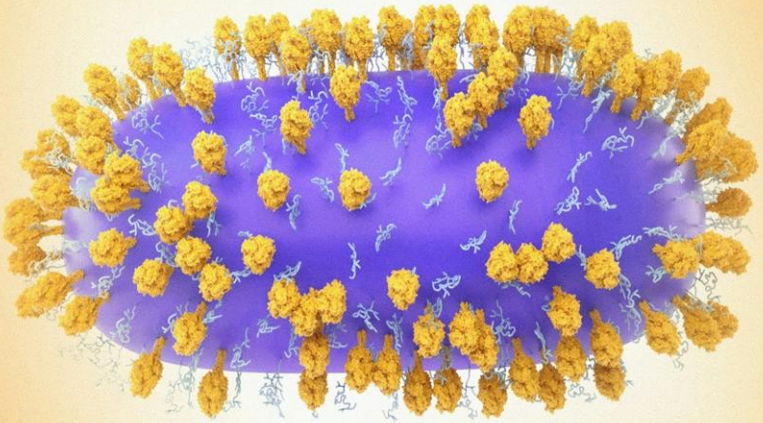
MICROBIOLOGIE



CONFORME AU PROGRAMME NATIONAL

1ère Année

EDITION 2025

Option humanités SCIENTIFIQUES

Éditions Donel C.
Direction Éditoriale et Conception Générale :
MURHULA BAZIKANGE M.
Pour contacts, mon site web :
https://murhulabazikange.com/

© 2025, Donel Consulting, Kin. RDC
Tous droits réservés.

Pour l'excellence de l'éducation en RDC,
Tous les manuels scolaires en un seul endroit,
sur ce site web :
https://manuels-scolaires-rdc.com/

Pour plus de détails, scannez ceci :

TABLE DE MATIERE

🔬 PRÉLIMINAIRES 1

0.1. Préface et Note Pédagogique 1

- 0.1.1. À l'attention de l'élève : Pourquoi étudier un monde invisible ? 1
- 0.1.2. Note à l'enseignant : Un outil pour une pédagogie active 2

0.2. Objectifs Généraux du Cours 2

- 0.2.1. Compétences cognitives et savoirs fondamentaux 2
- 0.2.2. Compétences pratiques et appliquées 3

0.3. Profil de Sortie de l'Élève 4

- 0.3.1. Le savoir-analyser : L'élève en tant que scientifique en herbe 4
- 0.3.2. Le savoir-faire : L'élève en tant que technicien averti 5
- 0.3.3. Le savoir-être : L'élève en tant que citoyen responsable 6

0.4. Méthodologie et Évaluation 6

- 0.4.1. Démarche pédagogique : du concret à l'abstrait 7
- 0.4.2. Modalités d'évaluation : certifier la compétence 7

Chapitre 1 : Introduction à la Microbiologie 10

1.1. Définition et Historique 10

- 1.1.1. Les premières observations : les "Animalcules" de van Leeuwenhoek 11
- 1.1.2. Le débat sur la génération spontanée 11
- 1.1.3. La théorie des germes et les postulats de Koch 12

1.2. Place des Micro-organismes dans le Monde Vivant 13

- 1.2.1. Les Procaryotes : les maîtres de la simplicité 13
- 1.2.2. Les Eucaryotes : la complexité compartimentée 14
- 1.2.3. Les Virus : à la frontière du vivant 14

1.3. La Cellule Microbienne : Structure et Fonction 15

- 1.3.1. Anatomie d'une cellule bactérienne 15
- 1.3.2. Comparaison avec une cellule de levure (eucaryote) 16

1.4. Outils et Méthodes d'Observation 17

- 1.4.1. Le microscope photonique (ou optique) 17
- 1.4.2. Le microscope électronique 17
- 1.4.3. Techniques de préparation et de coloration 18
- Exercices d'application 19
- Ressources Complémentaires 20

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Chapitre 2 : Bactériologie Générale 23
2.1. Morphologie et Groupement des Bactéries 23
- 2.1.1. Les Formes Fondamentales 24
- 2.1.2. Les Modes de Groupement 25

2.2. Structure de la Paroi et Coloration de Gram 26
- 2.2.1. Le Peptidoglycane : L'Armature Universelle 26
- 2.2.2. Les Deux Grands Types de Paroi 27
- 2.2.3. Le Mécanisme de la Coloration de Gram 27
- 2.2.4. Implications Médicales Fondamentales 28

2.3. Structures Facultatives et Mobilité 29
- 2.3.1. La Capsule : Le Bouclier Anti-Phagocytose 29
- 2.3.2. Les Flagelles : Les Moteurs de la Mobilité 30
- 2.3.3. Les Pili : Outils d'Adhésion et de Communication 30
- 2.3.4. L'Endospore : La Forme de Survie Ultime 31

2.4. Nutrition et Métabolisme Bactérien 32
- 2.4.1. Classification Nutritionnelle 32
- 2.4.2. Les Besoins Élémentaires et les Facteurs de Croissance 33
- 2.4.3. La Relation à l'Oxygène : Les Types Respiratoires 34
- Ressources Complémentaires 35

Chapitre 3 : Mycologie et Virologie 40
3.1. Les Champignons Microscopiques : Levures et Moisissures 40
- 3.1.1. Les Levures : des usines unicellulaires 41
- 3.1.2. Les Moisissures : des réseaux filamenteux 42

3.2. Les Protozoaires : Classification et Biologie 43
- 3.2.1. Les Rhizopodes (ou Sarcodines) 43
- 3.2.2. Les Ciliés 43
- 3.2.3. Les Flagellés (ou Mastigophores) 44
- 3.2.4. Les Sporozoaires (ou Apicomplexes) 44

3.3. Structure et Classification des Virus 45
- 3.3.1. L'Architecture Virale de Base 45
- 3.3.2. Classification des Virus 46

3.4. Le Cycle de Réplication Virale 47
- 3.4.1. Le Cycle Lytique : la prise de contrôle et la destruction 47

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- 3.4.2. Le Cycle Lysogénique : la stratégie de la clandestinité 49
- Ressources Complémentaires 49
- Exercices d'Application 51
- Corrigés Détaillés 52

