



QUI SONT LES GARDIENS DE LA BIODIVERSITÉ MICROBIENNE ?

Marwa Zaarour¹, Jean-Luc Legras², Michel-Yves Mistou¹ et Giulia Cheloni^{2*}

¹Université Paris-Saclay, INRAE, Centre International de Ressource Microbienne (CIRM) MaIAGE, Jouy-en-Josas, France

²SPO, Université de Montpellier, INRAE, Institut Agro Montpellier, CIRM-Levures, Montpellier, France

Le monde regorge d'une abondance et d'une diversité microbiennes étonnantes. Les micro-organismes font partie de tous les écosystèmes et contribuent à de nombreux processus naturels. L'Homme étudie et exploite les propriétés microbiennes depuis des siècles et, de nos jours, les micro-organismes sont impliqués dans de nombreux processus industriels, médicaux, agricoles, environnementaux et biotechnologiques. Mais où sont conservés les micro-organismes utilisés dans la recherche scientifique ou les procédés biotechnologiques ? Cet article explique ce que sont les collections de cultures microbiennes, montre leur importance pour la communauté scientifique et la société, à quoi elles servent, leur contribution aux études sur la biodiversité microbienne et comment la préserver.

UN MONDE DE MICRO-ORGANISMES

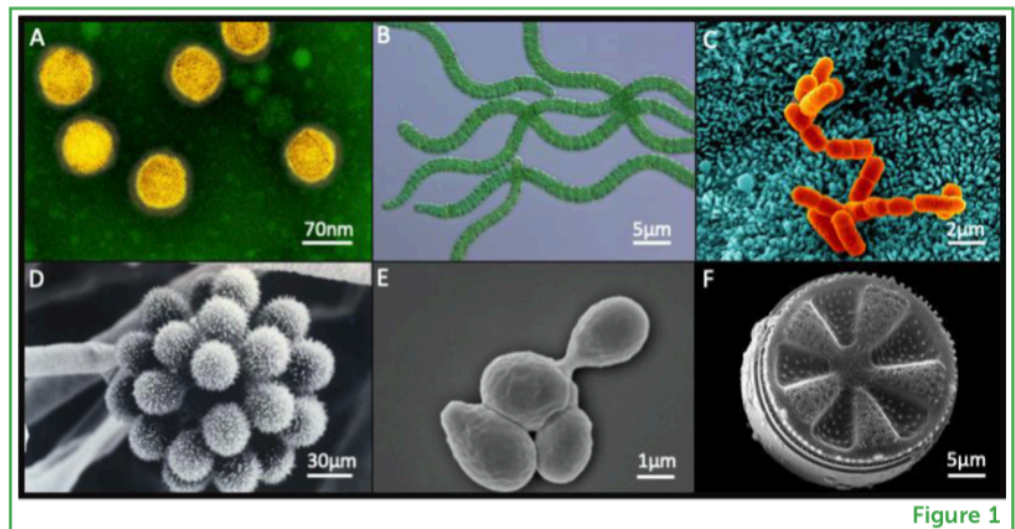
Les micro-organismes, ces êtres vivants minuscules, invisibles à l'œil nu, habitent la Terre depuis plus de 3,5 milliards d'années [1], bien avant les plantes et les animaux. Habituellement, les objets qui mesurent 0,1 mm (100µm - microns) ou plus sont visibles sans microscope, mais les micro-organismes sont beaucoup plus petits. Leur petite taille est la seule caractéristique que les différentes espèces de micro-organismes ont en commun - ils sont par ailleurs très divers en termes de mode de vie, de **métabolisme** et de fonctions qu'ils assurent dans l'environnement (Figure 1). Les micro-organismes sont trouvés partout, des pôles à l'équateur, des profondeurs des océans aux glaciers des plus hautes montagnes, et même à la surface ou dans le corps d'autres organismes vivants. Alors que nous pensons souvent aux

MÉTABOLISME. Ensemble des réactions chimiques qui

se déroulent dans une cellule

micro-organismes en termes de maladies et d'infections, la plupart des micro-organismes ont un impact bénéfique sur l'environnement et sur notre vie quotidienne. Par exemple, sais-tu que les micro-algues vivant dans les océans produisent la moitié de l'oxygène que nous respirons [2] ? Les micro-organismes enrichissent également le sol, ce qui aide les plantes à pousser plus vite et en meilleure santé [3]. Certains micro-organismes sont utilisés dans la production alimentaire, pour fabriquer des aliments comme le fromage, le vin, le pain et les légumes fermentés comme les cornichons (concombres fermentés), et également pour produire des médicaments (antibiotiques).

