

LES TAPIS MICROBIENS : DES STRUCTURES PRIMITIVES QUI POURRAIENT NOUS AIDER À DÉCOUVRIR LA VIE DANS D'AUTRES MONDES

Santiago Cadena^{1,2}, Paula Maza-Márquez³, Sandra I. Ramírez Jiménez², Sharon L. Grim³, José Q. García-Maldonado^{1*}, Leslie Prufert-Bebout³ et Brad M. Bebout³

¹Département des ressources marines, Centre de recherche et d'études avancées, Institut polytechnique national, Mérida, Mexique

²Centre de recherches chimiques, Université autonome de l'État de Morelos, Cuernavaca, Mexique

³Branche exobiologie, Centre de recherche Ames, Administration de l'aéronautique et de l'espace (NASA), Mountain View, Californie, États-Unis

JEUNES EXAMINATEURS/TRICES :



ANHAD
ÂGE : 12



AVANI
ÂGE : 10



SANSKRITI
ÂGE : 15

Certains organismes microscopiques se développent ensemble et construisent des structures appelées « tapis microbiens ». Ces tapis sont formés de plusieurs couches de couleurs différentes et leur structure dépend des conditions environnementales telles que la lumière du soleil, l'humidité et la nourriture disponible. On trouve des tapis microbiens dans les océans, les lacs et les lagons côtiers, ainsi que dans des environnements extrêmes comme les déserts, les régions polaires et les sources chaudes. L'étude de fossiles indique que les tapis microbiens étaient une forme de vie courante sur la Terre primitive et qu'ils ont depuis persisté sur notre planète ! Par conséquent, l'étude des tapis d'aujourd'hui nous aide à comprendre la vie microbienne dans le passé et la manière dont ils pourraient aider

à réguler le climat de la Terre. Les scientifiques pensent que les tapis microbiens peuvent prospérer sur des planètes rocheuses comme la Terre. Ils étudient donc les tapis dans différents environnements terrestres pour apprendre à reconnaître les signes qui indiqueraient la présence de tapis sur d'autres mondes.

LES MICRO-ORGANISMES PEUVENT FORMER DE GRANDES STRUCTURES !

Les **micro-organismes** sont de minuscules êtres vivants invisibles à l'œil nu, et la plupart d'entre eux ne sont constitués que d'une seule cellule. Nous devons utiliser un microscope pour les voir. Ils vivent à l'intérieur de notre corps, à sa surface et dans notre environnement : le sol, l'eau et l'air. Parfois, les micro-organismes travaillent ensemble. Le yaourt, le vinaigre, le fromage et le pain sont produits par des processus de fermentation qui sont effectués par des groupes de micro-organismes particuliers. Les micro-organismes peuvent aussi avoir avec d'autres **organismes** des interactions utiles à tous : on observe sur les racines de certaines plantes de petites structures appelées « nodules racinaires », où vivent des micro-organismes. Grâce aux micro-organismes présents dans ces nodules, les plantes peuvent obtenir de l'environnement une molécule, l'azote, qui est essentielle à leur croissance, et les plantes fournissent à leur tour aux micro-organismes un endroit pour vivre et du sucre pour leur croissance. Parfois, les associations de micro-organismes forment de grandes structures observables sans microscope. Les lichens, par exemple, ressemblent à des plantes, mais ils résultent d'une relation entre des algues et des champignons, formant des flocons ou des branches sans feuilles sur les arbres ou les rochers. Lorsque des aliments se gâtent au réfrigérateur, on peut observer un **biofilm** (une couche de micro-organismes) se développer à leur surface.

Dans la nature, de nombreux micro-organismes vivent dans le sol. En utilisant le sol, l'eau et les minéraux, ces micro-organismes peuvent former de grandes structures solides. Lorsqu'ils ont les aliments qui leur conviennent, certains micro-organismes peuvent se reproduire par millions, attachés à des grains de terre ou de sable. Ils forment alors des structures qui ressemblent à des roches ordinaires ou à de la boue, qui sont en fait des structures vivantes construites par une multitude d'organismes microscopiques. Il existe différents types de structures microbiennes rocheuses. Elles portent des noms tels que « endoéaporites », « oncolites » ou « stromatolites » (Figure 1) [1]. Ces structures peuvent avoir des formes et des couleurs diverses, qui sont fortement influencées par les conditions environnementales présentes lors de leur formation. Les **tapis microbiens** sont un exemple particulier d'une structure construite par des micro-organismes.

