer la pensée de l'élève. Chaque concept théorique est systématiquement illustré par des études de cas, des observations ou des manipulations. L'enseignant guide l'élève de l'observation d'un phénomène microscopique à la formulation d'une conclusion scientifique validée. La pédagogie active, par questionnements et expérimentations, est au cœur de cette approche.

0.4.2. Matériel Didactique Essentiel

Pour une transmission efficace des savoirs, un équipement adapté est fondamental. La maîtrise des techniques de base exige un accès, même limité, au matériel de laboratoire.

Le matériel de base inclut : - Le microscope optique, outil central de l'observation. - Le matériel de laboratoire pour la culture bactérienne : boîtes de Pétri, anse de platine, bec Bunsen et milieux de culture (gélose). - Les colorants pour les observations microscopiques (coloration de Gram, bleu de méthylène). - Les supports visuels : schémas, planches murales et projections pour illustrer les structures invisibles à l'œil nu (virus, ultrastructure bactérienne).

0.4.3. Adaptation et Contexte Local

En l'absence de matériel sophistiqué, l'enseignant est encouragé à développer des alternatives didactiques. La modélisation avec des matériaux simples (argile, fil de fer) permet de visualiser les virus ou les bactéries. L'étude des processus de fermentation traditionnels (chikwangue, vin de palme) offre un ancrage concret et local aux concepts de métabolisme microbien. Ces exemples tirés du quotidien renforcent la pertinence de la discipline pour l'élève.

PARTIE 1 : FONDAMENTAUX ET TECHNIQUES DE LABORATOIRE

a. Un monde à l'échelle du micron

Un gramme de terre fertile du Kivu contient plus de micro-organismes que d'êtres humains sur la planète. Ce monde invisible à l'œil nu gouverne pourtant les grands cycles de la vie. Il est présent dans l'air, dans l'eau du fleuve Congo et sur notre peau. Comprendre les règles de cet univers est la première étape pour le maîtriser, le combattre ou collaborer avec lui.

b. L'arsenal du microbiologiste

L'œil humain ne peut percer le secret de l'infiniment petit. Il lui faut des alliés technologiques. Le microscope optique devient notre premier prolongement. Ensuite, les milieux de culture, sortes de "cantines cinq étoiles" pour bactéries, permettent de les multiplier jusqu'à les rendre visibles sous forme de colonies. Chaque outil possède son mode d'emploi précis, garant de résultats fiables et interprétables.

c. La rigueur comme bouclier

Manipuler le vivant invisible impose une discipline de fer. L'asepsie est la règle d'or pour protéger nos cultures des contaminations extérieures. La stérilisation, elle, assure que notre matériel est parfaitement neutre avant toute expérience. Une seule contamination dans un laboratoire de Matadi peut invalider des jours de travail et fausser un diagnostic. La propreté devient ici une compétence scientifique.

d. De la paillasse au diagnostic concret

La technique de laboratoire n'est jamais une fin en soi. Elle sert un objectif pratique. Isoler et identifier la bactérie responsable d'une fièvre à Bunia. Vérifier la pureté d'une levure pour la production de pain à Mbandaka. Analyser la qualité de l'eau d'un puits à Mbuji-Mayi. Chaque geste technique appris dans cette partie est une arme au service de la santé publique et de l'industrie.

Chapitre 1 : Diversité et classification du monde microbien

1.1. Les Bactéries : structure et morphologie

a. L'invisible devient l'ennemi identifiable

Pendant longtemps, les maladies infectieuses étaient un mystère, souvent attribuées à des forces invisibles. La science a progressé grâce à des pionniers comme Robert Koch. Il a été le premier à identifier formellement l'agent causal de la tuberculose : une bactérie.

Comprendre la forme et l'organisation de ces micro-organismes devient alors une priorité. Cette connaissance est le socle de la microbiologie médicale et permet de développer des stratégies pour les combattre ou les utiliser.

A. Les formes fondamentales des bactéries

Observer une bactérie au microscope révèle d'abord sa forme. Cette morphologie est un critère de classification primaire. On distingue trois grandes familles de formes. Parfois, les cellules s'associent pour former des groupements caractéristiques.

