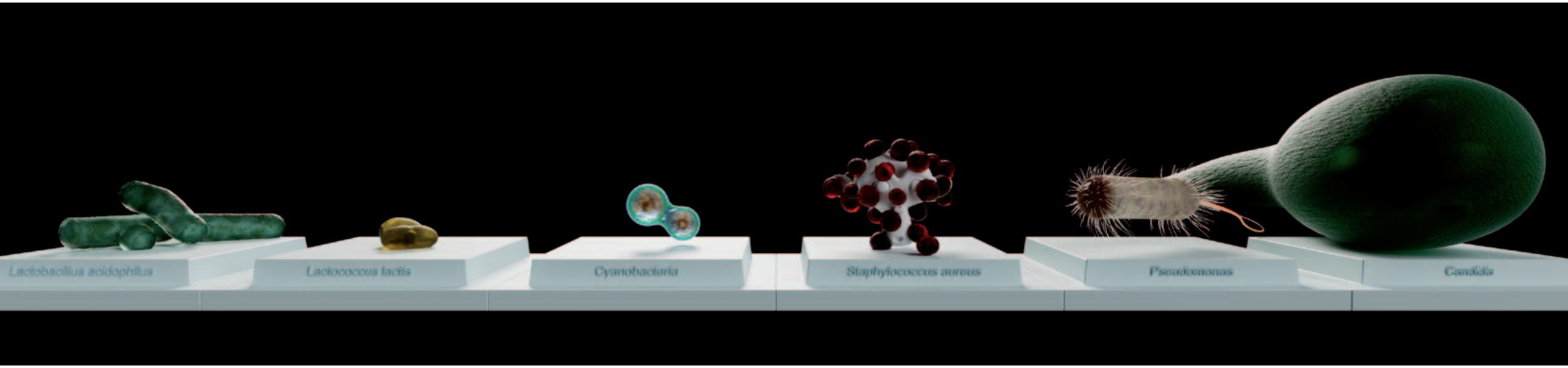
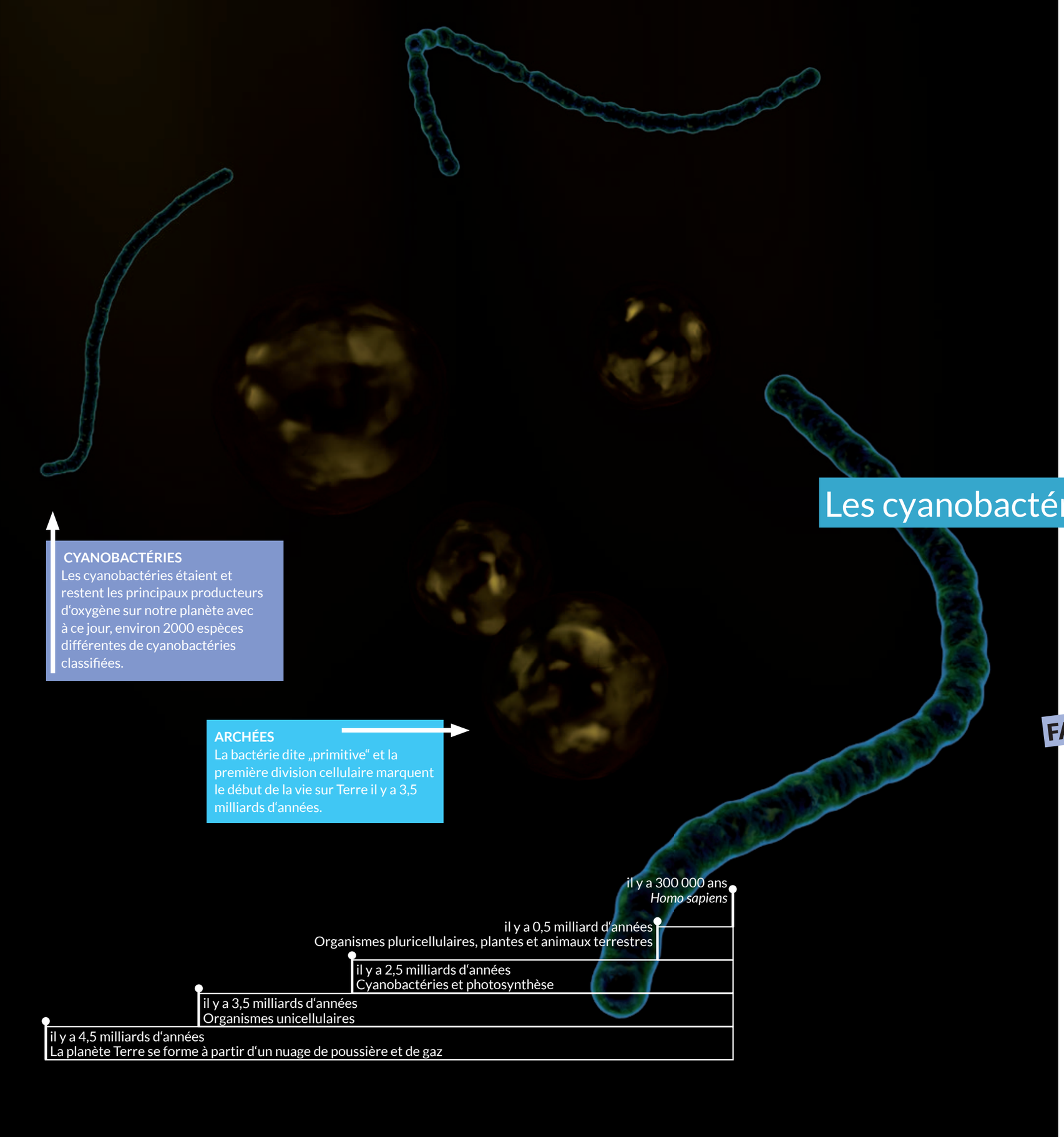
microbiome support

LES MAÎTRES SECRETS DU MONDE



www.microbiomesupport.eu



NAISSANCE DE LA VIE SUR TERRE

La Terre est née, il y a quatre milliards et demi d'années. À l'époque, la planète était composée de gaz et de poussière. Avec le temps, la Terre s'est refroidie, une croûte s'est formée et de l'eau s'est accumulée. Il y a trois milliards et demi d'années, le premier être vivant apparaît. On ne sait pas comment cela s'est produit. Des composés chimiques se sont regroupés et ont donné naissance à un être vivant sous la forme d'une cellule vivante unique. Cette cellule s'est divisée et d'autres organismes unicellulaires sont apparus. Ces petits êtres vivants sont appelés micro-organismes car ils sont si petits que nous ne pouvons pas les voir à l'œil nu. Il est probable que la vie soit apparue dans l'eau. En effet, les formes de vie les plus anciennes sont encore aujourd'hui des organismes unicellulaires qui vivent dans l'eau chaude - comme à proximité des sources bouillonnantes au fond de la mer.

Les cyanobactéries ont „inventé" la photosynthèse

La prochaine étape décisive pour la vie sur Terre a lieu un milliard d'années après l'apparition du premier être vivant unicellulaire : les cyanobactéries produisent du sucre et de l'oxygène - avec un peu d'eau, un peu de gaz de l'environnement et grâce à la lumière du soleil. La photosynthèse venait d'être „inventée". Les cyanobactéries pouvaient ainsi produire leur propre nourriture. Avec le temps, l'oxygène produit par les cyanobactéries s'est accumulé dans l'atmosphère. L'une des bases de la poursuite du développement de la vie était créée : l'air respirable – dont dépend notre vie.

FANTASTIQUE

Les cyanobactéries ont été les premières productrices d'oxygène. Elles ont besoin de la lumière du soleil pour la photosynthèse. C'est probablement pour cette raison que les cyanobactéries peuvent capter la lumière. La manière dont elles le font est restée longtemps un grand mystère. Les cyanobactéries ont un diamètre de 3 micromètres - soit 3 millionièmes de mètre. Il n'existe aucun instrument de mesure optique assez petit pour mesurer la réfraction de la lumière dans la bactérie. Les chercheur.s.es ont eu recours à une astuce. Ils ont simplement mesuré la réfraction de la lumière autour de la bactérie. Ils ont découvert ceci : alors que la bactérie ne soit composée que d'une seule cellule, celle-ci fonctionne en fait comme un œil. La lumière entre par une minuscule lentille, des flagelles situés en face de la lentille sont directement activés et la bactérie peut se déplacer vers la source de lumière.

Étude
Schuergers N. et al. (2016)
Cyanobacteria use micro-optics to sense light direction.
https://doi.org/10.7554/eLife.12620

Le MICROBIOME dans l'eau

Les micro-organismes présents dans l'eau produisent de L'OXYGÈNE

Sans les micro-organismes, il n'y aurait pas de vie sur la planète Terre. Aujourd'hui encore, notre vie dépend de ces organismes présents dans l'eau, car ils produisent la majeure partie de l'oxygène.

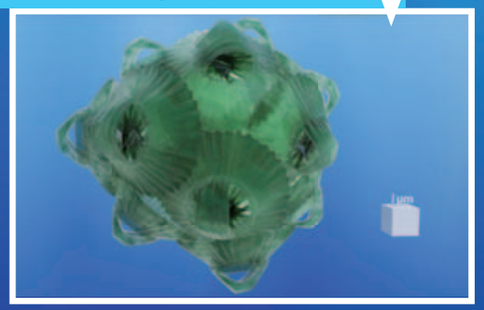
Les algues sont des NETTOYEURS

Les algues peuvent absorber l'azote et le phosphate des eaux usées. Pour cela, elles n'ont besoin que de la lumière du soleil et de dioxyde de carbone. Pendant le processus d'épuration, les algues produisent de l'oxygène et elles se développent bien sûr ! La biomasse des algues augmentant, on peut ainsi en tirer du biocarburant. C'est en fait une situation doublement gagnant-gagnant.

Les algues comme MATIÈRE PREMIÈRE

Les algues produisent une multitude de substances et font donc l'objet de recherches en tant que matière première durable. Elles fournissent des graisses, comme les très sains acides gras oméga-3; elles sont riches en minéraux et en vitamines. Les algues se reproduisent rapidement et produisent 30 fois plus d'huile que le colza ou le maïs.

Emiliania huxleyi est une algue appartenant au groupe des flagellés calcaires. La cellule de l'algue est entourée de plaquettes calcaires. Certaines roches calcaires comme la craie, sont souvent composées majoritairement de flagellés calcaires. Ainsi, lorsque nous écrivons sur un tableau noir avec de la craie, c'est avec des algues que nous écrivons.



UNIQUES

Les algues produisent des huiles. Certaines algues peuvent produire des hydrocarbures spécifiques, à savoir des n-alcanes. Une micro-algue très particulière appelée Dicrateria rotunda produit des gouttelettes d'huile de n-alcanes dans ses cavités, avec une longueur de chaîne de 10-38. C'est la même longueur de chaîne que le pétrole. Dicrateria rotunda est ainsi le premier être vivant décrit capable de produire du pétrole.

Étude
Harada N. et al. (2021)
A novel characteristic of a phytoplankton as a potential source of straight-chain alkanes .
https://doi.org/10.1038/s41598-021-93204-w

Les algues sont restées longtemps entre elles

Au cours des millions d'années suivantes, sont apparus des organismes pluricellulaires comme les algues. Elles ont un noyau cellulaire pour protéger leurs informations génétiques. Elles se sont probablement unies aux cyanobactéries, ce qui leur a permis de d'effectuer la photosynthèse. Pendant environ deux milliards d'années, les algues ont été les seuls êtres vivants de type végétal sur la Terre.