Chapitre 4 : Croissance et Contrôle des Micro-organismes 54

4.1. La Croissance Bactérienne 54

- 4.1.1. Le principe de la scissiparité 55
- 4.1.2. La courbe de croissance en milieu clos 55
- 4.1.3. Exercice d'application : La multiplication d'Escherichia coli 56

4.2. Facteurs Physico-chimiques de la Croissance 57

- 4.2.1. La température 57
- 4.2.2. Le potentiel hydrogène (pH) 58
- 4.2.3. L'activité de l'eau (aw) et la pression osmotique 59
- 4.2.4. Scénario d'analyse : La conservation du poisson de la Tshuapa 59

4.3. Agents Antimicrobiens Physiques et Chimiques 60

- 4.3.1. Les méthodes de contrôle physiques 61
- 4.3.2. Les agents de contrôle chimiques 62

4.4. Antibiotiques et Antiviraux 63

- 4.4.1. Les antibiotiques : des armes contre les bactéries 63
- 4.4.2. Les antiviraux : une lutte plus complexe 63
- 4.4.3. L'antibiorésistance : un défi majeur de santé publique 64

Ressources Complémentaires 65

- Questions-Réponses 65
- Analyse d'erreurs fréquentes 66
- Corrigés détaillés des exercices 66

Chapitre 5 : Écologie Microbienne et Cycles Biogéochimiques 68

5.1. Les Micro-organismes dans les Écosystèmes 69

- 5.1.1. Les Communautés Microbiennes : Des Habitats Spécifiques 69
- 5.1.2. Le Biofilm : Une Cité Microbienne Fortifiée 71

5.2. Cycle du Carbone et de l'Oxygène 72

- 5.2.1. Le Rôle des Décomposeurs dans le Cycle du Carbone 72
- 5.2.2. Fixation du Carbone et Production d'Oxygène : Les Poumons Invisibles 73

5.3. Cycle de l'Azote 74

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

- 5.3.1. Les Étapes Clés du Cycle 74
- 5.3.2. Étude de Cas : Symbiose Légumineuse-Bactérie dans le Kongo Central 75

5.4. Relations Symbiotiques et Interactions 77

- 5.4.1. Les Types de Relations Symbiotiques 77
- 5.4.2. Autres Interactions Régulant les Populations..... 78
- 5.4.3. Ressources Complémentaires..... 79
- Exercices d'Application 81

Chapitre 6 : Microbiologie Médicale et Immunologie 84

6.1. Pathogénicité et Virulence 84

6.2. Grandes Maladies Microbiennes en RDC 88

6.3. Défenses de l'Hôte : Immunité Non Spécifique 92

6.4. Immunité Spécifique et Vaccination 95

- Exercices d'Application 99
- Ressources Complémentaires 100
- Corrigés Détaillés des Exercices 101

Chapitre 7 : Microbiologie Alimentaire et Fermentations.....103

7.1. Principes des Fermentations 104

- 7.1.1. Définition opérationnelle de la fermentation.....104
- 7.1.2. Les deux voies métaboliques majeures.....104
- 7.1.3. Rendement énergétique et survie microbienne.....105

7.2. Production de Boissons Fermentées 106

- 7.2.1. Le rôle central des levures 106
- 7.2.2. Étude de cas : Le vin de palme (Malafu).....106
- 7.2.3. Scénario pratique : La bière de maïs (Tshibuku).....107

7.3. Produits Laitiers et Aliments Fermentés 108

- 7.3.1. La transformation du lait par fermentation lactique 108
- 7.3.2. Application locale : Le fromage Mashanza du Sud-Kivu.....109
- 7.3.3. Le rouissage du manioc : une fermentation de survie 109

7.4. Altération des Aliments et Conservation.....110

- 7.4.1. Quand les microbes gâtent la nourriture 111
- 7.4.2. Stratégies de conservation : la guerre contre les microbes.....111

7.5. Exercices d'Application et Consolidation.....113

- 7.5.1. Questions de compréhension 113

- 7.5.2. Scénario d'analyse : Le malafu raté de l'oncle Kabasele 113
- 7.5.3. Problème pratique : Conception d'une méthode de conservation des mangues 113

7.6. Ressources Complémentaires 114
- 7.6.1. Questions-Réponses Approfondies 114
- 7.6.2. Analyse des Erreurs Fréquentes 115
- 7.6.3. Corrigés Détaillés des Exercices 115

Chapitre 8 : Biotechnologies et Environnement 117

8.1. Production d'Antibiotiques et de Biomolécules 117
- 8.1.1. Le Bioréacteur : L'Hôtel cinq étoiles pour Microbes 118
- 8.1.2. La Révolution des Antibiotiques : De la Moisissure au Médicament 118
- 8.1.3. Les Usines Microbiennes à Biomolécules 120
- 8.1.4. Exercices d'Application 121

8.2. Traitement des Eaux et Déchets 122
- 8.2.1. Le Défi des Eaux Usées 122
- 8.2.2. La Station d'Épuration à Boues Activées 122
- 8.2.3. La Méthanisation : De Déchet à Énergie 123

8.3. Biofertilisants et Agriculture 125
- 8.3.1. Les Biofertilisants : Le Principe 125
- 8.3.2. Les Bactéries Fixatrices d'Azote : L'Engrais qui Tombe du Ciel 125
- 8.3.3. Les Champignons Mycorhiziens : Une Extension du Système Racinaire 126
- 8.3.4. La Lutte Biologique : Les Microbes Gardes du Corps 127

8.4. Bioremédiation des Sols Pollués 128
- 8.4.1. La Pollution, un Repas pour Microbes ? 128
- 8.4.2. Dégradation des Polluants Organiques : Le Cas des Hydrocarbures 129
- 8.4.3. Gestion des Métaux Lourds : Le Défi des Sites Miniers 129
- 8.4.4. Exercices d'Application 130

Ressources Complémentaires 132
- Questions-Réponses 132
- Analyse d'Erreurs Fréquentes 133

Chapitre 9 : Pratiques de Laboratoire et Sécurité 135

9.1. Règles de Sécurité et Asepsie 135
- 9.1.1. L'Équipement de Protection Individuelle (EPI) 136
- 9.1.2. Règles Comportementales Fondamentales 136

- 9.1.3. La Manipulation Aseptique : L'Art de l'Invisible 137

9.2. Préparation des Milieux de Culture 138

- 9.2.1. Les Ingrédients Essentiels d'un Milieu de Culture 138
- 9.2.2. Typologie des Milieux de Culture 139
- 9.2.3. Scénario : Préparation de 500 mL de Gélose Nutritive 140