- **Les coques (ou cocci)** : Ce sont des bactéries de forme sphérique ou ovoïde.
- **Les bacilles** : Ils ont une forme de bâtonnet, droit ou légèrement incurvé.
- **Les formes spiralées** : Ce groupe inclut les vibrions (en forme de virgule), les spirilles (spirales rigides) et les spirochètes (spirales souples).

Figure 1 : Réf. IMG (9799-6352-9448)

Classification morphologique des bactéries : cocci, bacilles et spirilles.

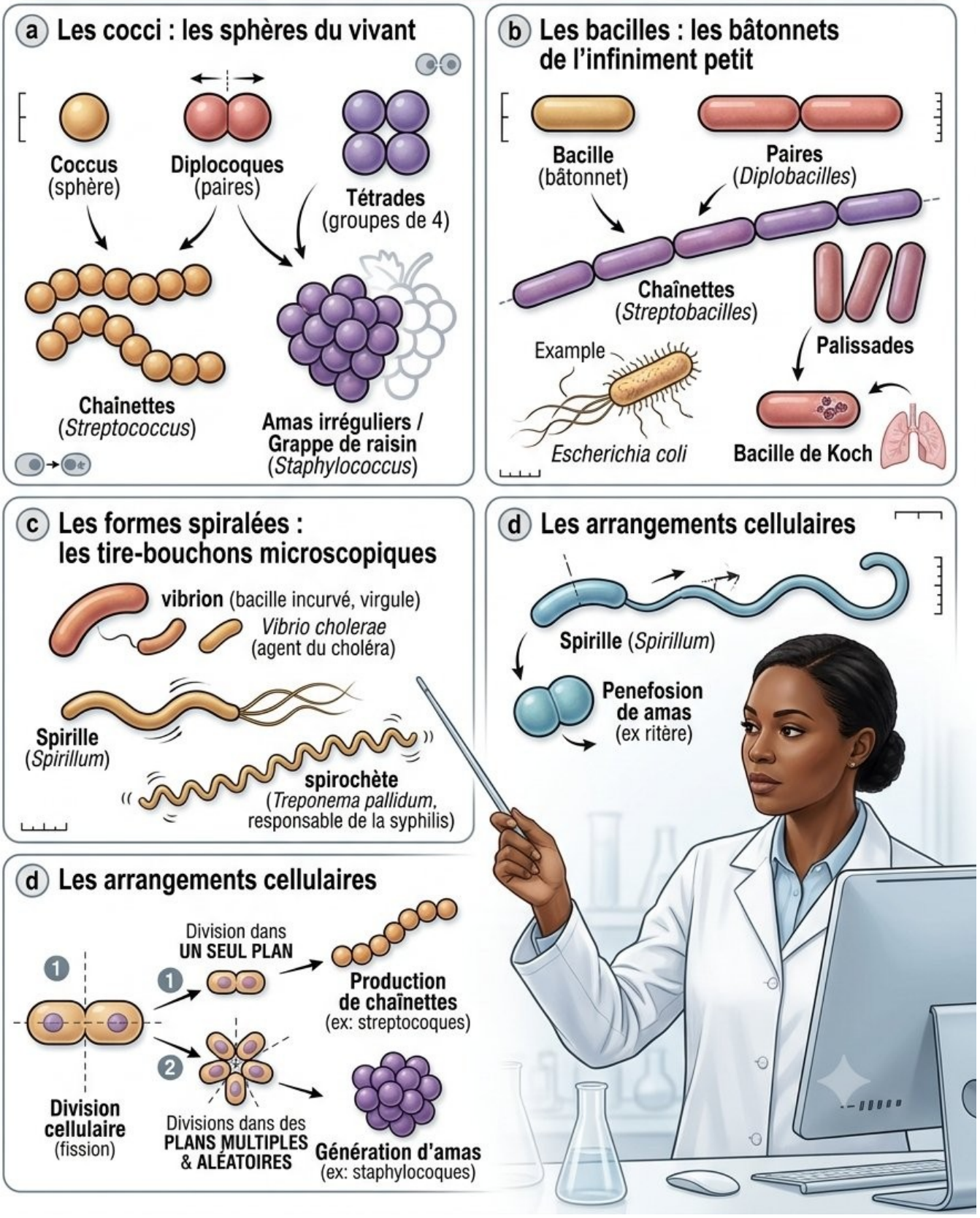


Figure 1 : Réf. IMG (9799-6352-9448)