L'écosystème marin est essentiel à LA VIE SUR TERRE

70 % de la Terre est recouverte d'eau. Les algues et les herbes marines peuvent stocker 20 fois plus de carbone que les forêts terrestres. Elles constituent donc un facteur immense dans la lutte contre la crise climatique. Si nous continuons à détruire l'habitat marin et que le carbone y étant stocké se libère, il faut s'attendre à d'énormes apports de CO_2 dans l'atmosphère terrestre. La vie est née dans la mer et sans les océans, il n'y aura pas de vie sur Terre à l'avenir.

Gephyrocapsa oceanica

Les micro-organismes sont constitués d'une ou de quelques cellules seulement

Nous appelons ces minuscules êtres vivants des micro-organismes, tout simplement parce qu'ils sont très petits. Parmi les micro-organismes, on compte les bactéries, les protozoaires, les archées, les champignons et les micro-algues.

Chaque organisme forme une unité avec son microbiome

Un microbiome désigne l'ensemble des micro-organismes qui colonisent un habitat donné, par exemple la peau humaine, les feuilles d'une plante ou les racines d'une espèce végétale donnée dans le sol. Un microbiome est une communauté de vie très complexe et diversifiée. Le microbiome le plus connu est celui de l'intestin humain.

INCROYABLE

Il est difficile d'estimer le nombre des différentes espèces de bactéries, de champignons et d'algues vivant sur notre planète. Il existe toutefois des lois, dites d'échelle, qui permettent de calculer la diversité des espèces. En 2016, des scientifiques* ont également appliqué ces lois d'échelle aux micro-organismes et les ont calculées. Notre planète pourrait renfermer 1 billion, soit 1000 milliards de micro-organismes. Un million d'espèces différentes. Parmi elles, 10 millions ont été cataloguées jusqu'à présent. Environ 10 000 peuvent être cultivées en laboratoire.

Étude
Locey K. J. et al. (2016)
Scaling laws predict global microbial diversity.
https://doi.org/10.1073/pnas.1521291113

La biodiversité est la base de systèmes écologiques stables

Nous les humains, sommes techniquement très avancés, nous dépendons tout de même de la nature et de toute sa diversité. Les plus petits représentants d'entre elle, á savoir les micro-organismes, font également partie de cette diversité. Les différents micro-organismes sont partout : dans l'air, dans la terre et dans l'eau. Ils peuplent également les plantes, les animaux et les hommes. Chaque plante et chaque animal est l'habitat de millions et millions de micro-organismes. Plus la diversité des espèces végétales et animales est grande, plus les micro-organismes qui s'y installent sont variés. Si une espèce végétale ou animale disparaît, des milliers de micro-organismes disparaissent avec elle - dont d'innombrables qui sont encore inconnus - Il existe des milliards d'espèces différentes, dont seule une petite partie est connue à ce jour.

La diversité des espèces est née des êtres vivants les plus simples

Pendant trois milliards d'années, des êtres vivants très simples ont peuplé la Terre. Ils étaient dotés de quelques cellules seulement. Puis, il y a environ 500 millions d'années, tout s'est accéléré. En peu de temps, une multitude d'espèces différentes se sont développées. Des plantes et des animaux variés ont colonisé la Terre, créant ainsi une biodiversité colorée.

La diversité maintient en bonne santé

Le principe fondamental de la nature est le suivant : la vie, c'est la diversité. Plus un habitat est diversifié, plus il est sain. Le principe de diversité s'applique également aux systèmes créés par l'homme, comme l'agriculture. Pendant de nombreuses années, l'homme a ignoré ce principe, ce qui a gravement perturbé l'équilibre. Les monocultures, l'élevage excessif ou l'utilisation de produits chimiques sont autant de raisons pour lesquelles la diversité autour de nous ne cesse de diminuer. La planète est déjà confrontée à des conséquences visibles.

La biodiversité décrit un large spectre

La biodiversité comprend la diversité des animaux, des plantes et des micro-organismes. La diversité génétique décrit la diversité au sein d'une espèce. La diversité biologique inclut également les habitats, tels les mers, les prairies et les forêts. Ces trois espaces sont englobés dans le terme „biodiversité".

LE SOL GROUILLE DE MICRO-ORGANISMES

Des billions de micro-organismes cohabitent au niveau des racines d'une plante. Le microbiome constitue la somme de tous les micro-organismes d'une telle colocation. Plus les habitants sont différents, mieux ce sera pour tous les participants. En-effet, dans chaque microbiome, la diversité représente le facteur décisif pour une cohabitation qui fonctionne. Tous les habitants ont des tâches précises à accomplir : les champignons peuvent ainsi former des filaments ultrafins. Dans le sol, ils exploitent ainsi les zones les plus reculées dans lesquelles les racines des plantes ne pourraient pas pénétrer autrement. Les bactéries et les champignons du sol transforment la matière végétale morte et décomposent ainsi les substances qui servent de nourriture à d'autres organismes. Les champignons, quant à eux, sont comme un service de livraison, car ils peuvent absorber des nutriments et les fournir aux plantes. En contrepartie, les bactéries et les champignons reçoivent des sucres photosynthétiques de la part des plantes.

TOUT LE MONDE PROFITE D'UN SOL SAIN

En principe, les plantes s'installent dans des endroits où elles trouvent ce dont elles ont besoin pour survivre. Dans l'agriculture, les conditions doivent souvent être adaptées, car la diversité fait défaut et le sol est très sollicité. Il faut alors apporter des nutriments au sol à l'aide d'engrais, mais ceux-ci n'y sont souvent actifs que brièvement, car ils sont lessivés ou inefficaces. Une vie du sol saine avec un microbiome intact peut aider à économiser les engrais chimiques.

Des communautés confortables dans les racines

Toutes les plantes ont besoin d'azote pour se nourrir. Mais l'azote n'existe souvent que sous une forme pas être directement absorbable par les plantes. Les bactéries peuvent toutefois modifier l'azote, de manière à ce qu'une plante puisse l'utiliser. C'est pourquoi certaines plantes invitent les bactéries à s'installer directement avec elles dans leurs racines. Elles établissent une relation symbiotique avec les bactéries. On l'observe particulièrement chez les légumineuses. Ces plantes forment même des nodosités qui abritent des millions de bactéries nodulaires et dans lesquels elles transforment l'azote pour la plante.

Rhizobioum

Les légumineuses forment une symbiose unique avec les bactéries. L'azote de l'air est transformé et stocké dans les bactéries des nodosités. C'est pourquoi les légumineuses sont également cultivées comme culture intermédiaire et comme engrais vert dans l'agriculture. La plante est enfouie dans le sol. L'azote important pénètre ainsi dans le sol et est disponible pour les plantes cultivées par la suite.

ÉNORME

Les plantes sont d'importantes sources de carbone pour le sol. Les parties mortes des plantes sont transformées en carbone du sol et en CO_2 par les organismes du sol. Les organismes du sol meurent eux-mêmes naturellement. Lorsqu'une bactérie meurt dans le sol, son liquide cellulaire est absorbé par l'environnement, environ 10 % de la bactérie morte sert de nourriture à d'autres micro-organismes, environ 50 % est transformé en minéraux et environ 40 % du carbone organique est conservé dans le sol. Les bactéries et les champignons morts constituent une grande partie de la masse organique du sol. Le sol est le plus grand réservoir de CO_2 au monde. Environ 2.600 milliards de tonnes de carbone sont stockées dans le sol (deux fois plus que dans l'atmosphère).

Tous les micro-organismes ne sont pas aussi à l'aise que les bactéries nodulaires dans la terre. Les micro-organismes présents sur les feuilles des plantes ont des conditions de vie plus rudes. Les changements rapides des rayons de soleil, de la chaleur, du froid, de la pluie et du vent les mettent à rude épreuve. C'est pourquoi ils aiment vivre dans des creux à la surface des plantes ou protégés par un „parapluie" sur la face inférieure des feuilles. Des bactéries, des champignons et des algues s'installent sur les feuilles. Avec le vent, ils voyagent souvent loin, sur des distances de plusieurs centaines de kilomètres. Les bactéries présentes sur les feuilles aident la plante à renforcer son système immunitaire et la protègent ainsi contre les maladies. Les plantes dotées d'un microbiome optimal sont également plus résistantes aux facteurs de stress comme la sécheresse et le sel.

Des boucliers microbiens sur une feuille

Le goût grâce aux méthylobactéries

Les micro-organismes les plus fréquents sur les feuilles sont les méthylobactéries. Elles sont également co-responsables du goût des fruits et des légumes.

Étude
Siegmund B. et al. (2011).
Die Bedeutung von Methylobakterien für die Aromabildung von Erdbeeren.
Die Ernährung , 35, 149-155

Les valeurs internes d'une plante

On trouve encore plus de bactéries à l'intérieur d'une plante que sur la surface d'une feuille. Des millions de bactéries peuvent s'y accumuler, mais le nombre seul n'apporte pas de bénéfices. La diversité est plus importante que l'abondance. En effet, de nombreuses bactéries identiques n'améliorent pas le microbiome. C'est le nombre de micro-organismes différents habitant la plante qui est déterminant. Les micro-organismes qui luttent contre les maladies ou fournissent des nutriments à la plante sont particulièrement importants.

Étude
Shalev, O. et al. (2022)
Commensal Pseudomonas strains facilitate protective response against pathogens in the host plant.
https://doi.org/10.1038/s41559-022-01673-7

Les micro-organismes produisent du gaz pour les INSTALLATIONS DE BIOGAZ

Jusqu'à 200 espèces différentes de bactéries se bousculent dans l'estomac de la vache. Elles digèrent les aliments végétaux, mais produisent également une grande quantité de gaz. Lors de la rumination, les gaz, le CO_2 et le méthane, s'échappent de la bouche de la vache – représentant jusqu'à 200 litres par jour.

Certes, le gaz méthane produit par les micro-organismes de la vache ne peut pas être capté et utilisé comme énergie. Les installations de biogaz utilisent toutefois des micro-organismes similaires pour produire du gaz. Les micro-organismes sont nourris en plantes et de déchets biologiques, digèrent les plantes et produisent ainsi du gaz.

GÉNIAL

Les micro-organismes de la vache peuvent digérer presque tout, certains d'entre eux décomposent même le plastique. Jusqu'à présent, ces bactéries ont toujours été étudiées individuellement. Des scientifiques autrichiens* ont découvert que la dégradation du plastique se déroule mieux lorsque l'ensemble du microbiome de la panse y contribue.

