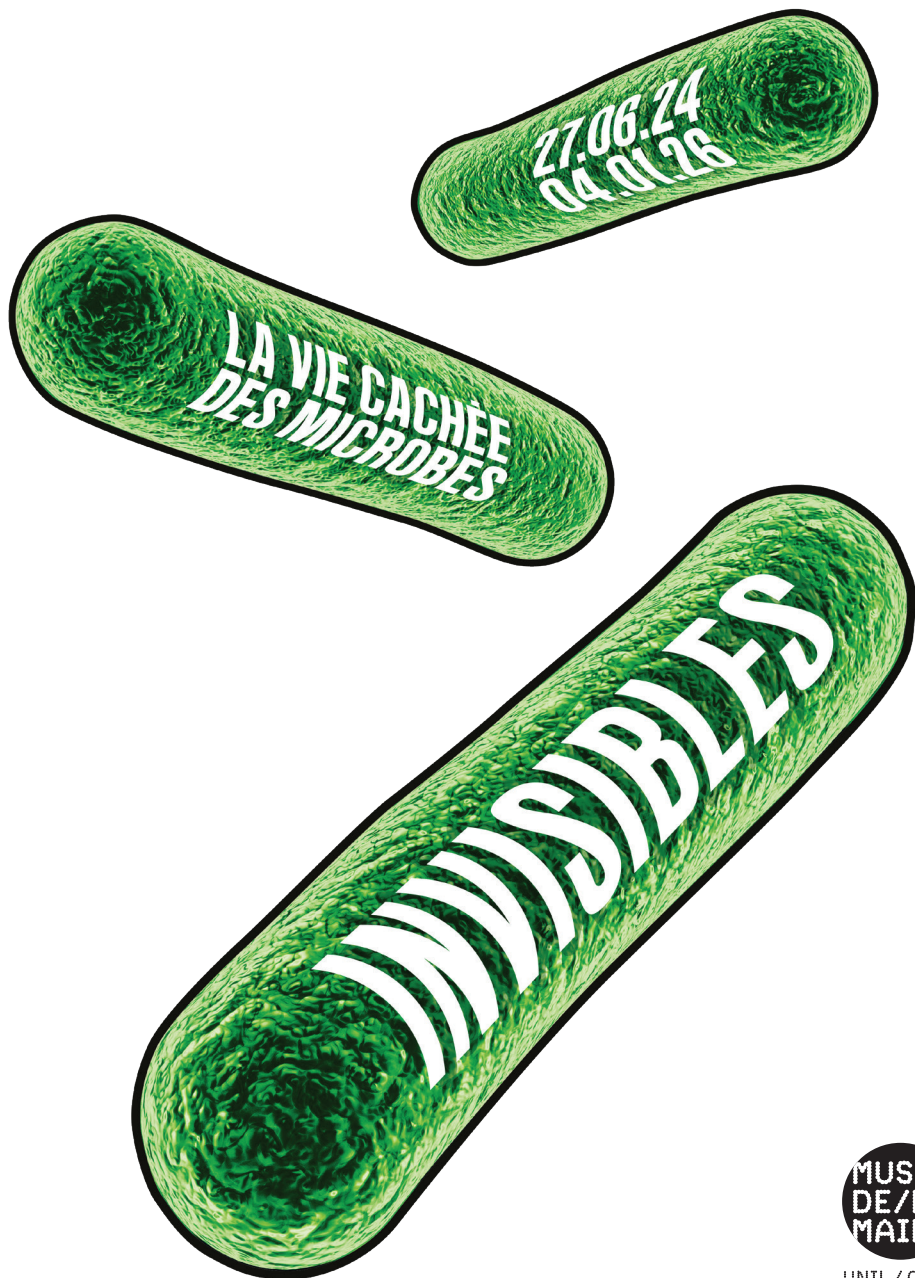


# DOCUMENT POUR LES ENSEIGNANT·E·S

INVISIBLES. LA VIE CACHÉE DES MICROBES

27 JUIN 2024 - 4 JANVIER 2026



MUSÉE  
DE/LA  
MAIN

UNIL / CHUV

# TABLE DES MATIÈRES



<b>INFORMATIONS GÉNÉRALES</b> .....	<b>p. 03</b>
<b>LIENS AVEC LE PLAN D'ÉTUDES ROMAND (PER)</b> .....	<b>p. 04</b>
<b>L'EXPOSITION « INVISIBLES »</b> .....	<b>p. 05</b>
<b>PLANS DE L'EXPOSITION</b> .....	<b>p. 06</b>
<b>PARCOURS DE L'EXPOSITION</b>	
(1) Origines .....	p. 07
(2) Micro-organismes .....	p. 09
(3) Microbiomes .....	p. 13
(4) Observations .....	p. 16
(5) Microbes et société .....	p. 18
(6) Écosystèmes .....	p. 21
(7) Eau .....	p. 22
(8) Air .....	p. 24
(9) Sol et plantes .....	p. 26
(10) Animaux et humains .....	p. 29
(11) Matières vivantes .....	p. 32
(12) Salle annexe .....	p. 33
<b>ANNEXE</b> .....	<b>p. 34</b>

# INFORMATIONS GÉNÉRALES



L'exposition « INVISIBLES » explore un monde fascinant et largement méconnu, celui des micro-organismes qui nous accompagnent. Omniprésents, mais invisibles, ils forment des communautés, les microbiomes, qui jouent un rôle majeur pour la santé et l'environnement. À l'origine de la vie sur Terre, ils sont essentiels à l'équilibre de tous les écosystèmes. Si certains sont source de maladies, une grande majorité ne l'est pas.

Cette exposition vous invite à un voyage à travers divers habitats microbiens : des sols aux océans en passant par l'air et les plantes, ou encore le corps humain. Mais d'abord, les microbes, qu'est-ce que c'est ? Comment vivent-ils ? Comment interagissent-ils pour former des ensembles qui à leur tour échangent avec le milieu dans lequel ils se déploient ? Et quelles fonctions y jouent-ils, bénéfiques ou parfois dangereuses ?