Classification morphologique des bactéries : cocci, bacilles et spirilles.

a. Les cocci : les sphères du vivant

L'analyse de leur groupement affine l'identification. Des cocci en chaînettes évoquent le genre *Streptococcus*. Des cocci en amas irréguliers, comme une grappe de raisin, suggèrent le genre *Staphylococcus*. D'autres se présentent par paires (diplocoques) ou en tétrades.

b. Les bacilles : les bâtonnets de l'infiniment petit

Ces bactéries en forme de bâtonnet peuvent aussi s'agencer. Certaines forment des chaînettes (streptobacilles) ou des palissades. Le célèbre *Escherichia coli* présent dans notre intestin est un bacille. Le bacille de Koch, responsable de la tuberculose, en est un autre exemple.

c. Les formes spiralées : les tire-bouchons microscopiques

Moins courants, ces organismes ont une morphologie distinctive qui facilite leur identification. *Vibrio cholerae*, l'agent du choléra, est un vibrion. *Treponema pallidum*, responsable de la syphilis, est un spirochète reconnaissable à sa forme hélicoïdale et à sa mobilité.

d. Les arrangements cellulaires

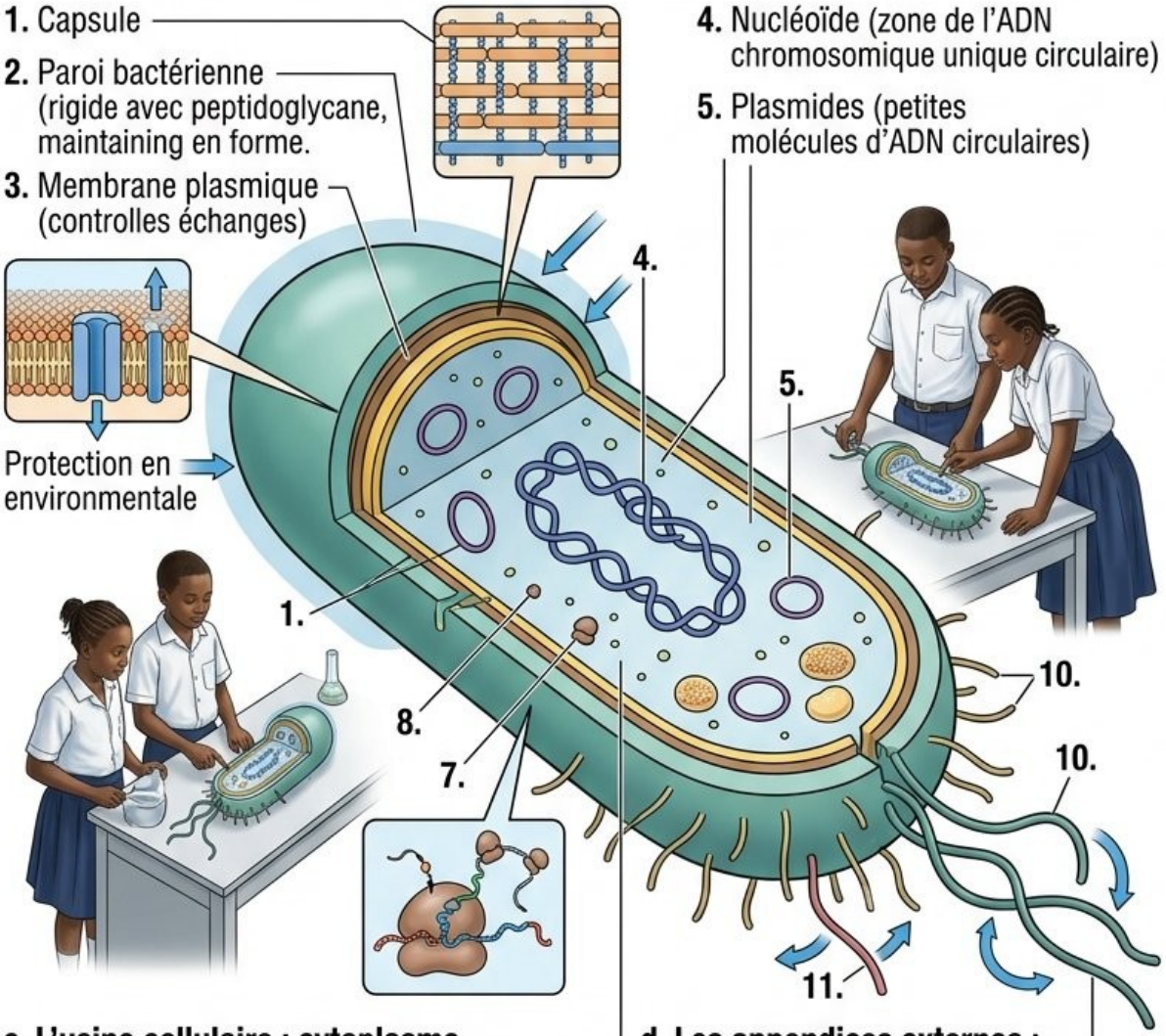
La manière dont les bactéries restent attachées après la division cellulaire crée ces arrangements. Une division dans un seul plan produit des chaînettes. Des divisions dans des plans multiples et aléatoires génèrent des amas.