Étude
Quartinello F. et al. (2021)
Together Is Better: The Rumen Microbial Community as Biological Toolbox for Degradation of Synthetic Polyesters.
https://doi: 10.3389/fbioe.2021.684459

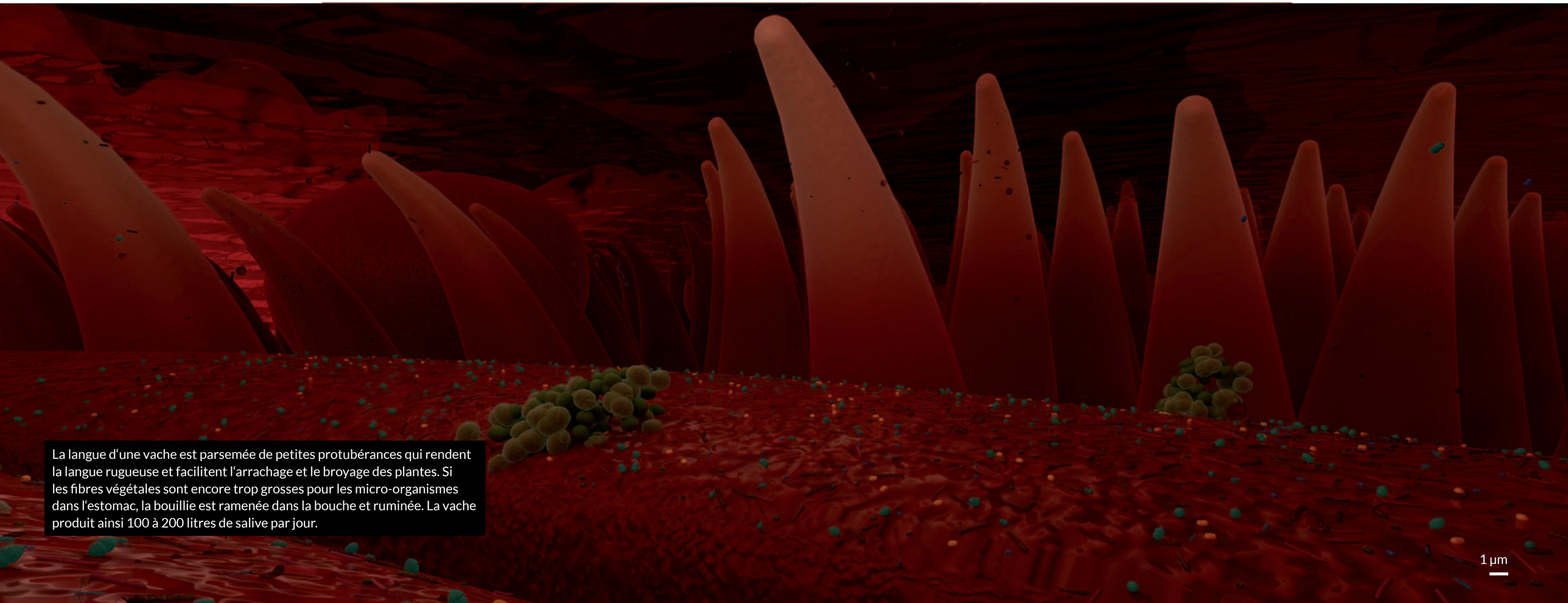
Une vache est bien plus que ce que nous pouvons voir. En effet, chaque vache est aussi le foyer de billions de bactéries qui l'aident à digérer sa nourriture et à rester en bonne santé. Sans ces bactéries, la vache ne pourrait pas survivre.

DES MICRO-ORGANISMES DIGÈRENT LA NOURRITURE DES VACHES

De nombreuses plantes qu'une vache mange sont en réalité indigestes pour elle. La tâche de la digestion est assurée par des bactéries qui vivent en communauté avec la vache. Lorsqu'une vache a avalé une touffe de plantes, les bactéries commencent à fermenter la nourriture, ce qui produit du sucre nutritif.

Tout ce que les bactéries ne peuvent pas décomposer retourne dans la bouche, où il est fortement salivé, puis ruminé. La fine bouillie végétale ruminée passe dans un autre estomac, le rumen. Les micro-organismes qui s'y trouvent transforment la bouillie en éléments digestibles.

Mais une partie des micro-organismes eux-mêmes sert de nourriture à la vache. En plus de 100 kg d'herbe en moyenne, une vache digère jusqu'à 10 kg de micro-organismes par jour. Les plantes qu'une vache mange déterminent quels micro-organismes se multiplient.



La langue d'une vache est parsemée de petites protubérances qui rendent la langue rugueuse et facilitent l'arrachage et le broyage des plantes. Si les fibres végétales sont encore trop grosses pour les micro-organismes dans l'estomac, la bouillie est ramenée dans la bouche et ruminée. La vache produit ainsi 100 à 200 litres de salive par jour.

DES BACTÉRIES
QUI NE NOUS RENDENT PAS AIGRES

Les produits laitiers sont fabriqués à partir du lait depuis des millénaires - l'homme produisait déjà du fromage à l'âge de pierre. Le microbiome laitier est déterminant pour la production de fromage, il s'agit des bactéries et champignons contenus dans le lait. Ils influencent la maturation et le goût du fromage au lait cru. Les bactéries lactiques, par exemple, transforment le lactose en acide lactique; le lait devient alors acide. Dans ce milieu acide, les protéines du lait forment des grumeaux (appelés caséine) qui donnent au fromage sa structure solide.

La qualité du lait dépend aussi des micro-organismes

Le pis d'une vache contient d'innombrables bulles de lait. Elles filtrent les protéines, les matières grasses, le lactose, les minéraux et les vitamines du sang, que l'on retrouve ensuite dans le lait. Les composants du lait varient en fonction de ce qu'une vache mange et des micro-organismes qui s'y sont installés.

Les bactéries lactiques freinent les bactéries nocives

L'acide lactique produit par les bactéries empêche les bactéries nocives de se multiplier - ce qui permet aux aliments de se conserver plus longtemps. Les bactéries lactiques ne sont pas seulement présentes dans le lait, mais aussi sur les légumes. Elles sont responsables de la transformation du chou en choucroute ou des légumes en légumes marinés. Elles ont également leur mot à dire dans la fabrication du pain. Ainsi, le levain est composé de bactéries lactiques, de levures et de farine. Il permet au pain, dans le meilleur des cas, de lever de manière légère et moelleuse. Les bactéries lactiques sont des bactéries extrêmement utiles, y compris pour l'intestin humain, car elles empêchent également les bactéries nocives de se multiplier.

Pro et pré

Les bactéries lactiques sont considérées comme des probiotiques. On les trouve dans le yaourt, la choucroute, le kimchi et d'autres aliments fermentés. En mangeant ces aliments, nous ingérons également des bactéries. Nombre d'entre elles survivent également à l'environnement très acide de notre estomac et s'installent ensuite dans l'intestin. En revanche, on appelle prébiotiques les aliments qui ne contiennent pas directement de bactéries, mais constituent un plat favori pour les bactéries de notre intestin. Il s'agit notamment de toutes les fibres que l'on trouve dans les fruits, les légumes, les légumineuses et les céréales complètes. Les bactéries lactiques et les bifidobactéries raffolent des fibres et se multiplient quand nous les nourrissons avec celles-ci. En revanche, le sucre et l'excès de protéines favorisent plutôt la croissance de micro-organismes associés aux maladies.

Les bactéries lactiques préfèrent vivre dans le tube digestif des mammifères, mais on peut également les trouver dans l'estomac des abeilles et des grenouilles.

INTÉGRANT

La caséine est un très bon liant, elle lie différentes substances et adhère aux supports. Pour les peintures à la caséine, des pigments colorés sont ajoutés à la caséine. La colle de caséine au pouvoir adhésif très élevé est obtenue en mélangeant la caséine avec de la chaux. Il semble que l'Homme employait déjà le lait comme base pour la peinture il y a des milliers d'années. Les composés de protéines de lait se retrouvent même dans les peintures rupestres. Le pouvoir de liaison de la caséine a également été exploité par un moine en 1531. Il a chauffé du fromage et l'a refroidi. Plus il faisait cela, plus la masse refroidie devenait solide. Il a pu ainsi former des objets et a appelé ce matériau „corne artificielle". La recette exacte de la corne artificielle est due à un alchimiste du nom de Bartholomäus Schobinger et est considérée comme la première recette de fabrication de plastique en Allemagne. Vers 1900, un imprimeur allemand et un chimiste ont mélangé la caséine avec différents produits chimiques et ont ainsi inventé la galalithe, une matière plastique à base de caséine qui a servi à fabriquer les objets les plus divers comme des boutons, des poignées et même des bijoux.

STRUCTURE DE LA CASÉINE
La caséine est la protéine du lait qui coagule sous l'effet de l'acide lactique produit par les bactéries, ce qui lui confère une structure plus solide.

1 µm

Champignons dans l'assiette

Les levures sont des champignons constitués d'une seule cellule. Elles se reproduisent en formant un petit bourgeon sur la cellule mère. À l'intérieur, le noyau de la cellule est doublé par division et transporté dans la pousse. Le bourgeon se sépare de la cellule mère et une nouvelle petite levure naît. Ce processus nécessite bien évidemment de l'énergie et la levure la puise principalement dans le sucre : pendant que la cellule transforme le sucre en énergie, de l'alcool et du CO_2 se forment. On connaît ce métabolisme sous le nom de „fermentation" ou „fermentation alcoolique". La levure du nom de *Saccharomyces cerevisiae* est notre levure de boulanger et levure de bière. Lors de la fabrication de la bière, elle assure la teneur en alcool de la boisson. Lors de la cuisson au levain, la multiplication de la levure fait en sorte que de petites bulles de gaz se forment et que la pâte devienne légère.

Saccharomyces cerevisiae
La levure ne fait rien d'autre que de se multiplier.
C'est au cours de cette multiplication que se forment les substances dont les hommes tirent parti : l'alcool et le gaz.

La levure ne comporte qu'une seule cellule, mais fonctionne comme une éponge.

Les levures sont utilisées dans les stations d'épuration pour nettoyer les eaux usées. Les métaux lourds comme le zinc, le cuivre et le cadmium adhèrent à la levure et peuvent ensuite être éliminés chimiquement. D'autres micro-organismes comme les bactéries et les algues aident également les gens à nettoyer les eaux usées grâce à cette „biosorption".

La levure dans la production alimentaire

Les levures sont présentes partout. Elles sont dans l'air, dans et sur les plantes et autres aliments. Elles sont tout simplement partout. On peut fabriquer un levain en mélangeant de la farine et de l'eau et en attendant. Les levures se multiplient et le levain lève. Les levures naturelles ne peuvent toutefois pas assurer la production totale d'alcool et de produits de boulangerie dans notre monde. C'est pourquoi les levures sont cultivées et multipliées de manière ciblée, puis utilisées dans la production alimentaire.

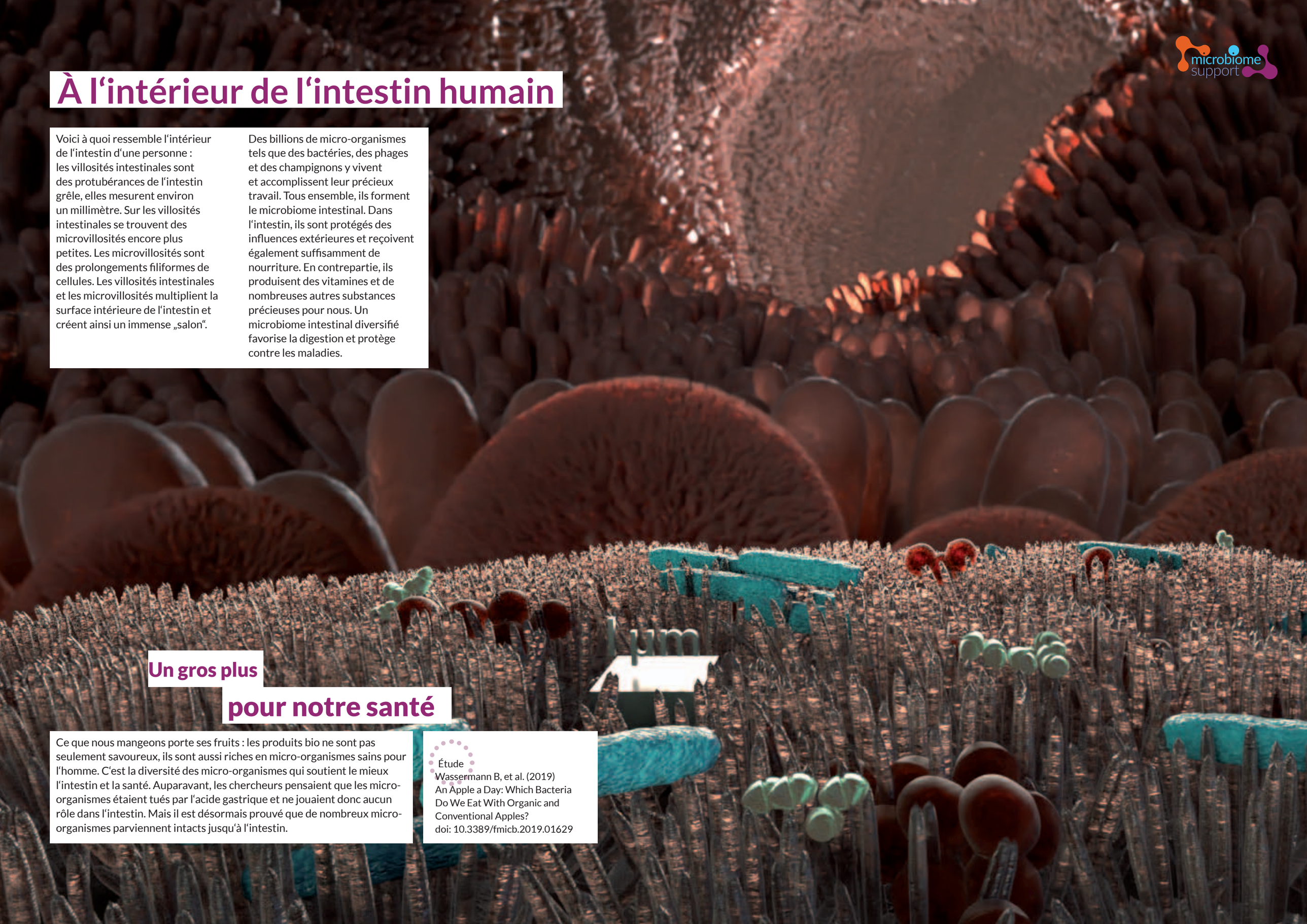
Différentes levures et bactéries se soutiennent mutuellement ...