9.3. Techniques d'Ensemencement et d'Isolement 141

- 9.3.1. La Technique de l'Ensemencement par Stries en Quadrants 142
- 9.3.2. Incubation : Créer les Conditions de Croissance 143
- 9.3.3. Observation Macroscopique des Colonies 143

9.4. Stérilisation et Gestion des Déchets Biologiques 144

- 9.4.1. Méthodes de Stérilisation 144
- 9.4.2. Gestion Rigoureuse des Déchets Biologiques 145

ANNEXES 147

A.1. Atlas de Microbiologie 147

A.2. Protocoles de Coloration 148

- A.2.1. Coloration de Gram 148
- A.2.2. Coloration de Ziehl-Neelsen 149

A.3. Glossaire de Microbiologie 150

Éditions Donel C.
Direction Éditoriale et Conception Générale :
MURHULA BAZIKANGE M.
Pour contacts, mon site web :
https://murhulabazikange.com/

© 2025, Donel Consulting, Kin. RDC
Tous droits réservés.

Pour l'excellence de l'éducation en RDC,
Tous les manuels scolaires en un seul endroit,
sur ce site web :
https://manuels-scolaires-rdc.com/

Pour plus de détails, scannez ceci :

PRÉLIMINAIRES

0.1. Préface et Note Pédagogique

Ce manuel de Microbiologie constitue un pilier fondamental de la formation scientifique en première année des Humanités en République Démocratique du Congo. Conçu en stricte adéquation avec le Programme National du Domaine d'Apprentissage des Sciences, il transcende la simple observation pour plonger l'apprenant dans la compréhension des mécanismes régissant l'infiniment petit. Cet ouvrage répond à la nécessité impérieuse de former une jeunesse capable de comprendre les enjeux sanitaires, écologiques et industriels liés aux micro-organismes. Nous avons privilégié une approche didactique rigoureuse, ancrée dans les réalités locales, pour démystifier le monde microbien et révéler son omniprésence ainsi que son importance capitale pour la biosphère.

0.1.1. À l'attention de l'élève : Pourquoi étudier un monde invisible ?

Vous tenez entre les mains un manuel qui vous ouvre les portes d'un univers invisible à l'œil nu, mais dont l'influence sur votre vie quotidienne est immense. La microbiologie est la science qui étudie les organismes microscopiques : bactéries, virus, champignons, protistes. Loin d'être une discipline abstraite réservée aux laboratoires, elle fournit des réponses concrètes à des questions que vous vous posez peut-être déjà. Pourquoi le lait caille-t-il pour donner du "mashanza" ? Comment le manioc amer devient-il le "fufu" ou la "chikwangue" comestibles ? Pourquoi une simple égratignure peut-elle parfois s'infecter gravement ? Comment des maladies comme le choléra ou la fièvre typhoïde se propagent-elles et, surtout, comment s'en protéger ?

Ce cours a pour ambition de vous transformer en un observateur averti et un acteur conscient de votre environnement. Vous apprendrez que les microbes ne sont pas seulement des ennemis à combattre. Beaucoup sont des alliés indispensables à notre santé, à notre alimentation et à l'équilibre de la planète. Comprendre leur fonctionnement, c'est acquérir un pouvoir : celui de mieux vous protéger, de mieux vous nourrir et de mieux comprendre le monde vivant qui vous entoure. Ce savoir est un outil puissant pour vous, pour votre famille et pour votre communauté.

0.1.2. Note à l'enseignant : Un outil pour une pédagogie active

Cet ouvrage a été conçu comme un partenaire de votre enseignement. Il ne s'agit pas d'un simple recueil de faits à mémoriser, mais d'une boîte à outils pour mettre en œuvre une pédagogie active, centrée sur l'investigation et la résolution de problèmes. Le programme national insiste sur le développement de compétences, et ce manuel est structuré pour atteindre cet objectif. Chaque chapitre est pensé comme une séquence d'apprentissage qui part d'une situation-problème concrète, souvent ancrée dans le contexte congolais, pour ensuite construire les savoirs théoriques nécessaires à sa résolution.

Votre rôle est central. Vous êtes le guide qui aidera les élèves à passer de l'observation à l'expérimentation, de la question à l'hypothèse, et de l'hypothèse à la conclusion. Nous vous encourageons à utiliser les réalités locales comme un laboratoire vivant. La fermentation du vin de palme, la culture de champignons sur un tronc d'arbre, les campagnes de sensibilisation à l'hygiène des mains sont autant d'opportunités d'illustrer les concepts abordés. Les exercices et études de cas proposés visent à stimuler la réflexion critique et à ancrer durablement les apprentissages. Ce manuel vous fournit la structure et le contenu scientifique rigoureux ; votre expertise du terrain et votre créativité pédagogique feront la différence pour susciter la passion de la science chez vos élèves.

0.2. Objectifs Généraux du Cours

L'enseignement de la microbiologie vise à doter l'élève d'une compréhension systémique de la diversité, de la physiologie et de l'écologie des micro-organismes. L'apprenant développera la capacité de discriminer les différents groupes microbiens, de comprendre leurs modes de reproduction et leurs interactions avec l'environnement. Le cours ambitionne de fournir les clés conceptuelles pour maîtriser les applications biotechnologiques, notamment dans l'agroalimentaire, et pour adopter des comportements prophylactiques face aux maladies infectieuses endémiques. Il s'agit de former un esprit scientifique capable d'analyser le rôle ambivalent des microbes, à la fois agents pathogènes redoutables et outils industriels précieux.