B. L'anatomie d'une cellule procaryote

Au-delà de sa forme, la bactérie possède une organisation interne simple mais efficace. C'est une cellule procaryote. Son matériel génétique n'est pas enfermé dans un noyau délimité par une membrane, contrairement aux cellules eucaryotes (animales, végétales).

Figure 2 : Réf. IMG (7873-4826-2879)

Structure schématique d'une **cellule bactérienne** et de ses composants essentiels.



c. L'usine cellulaire : cytoplasme et ribosomes

6. **Cytoplasme** (gel aqueux, remplissant la cellule) (synthèse, protéins)
7. **Ribosomes** (petites usines de synthèse des protéines)
8. **Inclusions** (glycogène, lipides)

d. Les appendices externes : mobilité et adhésion

9. **Flagelle** (long filament, permettant le déplacement).
10. **Pili** (structures courtes et nombreuses, favorisant l'adhésion).
11. **Pili sexuels** (pour l'échange de matériel génétique).

Figure 2 : Réf. IMG (7873-4826-2879)

Structure schématique d'une cellule bactérienne et de ses composants essentiels.

a. L'enveloppe protectrice : paroi et membrane

La bactérie est protégée par une enveloppe complexe. La membrane plasmique contrôle les échanges avec le milieu. Au-dessus, la paroi bactérienne, rigide grâce au peptidoglycane, maintient la forme de la cellule et la protège de la pression osmotique.

b. Le centre de contrôle : le nucléoïde

Le matériel génétique est constitué d'un seul chromosome circulaire, libre dans le cytoplasme. Cette zone plus dense où se trouve l'ADN est appelée le nucléoïde. Il ne s'agit pas d'un vrai noyau. Des petites molécules d'ADN circulaires, les plasmides, peuvent aussi être présentes.

c. L'usine cellulaire : cytoplasme et ribosomes

Le cytoplasme est le gel aqueux qui remplit la cellule. Il contient les ribosomes, de petites usines qui synthétisent les protéines nécessaires à la vie de la bactérie. On y trouve aussi des substances de réserve (glycogène, lipides).

d. Les appendices externes : mobilité et adhésion

Certaines bactéries possèdent des flagelles, longs filaments qui leur permettent de se déplacer. D'autres sont couvertes de pili, des structures plus courtes et nombreuses qui favorisent l'adhésion aux surfaces ou l'échange de matériel génétique (pili sexuels).