... et il en résulte une boisson à la mode : le kombucha. Il s'agit d'un thé qui a été fermenté à l'aide de levures et de bactéries. La particularité du kombucha est que le processus de fermentation est réalisé par des bactéries et des champignons vivant en symbiose. Différentes levures, comme la levure de bière ou la levure fissurée *Schizosaccharomyces pombe*, des bactéries lactiques et des bactéries acétiques transforment le sucre en acide et en gaz, c'est pourquoi le kombucha est légèrement pétillant. On attribue au kombucha des effets curatifs, bien que les études scientifiques à ce sujet soient rares.

Un faux champignon appelé SCOBY

On appelle souvent la culture du kombucha le champignon du thé, or ce terme n'est pas correct. Il ne s'agit pas d'un champignon, mais d'une communauté de vie composée de bactéries et de levures. Le terme technique est SCOBY. Il vient de l'anglais et signifie „Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast".

Étude
Villarreal-Soto S. A. et al. (2018)
Understanding Kombucha Tea Fermentation: A Review.
https://doi.org/10.1111/1750-3841.1406



À l'intérieur de l'intestin humain

Voici à quoi ressemble l'intérieur de l'intestin d'une personne : les villosités intestinales sont des protubérances de l'intestin grêle, elles mesurent environ un millimètre. Sur les villosités intestinales se trouvent des microvillosités encore plus petites. Les microvillosités sont des prolongements filiformes de cellules. Les villosités intestinales et les microvillosités multiplient la surface intérieure de l'intestin et créent ainsi un immense „salon".

Des billions de micro-organismes tels que des bactéries, des phages et des champignons y vivent et accomplissent leur précieux travail. Tous ensemble, ils forment le microbiome intestinal. Dans l'intestin, ils sont protégés des influences extérieures et reçoivent également suffisamment de nourriture. En contrepartie, ils produisent des vitamines et de nombreuses autres substances précieuses pour nous. Un microbiome intestinal diversifié favorise la digestion et protège contre les maladies.

Un gros plus pour notre santé

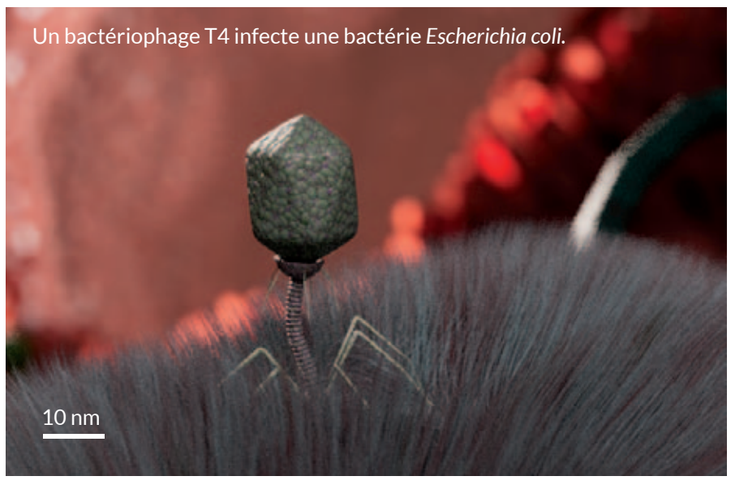
Ce que nous mangeons porte ses fruits : les produits bio ne sont pas seulement savoureux, ils sont aussi riches en micro-organismes sains pour l'homme. C'est la diversité des micro-organismes qui soutient le mieux l'intestin et la santé. Auparavant, les chercheurs pensaient que les micro-organismes étaient tués par l'acide gastrique et ne jouaient donc aucun rôle dans l'intestin. Mais il est désormais prouvé que de nombreux micro-organismes parviennent intacts jusqu'à l'intestin.

Étude
Wassermann B, et al. (2019)
An Apple a Day: Which Bacteria Do We Eat With Organic and Conventional Apples?
doi: 10.3389/fmicb.2019.01629

LES VIRUS COMME AUXILIAIRES

Les virus constituent des formes particulières. Ils ne sont par définition pas des êtres vivants, car ils ne peuvent se reproduire de manière autonome. Ils ont besoin d'un hôte pour cela. Certains virus utilisent l'homme comme hôte, comme pour le virus Corona ou du virus du rhume. Mais les virus utilisent également des champignons, des plantes et des animaux comme hôtes.

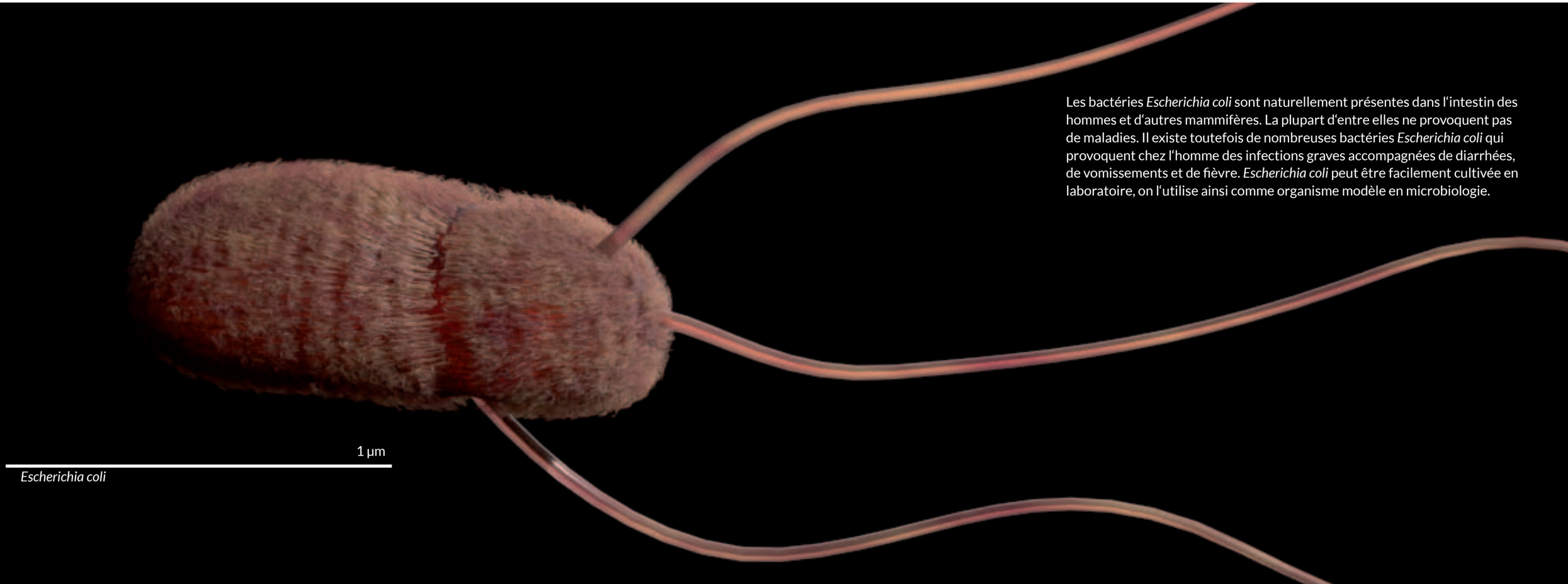
Certains virus s'attaquent exclusivement aux bactéries, ces virus sont appelés bactériophages. Par exemple, un bactériophage appelé T4 n'infecte que les bactéries *Escherichia coli*. T4 s'amarre à la surface de la bactérie et, grâce à son dard, transporte son ADN dans la bactérie. À l'intérieur de la bactérie, de nouveaux virus sont alors reconstruits à l'aide des informations contenues dans l'ADN viral introduit. Lorsque ceux-ci sont prêts, la bactérie éclate et libère jusqu'à 200 virus nouvellement créés. Ce processus est totalement inoffensif pour l'homme. Au contraire : en médecine, on travaille à programmer les phages de manière à ce qu'ils puissent éliminer de manière ciblée les bactéries nocives. Cette thérapie par les phages peut donc être utilisée comme alternative aux antibiotiques contre les maladies bactériennes.



Un bactériophage T4 infecte une bactérie *Escherichia coli*.

IMPRESSIONNANT

Avec une taille de 0,02 à 0,2 µm, les bactériophages sont les plus petits composants du plancton. Pourtant, les bactériophages constituent la plus grande partie numérique du plancton dans nos océans : 10^{31} bactériophages sont recensés dans ce que l'on appelle le virioplancton.



Escherichia coli

Les bactéries *Escherichia coli* sont naturellement présentes dans l'intestin des hommes et d'autres mammifères. La plupart d'entre elles ne provoquent pas de maladies. Il existe toutefois de nombreuses bactéries *Escherichia coli* qui provoquent chez l'homme des infections graves accompagnées de diarrhées, de vomissements et de fièvre. *Escherichia coli* peut être facilement cultivée en laboratoire, on l'utilise ainsi comme organisme modèle en microbiologie.

Problèmes liés au microbiome

Les micro-organismes présents dans l'intestin produisent de nombreuses substances. Malheureusement, certaines substances ne sont pas bénéfiques pour nous les humains. Certaines substances peuvent même endommager notre ADN et sont probablement impliquées dans le déclenchement de cancers. Des recherches scientifiques approfondies sont encore nécessaires pour découvrir avec précision les liens entre le microbiome intestinal et les maladies cancéreuses. Ces connaissances futures pourraient permettre de mettre au point de nouvelles thérapies ou mesures préventives. Dans le cas des maladies chroniques de l'intestin, on expérimente déjà des greffes de microbiome.

Étude
Yiyun C. et al. (2022)
Commensal microbiota from patients with inflammatory bowel disease produce genotoxic metabolites.
DOI: 10.1126/science.abm3233

Étude
Sittipo P. et al. (2022)
The function of gut microbiota in immune-related neurological disorders: a review.
https://doi.org/10.1186/s12974-022-02510-1

Ruminococcus

Les bactéries du genre *Ruminococcus* dans l'intestin indiquent une bonne santé mentale. Chez les personnes souffrant d'une maladie dépressive, on ne trouve que peu de ces bactéries.