0.2.1. Compétences cognitives et savoirs fondamentaux

À l'issue de ce cours, l'élève doit être capable de :

1. **Définir la microbiologie** et délimiter son champ d'étude en la distinguant des autres disciplines de la biologie.
2. **Identifier les grandes étapes historiques** de la microbiologie, en citant le rôle de pionniers comme Antoine van Leeuwenhoek, Louis Pasteur et Robert Koch, et en comprenant l'impact de leurs découvertes sur la médecine et la société.
3. **Classifier les principaux groupes de micro-organismes** (bactéries, archées, eucaryotes microbiens comme les champignons et les protistes, et les virus) sur la base de leurs caractéristiques structurales fondamentales (procaryote vs eucaryote, présence de paroi, etc.).
4. **Décrire l'anatomie d'une cellule bactérienne typique** et la fonction de ses principales structures : paroi, membrane plasmique, cytoplasme, ribosome, nucléoïde, flagelle, pilus, capsule.
5. **Expliquer les différents modes de nutrition microbienne** (phototrophie, chimiotrophie, autotrophie, hétérotrophie) en donnant des exemples concrets pour chaque type.
6. **Analyser une courbe de croissance bactérienne** en identifiant et en expliquant les quatre phases (latence, exponentielle, stationnaire, déclin).
7. **Identifier les facteurs physico-chimiques** qui influencent la croissance microbienne : température (psychrophiles, mésophiles, thermophiles), pH (acidophiles, neutrophiles, alcalophiles), pression osmotique et disponibilité en oxygène (aérobies stricts, anaérobies stricts, aéro-anaérobies facultatifs).

0.2.2. Compétences pratiques et appliquées

Au-delà des savoirs théoriques, l'élève devra démontrer sa capacité à :

1. **Appliquer les règles d'asepsie** en laboratoire et dans la vie courante pour prévenir la contamination. Cela inclut la compréhension des principes de la stérilisation, de la désinfection et de l'antisepsie.
2. **Expliquer le principe du microscope optique** et l'utiliser correctement pour observer une préparation microscopique simple (par exemple, des levures de boulanger ou des micro-organismes d'une infusion d'eau stagnante).

3. **Décrire le rôle des micro-organismes dans les cycles biogéochimiques** majeurs, en particulier le cycle du carbone et de l'azote, en expliquant leur fonction de décomposeurs et de producteurs.

4. **Analyser le rôle des micro-organismes dans l'agroalimentaire congolais**, en expliquant les processus de fermentation impliqués dans la production de "chikwangue" (manioc), "munkoyo" (boisson à base de maïs), et la production d'huile de palme.

5. **Identifier les principaux modes de transmission des maladies infectieuses** (contact direct, contact indirect, voie aérienne, ingestion, vecteurs) et associer chaque mode à une maladie endémique en RDC (par exemple, Ebola, choléra, paludisme, rougeole).

6. **Proposer des mesures de prophylaxie individuelles et collectives** pour lutter contre la propagation des maladies infectieuses courantes, en se basant sur la connaissance de leurs agents et de leurs modes de transmission.

0.3. Profil de Sortie de l'Élève

Au terme de cette année de formation, l'élève démontrera sa compétence à classifier les micro-organismes selon leurs caractéristiques cellulaires et métaboliques. Il expliquera avec précision les mécanismes de la croissance microbienne et les facteurs qui l'influencent. Il maîtrisera les principes de base de l'asepsie et des techniques de laboratoire. Il sera apte à identifier les agents responsables des grandes endémies congolaises et à proposer des mesures d'hygiène adaptées. Enfin, il appliquera ses connaissances pour optimiser les processus de transformation et de conservation des aliments, valorisant ainsi les ressources locales.

0.3.1. Le savoir-analyser : L'élève en tant que scientifique en herbe

Le profil de sortie attendu est celui d'un citoyen doté d'un esprit scientifique, capable d'analyser une situation impliquant des micro-organismes avec méthode et rigueur.

Scénario 1 : Le cas du repas de fête

Situation : Après un repas de mariage dans le quartier, plusieurs invités présentent des symptômes de gastro-entérite (diarrhées, vomissements).

L'élève, ayant participé au repas, est interrogé par sa famille sur les causes possibles.

Compétence attendue : L'élève ne se contente pas de dire "c'est la nourriture qui était mauvaise". Il est capable de raisonner de manière structurée : 1. **Hypothèses :** Il émet des hypothèses plausibles basées sur ses connaissances. "La cause est probablement une bactérie comme *Salmonella* ou *Staphylococcus aureus*, ou un virus. Cela s'appelle une toxi-infection alimentaire." 2. **Analyse des facteurs de risque :** Il pose les bonnes questions. "Les plats ont-ils été préparés longtemps à l'avance ? Ont-ils été conservés au chaud ou au froid ? La viande était-elle bien cuite ? Les personnes qui ont préparé le repas se sont-elles lavé les mains ?" 3. **Proposition de solution :** Il formule des recommandations préventives pour l'avenir. "Pour éviter cela, il faut respecter la chaîne du froid, bien cuire les aliments, et appliquer des règles d'hygiène strictes lors de la préparation."

0.3.2. Le savoir-faire : L'élève en tant que technicien averti

L'élève doit pouvoir traduire ses connaissances théoriques en actions concrètes et utiles.

Scénario 2 : Optimiser la production de "mandrakas" (beignets)

Situation : Une parente de l'élève vend des beignets au marché de Gambela. Sa production est parfois irrégulière : certains jours, la pâte lève bien et les beignets sont excellents ; d'autres jours, la pâte ne lève pas.

Compétence attendue : L'élève applique ses connaissances sur la physiologie des levures (*Saccharomyces cerevisiae*). 1. **Diagnostic :** Il identifie la levure comme l'agent responsable de la levée de la pâte (production de dioxyde de carbone, CO_2). Il comprend que l'irrégularité est due à des conditions non optimales pour la croissance de la levure. 2. **Analyse des facteurs limitants :** Il investigue les facteurs physico-chimiques. "Utilises-tu toujours la même quantité de sucre ? Le sucre est la nourriture de la levure. La température de l'eau est-elle contrôlée ? Si l'eau est trop chaude, elle tue les levures ; si elle est trop froide, elle ralentit leur activité. La pâte est-elle placée dans un endroit suffisamment chaud pour la levée ?" 3. **Optimisation du protocole :** Il propose un protocole standardisé. "Pour avoir des beignets réguliers, il faut toujours utiliser : une quantité fixe de levure fraîche, une quantité précise de sucre, et de l'eau tiède (entre 30 et 40°C). Il faut ensuite laisser la pâte reposer dans un endroit chaud et à l'abri des courants d'air." Il

a ainsi transformé un savoir empirique en un processus contrôlé et reproductible.

0.3.3. Le savoir-être : L'élève en tant que citoyen responsable

La formation en microbiologie doit former des individus conscients de leur rôle dans la santé publique.