Les microbiomes sont au cœur de nombreux processus biologiques indispensables au développement, au maintien, voire à la réparation des environnements qu'ils ont contribué à façonner. Leurs actions peuvent être impliquées dans la dépollution, dans la production de matériaux biodégradables ou encore dans la transformation et la conservation d'aliments. Il est grand temps que nous prêtions une attention particulière aux formes de vie minuscules qui nous habitent et nous entourent.

Une exposition réalisée en collaboration avec le Pôle de recherche national Microbiomes (<https://nccr-microbiomes.ch/>)

**(ÂGE)** L'exposition est adaptée aux élèves dès la 7<sup>e</sup>.

**(MÉDIATION CULTURELLE)** Des visites commentées et des ateliers sont proposés aux classes. Scanner le QR code pour plus d'informations.

**(DOCUMENTS PÉDAGOGIQUES)** Des parcours sont à disposition des élèves. Ils peuvent servir d'appui à une visite libre. Ils sont à disposition en scannant le QR code.

**(HORAIRES)** Lundi : fermé. Mardi-vendredi : 12h-18h. Samedi-dimanche : 11h-18h. 1<sup>er</sup> samedi du mois : entrée offerte. Pour les classes, le musée est également ouvert le matin sur réservation et sans frais supplémentaires.

**(TARIFS D'ENTRÉE POUR LES ÉCOLES)** L'entrée au musée est offerte aux écoles publiques vaudoises. Le prix d'entrée pour les autres écoles est de CHF 7.- par élève (CHF 5.- dès 10 élèves). Les accompagnant-e-s payent le même prix que les élèves. L'entrée est offerte à l'enseignant-e qui visite l'exposition pour préparer la venue de sa classe.

**(INFORMATIONS ET RÉSERVATIONS)** [musee.main@hospvd.ch](mailto:musee.main@hospvd.ch), 021 314 49 55  
(du mardi au vendredi, 12h-18h), [www.museedelamain.ch](http://www.museedelamain.ch)

# LIENS AVEC LE PLAN D'ÉTUDES ROMAND (PER)

De nombreux aspects traités dans l'exposition et les activités de médiation culturelle concernent des objectifs d'apprentissage décrits dans le PER. Notamment :

## (CYCLE 1)



### (Mathématiques et sciences de la nature)

MSN 15 — Représenter des phénomènes naturels, techniques, sociaux ou des situations mathématiques

MSN 16 - Explorer des phénomènes naturels et des technologies

MSN 17 - Construire son schéma corporel pour tenir compte de ses besoins

MSN 18 - Explorer l'unité et la diversité du vivant

### (Arts visuels)

A 14 AV - Rencontrer divers domaines et cultures artistiques

## (CYCLE 2)



### (Mathématiques et sciences de la nature)

MSN 25 - Représenter des phénomènes naturels, techniques, sociaux ou des situations mathématiques

MSN 26 - Explorer des phénomènes naturels et des technologies à l'aide de démarches caractéristiques des sciences expérimentales

MSN 27 - Identifier les différentes parties de son corps, en décrire le fonctionnement et en tirer des conséquences pour sa santé

MSN 28 - Déterminer des caractéristiques du monde vivant et de divers milieux et en tirer des conséquences pour la pérennité de la vie

### (Sciences humaines et sociales)

SHS 23 - S'approprier, en situation, des outils pertinents pour traiter des problématiques de sciences humaines et sociales

### (Arts visuels)

A 24 AV - S'imprégner de divers domaines et cultures artistiques

## (CYCLE 3)



### (Mathématiques et sciences de la nature)

MSN 25 - Représenter des phénomènes naturels, techniques, sociaux ou des situations mathématiques

MSN 36 - Analyser des phénomènes naturels et des technologies à l'aide de démarches caractéristiques des sciences expérimentales

MSN 37 - Analyser les mécanismes des fonctions du corps humain et en tirer des conséquences pour sa santé

MSN 38 - Analyser l'organisation du vivant et en tirer des conséquences pour la pérennité de la vie

### (Sciences humaines et sociales)

SHS 33 - S'approprier, en situation, des outils et des pratiques de recherche appropriés aux problématiques des sciences humaines et sociales

### (Arts visuels)

A 34 AV - Comparer et analyser différentes œuvres artistiques

# L'EXPOSITION « INVISIBLES. LA VIE CACHÉE DES MICROBES »

**(UNE EXPOSITION SUR UN MONDE INVISIBLE)** Elle invite à un voyage à travers le monde microbien. Aux **ORIGINES** étaient les unicellulaires. Ces êtres microscopiques ont permis l'établissement de la vie multicellulaire et donc des êtres humains. Les **MICRO-ORGANISMES**, ou microbes, regroupent des êtres vivants très divers : archées, champignons, protistes et bactéries. Ils représentent la plus grande partie du vivant. À eux s'ajoutent encore des milliards de virus. Ensemble, ils forment des communautés appelées **MICROBIOMES** et façonnent les environnements dans lesquels ils vivent. Depuis des siècles, les scientifiques développent des outils qui permettent les **OBSERVATIONS** de la vie invisible. Avec les avancées technologiques, le monde microscopique dévoile peu à peu ses secrets, mais il se laisse encore difficilement apprivoiser.

Les **MICROBES** font **SOCIÉTÉ** avec l'humain depuis des milliers d'années. Ils jouent un rôle important dans la production, la transformation et la conservation de nos aliments. Mieux les comprendre permet de repenser et adapter l'agriculture et notre nourriture.

Les différents **ÉCOSYSTÈMES** de la planète accueillent quantité de communautés de microbes. L'**EAU**, qui regroupe divers habitats, comme les lacs, les océans, et les rivières, abrite une incroyable micro-biodiversité. L'**AIR** est aussi peuplé de micro-organismes qui voyagent dans les nuages et s'établissent parfois dans de nouvelles contrées. Dans le **SOL** se terre une immense variété d'êtres microscopiques qui jouent des rôles encore méconnus. Les différentes parties des **PLANTES** contiennent une richesse microbienne utile à leur développement, leur nutrition et leur protection. Il en est de même chez les **HUMAINS** et les **ANIMAUX**. La recherche scientifique dévoile ainsi les liens étroits qui existent entre le microbiote intestinal et certains organes, comme le cerveau ou les poumons.