Étude
Haiyin J. et al. (2015)
Altered fecal microbiota composition in patients with major depressive disorder.
https://doi.org/10.1016/j.bbi.2015.03.016

Microbiome et axe intestin-cerveau

On sait depuis longtemps qu'un microbiome sain dans l'intestin, autrefois appelé „flore intestinale", protège contre les maladies. Mais ce qui est relativement nouveau, c'est la découverte que le microbiome intestinal influence notre cerveau et donc nos humeurs et nos sentiments. Le nerf vague s'étend du cerveau jusqu'à nos intestins.

C'est l'une des voies par lesquelles le microbiome intestinal communique avec notre cerveau. Mais les micro-organismes peuvent aussi produire des substances qui peuvent agir sur les messagers chimiques du cerveau, comme la dopamine ou la sérotonine. Le microbiome de notre intestin a ainsi une influence sur la manière dont nous nous sentons, ce que nous pensons et ce que nous faisons.

Les micro-organismes qui peuplent notre microbiome dépendent énormément de notre alimentation et de notre mode de vie. Le stress chronique et les aliments malsains perturbent l'équilibre de notre microbiome intestinal. Les bactéries nocives peuvent prendre le dessus et nuire non seulement à notre santé physique, mais aussi à notre santé mentale.

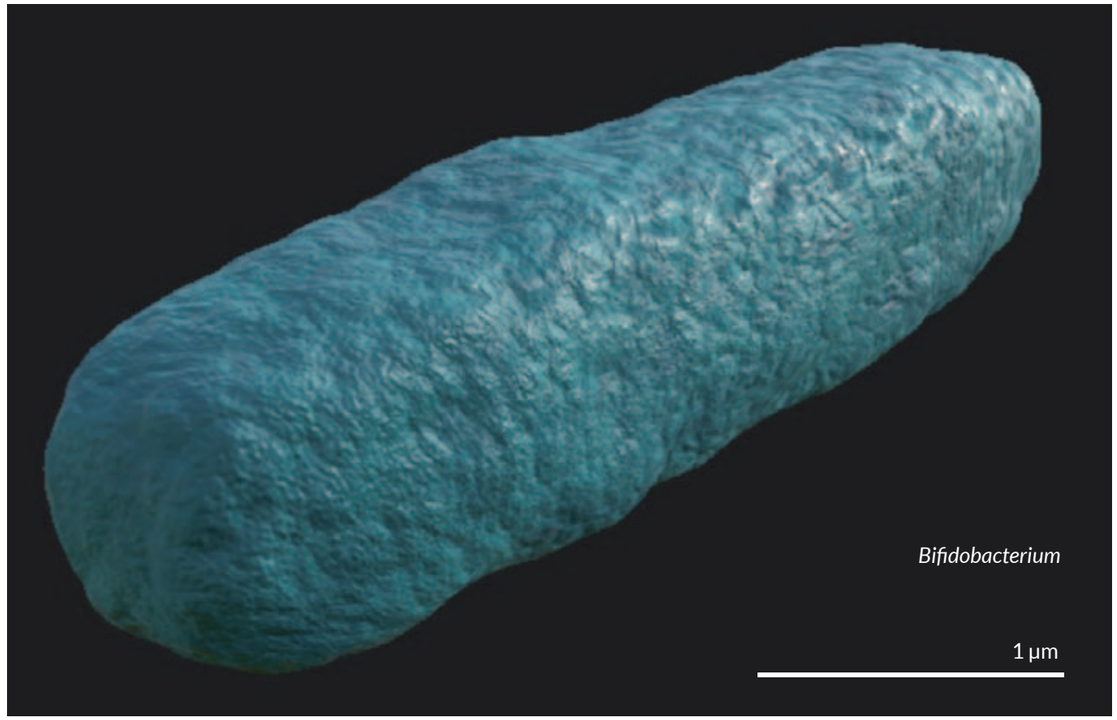
Un microbiome différent selon l'état d'esprit

Les personnes souffrant de dépression ont souvent un nombre plus faible de certaines bactéries dans l'intestin. Ces bactéries produisent des acides gras à chaîne courte et d'autres substances. En l'absence de ces bactéries, ces substances font défaut à la personne. Ce sont précisément ces bactéries qui pourraient être utilisées comme une sorte de médicament contre la dépression. Mais nous n'y sommes pas encore. La recherche sur l'axe intestin-cerveau n'a débuté qu'il y a quelques années et trop de questions restent en suspens. D'autres recherches intensives seront nécessaires pour prouver les relations temporelles et causales.

Étude
Thomann A.K. et al. (2022)
Depression and fatigue in active IBD from a microbiome perspective—a Bayesian approach to faecal metagenomics.
https://doi.org/10.1186/s12916-022-02550-7

Les bifidobactéries
se cachent dans la paroi intestinale

Les bifidobactéries agissent comme un blocus contre les sièges hostiles. Elles se couchent littéralement sur la paroi intestinale. Elles occupent ainsi l'espace et empêchent les micro-organismes nuisibles de s'y installer. De plus, elles produisent un acide qui inhibe la prolifération des bactéries nocives. Là où il y a suffisamment de bifidobactéries, la paroi intestinale produit davantage de cellules immunitaires, qui sont anti-inflammatoires.



Il se passe beaucoup de choses dans l'intestin

On estime qu'il y a environ 10 billions de bactéries dans l'intestin humain. Le corps humain est composé d'environ 10 billions de cellules. Nous sommes donc composés d'autant de bactéries que de cellules humaines. 95 % des bactéries intestinales vivent dans le gros intestin. L'intestin ne contient pas que des bactéries. Des champignons, des virus et des „archées" y vivent également.

CANDIDA
Les micro-organismes qui vivent dans le microbiome humain ne sont pas tous inoffensifs. Le *Candida* est une levure naturellement présente dans l'intestin. Si ce champignon se propage de manière excessive, cela peut entraîner des infections. Les bactéries lactiques forment en revanche un bouclier de protection naturel.

Le microbiome comme empreinte digitale

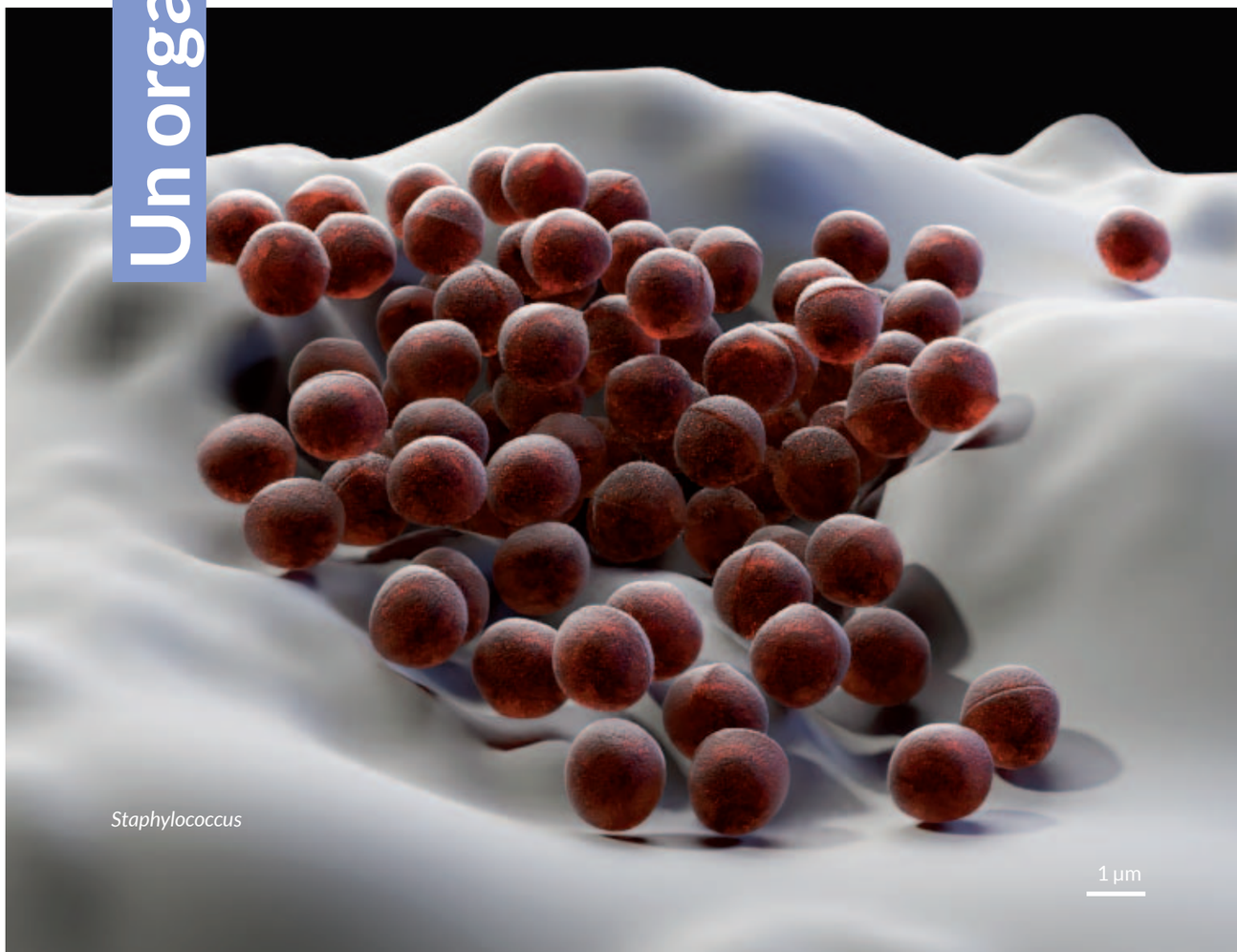
La composition des micro-organismes dans l'intestin de chaque personne est très particulière et différente de celle des autres. Chaque microbiome est unique, comme une empreinte digitale.

Un organe supplémentaire

Le microbiome intestinal de l'homme est souvent considéré comme un organe à part entière. Comme d'autres organes, il a des fonctions bien précises, par exemple des fonctions immunitaires et métaboliques. Chaque micro-organisme du microbiome possède son propre ADN, c'est pourquoi le microbiome est souvent appelé le „deuxième génome humain".

La transplantation fécale comme forme de „transplantation d'organe"

Si le microbiome intestinal peut être considéré comme un organe à part entière, ne pourrait-il pas être transplanté, comme d'autres organes ? En effet, déjà au 4e siècle après J.-C., en Chine, on prescrivait en cas d'intoxication alimentaire ou de forte diarrhée une „soupe dorée" composée principalement de matières fécales. Elle semblait rétablir l'équilibre dans le corps - ce qui se passait exactement était bien sûr inconnu des médecins de l'époque. Dans la médecine moderne, les transplantations fécales sont utilisées dans les cas de maladies graves. Elles peuvent donner de bons résultats, mais doivent être effectuées avec le plus grand soin afin de ne pas transplanter des micro-organismes indésirables.



Blick in die **Zukunft**

Les micro-organismes sont les êtres vivants les plus anciens de notre planète. Ils se sont adaptés et ont survécu à de nouvelles conditions de vie pendant une période incroyablement longue de plusieurs milliards d'années. Comparée à eux, l'humanité est très jeune et s'est „acclimatée" à ce monde très ancien.

Les micro-organismes ont longtemps été complètement sous-estimés. Ce n'est que maintenant que la science comprend de mieux en mieux l'importance des microbiomes pour la santé de tous les êtres vivants: Sans microbiome, ni un brin d'herbe ni une vache ne survivent.

Pour les humains aussi, les microbiomes sont vitaux à bien des égards: de nombreux habitants de ces communautés sont indispensables, utiles et bénéfiques.