Figure 1. Exemples de micro-organismes : (A) virus, (B) cyanobactéries, (C) bactéries, (D) champignons, (E) levures et (F) micro-algue. Les barres d'échelle fournissent des informations sur la taille de l'organisme (1 000 μm = 1 mm).



MICROBIOLOGISTES.

Scientifiques qui étudient les micro-organismes.

ÉCOSYSTÈME. Ensemble formé par tous les êtres vivant dans un milieu donné (animaux, végétaux, microbes), en interaction avec ce milieu.

BIODIVERSITÉ. Variété des différents types de vie sur Terre.

SOUCHE MICROBIENNE. Variante ou sous-type d'un micro-organisme avec des différences mineures dans ses caractéristiques (souvent au niveau génétique) qui le distinguent des autres membres de la même espèce.

Les scientifiques ont récemment estimé que la Terre abrite 1 milliard d'espèces microbiennes [4] ! Cependant, on pense que 99,999% de ces espèces ne sont toujours pas identifiées. En raison des nombreuses fonctions bénéfiques exercées par les micro-organismes, les **microbiologistes** cherchent à découvrir de nouveaux micro-organismes, à comprendre leurs rôles dans leurs **écosystèmes** et à déterminer comment ils peuvent être utilisés pour aider les êtres humains ou la planète. Pour soutenir les études du monde microbien, les scientifiques ont créé des collections de cultures microbiennes, qui jouent un rôle essentiel pour aider les scientifiques à étudier et à préserver la **biodiversité** des micro-organismes.

LES COLLECTIONS : UN TRÉSOR DE MICRO-ORGANISMES

Que sont les collections de **souches microbiennes** ? Ces collections sont aux micro-organismes ce que les bibliothèques publiques sont aux livres. Elles conservent en bon état les souches microbiennes que les

scientifiques ont isolées et décrites au cours de nombreuses années d'études. En fait, une souche de chaque espèce microbienne déjà isolée est conservée dans au moins deux collections différentes. Les scientifiques qui souhaitent étudier ou utiliser une souche microbienne particulière peuvent l'obtenir auprès de l'une des collections. Ainsi, les collections aident les scientifiques à comprendre et à explorer la biodiversité des micro-organismes.

Des collections de micro-organismes existent depuis que les microbiologistes ont réussi à isoler et cultiver ces organismes. L'**isolement** et la culture de la première souche microbienne sont

ISOLEMENT.

En microbiologie, procédure effectuée pour séparer un seul micro-organisme (une souche) de l'échantillon dans lequel il se trouve et des autres micro-organismes de l'échantillon.

attribués à Robert Koch, dans les années 1870. Quelques années plus tard, les premières collections de cultures ont été créées en Europe, dans le but de conserver et de distribuer des micro-organismes pour des études futures. À l'époque, l'isolement des souches microbiennes était très difficile, de sorte que les souches isolées étaient considérées comme des ressources très précieuses qui devaient être préservées pour de futures recherches. Aujourd'hui, grâce à d'importants développements technologiques, la collecte d'échantillons, l'isolement des micro-organismes qu'ils contiennent, leur identification et leur conservation (Figure 2) sont devenues des processus « de routine » pour certains micro-organismes. Cependant, ces activités prennent encore beaucoup de temps, certains groupes de micro-organismes connus sont très difficiles – voire encore impossibles - à cultiver, et beaucoup restent à découvrir.

Figure 2. (A) Les micro-organismes sont prélevés dans l'environnement naturel avec un échantillon de l'habitat dans lequel ils vivent. (B) En laboratoire, les microbiologistes isolent les micro-organismes de l'échantillon en leur donnant les nutriments nécessaires et les conditions de croissance dont ils ont besoin. (C) Les micro-organismes isolés sont caractérisés pour découvrir à quelle espèce ils appartiennent. (D) Pour conserver les micro-organismes, ils peuvent être déshydratés (comme un sachet de soupe instantanée) ou stockés à très basse température dans des congélateurs (-80°C) ou de l'azote liquide (-172°C).