Scénario 3 : La gestion de l'eau à la maison

Situation : Dans le quartier de l'élève à Matadi, l'approvisionnement en eau potable est intermittent. Les familles stockent l'eau dans des bidons. On signale quelques cas de fièvre typhoïde.

Compétence attendue : L'élève devient un agent de santé communautaire au sein de son foyer. 1. **Identification du risque :** Il sait que la fièvre typhoïde est causée par une bactérie (*Salmonella typhi*) transmise par l'eau ou les aliments contaminés. Il identifie le stockage de l'eau comme un point critique de contamination potentielle. 2. **Mise en place de mesures prophylactiques :** Il explique et met en œuvre les gestes qui sauvent. "L'eau de boisson doit systématiquement être traitée. La méthode la plus simple est l'ébullition. Sinon, on peut utiliser des pastilles de chlore en respectant le dosage et le temps de contact. Les bidons de stockage doivent être nettoyés régulièrement. Il faut se laver les mains avec du savon avant de puiser l'eau et après être allé aux toilettes." 3. **Communication et éducation :** Il est capable d'expliquer calmement et clairement à sa famille *pourquoi* ces gestes sont nécessaires, en liant la mesure d'hygiène (laver les mains) à l'agent pathogène invisible (la bactérie) et à la maladie (la fièvre typhoïde). Il devient un relais d'information fiable, combattant les rumeurs et la désinformation.

0.4. Méthodologie et Évaluation

La méthodologie préconisée repose sur l'investigation scientifique et l'observation directe. L'enseignant guidera les élèves à travers des expériences pratiques, des observations microscopiques et des études de cas locaux. L'approche par compétence privilégie la résolution de situations-problèmes concrètes, telles que la gestion d'une épidémie simulée ou l'optimisation d'une fermentation. L'évaluation sera continue et multiforme, intégrant des tests théoriques, des rapports de laboratoire et des projets de recherche, afin de certifier l'acquisition de savoirs durables et transférables.

0.4.1. Démarche pédagogique : du concret à l'abstrait

Chaque notion sera introduite par une situation concrète, un problème à résoudre ou une observation du quotidien. Cette approche, dite inductive, permet de donner du sens aux concepts théoriques.

Exemple de séquence sur l'asepsie :

1. **Situation de départ (Concret) :** L'enseignant présente deux tranches de pain de mie. L'une est touchée par un élève qui ne s'est pas lavé les mains, l'autre est manipulée avec une pince préalablement passée à la flamme. Les deux tranches sont placées dans des sacs en plastique transparents et observées pendant plusieurs jours.

2. **Observation et questionnement :** Les élèves observent le développement rapide de moisissures sur la première tranche, tandis que la seconde reste intacte plus longtemps. L'enseignant pose la question : "Comment expliquer cette différence ? Qu'est-ce qui a été transféré sur la première tranche de pain ?"

3. **Introduction des concepts (Théorie) :** Cette observation sert de point d'ancrage pour introduire le vocabulaire et les concepts : micro-organismes omniprésents dans l'environnement, contamination, asepsie (le fait d'éviter l'introduction de microbes), stérilisation (la destruction de tous les microbes, ici par la flamme).

4. **Application et transfert (Pratique) :** L'enseignant élargit la discussion. "Où ce principe d'asepsie est-il crucial ?". Les élèves peuvent alors citer le bloc opératoire, la préparation d'un biberon pour un nouveau-né, la mise en conserve de légumes, etc.

0.4.2. Modalités d'évaluation : certifier la compétence

L'évaluation doit refléter la diversité des objectifs d'apprentissage. Elle sera donc variée et régulière tout au long de l'année.

1. Évaluations formatives (pour apprendre)

Elles ont lieu en cours d'apprentissage et ne sont pas nécessairement notées. Leur but est de permettre à l'élève et à l'enseignant d'identifier les points forts et les difficultés.

- **Questions orales :** En début de cours, pour réactiver les connaissances de la séance précédente.

- **Exercices d'application rapides :** Après l'introduction d'une notion, pour vérifier la compréhension immédiate.
- **Auto-évaluation :** À l'aide de grilles de critères simples, l'élève évalue son propre travail (par exemple, son rapport de laboratoire) avant de le rendre.

2. Évaluations sommatives (pour certifier)

Elles interviennent à la fin d'une séquence ou d'un trimestre pour attester d'un niveau de maîtrise.

- **Interrogations écrites (Tests théoriques) :**
  - **Questions à Choix Multiple (QCM) :** Pour vérifier la connaissance des définitions et des faits.
    - *Exemple :* Lequel de ces organismes est un procaryote ? (a) Levure, (b) Amibe, (c) *Escherichia coli*, (d) Moisissure.
  - **Questions à Réponse Courte :** Pour évaluer la capacité à expliquer un concept.
    - *Exemple :* Expliquez en deux phrases pourquoi la pasteurisation du lait augmente sa durée de conservation.
  - **Analyse de document :** Interprétation d'une courbe de croissance, d'un schéma de cellule, ou d'un court texte sur une épidémie.
- **Rapports de laboratoire (Évaluation pratique) :**
  - Chaque expérience menée en classe (même la plus simple) doit faire l'objet d'un rapport structuré. L'évaluation portera sur la capacité à :
    1. Formuler une question et une hypothèse.
    2. Décrire le matériel et le protocole de manière claire et reproductible.
    3. Présenter les résultats (dessin d'observation, tableau de mesures).
    4. Interpréter les résultats et conclure en validant ou invalidant l'hypothèse.
- **Projets de recherche (Évaluation de l'intégration) :**
  - En groupe ou individuellement, les élèves mènent une petite investigation sur un sujet lié au programme, en lien avec leur environnement.
  - **Exemples de projets :**

- "Enquête sur les méthodes traditionnelles de conservation du poisson (salage, séchage, fumage) dans la province du Kongo Central : une analyse microbiologique."
- "Cartographie des points d'eau et évaluation des risques sanitaires dans notre quartier de N'djili."
- "Étude comparative de l'efficacité du lavage des mains avec de l'eau seule, de l'eau et du savon, et d'une solution hydro-alcoolique."

– La restitution peut prendre la forme d'un rapport écrit, d'un exposé oral avec affiches, ou d'une petite campagne de sensibilisation au sein de l'école. L'évaluation portera sur la démarche de recherche, la rigueur de l'analyse et la clarté de la communication.