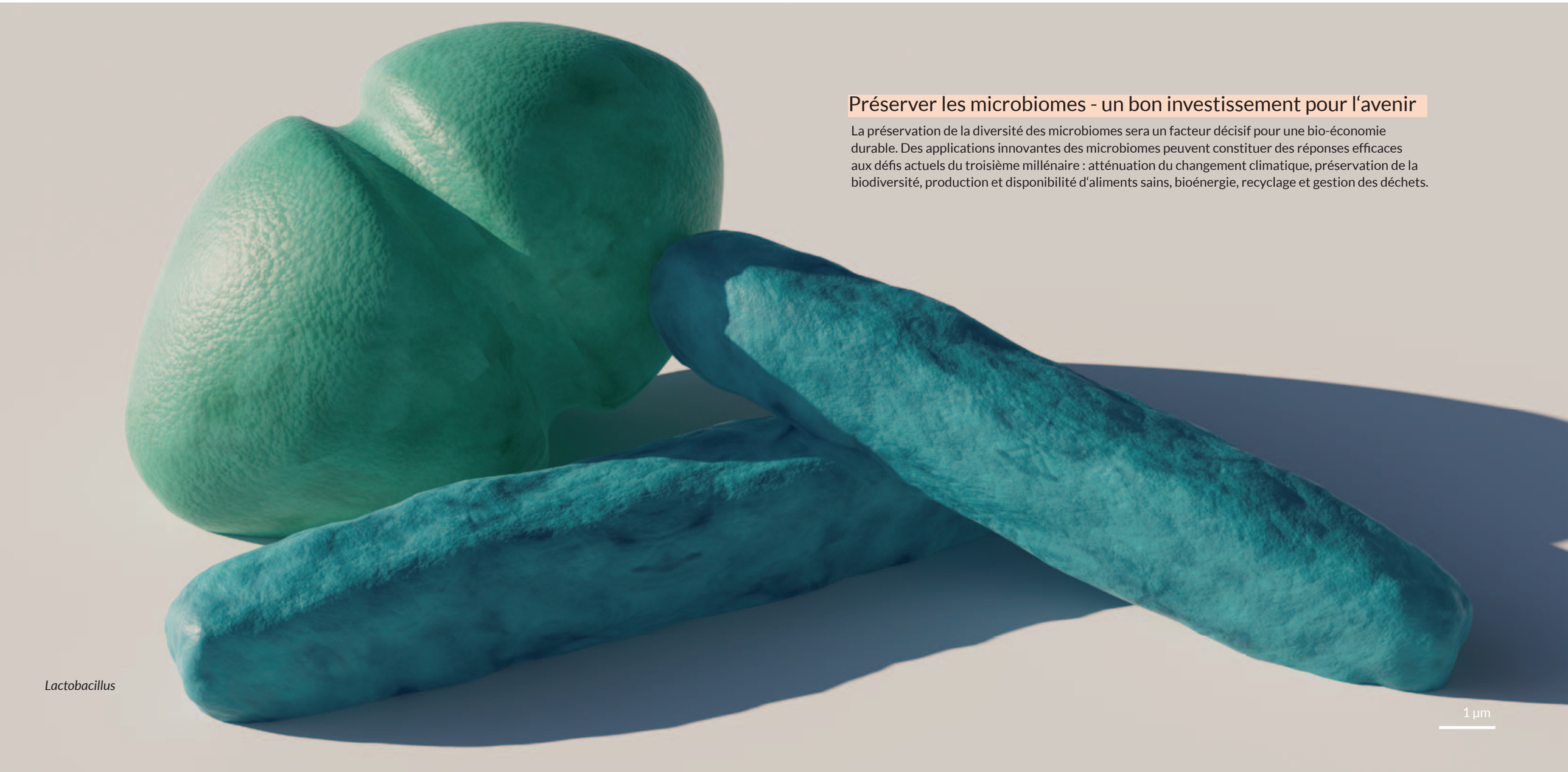
Les bactéries influencent même le climat, mais elles sont également affectées par le changement climatique. On ne saurait surestimer les conséquences fatales qu'une gestion insouciante de la biodiversité peut avoir sur nous, les Hommes.

DU MICROSCOPE À LA RECHERCHE SUR L'ADN

Le monde des micro-organismes est véritablement un univers à part entière. Il représente une valeur incommensurable pour tous les êtres vivants et leur environnement, pourtant la plupart des micro-organismes n'ont pas encore été découverts ni étudiés.

Cela s'explique simplement: durant longtemps on ne les a pas vus, au sens propre du terme. C'est grâce aux microscopes que la science a pu jeter un coup d'œil sur eux. De nombreux micro-organismes ne survivent pas assez longtemps en laboratoire pour pouvoir être étudiés.

C'est pourquoi de nombreuses découvertes révolutionnaires n'ont été possibles que grâce à la recherche génétique de ces dernières années; grâce à cette analyse de l'ADN, même les micro-organismes morts peuvent être étudiés, dans une certaine mesure.



Lactobacillus

Préserver les microbiomes - un bon investissement pour l'avenir

La préservation de la diversité des microbiomes sera un facteur décisif pour une bio-économie durable. Des applications innovantes des microbiomes peuvent constituer des réponses efficaces aux défis actuels du troisième millénaire : atténuation du changement climatique, préservation de la biodiversité, production et disponibilité d'aliments sains, bioénergie, recyclage et gestion des déchets.

ACTUALITÉS DE LA RECHERCHE

Les micro-organismes orchestrent la vie sur terre

La recherche sur le microbiome a connu une croissance spectaculaire ces dernières années. Il existe une multitude de nouvelles connaissances sur les communautés microbiennes. Il va de soi que les recherches sur le microbiome humain ont été très intensives. Récemment, il a été observé clairement que les microbiomes peuvent aussi aider à relever d'autres défis. Ils agissent entre autres sur la fertilité des sols, la nutrition et la santé des plantes et des animaux, la sécurité alimentaire, la gestion des déchets, de l'adaptation au changement climatique, la séquestration du carbone et la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Le projet „MicrobiomeSupport" a réuni des experts de différents domaines de la recherche sur le microbiome. Il a donné naissance à un comité international d'experts sur les microbiomes dans les systèmes alimentaires. Un tel comité d'experts pourrait devenir un comité permanent afin de travailler sur des priorités communes et de développer des connaissances communes. Les experts ont également reconnu les lacunes de la recherche sur les microbiomes, à savoir : les infrastructures de recherche, l'accès et l'échange de données, le transfert de connaissances et l'innovation, un cadre réglementaire adapté aux nouveaux produits et applications, ainsi que la sensibilisation des parties prenantes et de la société. Il est donc également plus facile de trouver des moyens de combler ces lacunes.

Étude
Strategic Research and Innovation Agenda for future microbiome activities and applications.
www.microbiomesupport.eu

LA SÉANCE DE QUESTIONS-RÉPONSES

La science en sait un peu plus sur les micro-organismes individuels, mais elle en sait beaucoup trop peu sur les interactions au sein du microbiome, soit entre les différentes bactéries, champignons et autres micro-organismes. Aussi, on ne sait que partiellement comment l'hôte influence le microbiome et comment les microbiomes influencent leur hôte ou l'environnement.

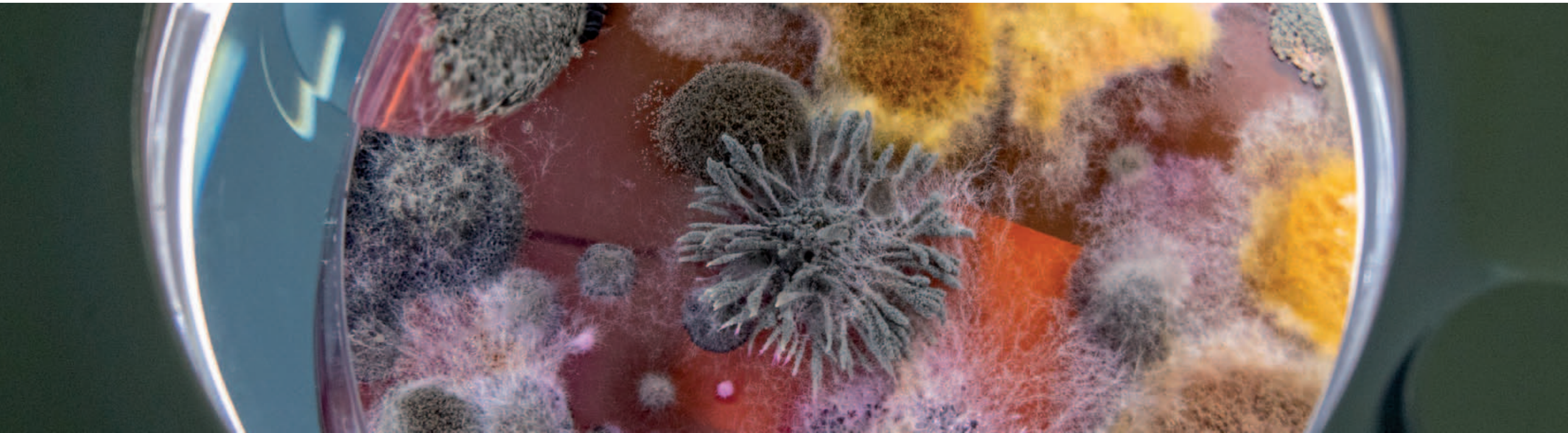
Pour cela, il faudrait pouvoir décrire et caractériser les microbiomes encore mieux . Quels micro-organismes cohabitent ? Quel sont les tâches de certains micro-organismes ? Quelles substances produisent-ils ? Comment évoluent-ils au fil du temps ou sous l'influence de différents facteurs externes ? En bref: qui fait quoi, où et quand, et quelles en sont les conséquences ?

CE QUE L'on NE SAIT PAS *encore*

FAIRE DES PRÉVISIONS AVEC LE „THERMOMÈTRE" MICROBIEN

Ce n'est que lorsque l'on sait exactement comment fonctionnent les microbiomes que l'on peut faire des prédictions. Quelles bactéries sont saines dans les aliments ? Quels sont les micro-organismes qui présentent un risque ? Comment les microbiomes influencent-ils la durée de conservation des aliments ? Mon microbiome intestinal est-il sain ou certains micro-organismes sont-ils trop nombreux ? À partir de quand des changements sont-ils pathogènes ?

Si l'on connaît la composition de certains microbiomes, on peut également contrôler s'ils sont en ordre. Il serait ainsi possible de déterminer les caractéristiques biologiques ou les substances indiquant la maladie ou la santé d'un microbiome. On pourrait à l'avenir développer des systèmes d'analyse qui mesurent les caractéristiques biologiques du microbiome, un peu comme un thermomètre mesure la température.