MICRO-ORGANISME/ MICROBE

Organisme invisible à l'œil nu. Les microbes comprennent par exemple les bactéries, les archées et des eucaryotes microscopiques (algues, champignons, parasites).

ORGANISMES

Être vivant organisé comme une plante, un animal, un être humain ou un microbe.

BIOFILM

Couche de micro-organismes accolés les uns aux autres et collés à une surface (ou flottant dessus).

TAPIS MICROBIEN

Grande structure construite par des micro-organismes, qui pousse à la surface des roches et des sédiments, généralement composée de matière du sol, de minéraux, de nutriments et de microbes.

Figure 1

Exemples de structures construites par des micro-organismes en utilisant le sol, l'eau, les roches et des minéraux. (A) Oncolites de Casey Falls, Canning Basin, dans l'ouest de l'Australie (photo : Heidi Allen). (B) Endoévaaporite. (C) Tapis microbien. (D, E, G, H) Tapis microbiens de la Péninsule du Yucatan au Mexique. (F) Tapis microbiens du gouffre de Middle Island, sous la surface du Lac Huron en Amérique du Nord (photo : John Bright, Sanctuaire marin national de NOAA Thunder Bay). (I) Coupe supérieure (1 cm) d'un tapis microbien de Guerrero Negro, Mexique.

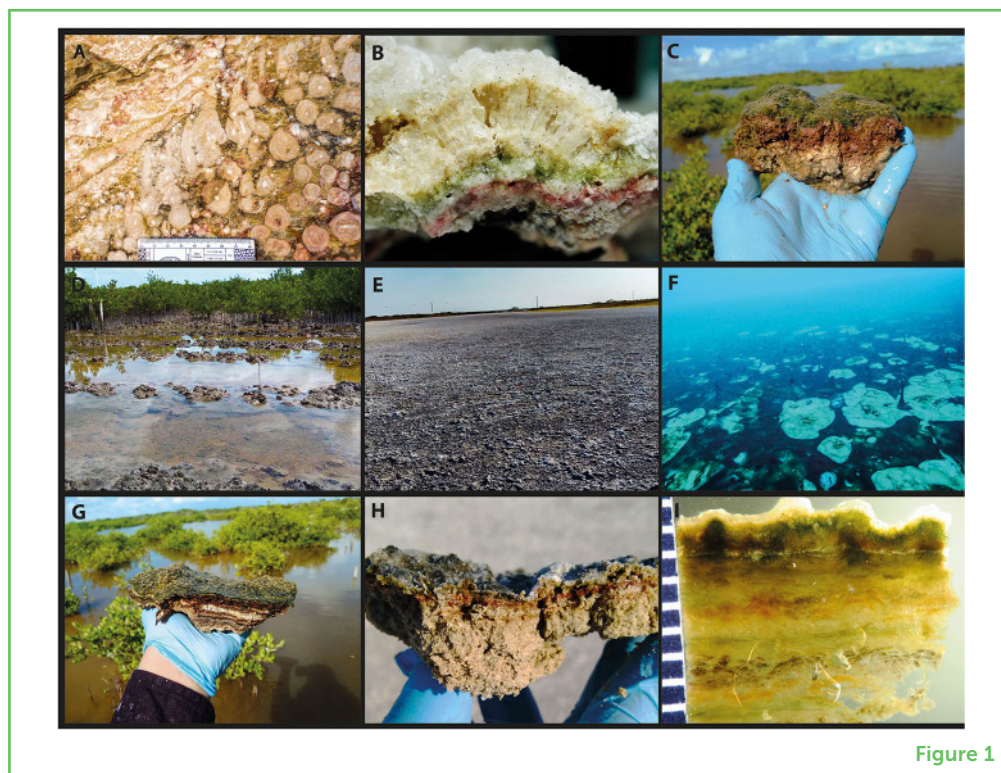


Figure 1

QUE SONT LES TAPIS MICROBIENS ET QUE FONT-ILS ?