Chapitre 1 : Introduction à la Microbiologie

L'exploration d'un monde invisible

Imagine que vous tenez un morceau de chikwangue. Sa texture souple, son goût légèrement acidulé, tout cela est le résultat du travail invisible de milliards de micro-organismes. Ces êtres vivants, trop petits pour être vus, sont partout : dans l'air que nous respirons, l'eau du fleuve Congo que nous voyons couler, la terre de nos champs et même sur et dans notre propre corps. Ils sont les architectes silencieux de nombreux processus qui nous semblent familiers, de la fermentation de nos aliments à la fertilité des sols du Kivu.

Pendant des millénaires, l'humanité a exploité ces microbes sans même connaître leur existence. Les épidémies dévastatrices, comme la maladie du sommeil, étaient attribuées à des forces mystérieuses, des "miasmes" ou des punitions divines. Personne ne soupçonnait que la cause était un minuscule parasite, transmis par la piqûre d'une mouche tsé-tsé, un adversaire invisible menant une guerre biologique à l'échelle de nos cellules.

L'invention du microscope a ouvert une fenêtre sur cet univers insoupçonné. Soudain, une simple goutte d'eau de mare s'est révélée être un monde grouillant de vie, une métropole animée d'organismes aux formes et aux comportements étranges. Cette découverte a marqué le début d'une révolution scientifique, nous forçant à repenser notre conception de la vie, de la maladie et de notre place dans le monde.

Ce chapitre est votre première expédition dans ce monde microscopique. Nous allons découvrir qui sont ces organismes, comment ils sont structurés, et quels outils nous permettent de les observer. Comprendre la microbiologie, c'est acquérir le pouvoir de voir l'infiniment petit pour mieux comprendre le monde qui nous entoure, de la fabrication du yaourt à la lutte contre les infections à l'hôpital de Panzi.

1.1. Définition et Historique

La microbiologie est la discipline scientifique qui étudie les micro-organismes.

Un **micro-organisme**, ou microbe, est un organisme vivant de taille microscopique, ce qui signifie qu'il est impossible de le distinguer clairement à l'œil nu. Cette catégorie inclut une vaste diversité d'êtres :

- Les bactéries
- Les archées

- Les champignons unicellulaires (comme les levures)
- Les protistes (comme les amibes et les paramécies)
- Les algues microscopiques
- Les virus (dont le statut d'organisme "vivant" est débattu)

L'histoire de la microbiologie est une aventure humaine et scientifique, marquée par la curiosité, des débats acharnés et des découvertes qui ont changé le cours de l'histoire.

1.1.1. Les premières observations : les "Animalcules" de van Leeuwenhoek

Au 17ème siècle, à Delft aux Pays-Bas, un drapier nommé **Antoni van Leeuwenhoek** (1632-1723) développe une passion pour la fabrication de lentilles. Il parvient à construire des microscopes simples, mais d'une puissance inégalée pour l'époque, capables d'agrandir les objets jusqu'à 300 fois.

Curieux, il observe tout ce qui lui tombe sous la main : eau de pluie, plaque dentaire, infusions de poivre. À sa grande surprise, il y découvre un monde grouillant de créatures minuscules qu'il nomme "animalcules". Il les dessine et décrit leurs mouvements avec une précision remarquable. Sans le savoir, Leeuwenhoek est le premier être humain à observer des bactéries et des protozoaires.

1.1.2. Le débat sur la génération spontanée

Pendant près de deux siècles, la découverte de Leeuwenhoek soulève une question fondamentale : d'où viennent ces microbes ? La théorie dominante est celle de la **génération spontanée**, une idée héritée de l'Antiquité selon laquelle la vie peut apparaître spontanément à partir de matière non-vivante. Par exemple, on pensait que les asticots naissaient de la viande en décomposition.

Au 19ème siècle, le chimiste français **Louis Pasteur** (1822-1895) met un terme à ce débat par une série d'expériences élégantes.

Scénario : L'expérience du col de cygne de Pasteur

Situation : Pasteur veut prouver que les microbes présents dans l'air, et non l'air lui-même, sont responsables de la contamination des liquides.

Matériel :

- Des ballons en verre

- Un bouillon nutritif (par exemple, un bouillon de viande ou de levure), capable de faire pousser des microbes.

Protocole expérimental :

1. **Préparation :** Pasteur place le bouillon nutritif dans plusieurs ballons. Il chauffe ensuite le col de certains ballons pour les étirer et leur donner une forme en "S", semblable au cou d'un cygne. D'autres ballons conservent un col droit et ouvert, ou sont fermés hermétiquement.
2. **Stérilisation :** Il chauffe tous les bouillons jusqu'à ébullition. Cette étape a deux effets : elle tue tous les microbes potentiellement présents dans le liquide et elle force l'air à sortir. En refroidissant, l'air est de nouveau aspiré de l'extérieur.
3. **Observation :**
   - **Ballons à col de cygne :** Les bouillons restent clairs et stériles indéfiniment. Les poussières et les microbes contenus dans l'air entrant sont piégés par la gravité et la condensation dans les courbes inférieures du col en "S". L'air peut entrer, mais les microbes non.
   - **Ballons à col droit :** Les bouillons deviennent rapidement troubles, signe d'une prolifération microbienne. Les microbes de l'air tombent directement dans le liquide.
4. **Contre-expérience :** Pour prouver que le bouillon est toujours fertile, Pasteur incline un des ballons à col de cygne pour que le liquide stérile entre en contact avec les poussières piégées dans le col. Quelques heures plus tard, ce bouillon devient trouble à son tour.

Conclusion : Pasteur démontre de manière irréfutable que la vie ne naît pas spontanément. Les micro-organismes proviennent d'autres micro-organismes préexistants. Cette découverte est le fondement de la microbiologie moderne et de techniques comme la pasteurisation et l'asepsie chirurgicale.

1.1.3. La théorie des germes et les postulats de Koch

La démonstration de Pasteur ouvre la voie à une autre idée révolutionnaire : si les microbes peuvent contaminer un bouillon, peuvent-ils aussi causer des maladies chez les humains et les animaux ?

C'est le médecin allemand **Robert Koch** (1843-1910) qui va établir de manière rigoureuse le lien de cause à effet entre un microbe spécifique et une maladie spécifique. En étudiant la maladie du charbon (anthrax), puis la

tuberculose et le choléra, il met au point une méthode scientifique stricte, connue sous le nom de **postulats de Koch**.