Finalement, les architectes, ingénieur-e-s et designers s'intéressent de plus en plus aux **MATIÈRES VIVANTES** pour repenser, développer et concevoir des constructions, des vêtements et des accessoires.

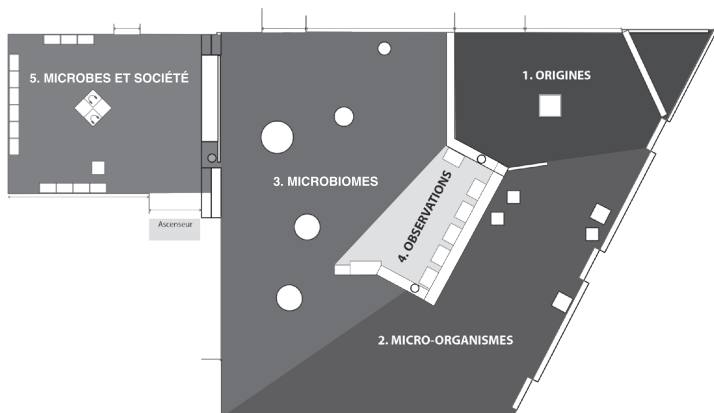
**(UNE APPROCHE MULTIPLE POUR SCRUTER LES UNICELLULAIRES)** Conformément à sa philosophie, le Musée de la main panache les approches, entre biologie, santé, écologie, sociologie, histoire des sciences et des arts. L'exposition offre un aperçu des recherches scientifiques qui étudient les communautés microbiennes pour révéler qu'elles sont essentielles pour l'équilibre du vivant et de son environnement. Où les microbes se cachent-ils ? À quoi ressemblent-ils ? Comment interagissent-ils ? Quels sont les rôles des micro-organismes aquatiques ? Que font les microbes aériens ? Quelles sont les fonctions des microbes qui peuplent le sol ? Comment les microbes nichés dans les plantes, les animaux et les êtres humains agissent-ils ? Autant de questions qui sont abordées par des dispositifs interactifs qui invitent à revoir notre perception de ces êtres vivants invisibles à l'œil nu.

Les images, documents audio-visuel et objets de l'exposition entrent en dialogue avec des installations d'artistes qui questionnent notre rapport aux micro-organismes.

# PLANS DE L'EXPOSITION

L'exposition est divisée en chapitres qui invitent à découvrir le monde des micro-organismes, des origines de la vie à la recherche sur les communautés microbiennes, en passant par des questionnements sur notre rapport à ces êtres minuscules.

## Début de l'exposition : étage inférieur

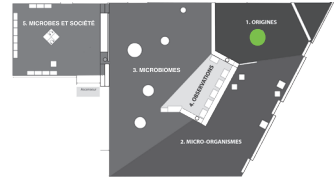


## Suite de l'exposition : étage supérieur



# PARCOURS DE L'EXPOSITION

Les textes de présentation des chapitres de l'exposition sont suivis de descriptifs de dispositifs et installations à découvrir.



## (1) ORIGINES

### **Micro-organismes, pionniers de la vie sur Terre**

Les micro-organismes sont à l'origine de la vie sur Terre. Il y a environ quatre milliards d'années, ils ont colonisé et façonné notre environnement, en ouvrant la voie aux formes de vie multicellulaires apparues beaucoup plus tard.

Leurs premières traces se révèlent à travers des structures minérales fossilisées, générées par des communautés microbiennes, témoins de l'histoire terrestre. Cruciaux pour l'oxygénation planétaire, et à la base de l'évolution de tous les organismes, les microbes dévoilent des secrets sur les origines de la vie et inspirent la recherche de celle-ci sur d'autres planètes. Leur diversité génétique et métabolique remarquable a favorisé des symbioses avec d'autres êtres vivants qui les ont parfois même intégrés.

Ainsi, la présence des microbes depuis des millions d'années souligne leur importance et suggère qu'ils continueront à influencer l'évolution de la vie sur notre planète probablement pour des millions d'années encore.



## (1-A) À VOIR ET À FAIRE



### LA GRANDE OXYDATION

Des fossiles, une vidéo et une œuvre d'art rappellent le rôle important que les micro-organismes ont joué dans l'oxygénation de l'atmosphère terrestre.

(+) Observer l'œuvre « bi.O.serie » d'ecoLogicStudio et prendre conscience de l'activité des microbes qui y vivent.

(+) Regarder la vidéo qui explique la première grande extinction terrestre.

(+) Voir les traces anciennes de l'activité microbienne en scrutant les minéraux (stromatolites) sous vitrine.



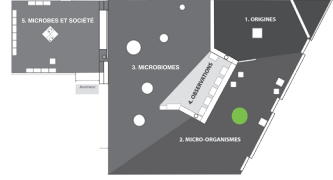
### LE VIVANT

Les formes de vie pluricellulaires se sont développées il y a relativement peu de temps sur la planète.

(+) Chercher à quel moment les premiers microbes sont apparus sur Terre et comparer avec l'être humain (schéma).

(+) Réaliser que les êtres unicellulaires sur la planète Terre sont plus nombreux que les formes de vie pluricellulaires (schéma).





## (2) MICRO-ORGANISMES

### **Imperceptibles et omniprésents**

Le mot « micro-organisme » regroupe des êtres vivants très divers par leurs origines, biologies et formes, mais semblables par leur petite taille, ce qui les rend invisibles à l'œil nu. Le terme « microbes » est également utilisé et comprend les archées, les bactéries, les champignons, les protistes ainsi que les virus, même si ces derniers ne sont pas tout à fait considérés comme vivants.

Tous ces organismes ont traversé les âges. Ils se sont adaptés aux changements environnementaux, survivant à des conditions extrêmes tout en co-évoluant et interagissant étroitement entre eux ainsi qu'avec d'autres formes de vies.