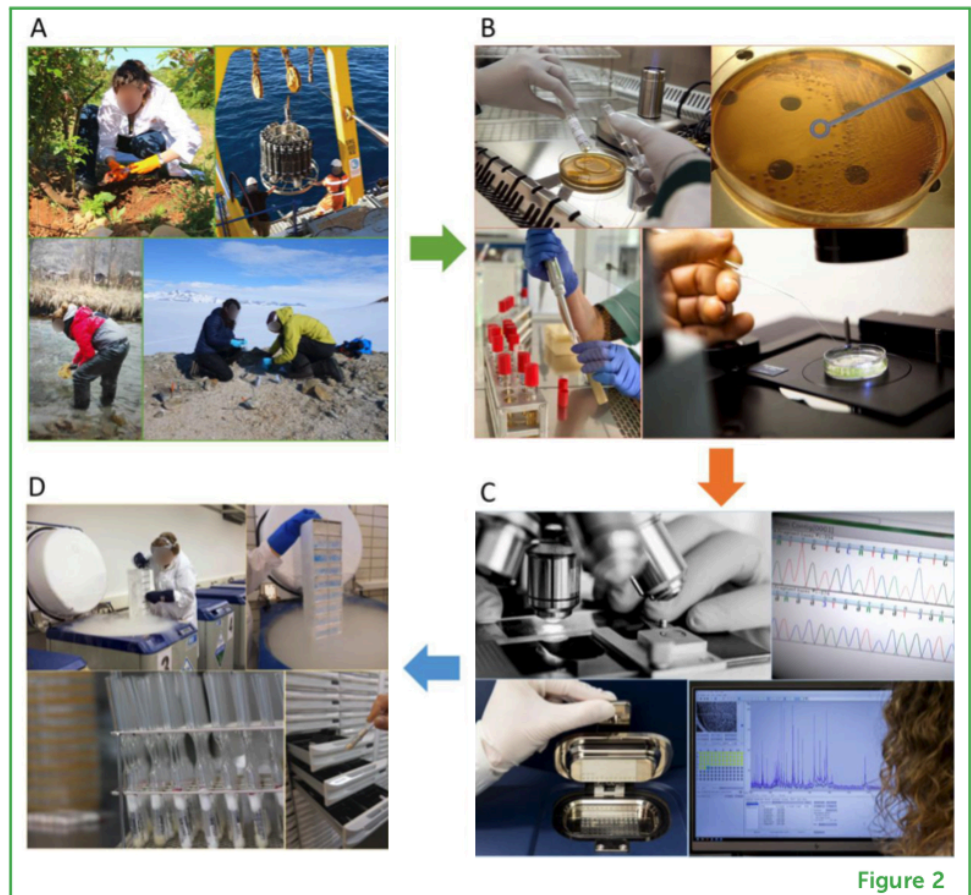


Figure 2

ENVIRONNEMENT EXTRÊME.

Milieu inhabitable pour la plupart des organismes car trop chaud, trop froid, trop acide ou trop basique, où la pression est élevée (fonds océaniques).

Les échantillons peuvent être prélevés dans des environnements facilement accessibles, tels que la peau de la main d'une personne, mais également dans des environnements extrêmes, tels que le fond de l'océan Antarctique. L'isolement peut être très difficile, surtout si les microbiologistes essaient d'isoler un type particulier de micro-organisme parmi des milliers d'autres présents dans le même échantillon. Sais-tu qu'un gramme de sol peut contenir entre une centaine et 1 million d'espèces différentes de bactéries [5] ? La culture des micro-organismes est souvent complexe. De nombreux types de micro-organismes ont besoin de nutriments et de conditions de croissance très particulières, difficiles à reproduire au laboratoire. Aujourd'hui encore, les microbiologistes ne savent cultiver qu'une très petite fraction des micro-organismes qui existent sur Terre. On estime que 60 à 99 % des micro-organismes ne peuvent pas être cultivés en laboratoire [1]. La

TAXONOMIE. Méthode de classification. En biologie, elle a pour but de classer de façon rationnelle les êtres vivants en se basant sur leurs caractéristiques structurales et métaboliques, leurs ressemblances et leurs interactions.