Scénarios et Exercices

Une affaire de fermentation à Mbandaka

Mama Hélène, dans sa petite échoppe près du fleuve à Mbandaka, en Équateur, est réputée pour son lait caillé. Chaque matin, elle laisse le lait frais à température ambiante. En quelques heures, il s'épaissit et développe une saveur acidulée que ses clients adorent. Ce qu'elle réalise empiriquement est un chef-d'œuvre de microbiologie appliquée. Ce sont des bactéries lactiques, comme les lactobacilles, qui transforment le lactose (sucre du lait) en acide

lactique. Ce processus, la fermentation, non seulement conserve le lait mais le rend aussi plus digeste. Un jour, une de ses jarres a mal tourné : une odeur nauséabonde s'en dégageait. D'autres bactéries, indésirables cette fois, avaient gagné la bataille, illustrant parfaitement la dualité du monde microbien : utile ou nuisible.

Exercice 1 : Le diagnostic du laborantin de Boma

Énoncé : Un technicien de laboratoire à l'hôpital de Boma, au Kongo Central, examine au microscope un prélèvement de gorge d'un patient souffrant d'une forte angine. Il observe des cellules de forme sphérique, organisées en longues chaînettes.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Identification de la morphologie** La description "cellules de forme sphérique" correspond à la morphologie des cocci.
2. **Étape 2 : Identification de l'arrangement** L'organisation "en longues chaînettes" indique un arrangement de type "strepto-".
3. **Étape 3 : Conclusion diagnostique préliminaire** L'association d'une forme "cocci" et d'un arrangement "strepto-" oriente fortement vers le genre *Streptococcus*, un agent pathogène fréquemment responsable des angines bactériennes.

Exercice 2 : La bactérie résistante de Kisangani

Énoncé : Une chercheuse de l'Université de Kisangani, dans l'ancienne Province Orientale, isole une souche bactérienne d'une plaie infectée qui ne guérit pas. Elle constate deux choses : la bactérie survit à un traitement à la pénicilline (un antibiotique qui cible la paroi) et elle est capable de transmettre cette résistance à d'autres bactéries. Quelles structures cellulaires pourraient expliquer ces deux observations ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Analyse de la survie à l'antibiotique** La pénicilline détruit la paroi bactérienne. Si la bactérie survit, elle possède probablement une protection supplémentaire. Une capsule, couche externe visqueuse, peut empêcher l'antibiotique d'atteindre sa cible.
2. **Étape 2 : Analyse du transfert de résistance** La capacité de transmettre une information (comme la résistance) à une autre bactérie est une fonction typique des plasmides. Ces petits fragments

d'ADN circulaires portent souvent des gènes de résistance et peuvent être échangés entre bactéries, notamment via les pili sexuels.

3. **Étape 3 : Synthèse des structures impliquées** La résistance est assurée par une protection physique (la capsule) et le transfert de cette capacité est codé génétiquement sur un plasmide.

1.2. Les Virus : entités acellulaires

a. L'énigme du vivant

Même si le terme "virus" est souvent associé aux maladies, ces entités biologiques posent une question fondamentale : sont-elles vivantes ? Leur simplicité extrême les place à la frontière exacte entre la matière inerte et la vie. Cette position unique intrigue les scientifiques depuis leur découverte.

Dépourvus de cellules et de métabolisme propre, ils dépendent entièrement d'une cellule hôte pour se répliquer. Cette dépendance absolue est la clé de leur nature parasitaire et de leur classification à part dans le monde biologique. Ils sont les pirates ultimes du monde vivant.

A. Structure et composition d'un virion

Un virion est la particule virale complète et infectieuse, trouvée à l'extérieur de la cellule hôte. Sa structure est optimisée pour la survie et la transmission. Trois composants principaux la définissent.

1. **Le génome viral**. C'est le matériel génétique du virus. Il peut être constitué d'ADN ou d'ARN. Un virus ne possède jamais les deux types simultanément. Ce génome contient toutes les informations nécessaires pour détourner la cellule hôte.
2. **La capside**. C'est une coque de protéines qui entoure et protège le génome. Elle est composée de sous-unités appelées capsomères. Son assemblage suit des règles de symétrie précises, souvent icosaédrique (polyèdre à 20 faces) ou hélicoïdale (en spirale).
3. **L'enveloppe (facultative)**. Certains virus, comme celui de la grippe ou du VIH, possèdent une couche lipidique supplémentaire autour de la capside. Cette enveloppe provient de la membrane de la cellule hôte précédente. Elle porte des protéines virales (spicules) qui aident le virus à reconnaître et à s'attacher à de nouvelles cellules.