Les postulats de Koch sont un ensemble de quatre critères servant à prouver qu'un micro-organisme est l'agent causal d'une maladie infectieuse :

1. **Association constante :** Le micro-organisme doit être présent chez tous les individus atteints de la maladie et absent chez les individus sains.
2. **Isolement et culture :** Le micro-organisme doit pouvoir être isolé de l'hôte malade et cultivé en culture pure en laboratoire.
3. **Inoculation et reproduction de la maladie :** Le micro-organisme cultivé doit provoquer la même maladie lorsqu'il est inoculé à un animal de laboratoire sain et sensible.
4. **Ré-isolement :** Le micro-organisme doit pouvoir être à nouveau isolé de l'animal inoculé et identifié comme étant identique à l'agent d'origine.

L'application de ces postulats a permis d'identifier les agents responsables de la plupart des grandes maladies infectieuses et a fondé la **microbiologie médicale**.

1.2. Place des Micro-organismes dans le Monde Vivant

Le monde vivant est traditionnellement divisé en grands règnes. Les micro-organismes, par leur diversité, sont présents dans presque tous ces règnes. Leur classification repose principalement sur la structure de leur cellule. On distingue deux grands types d'organisation cellulaire.

1.2.1. Les Procaryotes : les maîtres de la simplicité

Les **procaryotes** sont des organismes dont la cellule ne possède pas de noyau délimité par une membrane. Leur matériel génétique, un chromosome unique et circulaire, baigne directement dans le cytoplasme dans une région appelée **nucléoïde**. Ils sont également dépourvus d'organites membranaires (comme les mitochondries ou le réticulum endoplasmique).

Ce groupe comprend deux domaines du vivant :

- **Les Bactéries (Bacteria) :** Ce sont les procaryotes les plus connus. On les trouve dans tous les environnements possibles. Certaines sont bénéfiques (flore intestinale), d'autres sont pathogènes (*Vibrio cholerae*, l'agent du choléra).

- **Les Archées (Archaea) :** Ressemblant aux bactéries en apparence, les archées possèdent des caractéristiques biochimiques uniques. Beaucoup sont des "extrêmophiles", vivant dans des conditions de température, de salinité ou de pH extrêmes, comme dans les sources chaudes du parc national des Virunga.

1.2.2. Les Eucaryotes : la complexité compartimentée

Les **eucaryotes** sont des organismes dont les cellules possèdent un véritable **noyu**, qui protège le matériel génétique (organisé en plusieurs chromosomes linéaires), ainsi que divers organites spécialisés. Les micro-organismes eucaryotes sont souvent plus grands et plus complexes que les procaryotes.

On les trouve principalement dans deux groupes :

- **Les Protistes (Protista) :** C'est un groupe très hétérogène qui rassemble tous les eucaryotes qui ne sont ni des animaux, ni des plantes, ni des champignons. On y trouve :
  - Les **protozoaires** (animaux unicellulaires) comme l'amibe ou le *Plasmodium falciparum*, l'agent du paludisme, un fléau majeur en RDC.
  - Les **algues unicellulaires**, qui sont photosynthétiques, comme les diatomées du lac Kivu.
- **Les Champignons (Fungi) :** Ce règne inclut des organismes macroscopiques (champignons de forêt) mais aussi microscopiques :
  - Les **levures**, comme *Saccharomyces cerevisiae*, utilisées pour faire le pain et les boissons fermentées.
  - Les **moisissures**, comme *Penicillium*, d'où est tirée la pénicilline.

1.2.3. Les Virus : à la frontière du vivant

Les **virus** occupent une place à part. Ils ne sont pas des cellules. Ce sont des entités biologiques acellulaires, constituées au minimum :

- D'un **matériel génétique** (ADN ou ARN, mais jamais les deux simultanément).
- D'une coque de protéines appelée **capside**, qui protège le matériel génétique.

Les virus sont des **parasites intracellulaires obligatoires**. Ils sont totalement inertes à l'extérieur d'une cellule hôte. Pour se multiplier, ils doivent détourner la machinerie cellulaire de l'hôte à leur profit. Des virus

comme le virus Ebola ou le virus de la rougeole sont des exemples de pathogènes redoutables.

Tableau comparatif des grands groupes de micro-organismes

Caractéristique | Bactéries | Archées | Protistes | Champignons (levures) | Virus |
:*** | :*** | :*** | :*** | :*** | :*** |
Type cellulaire | Procaryote | Procaryote | Eucaryote | Eucaryote | Acellulaire |
Noyau | Absent | Absent | Présent | Présent | Absent |
Organites | Absents | Absents | Présents | Présents | Absents |
Matériel génétique | ADN circulaire | ADN circulaire | ADN linéaire | ADN linéaire | ADN ou ARN |
Reproduction | Division binaire | Division binaire | Asexuée/Sexuée | Bourgeonnement | Réplication (via cellule hôte) |
Exemple | *Escherichia coli* | *Methanogen* | *Plasmodium falciparum* | *Saccharomyces cerevisiae* | Virus Ebola |

1.3. La Cellule Microbienne : Structure et Fonction

Pour comprendre ce que font les microbes, il faut comprendre comment ils sont construits. Nous allons examiner en détail la structure type d'une bactérie, puis la comparer à celle d'un eucaryote comme la levure.

1.3.1. Anatomie d'une cellule bactérienne

La cellule bactérienne est un modèle d'efficacité. Chaque structure a une fonction essentielle à sa survie et à sa multiplication.

- **Paroi cellulaire :** C'est une enveloppe rigide située à l'extérieur de la membrane plasmique. Composée principalement de **peptidoglycane**, elle donne sa forme à la bactérie (coque, bacille, spirille) et la protège des chocs et des variations de pression osmotique. C'est une cible privilégiée pour de nombreux antibiotiques, comme la pénicilline, qui empêchent sa synthèse.
- **Membrane plasmique :** Située sous la paroi, cette fine couche lipidique contrôle sélectivement l'entrée et la sortie des substances (nutriments, déchets). Chez de nombreuses bactéries, c'est aussi le siège de la production d'énergie (équivalent de la respiration cellulaire).
- **Cytoplasme :** C'est le milieu aqueux qui remplit la cellule. Il contient le matériel génétique, les ribosomes et les réserves nutritives.