PATHOGÈNE. Pathogène signifie « qui rend malade ». Certains microbes sont pathogènes.

capacité de cultiver de nouvelles espèces de micro-organismes est l'un des plus grands défis pour les microbiologistes d'aujourd'hui ! Enfin, l'identification d'un nouveau micro-organisme nécessite beaucoup d'expérience, une connaissance approfondie des micro-organismes et une compréhension de la façon de les classer (appelée **taxonomie**). Une fois qu'un nouveau micro-organisme a été décrit, on lui donne un nom latin et il est stocké dans au moins deux collections, où il peut être conservé et distribué à d'autres scientifiques qui souhaitent l'étudier.

Aujourd'hui, plus de 800 collections de micro-organismes existent dans le monde, et ensemble elles conservent et distribuent plus de 2 350 000 souches ! Si on considère que les premiers micro-organismes ont été isolés il y a moins de 150 ans, on se rend compte que les microbiologistes ont travaillé comme des fourmis pour isoler, caractériser et préserver la biodiversité microbienne. Certaines collections sont de très grands instituts, avec des dizaines de milliers de souches, tandis que d'autres sont de petites organisations. Les collections peuvent conserver des souches communes bien caractérisées ou des espèces très rares, telles que celles isolées dans des environnements extrêmes. Cependant, toutes les collections sont également importantes car elles contribuent à l'étude et à la préservation de la biodiversité microbienne.

Toute la société profite en fin de compte des souches et des informations stockées dans les collections. Les utilisateurs de ces collections sont généralement des chercheurs universitaires ou hospitaliers. Les enseignants ou les particuliers peuvent acquérir des souches microbiennes à des fins éducatives s'ils ont accès à un laboratoire correctement équipé pour les manipuler. Les micro-organismes ne peuvent être obtenus que s'ils ne sont pas **pathogènes** ou toxiques. Les souches microbiennes dangereuses sont stockées dans des endroits spécifiques et ne sont accessibles qu'à des experts autorisés à les manipuler. Les souches microbiennes ne sont pas gratuites ! Les collections ont besoin de fonds pour soutenir leur travail. Ainsi, lorsque les utilisateurs achètent des souches microbiennes, ils soutiennent les activités futures de la collection.

LES COLLECTIONS DE MICRO-ORGANISMES AU XXI^{ème} SIÈCLE

Comment les collections de souches microbiennes ont-elles évolué depuis leur création ? Dans le passé, elles étaient un moyen d'explorer, de préserver et de redistribuer la biodiversité microbienne. Aujourd'hui, un nouvel objectif des collections est de faire profiter la société de la connaissance et de l'utilisation des micro-organismes. Ces collections modernes sont appelées centres de ressources microbiologiques (mBRC). Cette appellation compliquée met en avant l'idée que les micro-organismes doivent être considérés comme des ressources, puisqu'ils sont des atouts pour le milieu naturel et pour le développement durable de notre société.

Les mBRC effectuent des tâches supplémentaires très importantes (**Figure 3**). Ces centres offrent des services de soutien à la recherche et au développement, contribuant ainsi à faciliter de nouvelles découvertes. Ils sont responsables de la gestion et du partage des données par l'organisation, le stockage et l'échange d'informations

relatives aux souches microbiennes de la collection. Ils proposent également des activités d'enseignement et de formation, pour apprendre aux autres comment préserver et utiliser la biodiversité microbienne ; et enfin, ils contribuent à l'élaboration de règles d'utilisation de la biodiversité microbienne.

Figure 3. Partage des ressources et des techniques. Les collections et les centres de ressources microbiologiques (mBRC) développent des réseaux collaboratifs pour aider à l'utilisation, à la préservation et à l'enrichissement de la biodiversité microbienne. Chaque mBRC est spécialisé dans la conservation de micro-organismes particuliers tels que levures, champignons, bactéries. Leur travail bénéficie de réseaux collaboratifs comme le réseau européen présenté ici.