Leurs capacités à se reproduire rapidement, à échanger des gènes et à occuper divers habitats leur a permis de prospérer dans presque tous les milieux, des océans aux déserts.

En tant qu'acteurs majeurs des cycles biogéochimiques, ils façonnent le climat, la qualité de l'air, de l'eau et contribuent à la fertilité des sols. La biomasse microbienne estimée est vingt fois plus grande que celle de tous les animaux réunis, ce qui souligne leur rôle central dans l'équilibre écologique.

La fascinante variété du monde microbien met en lumière l'intérêt de les étudier et de les comprendre davantage.



## (2-A) À VOIR ET À FAIRE



### MICROBES

Archées, virus, champignons, bactéries et protistes composent les grandes familles de micro-organismes. La diversité de leurs fonctions, leurs métabolismes, leurs formes et leurs habitats est immense.

**(+)** S'émerveiller de la diversité du monde microbien en observant des spécimens sur la table lumineuse.

**(+)** Lire les informations sur les familles de micro-organismes (à côté de la table lumineuse).

**(+)** Regarder les vidéos qui présentent les modes de vie des virus et des champignons, ainsi que la reproduction et les mouvements des bactéries.



### NOMBRE DE MICROBES

La quantité de microbes sur la planète est vertigineuse.

**(+)** S'étonner des chiffres présentés sur les cubes et la paroi. Lesquels sont les plus surprenants ?



## (2-B) À VOIR ET À FAIRE



### TAILLE

La taille des micro-organismes est très variable et il peut y avoir autant de différence entre deux microbes qu'entre une fourmi et un brontosaure.

**(+)** Prendre conscience des différentes échelles de taille des microbes.



### ADAPTATION

Certains micro-organismes vivent dans des milieux hostiles. Cela montre leur grande capacité d'adaptation.

**(+)** Imaginer des habitats qui peuvent abriter des microbes.

**(+)** Découvrir trois environnements colonisés par des êtres unicellulaires.

**(+)** Se placer devant le projecteur, sur les lignes noires et voir le grouillement de bactéries qui se multiplient sur nous. Les microbes sont partout !



## (2-C) À VOIR ET À FAIRE

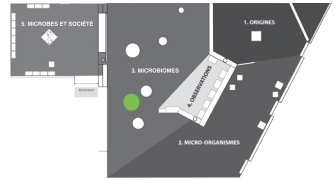
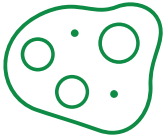


### RÔLES

Les microbes assurent des rôles majeurs dans les cycles biogéochimiques du fait de leur activité et de leur omniprésence. Les éléments essentiels comme le carbone, l'oxygène, l'azote, le phosphore, l'hydrogène et le soufre se trouvent dans le sol, l'atmosphère, l'eau et les tissus vivants. Ils circulent sans cesse d'un milieu à l'autre, d'une forme à une autre.

**(+) Réaliser l'impact des micro-organismes dans l'équilibre des cycles de ces éléments essentiels (schémas).**

**(+) Réfléchir à la façon dont l'activité humaine modifie la quantité et la présence de certains éléments sur la planète et participe ainsi au déséquilibre de ces cycles.**



## (3) MICROBIOMES

### Interactions et échanges

Les micro-organismes s'assemblent spontanément en communautés complexes, adaptées à leurs niches environnementales. Ensemble, ils interagissent et assurent des fonctions essentielles pour leur survie dans un habitat. Ces populations de microbes composent un microbiote. Si on inclut leurs activités et leurs interactions internes et externes, on parle alors d'un microbiome.

Les échanges entre ces organismes sont riches, dynamiques et complexes, façonnant nos écosystèmes de manière subtile et souvent invisible. Leurs relations vont de la compétition pour les ressources à la coopération pour la survie. Par exemple, dans le sol, bactéries et champignons peuvent s'associer en symbiose pour échanger nutriments contre carbone et favoriser ainsi la santé des plantes.

Depuis leur apparition, toutes les formes de vie, végétales ou animales, et donc humaines, cohabitent avec des microbes, tissant un dense réseau d'interactions et d'interdépendances, dont la portée demeure encore largement méconnue.

Toute modification dans les microbiomes peut avoir des conséquences dommageables sur l'environnement, ce qui souligne l'urgence de comprendre les subtils équilibres de ces écosystèmes microbiens.



## (3-A) À VOIR ET À FAIRE



### COMMUNAUTÉS MICROBIENNES

Les microbes interagissent continuellement entre eux. Élucider ces nombreuses interactions et les liens avec l'habitat permet de mieux comprendre les rôles de chaque microbe.

(+) Entrevoir l'activité microbienne d'une microbialite vivante, structure aquatique rocheuse entièrement constituée de millions de microbes, qui produit de l'oxygène et précipite des carbonates.

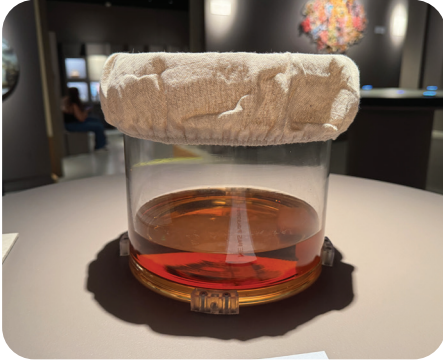
(+) Scruter les différentes couches de la Colonne de Winogradsky qui révèlent la présence de certains micro-organismes.

(+) S'émerveiller de la croissance de colonies de bactéries et champignons dans la vidéo d'Anna Dumitriu et Alex May. Les microbes se disputent l'espace sur le milieu de culture.

(+) Réfléchir à la diversité et à la fragilité des communautés microbiennes devant une œuvre textile d'Anna Dumitriu représentant les habitants de l'intestin humain.



## (3-B) À VOIR ET À FAIRE



### BIOFILMS

Un biofilm est une communauté de micro-organismes adhérant entre eux et à une surface, grâce à une matrice protectrice, sécrétée par les microbes eux-mêmes.