Figure 3 : Réf. IMG (3982-4497-2174)

Anatomie comparée d'un bactériophage et d'un virus enveloppé

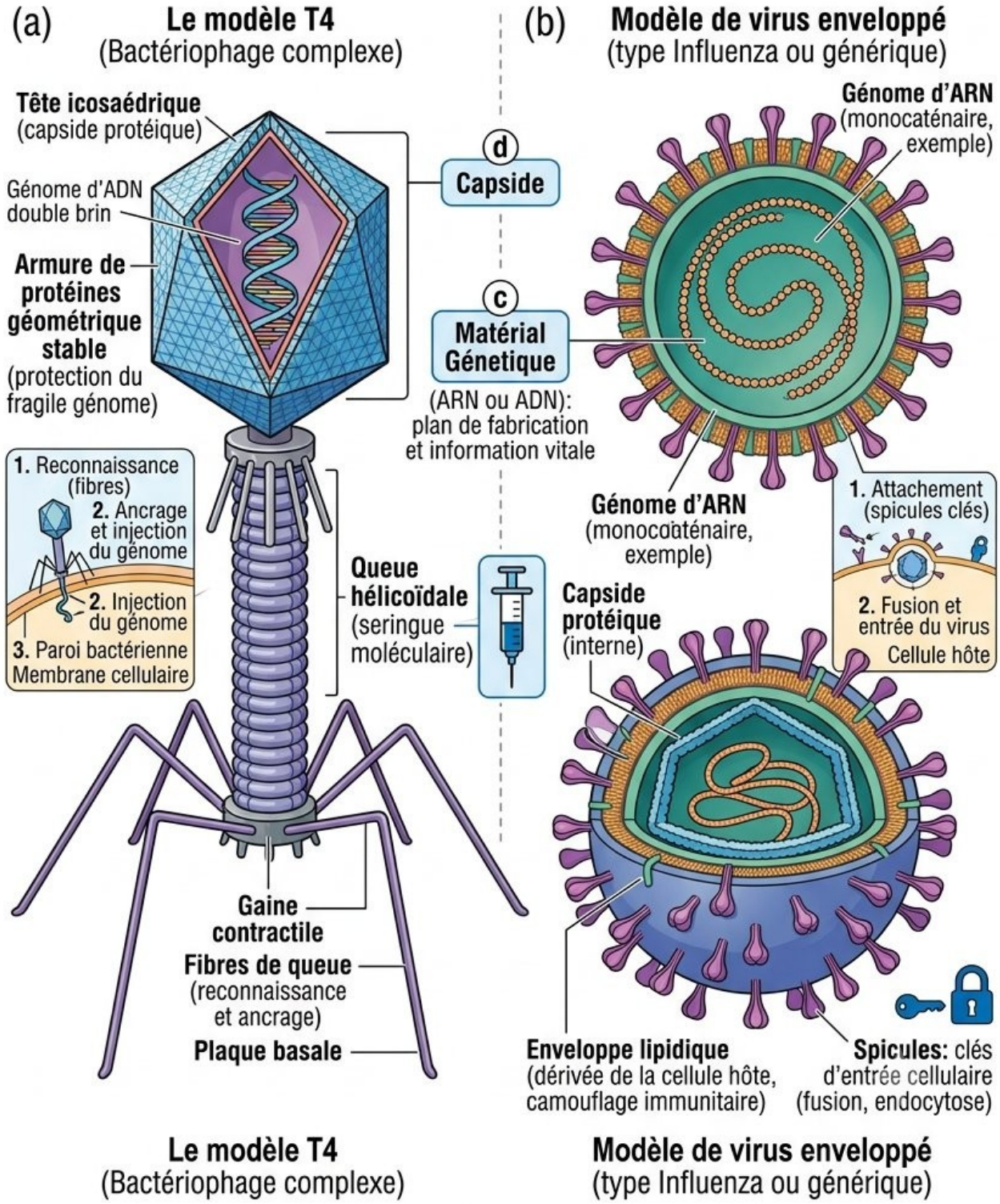


Figure 3 : Réf. IMG (3982-4497-2174)