- **Nucléoïde :** Il ne s'agit pas d'un noyau. C'est la région du cytoplasme où se trouve le chromosome bactérien, une longue molécule d'ADN enroulée sur elle-même.
- **Ribosomes :** Ce sont les usines de fabrication des protéines de la cellule. Ils sont plus petits que les ribosomes des cellules eucaryotes, une différence exploitée par certains antibiotiques.
- **Plasmides :** Ce sont de petites molécules d'ADN circulaires, distinctes du chromosome principal. Ils sont facultatifs mais portent souvent des gènes "bonus" très utiles pour la bactérie, comme des gènes de **résistance aux antibiotiques** ou de production de toxines. Les plasmides peuvent être facilement échangés entre bactéries, même d'espèces différentes, ce qui contribue à la dissémination rapide des résistances.

Certaines bactéries possèdent des structures supplémentaires :

- **Capsule :** Une couche visqueuse externe qui aide la bactérie à adhérer aux surfaces et à échapper au système immunitaire de l'hôte.
- **Flagelles :** De longs filaments qui permettent à la bactérie de se déplacer.
- **Pili :** De courts appendices qui servent à l'adhésion ou à l'échange de matériel génétique (plasmides) entre bactéries.

1.3.2. Comparaison avec une cellule de levure (eucaryote)

La cellule de levure, bien que microscopique, est beaucoup plus complexe qu'une bactérie. Elle partage les caractéristiques fondamentales des cellules eucaryotes, y compris les nôtres.

- **Noyau :** La différence la plus marquante. Le matériel génétique (ADN sous forme de chromosomes) est enfermé et protégé dans un noyau délimité par une double membrane.
- **Organites membranaires :** La cellule de levure possède de nombreux compartiments spécialisés :
  - **Mitochondries :** Les "centrales énergétiques" de la cellule, où se déroule la respiration cellulaire.
  - **Réticulum endoplasmique et Appareil de Golgi :** Impliqués dans la synthèse et le transport des protéines et des lipides.
  - **Vacuole :** Une grande poche servant au stockage de l'eau, des nutriments et des déchets.

- **Paroi cellulaire :** La levure possède aussi une paroi, mais sa composition est différente de celle des bactéries. Elle est faite de chitine et de glucanes, et non de peptidoglycane. Cette différence est cruciale car les antibiotiques qui ciblent le peptidoglycane bactérien sont sans effet sur les champignons.

1.4. Outils et Méthodes d'Observation

Par définition, l'étude des microbes requiert des instruments capables de grossir leur image pour les rendre visibles.

1.4.1. Le microscope photonique (ou optique)

C'est l'outil de base de tout laboratoire de microbiologie. Son principe repose sur l'utilisation de la lumière visible et d'un système de lentilles en verre pour agrandir l'image d'un objet.

- **Principe :** La lumière d'une source traverse l'échantillon placé sur une lame. L'image est ensuite agrandie par une première lentille (l'objectif), puis par une seconde (l'oculaire) avant d'atteindre l'œil de l'observateur.
- **Grossissement :** Le grossissement total est le produit du grossissement de l'objectif et de celui de l'oculaire. Par exemple, un objectif $ $ combiné à un oculaire $ $ donne un grossissement total de $1000\times$.
- **Résolution :** Plus importante que le grossissement, la résolution est la capacité de distinguer deux points très proches comme étant séparés. Le microscope photonique a une résolution maximale d'environ 0,2 micromètres ($ m $). Cela est suffisant pour observer la forme et l'arrangement des bactéries, mais pas pour voir leurs détails internes ou les virus.

1.4.2. Le microscope électronique

Pour observer les objets plus petits qu'une bactérie, comme les virus, ou pour visualiser les détails ultrastructuraux d'une cellule, il faut un microscope électronique.

- **Principe :** Au lieu d'un faisceau de lumière, il utilise un faisceau d'électrons. Au lieu de lentilles en verre, il utilise des champs magnétiques pour focaliser le faisceau.
- **Avantages :** La longueur d'onde associée aux électrons est beaucoup plus courte que celle de la lumière, ce qui permet d'atteindre une **résolution bien plus élevée** (jusqu'à 0,2 nanomètres, soit 1000 fois mieux qu'un microscope photonique).

- **Inconvénients :** Les appareils sont très coûteux et complexes. Les échantillons doivent être préparés sous vide, ce qui signifie qu'il est impossible d'observer des cellules vivantes. L'Institut National de Recherche Biomédicale (INRB) à Kinshasa dispose de ce type d'équipement pour l'étude des virus comme Ebola.

1.4.3. Techniques de préparation et de coloration

Observer des bactéries vivantes est possible, mais souvent difficile. Elles sont majoritairement incolores et peu contrastées. Pour les visualiser correctement, on utilise diverses techniques.

1.4.3.1. L'état frais

C'est la méthode la plus simple. Une goutte de culture liquide ou d'eau est déposée sur une lame de verre, recouverte d'une lamelle, et observée directement au microscope.

Utilité : Permet d'observer les micro-organismes vivants, leur forme et surtout leur **mobilité**. Par exemple, on peut distinguer les bactéries mobiles grâce à leurs flagelles des bactéries immobiles.

1.4.3.2. Les colorations

Pour améliorer le contraste et révéler des structures, on utilise des colorants. La plupart des colorants sont des molécules chargées qui se lient à des composants cellulaires de charge opposée.

La technique de coloration la plus importante et la plus utilisée en bactériologie est la **coloration de Gram**, mise au point par le médecin danois Hans Christian Gram en 1884. C'est une **coloration différentielle** car elle ne colore pas toutes les bactéries de la même manière. Elle permet de les diviser en deux grands groupes : Gram positif et Gram négatif.

Exemple : La coloration de Gram, étape par étape

Principe : La différence de coloration repose sur une différence fondamentale dans la structure de la paroi bactérienne. * Les bactéries à **Gram positif** ont une paroi très épaisse de peptidoglycane. * Les bactéries à **Gram négatif** ont une paroi de peptidoglycane très fine, mais recouverte d'une seconde membrane externe.

Protocole :

1. **Fixation :** On étale les bactéries sur une lame (frottis) et on les fixe par la chaleur. Cela tue les bactéries et les fait adhérer au verre.