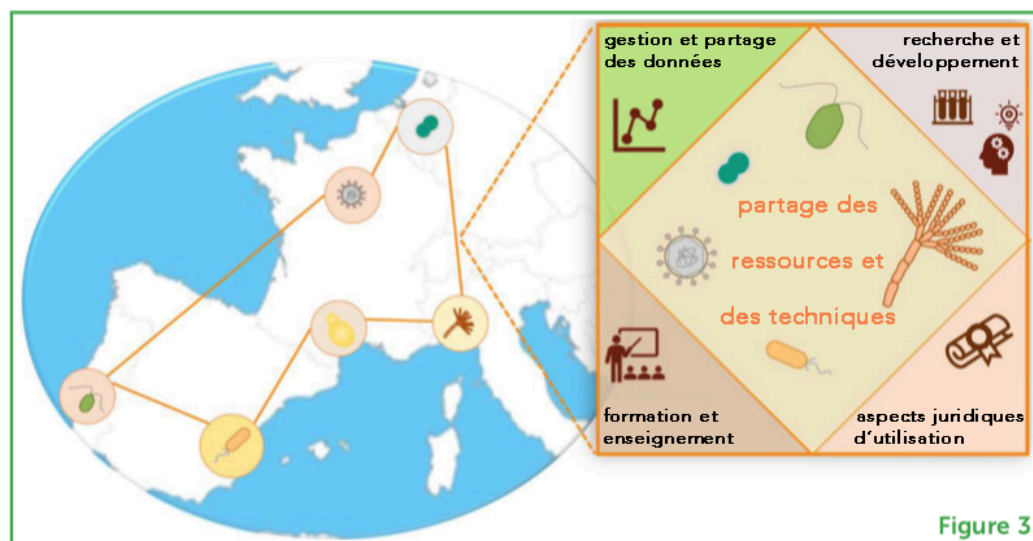


Figure 3

Chaque mBRC est spécialisé dans un type de micro-organismes, tels que des levures ou des bactéries. Les tâches effectuées dans chaque mBRC (Figure 3, encadré), qui sont renforcées par les réseaux collaboratifs, fournissent le soutien et les installations nécessaires à la préservation et à l'utilisation durable de la biodiversité microbienne.

Comme les micro-organismes sont des ressources précieuses, des règles ont été créées pour encadrer leur exploitation. Les microbiologistes

doivent respecter ces règles s'ils souhaitent utiliser des souches isolées du milieu naturel à des fins de recherche ou commerciales. Dans la plupart des pays par exemple, les scientifiques doivent demander un permis spécial avant de prélever des ressources microbiennes d'un milieu naturel ! En fait, depuis le 12 octobre 2014, il existe des règles spécifiques fixées par un accord international connu sous le nom de Protocole de Nagoya sur l'accès et le partage des avantages. Cet accord vise à protéger l'utilisation des **ressources génétiques** et oblige les scientifiques à les partager de manière équitable.

Ces règles sont très importantes pour lutter contre la **biopiraterie** et aident à préserver la biodiversité des micro-organismes sur Terre.

As-tu déjà entendu l'expression « ensemble, nous pouvons faire de grandes choses ? C'est sûrement le cas des microbiologistes des collections et des mBRC ! Les collections et les mBRC développent des réseaux collaboratifs pour partager l'expertise, les équipements, les données et les ressources. Ils travaillent ensemble au niveau national et international pour accroître notre connaissance du monde microbien et promouvoir l'utilisation de souches microbiennes dans des domaines comme les sciences médicales, les biotechnologies, l'agriculture, les sciences de l'environnement et la biodiversité. De plus, ils ont récemment commencé à collaborer pour développer des réseaux encore plus larges qui fournissent des services innovants et de haute qualité. Par exemple, l'infrastructure européenne de recherche sur les

RESSOURCE GÉNÉTIQUE.

Tout matériel provenant de plantes, d'animaux, de micro-organismes ou d'autres organismes contenant du matériel génétique (ADN ou ARN) ayant une valeur avérée ou potentielle.

BIO-PIRATERIE.

Utilisation ou exploitation des ressources génétiques ou des connaissances sans consentement ou sans fournir une compensation équitable aux communautés locales.

ressources microbiennes rassemble les ressources microbiennes et l'expertise de plus de 50 collections et mBRC européens. Grands ou petits, modernes ou anciens, seuls ou en équipe, les collections et les mBRC du monde entier travaillent en permanence pour garantir la biodiversité et l'utilisation durable des micro-organismes.