Les micro-organismes ont besoin d'énergie et d'eau pour construire un tapis microbien. Ils trouvent l'eau auprès de sources chaudes, de lagons ou d'un littoral côtier, et nombre d'entre eux utilisent la lumière solaire comme principale source d'énergie. Avec suffisamment d'énergie et d'eau, les micro-organismes peuvent s'épanouir sur une surface, se coller aux grains de sable ou de terre où ils trouvent de la nourriture, et construire des tapis pouvant atteindre plusieurs centimètres d'épaisseur (Figure 1C). Dans certains cas, un nouveau tapis vivant pousse au-dessus d'un ancien tapis mort, créant des couches épaisses (Figures 1G, H). Comme leur nom l'indique, ces structures ressemblent à des tapis ou à des moquettes, et ils recouvrent des surfaces de différentes tailles. Vus de près, les tapis ont également une organisation verticale intéressante (Figure 2). Les micro-organismes peuvent être répartis en couches vertes, oranges, rouges et violettes, chaque couche représentant une communauté différente de micro-organismes qui ont besoin de quantités différentes de lumière solaire et d'oxygène (Figure 1I). Les interactions entre tous les micro-organismes du tapis leur permettent de se maintenir et d'interagir avec leur environnement.

Des études ont montré que les tapis microbiens sont importants pour le fonctionnement des **écosystèmes**. Par exemple, lorsque les tapis colonisent le sol, ils contribuent à leur santé et celle des sédiments en produisant des nutriments qui les enrichissent. Les tapis participent au recyclage de certains éléments chimiques, dont le carbone, l'azote

ÉCOSYSTÈME

Système constitué d'une communauté d'organismes vivant dans une certaine zone et de composants non-vivants de leur environnement (climat, paysage).

et le soufre. Ils peuvent également filtrer l'eau, et ils absorbent et libèrent des gaz dans l'atmosphère, tels que l'oxygène, l'hydrogène, le dioxyde de carbone et le méthane. Les tapis sont également une source de nourriture pour les animaux. Mouches, escargots, vers, crabes et oiseaux se nourrissent de petits morceaux de tapis microbiens, et de plus gros organismes peuvent alors se nourrir des plus petits [2]. Consommés en permanence, les tapis poussent souvent peu, sauf dans les environnements extrêmes. Si tu veux explorer les tapis microbiens plus en détail, tu peux regarder cette vidéo (disponible uniquement en anglais) : <https://www.youtube.com/watch?v=VpCkgyb41Ag>.

Figure 2

Détail du premier centimètre supérieur d'un tapis microbien. **(A)** Structure d'un tapis microbien classique. Les microbes les plus actifs se trouvent dans la couche supérieure, au-dessus de tapis plus anciens, qui sont composés d'autres types de microbes. **(B)** Gros plan sur une coupe transversale du premier centimètre d'un tapis, montrant les différentes couches. **(C)** Différents types de micro-organismes vivent dans les différentes couches d'un tapis microbien. Des éléments importants tels que le carbone, l'azote et l'oxygène sont recyclés par ces micro-organismes.