(+) Découvrir des photos de biofilms aquatiques : des eaux usées aux rivières, en passant par les océans.

(+) Se laisser surprendre par un biofilm vivant : la mère de vinaigre.

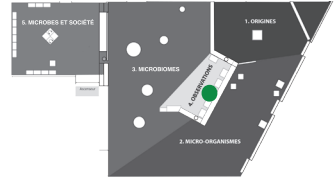


### INTERACTIONS MICROBIENNES

Au sein d'une communauté de microbes, les interactions se produisent entre les membres d'une même espèce, entre des espèces différentes, ou même entre familles totalement différentes. Le vivant a mis en place diverses stratégies pour cohabiter dans un même milieu.

(+) Tester le dispositif interactif présentant plusieurs types d'interactions.

(+) Entrevoir un aspect de la communication bactérienne : le *quorum sensing* (vidéo n°1).



## (4) OBSERVATIONS

### Étudier l'invisible

L'histoire de la découverte des micro-organismes est rythmée par l'invention et le perfectionnement d'outils d'observation et d'analyse mis au point pour déceler l'invisible. Dès les premières visualisations, dans la deuxième moitié du 17<sup>e</sup> siècle, l'évolution de ces instruments n'a cessé d'amener de nouvelles connaissances nécessaires à une meilleure compréhension de la vie microbienne.

Cette vision du monde inédite révolutionne la pensée scientifique et conduit à l'essor de nouveaux domaines d'étude. Elle ouvre aussi la voie à une véritable chasse aux microbes à l'origine des grandes maladies infectieuses qui déciment l'humanité. En quelques décennies, la plupart des micro-organismes à l'origine de ces fléaux sont identifiés. Puis, pour les prévenir et les éradiquer, les premières mesures de santé publique voient le jour. Le mot « microbe » devient le terme communément utilisé pour définir ces petits êtres. Associé aux agents infectieux responsables des maladies, il a au sein de la société, une connotation négative qui perdure encore de nos jours. Et pourtant, les pathogènes représentent une minorité face aux micro-organismes nécessaires à la vie.

Cette galerie d'images et d'outils invite à découvrir le travail minutieux des personnes qui rendent visible le fonctionnement des organismes microscopiques. Chacune de ces visualisations amène un regard neuf sur ces êtres apparus il y a quatre milliards d'années.





## (4-A) À VOIR ET À FAIRE



### APERÇU HISTORIQUE

Quels sont les termes utilisés pour parler du monde microbien ? Depuis quand parle-t-on de microbiome ?

(+) Écouter le témoignage d'un spécialiste de l'histoire de la médecine (audio).

(+) Lire les mots qui désignent l'univers des microbes.

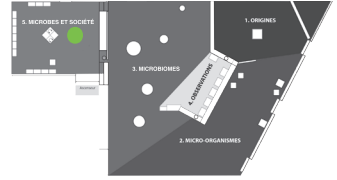
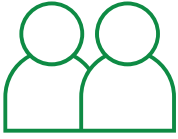


### ÉTUDIER LES MICROBES

L'évolution de nos connaissances du monde microbien va de pair avec l'évolution des technologies permettant de l'étudier.

(+) S'imprégner de l'imagerie qui accompagne le travail des chercheuses et chercheurs en microbiologie (tapisserie).

(+) Prendre connaissances des différentes manières d'étudier et d'analyser les êtres invisibles : de l'observation, à la culture, en passant par la coloration et l'analyse génétique (vitrines).



## (5) MICROBES ET SOCIÉTÉ

### **Collaborations ancestrales**

Les collaborations entre les humains et les micro-organismes ont débuté bien avant la compréhension scientifique de leur existence. Notre histoire commune s'exprime notamment au travers de la maîtrise de la fermentation. Facilitée par les microbes tels que les levures et les bactéries lactiques, elle est l'une des plus anciennes méthodes de conservation des aliments. Ce fut une révolution pour les premières sociétés agricoles, leur permettant de survivre aux mois d'hiver et aux périodes de disette, ou encore de voyager longtemps sans que leurs provisions ne se gâtent. Les humains ont appris à maîtriser cette technique et l'ont intégrée dans leur quotidien, influençant ainsi leur santé, leur culture et leur économie. La fermentation est donc bien plus qu'un simple processus biochimique ; elle est un véritable pont entre nature et culture. De nos jours, cette pratique vit un fort regain d'intérêt.

Depuis que les effets des microbes sur notre corps sont mieux connus, de nouveaux produits sont développés. Prévus pour renforcer les microbiomes ou combattre les nuisibles, ces préparations peuvent contenir des micro-organismes vivants (probiotiques), des nutriments qui leur sont destinés (prébiotiques) ou des éléments produits par leur activité (postbiotiques).

Longtemps craints dans le domaine médical, les micro-organismes sont aujourd'hui aussi porteurs de promesses dans des domaines aussi variés que l'agriculture, l'alimentation, la santé ou encore la cosmétique.



## (5-A) À VOIR ET À FAIRE



### SANTÉ

Les microbes déclenchent des maladies, mais ils ont aussi permis la découverte des antibiotiques.

Certains micro-organismes produisent des antimicrobiens pour se protéger de congénères. Toutefois, l'usage des antibiotiques contribue à la sélection de bactéries antibiorésistantes, qui est un enjeu majeur de santé publique.

(+) Écouter deux spécialistes s'exprimer au sujet des microbes et de la santé (audio).

(+) Réaliser que la découverte de la pénicilline, antibiotique produit par un champignon, a permis une importante évolution médicale (vitrine).

(+) Regarder le court film de fiction expliquant la notion d'antibiorésistance (vidéo n°1).

(+) S'intéresser aux traitements de maladies qui ont recours aux capacités des bactériophages, des virus qui s'attaquent à des bactéries (vidéos n°2 et n°3).

(+) S'informer sur la surveillance de l'évolution des virus dans le monde (vidéo n°4).