REMERCIEMENTS

Le présent article a été réalisé grâce au soutien du projet IS_MIRRI21, H2020 financé par la Commission européenne dans le cadre de la convention de subvention n° 871129. Les auteurs tiennent à remercier le soutien apporté par plusieurs collections de cultures et mBRC lors de la préparation de l'article. Pour les photos présentées dans la figure 1, les crédits vont à : Philippe Desprès, Marie-Christine Prévost et Chantal Le Bouguéneq (Institut Pasteur) et à Emilio Soler Onís (Banque espagnole des algues, BEA). Pour les images affichées dans la figure 2, les crédits vont à : Waclaw Dabrowski Institute of Agriculture and Food Biotechnology (IAFB), Belgian Co-ordinated Collections of Micro-organisms, Fungi Collection: Human and Animal Health (BCCM/IHEM), Spanish Bank of Algae (BEA), Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW-Institut Westerdijk), Micoteca da Universidade do Minho (MUM), Marleen Bosschaerts (BELSPO-BCCM), Adrian Vila (Colección Española de Cultivos Tipo, CECT), Cecile Grondin (CIRM-Levures), Elie Verleyen (Université de Gand), Séverine Le Faucheur (IPREM, Université de Pau et des Pays de l'Adour), et Bob Beattie (images scientifiques du CSIRO).

RÉFÉRENCES

- [1] Bernard, G., Pathmanathan, J. S., Lannes, R., Lopez, P., and Bapteste, E. 2018. Microbial dark matter investigations: how microbial studies transform biological knowledge and empirically sketch a logic of scientific discovery. *Genome Biol. Evol.* 10:707–15. doi: 10.1093/gbe/evy031
- [2] Virta, L., and Norkko, A. 2021. Do you like to breathe? diatoms can help you with that! *Front. Young Minds* 9:553748. doi: 10.3389/frym.2021.553748
- [3] Ariotti, C., Giuliano, E., Garbeva, P., and Vignani, G. 2020. The fascinating world of belowground communication. *Front. Young Minds* 2020:547590. doi: 10.3389/frym.2020.547590
- [4] Locey, K. J., and Lennon, J. T. 2016. Scaling laws predict global microbial diversity. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 113:5970–5. doi: 10.1073/pnas.1521291113
- [5] Bickel, S., and Or, D. 2020. Soil bacterial diversity mediated by microscale aqueous-phase processes across biomes. *Nat. Commun.* 11:1–9. doi: 10.1038/s41467-019-13966-w

VERSION FRANÇAISE

Cet article d'accès libre est une traduction avec modifications d'un article publié par Frontiers for Young Minds (doi: 10.3389/frym.2022.742884 ; Zaarour M, Legras J, Mistou M and Cheloni G (2022) Who Are the Keepers of Microbial Biodiversity?. *Front. Young Minds.* 10:742884).



TRADUCTION : Jean-Marie Clément, Association Jeunes Francophones et la Science

ÉDITION : Catherine Braun-Breton, Association Jeunes Francophones et la Science

MENTORS SCIENTIFIQUES : Mylène Weill, Association Jeunes Francophones et la Science

JEUNES EXAMINATRICES :

Les jeunes examinatrices de cet article sont toutes élèves de 3^{ème} au collège Eridan International de Montpellier.

HÉLOÏSE,

LUNA, 14 ANS

J'adore le domaine du sport plus précisément le handball depuis 3 ans et ça fait 2 ans que je pratique le piano. C'est ma première année dans cette école bilingue donc mon objectif cette année c'est de devenir bilingue, je suis dans l'école Eridan International School.

SONIA, 14 ANS

J'adore tout ce qui rassemble le domaine de la mode, et depuis que j'ai 3 ans je fais du piano tous les jours. Je fais de la gymnastique avec ma sœur et je suis dans l'école internationale bilingue Eridan depuis maintenant plus de 6 ans et j'ai pu apprendre l'anglais et perfectionner mon niveau d'espagnol.

JULIE, 14 ANS

Je suis bilingue anglaise, j'aime beaucoup les sports artistiques et je pratique le patinage artistique en compétition.

LOUNA, 15 ANS

Je suis au collège Eridan International depuis 2 ans. J'adore le sport et la mode ; j'apprécie également la cuisine et j'aime beaucoup le côté culturel de la musique. Et depuis toute petite je pratique différents type de danse.

MARÉVA, 15 ANS

Je suis à Eridan International School depuis le CM2. Je pratique la natation synchronisée depuis 3 ans et mon sport préféré est le ski.

ARTICLE ORIGINAL (VERSION ANGLAISE)

SOUMIS le 16 juillet 2021 et ACCEPTÉ le 11 octobre 2022

PUBLIÉ EN LIGNE le 28 octobre 2022

ÉDITEUR : Vishal Shah

MENTORS SCIENTIFIQUES : David Hiller et Malgorzata Lagisz

CITATION : Zaarour M, Legras J, Mistou M and Cheloni G (2022) Who Are the Keepers of Microbial Biodiversity?. Front. Young Minds. 10:742884. doi: 10.3389/frym.2022.742884

DÉCLARATION DE CONFLIT D'INTÉRÊT.