Anatomie comparée d'un bactériophage et d'un virus enveloppé

a. Le modèle T4

Le bactériophage T4 est un exemple classique de virus complexe. Il ressemble à un module lunaire. Sa tête icosaédrique contient l'ADN. Sa queue hélicoïdale, terminée par des fibres, lui permet de s'ancrer sur la bactérie et d'injecter son matériel génétique comme une seringue.

b. L'enveloppe, un déguisement efficace

L'enveloppe lipidique aide le virus à se camoufler. Puisqu'elle dérive de la cellule hôte, le système immunitaire a plus de mal à la reconnaître comme étrangère. Les spicules qui la traversent sont les véritables clés permettant d'entrer dans une nouvelle cellule.

c. Le matériel génétique, l'information vitale

La nature du génome (ADN ou ARN, simple ou double brin) est un critère de classification majeur. Il code pour les protéines de la capside, les enzymes de réplication et les protéines qui manipulent la cellule hôte. C'est le plan de fabrication des nouveaux virus.

d. La capside, une armure de protéines

La capside protège le fragile génome viral des conditions extérieures (enzymes, pH). Sa structure géométrique est extrêmement stable et efficace. Pour les virus nus (sans enveloppe), c'est la capside qui interagit directement avec les récepteurs de la cellule hôte.

■ ■ ■

B. Le cycle de réplication virale : une prise de contrôle

Un virus ne se reproduit pas. Il se réplique. Il force une cellule hôte à fabriquer des copies de lui-même. Ce processus se déroule en plusieurs étapes séquentielles.

- **Adsorption** : Le virus s'attache à la surface de la cellule hôte grâce à une reconnaissance spécifique entre les protéines virales et les récepteurs cellulaires.

- **Pénétration** : Le virus ou son génome entre dans la cellule. Cela peut se faire par injection (bactériophages), par fusion de l'enveloppe virale avec la membrane cellulaire ou par endocytose (la cellule "avale" le virus).
- **Décapsidation** : Si le virion entier est entré, la capside est dégradée pour libérer le génome viral dans le cytoplasme.
- **Réplication et synthèse** : Le génome viral prend le contrôle. La machinerie de la cellule (ribosomes, enzymes) est détournée pour copier le génome viral et pour produire les protéines virales.
- **Assemblage** : Les nouveaux génomes et les protéines de capside s'auto-assemblent pour former de nouveaux virions.
- **Libération** : Les nouveaux virus sortent de la cellule. Cette sortie peut être brutale, par lyse (éclatement) de la cellule, ou plus discrète, par bourgeonnement (pour les virus enveloppés).

Scénarios et Exercices

Une découverte à partir d'une maladie des plantes

Loin des hôpitaux, la première preuve de l'existence des virus vient de l'agronomie. À la fin du 19ème siècle, les plantations de tabac en Europe sont ravagées par une maladie créant des taches sur les feuilles, la "mosaïque du tabac". Le scientifique russe Dmitri Ivanovski, en 1892, tente de trouver la bactérie responsable. Il filtre la sève des plants malades avec un filtre de Chamberland, connu pour retenir toutes les bactéries. À sa grande surprise, le liquide filtré, débarrassé de toute bactérie, reste infectieux. Il conclut à la présence d'une toxine. Quelques années plus tard, le Néerlandais Martinus Beijerinck refait l'expérience et va plus loin. Il comprend que l'agent est capable de se multiplier dans la plante. Il l'appelle *contagium vivum fluidum* (germe vivant soluble), ou plus simplement : "virus".

Exercice 1 : Le dilemme du médecin à l'hôpital de Boma

Énoncé : Un médecin de l'hôpital général de référence de Boma, au Kongo Central, reçoit un patient souffrant d'une forte fièvre et de courbatures. Les analyses standards pour une infection bactérienne reviennent négatives. Le médecin suspecte une infection virale. Il explique au patient que les antibiotiques classiques seront inefficaces. Pourquoi ?