(+) Se questionner sur la perception des micro-organismes : de la volonté de les éradiquer à l'envie de les adopter sous forme de peluche (vitrines).

(+) S'interroger sur l'impact des maladies infectieuses et des antibiotiques sur la vie d'une personne en découvrant l'installation artistique « Ex-voto » d'Anna Dumitriu.



## (5-B) À VOIR ET À FAIRE



### ALIMENTATION

Les êtres humains utilisent les micro-organismes pour la conservation et la production des aliments. Les microbes sont donc étroitement liés à notre culture, notre société.

(+) Constater le regain d'intérêt pour le processus de fermentation.

(+) Réaliser que les micro-organismes sont utilisés depuis longtemps par l'humanité pour produire et conserver les aliments.

(+) S'interroger sur l'intérêt croissant pour les compléments alimentaires à base de microbes au sein de notre société en découvrant des produits destinés aux humains et aux animaux. Quelle est leur réelle efficacité ?

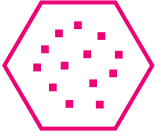
(+) Se demander si « Je mange donc je suis » avec une série d'autoportraits microbiens de l'artiste biologiste François-Joseph Lapointe.



### AGRICULTURE

Combattre les nuisibles, insectes ou micro-organismes, qui agressent les cultures avec des bactéries, champignons et virus est une alternative intéressante aux insecticides et fongicides chimiques.

(+) Découvrir les résultats prometteurs d'inoculation de sols avec des champignons mycorhiziens sur la productivité de la culture de manioc.



## (6) ÉCOSYSTÈMES

### Équilibres fragiles

Face aux défis environnementaux et aux changements climatiques actuels, les microbes jouent un rôle capital dans la régulation des écosystèmes et des organismes vivants. Il est donc primordial d'intégrer les micro-organismes dans une nouvelle vision de la vie sur Terre et de repenser les rapports entre humains et environnement.

L'étude de ces êtres invisibles et de leurs activités contribue à une meilleure compréhension de la complexité du vivant. Leur grande variété ouvre des perspectives prometteuses en matière de dépollution, d'alternatives à la pétrochimie, d'énergie renouvelable et de fertilisation biologique des sols. Face aux bouleversements écologiques en cours, préserver au mieux la biodiversité microbienne semble donc essentiel.

### (6-A) À VOIR ET À FAIRE



### ÉQUILIBRES

(+) Réfléchir aux usages de microbes pour rééquilibrer les écosystèmes perturbés, en découvrant les œuvres « Bio-Archéologie des levures » et « Avenir en fermentation » d'Anna Dumitriu et Alex May.



## (6.1) EAU



Des lacs aux océans, ces environnements recèlent une grande biodiversité microbienne, souvent méconnue. Les recherches sur les microbiomes aquatiques révèlent la richesse de cet écosystème et son importance dans les chaînes alimentaires. Nourriture essentielle pour beaucoup d'êtres vivants, le plancton est composé entre autres de virus, bactéries, archées et protistes. Chaque litre d'eau de mer contient des milliards de microbes de taille variant de  $0,01 \mu\text{m}$  à  $1 \text{cm}$  – ce qui représente la même différence d'échelle qu'entre une fourmi et un brontosauve.

Les micro-organismes aquatiques participent également à la santé des rivières, lacs et océans, en régulant le climat et la biosphère de ces milieux. Chaque année, le plancton génère 50 % de l'oxygène de l'atmosphère à partir d'eau, de  $\text{CO}_2$ , de sels minéraux et de lumière. En mourant, il tombe au fond des océans, mais conserve, en son sein, le carbone absorbé de son vivant et contribue ainsi à sa séquestration.

Comprendre le fonctionnement et la vulnérabilité des microbiomes aquatiques face à la pollution et au changement de leur milieu de vie est indispensable pour préserver notre planète. Leur potentiel est également exploité pour purifier les déchets et les eaux usées, ainsi que pour dégrader les contaminants dans divers habitats.

Tout cela souligne l'intérêt de révéler la vie microbienne aquatique.



## (6.1-A) À VOIR ET À FAIRE



### MICROBIOMES AQUATIQUES

(+) Analyser des échantillons d'eau dans le dispositif interactif pour découvrir des recherches scientifiques sur les micro-organismes aquatiques.

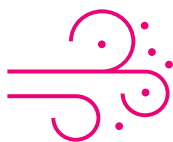
(+) S'enchanter de la beauté des microbes aquatiques grâce aux photographies qui nous emmènent dans un monde fascinant (projection).



### UTILISATION DES MICROBES AQUATIQUES

(+) Être surpris par la capacité d'une bactérie à produire de l'électricité (photographie).

(+) S'étonner de la capacité des bactéries à épurer les eaux usées (vidéo).



## (6.2) AIR

Malgré les apparences, les airs contiennent aussi des micro-organismes. Des recherches explorent les microbiomes aériens dans diverses régions, des villes aux Alpes, en passant par les pôles, pour saisir leur composition et leurs rôles.

Les études offrent une meilleure connaissance de leur impact sur le climat, notamment dans la formation des nuages et des précipitations, ainsi que dans les cycles biogéochimiques de l'azote et du carbone.

À plus petite échelle, comprendre les flux des microbes aériens permettrait de mieux gérer les risques de transmission de maladies par voie aérienne, par exemple, dans nos espaces de vie et de travail.

La dispersion des micro-organismes par l'activité animale et humaine, ainsi que par les vents et courants atmosphériques, influence la migration et la distribution géographique microbienne. L'arrivée de nouveaux microbes par les airs peut menacer la biodiversité locale et perturber les écosystèmes. La dissémination à longue distance des agents pathogènes, y compris des bactéries résistantes aux antibiotiques, est une préoccupation croissante, comme en témoigne leur détection en haute altitude.

La recherche continue à explorer la composition, l'évolution et les fonctions des microbiomes aériens, et considère l'impact des activités humaines sur ces communautés comme un enjeu majeur.