Les auteurs déclarent que les travaux de recherche ont été menés en l'absence de toute relation commerciale ou financière pouvant être interprétée comme un conflit d'intérêt potentiel.

DROITS D'AUTEURS

Copyright © 2022 Zaarour, Legras, Mistou and Cheloni

Cet article en libre accès est distribué conformément aux conditions de la licence Creative Commons Attribution (CC BY). Son utilisation, distribution ou reproduction sont autorisées, à condition que les auteurs d'origine et les détenteurs du droit d'auteur soient crédités et que la publication originale dans cette revue soit citée conformément aux pratiques académiques courantes. Toute utilisation, distribution ou reproduction non conforme à ces conditions est interdite.

JEUNES EXAMINATEURS

GABRIEL, 15 ANS

J'aime m'entraîner et coder des jeux simples. J'aime aussi les romans fantastiques et de science-fiction et cuisiner des friandises.

PETER, 10 ANS

Je m'appelle Peter, et j'aime jouer au golf en famille. Pendant mon temps libre, j'aime faire d'autres sports, lire, écrire et dessiner. Ma matière préférée à l'école est le dessin mais j'aime aussi les maths. De temps en temps, avec ma famille, nous faisons du camping et ma mère et moi nous faisons de la randonnée en montagne.

AUTEURS

MARWA ZAAROUR

Je suis une jeune chercheuse qui aime comprendre et découvrir les micro-organismes et trouver pour eux de nouvelles applications. J'ai obtenu un doctorat en Biologie Synthétique pour mes recherches sur de nouvelles manières de faire bon usage des micro-organismes, en particulier des bactéries. Depuis mon enfance, je suis curieuse de comprendre comment vivent les organismes et, en grandissant, j'ai décidé d'étudier la Biologie puis de me spécialiser en Microbiologie. J'aime divulguer la connaissance et dans ma mission de chercheuse, j'aimerais contribuer aux solutions innovantes et aux découvertes qui rendent le monde meilleur.

JEAN-LUC LEGRAS

Dès mon adolescence, j'ai eu envie de devenir microbiologiste. Aujourd'hui, je suis responsable de la collection CIRM-Levures. Au cours de ma carrière, j'ai travaillé sur des bactéries, des moisissures et des levures isolées d'aliments ou d'environnements naturels. Je suis fasciné par la capacité étonnante des levures à occuper des niches écologiques multiples, à s'y adapter et à nous fournir du pain, de kéfir ou du fromage. J'aime faire de la randonnée, du jardinage, écouter de la musique, prendre des photos et préparer mon pain fait maison en utilisant mon propre levain.

MICHEL-YVES MISTOU

Comme chercheur en Microbiologie, j'ai travaillé sur différents aspects du métabolisme et de l'organisation cellulaire des bactéries. J'ai plus particulièrement étudié des bactéries considérées comme « bonnes bactéries », comme les bactéries lactiques qui participent au processus de fermentation utilisé pour la production de yaourts ou de fromages. À l'ANSES et à l'Institut Pasteur, j'ai aussi travaillé sur des bactéries pathogènes responsables de différentes maladies chez l'homme et chez

les animaux. Aujourd'hui, je dirige le CIRM, un réseau de centres de ressources microbiennes dédié à la conservation et la valorisation des microorganismes à valeur environnementale, vétérinaire, biotechnologique et agronomique.

GIULIA CHELONI

J'ai commencé ma carrière scientifique avec un projet de recherche sur la biodiversité des micro-algues dans les milieux aquatiques, en isolant plus de 600 souches de micro-algues pour constituer une collection. Après des heures au microscope, plongeant dans l'immense diversité de ces microorganismes dans les échantillons naturels, j'ai décidé de devenir un écophysiologiste des micro-algues et j'ai étudié l'impact sur elle des polluants. J'ai étudié les effets de polluants toxiques sur différentes espèces de micro-algues et leurs conséquences sur l'environnement. Je crois profondément que la biodiversité des micro-algues est un élément clé pour la bonne santé de notre planète.

[*giulia.cheloni@cirs.fr](mailto:giulia.cheloni@cirs.fr)