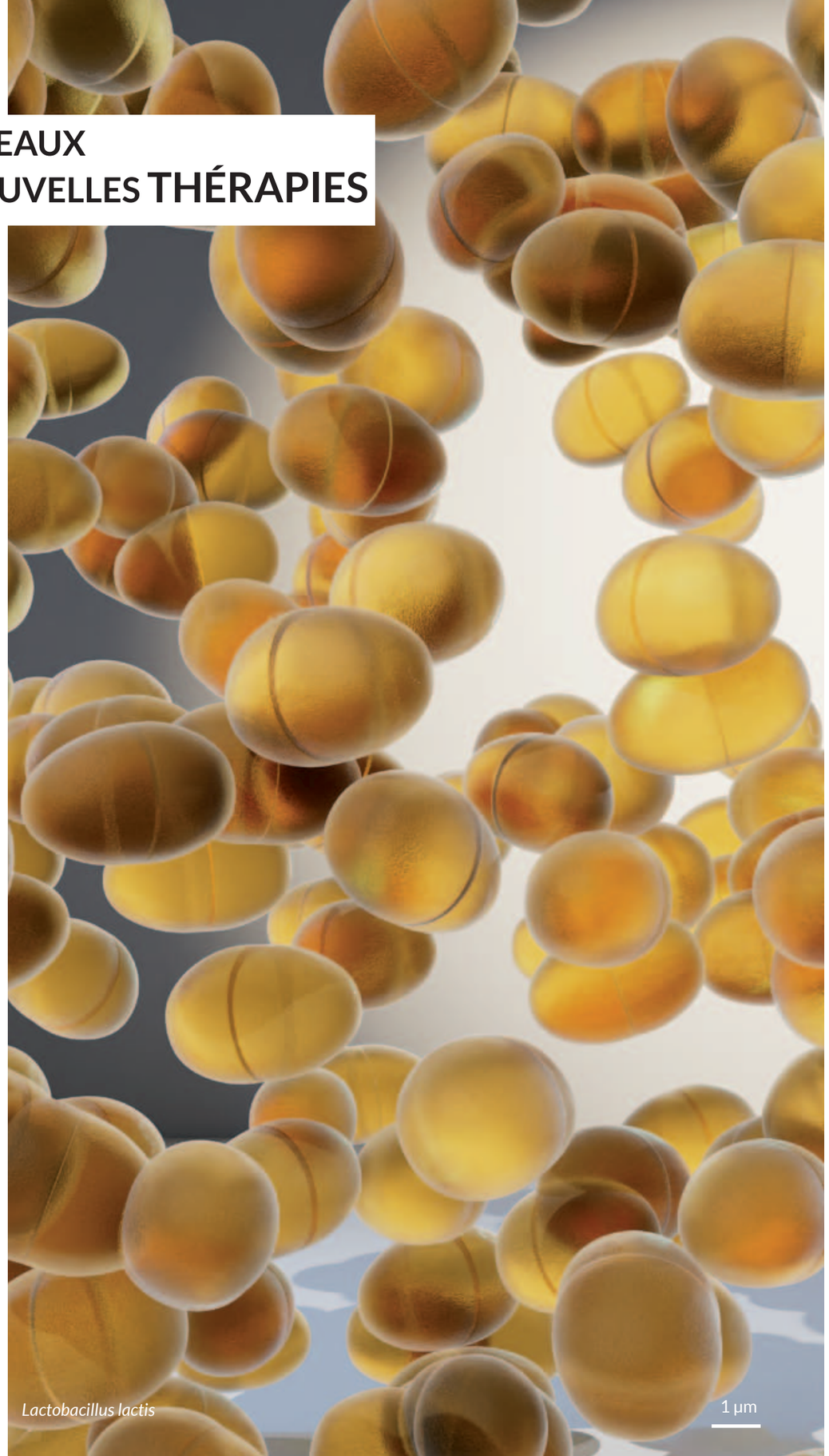
À LA RECHERCHE DE NOUVEAUX MÉDICAMENTS ET DE NOUVELLES THÉRAPIES

Les bactéries pathogènes sont tuées par les antibiotiques. Dans l'élevage en particulier, les antibiotiques sont souvent utilisés à titre préventif. Mais si l'on utilise trop d'antibiotiques, les bactéries s'y habituent et deviennent résistantes. La résistance aux antibiotiques est devenue un problème majeur. Les personnes et les animaux malades ne peuvent plus être traités parce que les médicaments n'agissent pas. Dans les microbiomes sommeillent peut-être de nouveaux antibiotiques efficaces ou d'autres substances utiles qui pourraient constituer des alternatives aux antibiotiques. Les microbiomes doivent donc également faire l'objet de recherches pour trouver de nouveaux médicaments.

Les tentatives ciblées de modification du microbiome intestinal doivent également se baser sur des données scientifiques avérées. Les probiotiques peuvent aider à restaurer le microbiome intestinal après la prise d'antibiotiques. La prise de probiotiques est simple et ne présente pas de risques particuliers. En ce qui concerne la transplantation de microbiomes, la situation est différente : Il faut alors respecter des normes particulières pour ne pas transplanter des bactéries pathogènes en même temps que les bactéries bénéfiques pour la santé et mettre ainsi en danger la santé des patients*.

LE DÉTECTIVE DU MICROBIOME

Chaque microbiome est comme une empreinte digitale. Si l'on connaît précisément les microbiomes, en enregistrant leur composition dans une base de données de référence par exemple, il est possible de contrôler si le microbiome présent est vraiment celui que l'on présente. Cela permettrait, dans un avenir lointain, de retracer le parcours des aliments, de contrôler les certifications et de détecter les fraudes alimentaires.



Lactobacillus lactis

Lactobacillus lactis

DES ALIMENTS PLUS SAINS POUR DES PERSONNES EN MEILLEURE SANTÉ

Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour acquérir des connaissances nouvelles et plus approfondies sur ce qui constitue un microbiome humain sain et sur ses caractéristiques. Une perturbation de la communauté entre l'homme et le microbiome est associée à un grand nombre de maladies. L'altération du microbiome est considérée comme l'un des principaux facteurs de l'augmentation spectaculaire des maladies chroniques. L'alimentation est un moyen important de façonner le microbiome. Une alimentation saine peut ainsi contribuer à rétablir l'équilibre perturbé.

Aussi, davantage de recherches seraient nécessaires pour développer des aliments et des régimes spécifiques dans le cadre de la thérapie médicale. L'effet thérapeutique devrait être amélioré et les effets secondaires indésirables sur le microbiome humain doivent être évités. Cela serait particulièrement important pour les personnes à risque de maladies chroniques et pour les patients/tes qui suivent un traitement.

FERMENTATION ET SANTÉ

Les avantages pour la santé des aliments fermentés sont décrits depuis des siècles, bien que nombre d'entre eux n'aient pas été prouvés. Les avantages potentiels reposent sur la présence de micro-organismes vivants et sur les modifications des ingrédients de l'aliment dues à la fermentation. Les aliments basés sur la fermentation microbienne peuvent avoir un effet positif sur la composition du microbiote intestinal et soutenir le métabolisme. Des recherches supplémentaires pourraient contribuer à développer des régimes alimentaires durables basés sur des aliments fermentés par voie microbienne afin d'améliorer la santé humaine.

MALADES PAR L'ALIMENTATION

Chaque année, 600 millions de personnes tombent malades à cause de l'alimentation et 420.000 meurent de maladies d'origine alimentaire. Souvent, les agents pathogènes ne se multiplient qu'au cours du trajet entre le producteur et la table du consommateur. Un système d'alerte précoce, qui signale les changements dangereux dans le microbiome dès le producteur, pourrait réduire massivement le risque de maladies d'origine alimentaire.

Des microbiomes variés dans L'AGRICULTURE ET LES SYSTÈMES ALIMENTAIRES

Les microbiomes existent dans et sur les êtres humains, les animaux et les plantes, tant sur terre que dans les eaux. Les microbiomes influencent la santé du sol, la productivité des plantes, la santé des hommes et des animaux. Ils jouent donc également un rôle important dans l'agriculture et la production de denrées alimentaires.

D'ici 2050, la population atteindra près de 10 milliards d'habitants. Ces personnes doivent être nourries. Pour cela, il faut un système alimentaire équitable et sain. La science doit mieux connaître les microbiomes, notamment dans le système alimentaire. Les microbiomes pourront alors être utilisés à bon escient.

LES CONVERTISSEURS DE DÉCHETS

La production alimentaire est l'un des systèmes dont l'empreinte écologique est la plus importante. Le gaspillage alimentaire doit être réduit. Les déchets et les eaux usées issus de la production alimentaire pourraient être transformés par des micro-organismes et ainsi être réutilisés comme source d'énergie, comme engrais, mais aussi comme nourriture pour animaux ou même comme aliment pour humains. Pour cela, il faudrait mieux comprendre les microbiomes environnementaux, par exemple les microbiomes du sol, de la mer et de la pêche. On pourrait y découvrir des micro-organismes utiles à la transformation.

Aspergillus

LE MICROBIOME DANS UNE AGRICULTURE SAINE

Le sol est l'un des écosystèmes les plus complexes qui soient. Il constitue un habitat à part entière et abrite une incroyable diversité d'organismes vivants. Ils régulent et contrôlent la fertilité du sol, le cycle des nutriments et la séquestration du carbone.

L'empreinte écologique de l'agriculture est énorme et de nombreux sols sont gravement endommagés par le l'activité agricole. Si l'on savait plus précisément comment les microbiomes influencent la santé des sols, et par conséquent la santé des plantes, il serait possible de fabriquer de meilleurs produits phytosanitaires non toxiques et des engrais biologiques à base de micro-organismes. Le sol serait plus résistant et les agriculteurs seraient moins dépendants des pesticides toxiques et des engrais chimiques. Les microbiomes pourraient ainsi contribuer à la transition vers une agriculture respectueuse du climat et de l'environnement, une agriculture qui fournirait aux consommateurs des aliments sûrs, sains et durables.

Décrypter la complexité du microbiome du sol et mieux comprendre les interactions au sein de tels écosystèmes est nécessaire à bien des égards. Cela permettra de trouver des solutions pour restaurer les sols abîmés. Mais les microbiomes du sol peuvent également favoriser le stockage du carbone, ce qui pourrait contribuer à massivement atténuer la crise climatique.

MICRO-ORGANISMES ET SANTÉ ANIMALE

La manière dont les jeunes animaux sont élevés a une grande influence sur la composition et la fonctionnalité du microbiome, ce qui a un impact sur les performances et la santé des animaux adultes également. Des animaux en bonne santé fournissent des aliments sains. Les animaux pourraient également tirer profit de la consommation de probiotiques, c'est-à-dire d'aliments contenant des micro-organismes sains. Comment exactement ? Cela doit faire l'objet de recherches.