## (6.2-A) À VOIR ET À FAIRE



### MICROBIOMES AÉRIENS

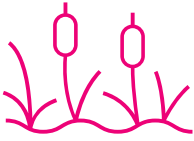
(+) Découvrir que le ciel est peuplé de microbes, dont les images des cultures sont projetées sur un tissu.

(+) Pomper des échantillons d'air et découvrir les études sur les microbes aériens à domicile, dans une ville, dans les Alpes et au pôle Sud (dispositif interactif).



### RÔLES DES MICROBES AÉRIENS

(+) Comprendre les rôles des microbes des airs tout en réalisant ce qui reste encore à comprendre.



## (6.3) SOL ET PLANTES

Les sols abritent une vie foisonnante : plus d'un milliard de micro-organismes, appartenant à environ 10'000 espèces différentes, se nichent dans un seul gramme de terre. Par la décomposition de la matière organique, ils jouent un rôle vital dans l'équilibre écologique des sols. Certains microbes ont même la capacité de dégrader les contaminants du sol, contribuant ainsi à la détoxification de notre environnement. Ce sont également les êtres invisibles de la terre qui lui donne une odeur subtile après la pluie.

Les microbiomes des sols et des plantes sont étroitement liés. Près des racines, des micro-organismes établissent des relations bénéfiques avec les végétaux et participent à leur développement, à leur nutrition et à leur protection.

Agir sur la composition microbienne des sols a un impact direct sur une gestion durable des terres ainsi que sur la santé des plantes et la nôtre.



## (6.2-A) À VOIR ET À FAIRE



### MICROBIOMES DES SOLS

(+) Regarder comment les microbes participent à la formation et la fertilité du sol en décomposant la matière organique (vidéos).

(+) Sentir l'odeur de la terre après une averse, un parfum dû aux micro-organismes du sol (pot à ouvrir).

(+) Scanner des échantillons de terre pour découvrir leurs habitants microscopiques et leurs fonctions (dispositif interactif).



### USAGES DES MICROBES DES SOLS

(+) Constaté la variété des utilisations des micro-organismes pour décontaminer des sols pollués (objets dans la vitrine et vidéo) ou stimuler la croissance de plantes.



## (6.2-B) À VOIR ET À FAIRE



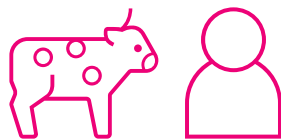
### SYMBIOSES

(+) Examiner des mycorhizes agrandies (photographies). Ces symbioses mycorhiziennes sont des associations intimes entre les racines des plantes et des champignons.



### MICROBIOMES DES PLANTES

(+) S'informer sur les communautés microbiennes des plantes : racines, tiges ou feuilles.



## (6.4) HUMAINS ET ANIMAUX

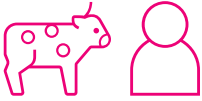
Depuis toujours, les microbes colonisent les macro-organismes, y assurant des fonctions très importantes.

Notre corps abrite environ autant de cellules humaines que de microbes. Ces derniers contribuent à notre développement et à notre santé. Comprendre leurs interactions et leurs effets n'est pas aisé en raison de la complexité de notre environnement corporel. Mais, les bienfaits des microbiotes humains semblent considérables, allant de la bonne digestion au renforcement du système immunitaire, en passant par le maintien de la santé mentale.

Les scientifiques cherchent à identifier les contributions de « nos » microbes afin d'intervenir sur la composition des microbiotes et de maîtriser ainsi leurs effets néfastes. L'absence ou la surabondance d'un type de micro-organismes peut entraîner des troubles ou des maladies, comme des inflammations intestinales.

Toutefois, il reste encore difficile de déterminer si les microbes sont directement responsables de certains effets ou si leur présence est la conséquence d'autres changements dans le corps. Des éléments de réponses pourraient se trouver dans des observations chez d'autres animaux. Ainsi, privées de leurs bactéries intestinales, des abeilles semblent perdre leur capacité à communiquer entre elles.

Nos micro-organismes ne sont pas qu'un entourage passif. Leur aptitude à influencer notre vie et notre environnement continue de nous étonner.



## (6.4-A) À VOIR ET À FAIRE



### MICROBIOMES DES HUMAINS

(+) Observer la carte des communautés de microbes chez l'humain.

(+) Choisir les éléments qui jouent un rôle dans la composition de son microbiote intestinal (aimants).

(+) S'interroger sur notre identité humaine et microbienne avec les œuvres « Bio-écussons de famille » de Kathy High et « Moi microbien » de Mellissa Monsoon.

(+) Placer un objet dans le tube intestinal pour découvrir les rôles des microbes qui peuplent nos entrailles (dispositif interactif).



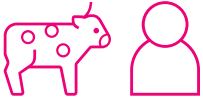
### DÉSÉQUILIBRES

(+) Écouter une spécialiste à propos de l'importance d'un bon équilibre au sein de notre population microbienne intestinale (audio).

(+) Repérer les déséquilibres au sein des microbiomes et découvrir les effets de ces dysbioses. Que se passe-t-il si une espèce bactérienne prolifère sur notre peau ? (grande vitrine).

(+) S'enquérir de l'importance de garder des selles humaines dans des banques biologiques (vidéo n°2).

(+) Prendre soin de son microbiote intestinal grâce aux explications données dans une animation (vidéo n°1).



## (6.4-B) À VOIR ET À FAIRE



### MICROBIOMES DES ANIMAUX

(+) Lire les histoires étonnantes des communautés de microbes d'autres animaux (photos).



## (6.5) MATIÈRES VIVANTES

Les microbes ont longtemps été ignorés dans le domaine de la construction. Une fois découverts, ils ont été considérés comme des menaces dégradant le bâti ou la santé des habitants et ont dicté des architectures conçues pour s'en protéger : blanches, ensoleillées et aérées.