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Identifier la nature des agents pathogènes** Les bactéries sont des organismes vivants unicellulaires. Elles possèdent une paroi cellulaire, des ribosomes et un métabolisme propre pour se multiplier. Les virus sont des entités acellulaires qui ne possèdent rien de tout cela.
2. **Étape 2 : Comprendre le mode d'action des antibiotiques** Les antibiotiques sont des molécules qui ciblent spécifiquement des structures ou des voies métaboliques bactériennes. Par exemple, la pénicilline bloque la synthèse de la paroi bactérienne. Ces cibles n'existent pas chez les virus, ni dans les cellules humaines.
3. **Étape 3 : Conclure sur l'inefficacité des antibiotiques sur les virus** Puisque les virus utilisent la machinerie de nos propres cellules pour se répliquer, ils n'offrent pas les mêmes cibles que les bactéries. Attaquer le virus avec un antibiotique est inutile. Le traitement des infections virales nécessite des médicaments spécifiques, les antiviraux, qui sont plus difficiles à développer.

Exercice 2 : La mosaïque du manioc dans le champ de Papa Lufimpu

Énoncé : Papa Lufimpu, un agriculteur près de Bandundu-ville dans le Kwilu, est inquiet. Les feuilles de ses plants de manioc sont déformées et présentent des taches jaunes, un symptôme de la maladie de la mosaïque africaine du manioc. Un technicien agricole lui confirme qu'il s'agit d'un virus. Papa Lufimpu demande pourquoi il ne suffit pas de couper les feuilles malades pour guérir la plante.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Analyser le point d'entrée et la réplication initiale** Le virus est souvent transmis par un insecte piqueur (la mouche blanche). Une fois dans une cellule de la feuille, le virus se réplique en utilisant les ressources de cette cellule pour produire des milliers de copies.
2. **Étape 2 : Comprendre la dissémination systémique** Le virus ne reste pas dans les cellules initialement infectées. Les nouvelles particules virales se déplacent de cellule en cellule et utilisent le système vasculaire de la plante (le phloème, qui transporte la sève) pour se propager dans toute la plante : tige, autres feuilles, et surtout les tubercules.

3. **Étape 3 : Expliquer l'inefficacité de la taille des feuilles** Au moment où les symptômes sont visibles sur quelques feuilles, le virus a déjà colonisé l'ensemble de la plante de manière invisible. Couper les feuilles malades revient à couper quelques branches d'un arbre dont le tronc est déjà malade. L'infection est devenue systémique et la plante entière est une usine à virus.

1.3. Les Champignons microscopiques : levures et moisissures

a. L'accroche du quotidien

Lorsque le pain que l'on achète au marché de Gambela lève, il le doit à une armée d'organismes microscopiques. Ces artisans invisibles, appelés levures, transforment le sucre en alcool et en gaz carbonique, donnant au pain sa texture aérée. Ils sont une facette essentielle du monde des champignons microscopiques.

Cette même famille biologique possède un autre visage, souvent moins apprécié. Une tomate oubliée dans la chaleur de Matadi se couvre rapidement d'un duvet verdâtre ou noir. Il s'agit des moisissures, l'autre grande catégorie de champignons microscopiques, championnes de la décomposition.

A. Les Levures : des unicellulaires bourgeonnants

Les levures sont des champignons eucaryotes et unicellulaires. De forme généralement ovale ou sphérique, une levure mesure quelques micromètres de diamètre. Sa structure est simple : une paroi, une membrane, un cytoplasme et un noyau bien défini. L'exemple le plus célèbre est *Saccharomyces cerevisiae*, la levure du boulanger et du brasseur, utilisée pour la fabrication du pain ou des boissons fermentées comme le *munkoyo*.

Leur mode de reproduction asexuée le plus courant est le bourgeonnement. Une cellule mère développe une petite excroissance, le bourgeon. Ce bourgeon grossit, reçoit une copie du noyau de la cellule mère, puis peut se détacher pour devenir une nouvelle levure indépendante.