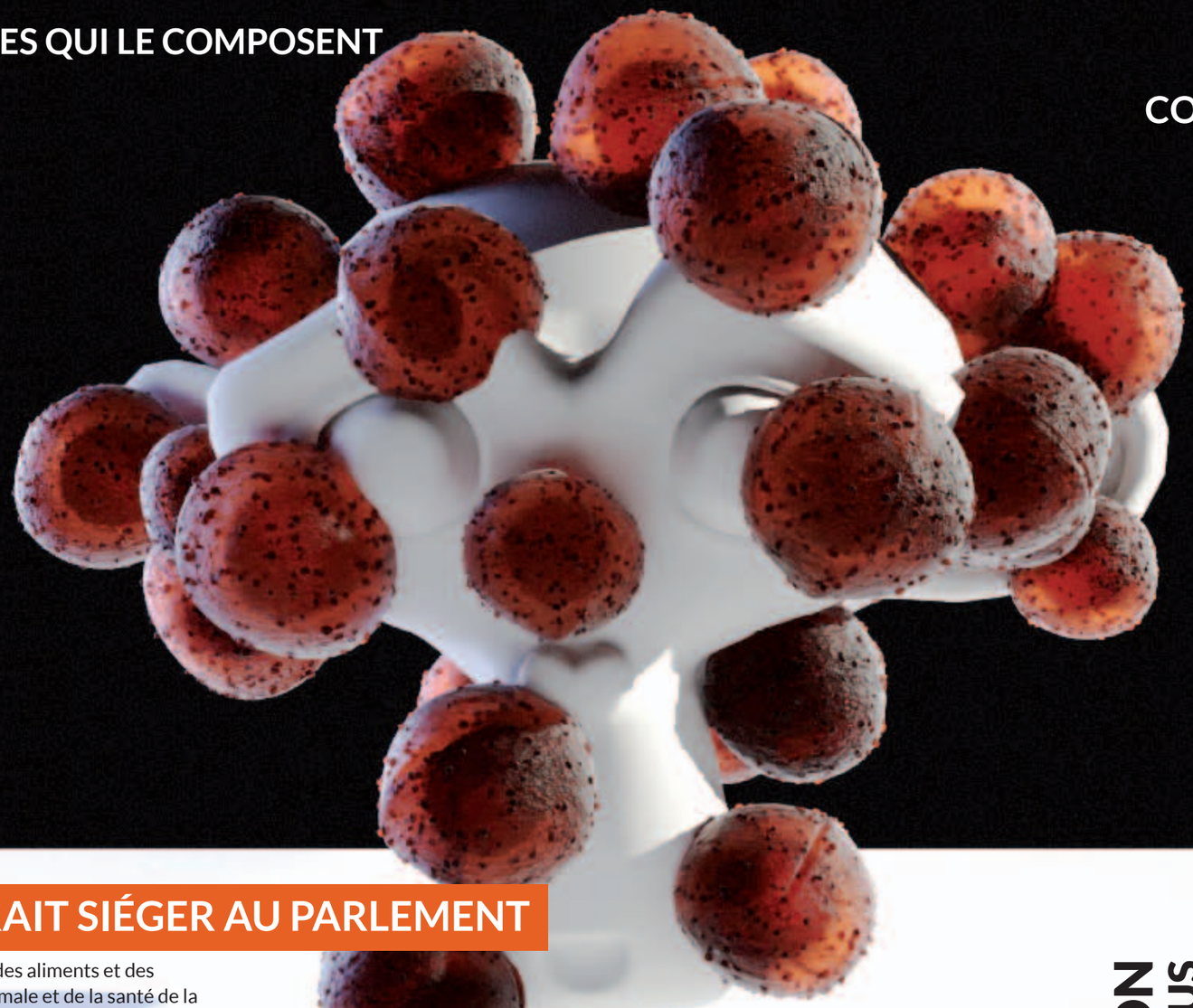
CHANGEMENT DE CLIMAT CHANGEMENT DE MICROBIOME

Welche Auswirkungen hat der Klimawandel auf die Mikrobiome in Lebensmittelsystemen? Wichtig wäre zu wissen, wie sich Mikrobiome anpassen können und ob sie unter den neuen Bedingungen die gleichen Leistungen für unsere Lebensmittelversorgung erbringen können.

LE TOUT EST PLUS
QUE LA SOMME DES PARTIES QUI LE COMPOSENT

Des méthodes et des approches graduelles doivent être définies pour évaluer systématiquement l'impact des microbiomes sur la santé humaine, animale ou végétale et sur la sécurité alimentaire. Par exemple, l'effet de barrière écologique contre les produits chimiques, les additifs ou les agents pathogènes n'est souvent pas dû à des souches bactériennes individuelles, mais à leur combinaison. L'évaluation de chaque souche bactérienne ne reflète pas les propriétés de l'ensemble de la communauté bactérienne.

Tout comme les microbiomes sont constitués de facteurs très divers, les acteurs de la recherche sur le microbiome devraient être constitués de contributeurs très divers. Des projets multidisciplinaires impliquant l'industrie, l'agriculture, différentes disciplines scientifiques et socio-économiques et les autorités de réglementation peuvent fournir une image plus complète.



COMPARER DES POMMES ET DES ORANGES

La science du microbiome a évolué très rapidement au cours des dix dernières années. A présent, de nombreux domaines scientifiques différents étudient les microbiomes. Mais souvent, ces disciplines scientifiques utilisent des méthodes différentes. Elles parlent pour ainsi dire des langues scientifiques différentes. Il est donc très difficile de comparer ou d'associer les connaissances. Or, cela est indispensable pour avoir une vue d'ensemble des performances du microbiome.

C'est pourquoi il faudrait créer le plus rapidement possible un système et des règles uniformes, afin que tous les scientifiques* de la recherche sur le microbiome suivent la même procédure ou du moins une procédure similaire. Depuis le prélèvement, le stockage et le traitement des échantillons jusqu'à l'analyse et l'interprétation.

LE MICROBIOME DEVRAIT SIÉGER AU PARLEMENT

Il y a un nouveau partenaire en matière de sécurité des aliments et des produits chimiques, de la production végétale et animale et de la santé de la planète et de ses habitants : les microbiomes. La législation est en retard sur la science. À ce titre et dans le cadre de la législation alimentaire, il n'existe toujours pas d'exigences légales explicites pour prendre en compte les effets liés aux microbiomes lors de l'évaluation bénéfices/risques. Lorsque de nouvelles connaissances sur la structure et le fonctionnement du microbiome apparaissent, elles doivent être prises en compte dans l'évaluation de la législation.

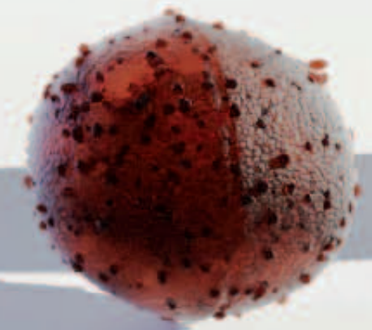
La science du microbiome devrait progresser parallèlement à la réglementation et à la législation ce qui contribuerait à fournir les preuves nécessaires à l'amélioration des évaluations des risques. Cela pourrait à son tour faciliter l'approbation d'innovations basées sur le microbiome et visant à promouvoir la santé des personnes, des animaux et de la planète d'une part, et à améliorer la durabilité, la productivité, la sécurité et la qualité nutritionnelle des aliments d'autre part.

L'INFORMATION POUR TOUS

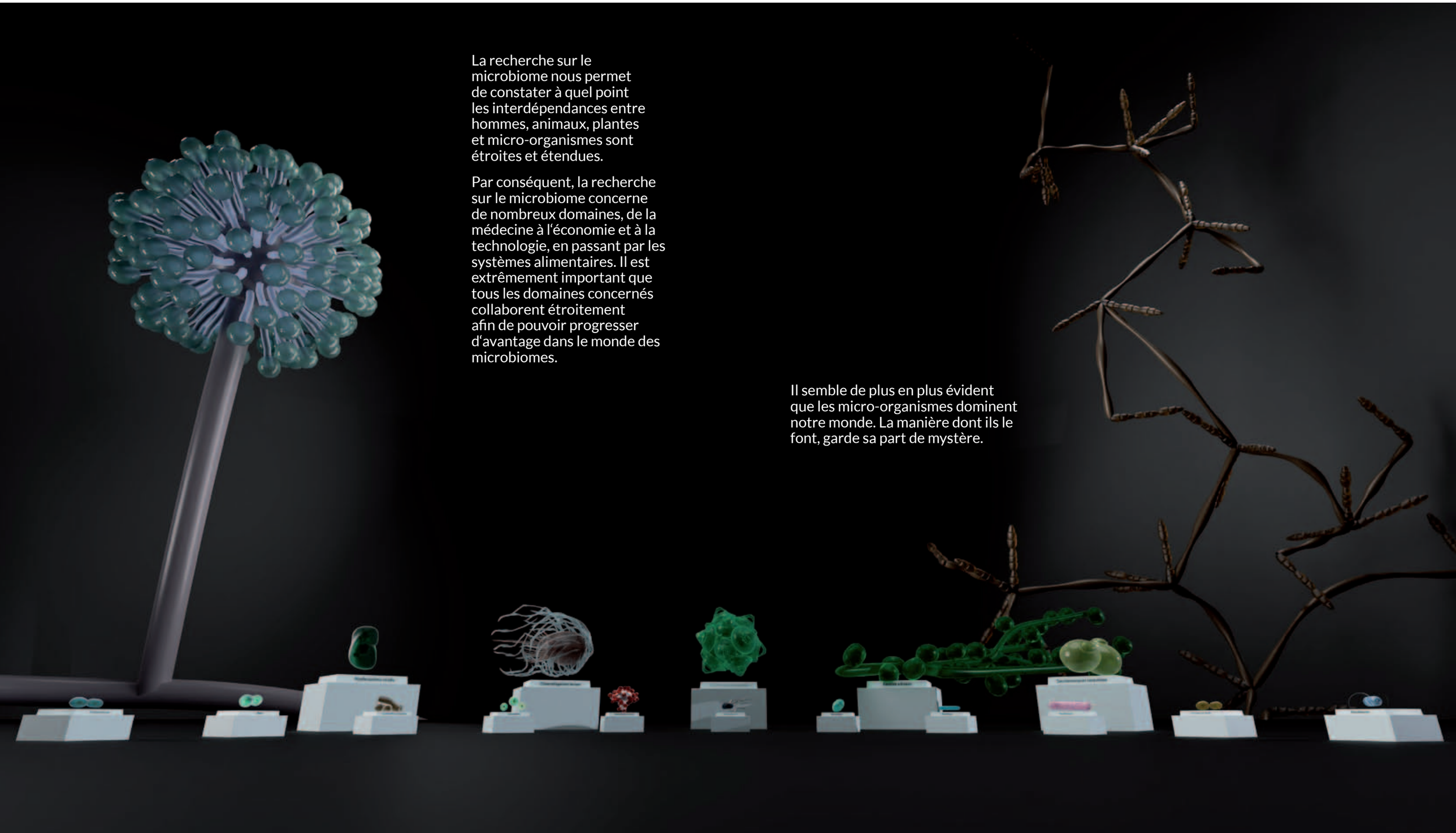
Il convient également de créer des bases de données à source ouverte qui rassemblent des informations sur les microbiomes. Cela permettrait d'améliorer la réutilisation des données et des modèles mathématiques, ainsi que l'accès aux informations ou leur partage. Ces systèmes doivent toutefois garantir une bonne protection des données et une capacité de stockage suffisante ainsi que permettre un accès rapide et convivial. Les bases de données doivent être gratuites et facilement accessibles.

CONSERVATION

La recherche sur les différents microbiomes est très coûteuse. Actuellement, l'un des principaux goulots d'étranglement technologiques est la conservation des microbiomes. Comment conserver des microbiomes complexes de manière à ce que leur composition reste la même et que les micro-organismes continuent à fonctionner ? Et comment contrôler qu'ils fonctionnent encore?



RASSEMBLER LES CONNAISSANCES



La recherche sur le microbiome nous permet de constater à quel point les interdépendances entre hommes, animaux, plantes et micro-organismes sont étroites et étendues.

Par conséquent, la recherche sur le microbiome concerne de nombreux domaines, de la médecine à l'économie et à la technologie, en passant par les systèmes alimentaires. Il est extrêmement important que tous les domaines concernés collaborent étroitement afin de pouvoir progresser d'avantage dans le monde des microbiomes.

Il semble de plus en plus évident que les micro-organismes dominent notre monde. La manière dont ils le font, garde sa part de mystère.

MicrobiomeSupport
L'AIT Austrian Institute of Technology a dirigé le projet MicrobiomeSupport. Le projet a été financé par le programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union Européenne (Grant agreement : 818116). L'objectif : ouvrir la voie à des systèmes alimentaires durables et circulaires basés sur le microbiome et à la bioéconomie. Vingt-neuf partenaires académiques et gouvernementaux de 13 pays européens et neuf partenaires internationaux ont travaillé en étroite collaboration pour établir des normes de qualité pour la recherche sur le microbiome et développer des recommandations pour un agenda stratégique de recherche et d'innovation en Europe et dans le monde.

www.microbiomesupport.eu

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 818116.

STORY & DIGITAL DESIGN
Claudia Puck
Johann Steinegger
Sebastian Pichelhofer
Sebastian Postl
Florian Wurster
Valentin Postl
Brigitte Wegscheider

SCIENTIFIC ADVICE
Angela Sessitsch
Tanja Kostic
Stephane Compant

VIRTUAL REALITY FILM
https://www.microbiomesupport.eu/resources/virtual-reality-movie

*All images are 3D illustrations.