Ce n'est que depuis la fin du 20<sup>e</sup> siècle que le regard porté sur les micro-organismes commence à changer. Aujourd'hui, nombre d'ingénieur·e·s, d'architectes, de designers ou encore de stylistes s'inquiètent de la perte de la biodiversité et tentent de préserver l'équilibre de l'écosystème qui nous accueille et dans lequel nous évoluons. De manière interdisciplinaire, ils et elles réfléchissent aux façons d'intégrer les microbes dans un environnement construit plus durable. Les capacités de certaines bactéries sont ainsi utilisées dans la consolidation de terrains ou dans le changement de l'air au sein des édifices. Grâce au concours de ces organismes, de nouveaux matériaux sont créés, puis le temps venu décomposés, inspirant une mode plus éco-responsable. Ces démarches et créations vivantes contribueront certainement à changer la perception que nous avons de ces êtres invisibles, alliés potentiels, indispensables à notre avenir sur Terre.





## (6.4-A) À VOIR ET À FAIRE



### MATÉRIAUX

(+) En apprendre plus à propos des recherches sur l'usage des microbes pour développer des nouveaux matériaux destinés au bâti et au design (petite vitrine).



### USAGES DES MATÉRIAUX

(+) Découvrir quelques exemples de l'utilisation de nouvelles matières pour une mode plus durable (grande vitrine).



## (7) SALLE ANNEXE – À VOIR ET À FAIRE



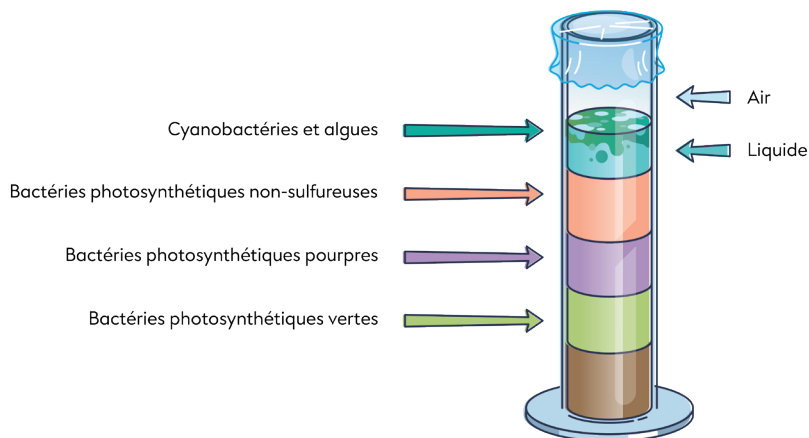
### ŒUVRE IMMERSIVE

(+) Entrer à l'intérieur du cercle pour devenir un être minuscule au milieu de micro-organismes aquatiques géants (œuvre de Gerda Steiner & Jörg Lenzlinger).

**Niveau de difficulté : Facile**

**Préparation : 1h**

**Temps d'attente : 2-3 semaines**



### Matériel

- Récipient transparent assez haut avec une large ouverture
- Sable (source de sédiments)
- Échantillon de départ tel que terre du jardin, terre de forêt, sédiment de fond d'étang, etc. (source de micro-organismes, à utiliser dans les 24h après récolte)
- 2 feuilles de papier journal (source de carbone)
- 1 coquille d'œuf (source de calcium)
- 1/4 de jaune d'œuf dur (source de soufre)
- Eau du robinet
- Stylo marqueur
- Papier cellophane
- Élastique

# ANNEXE RÉALISER UNE COLONNE DE WINOGRADSKY

## Marche à suivre

1. Sur le récipient transparent, faire une première marque afin de délimiter un tiers depuis le fond, puis une seconde marque pour les trois quarts.
2. Dans un autre récipient (un seau ou un grand bol), mélanger le sable, l'échantillon contenant les micro-organismes et un peu d'eau. La consistance doit être pâteuse et vous devez avoir suffisamment de mélange pour remplir la totalité de votre récipient.
3. Prélever une partie du mélange (environ un tiers) et y ajouter le papier journal préalablement découpé en tout petits morceaux (env. 5 mm), la coquille d'œuf réduite en poudre et le jaune d'œuf. Bien mélanger.
4. Utiliser le mélange préparé au point 3 pour remplir votre récipient jusqu'à la première marque (1/3). Tasser en tapotant le récipient sur une table afin d'éliminer les éventuelles bulles d'air.
5. Utiliser le reste du mélange préparé au point 2 pour continuer de remplir le récipient jusqu'à la seconde marque (3/4). Tasser en tapotant.
6. Rajouter de l'eau en veillant à laisser 3-4 cm d'espace vide entre la surface de l'eau et le papier cellophane qui servira de couvercle.
7. Couvrir le récipient avec du papier cellophane et maintenir ce dernier en place à l'aide de l'élastique.
8. Exposer la colonne à la lumière du jour et observer les premiers changements après 2 à 3 semaines. La colonne se garde indéfiniment, donc ne pas hésiter à poursuivre les observations plus longtemps.

## Astuces

Pour le récipient transparent, un bocal de confiture assez haut ou une bouteille PET coupée sous le goulot (ouverture élargie) fonctionnent très bien. Selon l'échantillon de départ, le résultat final de la colonne peut être très différent. Amusez-vous à faire plusieurs colonnes en variant les sources de micro-organismes.

Adapté de l'exposition Traces de vie (2023), Jardin botanique de Neuchâtel, en collaboration avec la HE-Arc Neuchâtel.

Images:

p. 1 Atelier poisson, [www.atelierpoisson.ch](http://www.atelierpoisson.ch)

p. 6 © Raphaèle Gygi, adapté par Musée de la main UNIL-CHUV

p. 8,10,11,12,14,15,17,19,20,21,23,25,27,28,30,31,33,34 © Musée de la main UNIL-CHUV

p. 35 Libre de droit. Adobe stock

### **Musée de la main UNIL-CHUV**

Rue du Bugnon 21

CH-1011 Lausanne

T +41 (0)21 314 49 55

[musee.main@hospvd.ch](mailto:musee.main@hospvd.ch)

[www.museedelamain.ch](http://www.museedelamain.ch)

Horaires : ma-ve 12h-18h,

sa-di : 11h-18h / fermé : lu

Premier samedi du mois : entrée offerte

Écoles : ouvert le matin sur réservation, sans frais supp.