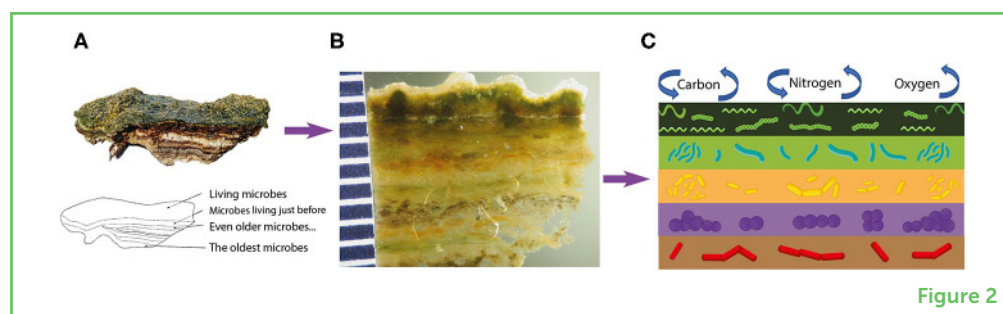


Figure 2

LES TAPIS MICROBIENS SUR NOTRE PLANÈTE

De nos jours, on peut trouver des tapis microbiens dans les lagons côtiers tropicaux, les estuaires et les baies, mais ils peuvent être difficiles à repérer car ils ne peuvent grandir suffisamment que lorsqu'ils ont assez de nourriture et qu'ils sont protégés des organismes qui les broutent. Les tapis se trouvent aussi abondamment dans des échantillons **fossiles**, ce qui indique que ces structures étaient abondantes sur Terre il y a des milliards d'années. N'est-ce pas incroyable? Les dinosaures sont apparus il y a 0,245 milliards d'années (MA), les poissons 0,530 MA et les plantes aquatiques 1,2 MA, mais des tapis microbiens étaient déjà présents sur Terre il y a 3,5 MA, bien longtemps avant l'apparition de ces autres formes de vie. À cette époque très ancienne, les tapis microbiens proliféraient sur les surfaces rocheuses ou sablonneuses du globe entier. Rien que ça! Aujourd'hui, les tapis microbiens sont généralement mangés par d'autres organismes, mais il y a des milliards d'années, ces formes de vies plus complexes n'existaient pas encore, et les tapis continuaient de croître! Les tapis microbiens sont l'une des plus anciennes formes de vie organisée et l'étude de ceux présents aujourd'hui aide les scientifiques à comprendre leur contribution aux écosystèmes de la Terre à différentes époques.

Les données géologiques et les études en laboratoire ont révélé l'importance des tapis microbiens dans l'histoire de la Terre. On pense que, dans le passé, l'abondance et la forte activité des tapis ont créé l'atmosphère que nous respirons aujourd'hui. De plus,

FOSSILES

Des restes ou des empreintes d'organismes qui ont vécu il y a de nombreuses années. Ils permettent de documenter l'histoire de la vie sur Terre.

comme les tapis anciens libéraient du dioxyde de carbone et du méthane, ils contribuaient également à la régulation du climat, aidant à créer l'atmosphère chaude qui a fait de la Terre une planète habitable [3].

LES TAPIS COMME MODÈLES POUR LA VIE EXTRATERRESTRE

Des tapis microbiens ont été observés dans des écosystèmes extrêmes, comme certaines zones côtières extrêmement salées et des sols désertiques. Ils peuvent se former dans les régions polaires, attachées au pergélisol (sol qui ne dégèle jamais). Des tapis ont été aussi découverts à des températures élevées, à proximité de volcans et de sources chaudes. Ils ont également été trouvés au fond de l'océan, dans des conditions difficiles de faible luminosité et de haute pression.

Étant donné que les tapis peuvent se développer dans des conditions extrêmes de lumière solaire, d'eau, de température et de salinité, les scientifiques pensent que des tapis microbiens pourraient exister ailleurs que sur Terre, sur d'autres planètes rocheuses ou des lunes (des satellites naturels de corps célestes tels que des planètes). La plupart des planètes et des lunes de notre système solaire ne sont pas des endroits habitables, en raison des quantités élevées de lumière ultraviolette ou du rayonnement cosmique auxquelles elles sont exposées, et de l'absence d'une atmosphère propice à la vie. Mais nous avons des raisons de croire que certaines planètes et lunes du système solaire pourraient contenir de l'eau liquide, parfois protégée par des couches de glace. S'il y a de la vie dans ces endroits éloignés, il s'agit probablement de vie microbienne, et non de gros animaux ou de plantes.

En étudiant les caractéristiques des tapis microbiens, les scientifiques peuvent découvrir leur **biosignature**. Une biosignature est comme une carte d'identité qui suggère la présence de la vie. Les grandes structures produites par des micro-organismes sont beaucoup plus faciles à détecter que les micro-organismes eux-mêmes. Ainsi, l'aspect des tapis microbiens ou les gaz produits par les micro-organismes de ces structures pourraient, par exemple, être leur biosignature. Les chercheurs pourraient ainsi observer une biosignature de tapis microbiens sur une autre planète à l'aide d'instruments embarqués dans un vaisseau spatial (caméras et instruments d'analyse); cela suggérerait que des micro-organismes vivent sur cette planète.

Les scientifiques recherchent actuellement des tapis vivants (repérables par leur activité, en particulier la production de gaz) ou fossilisés (visibles sur des photographies) dans notre système solaire. La planète Mars et deux lunes de la planète Saturne, Titan et Encelade,

BIOSIGNATURE

Toute molécule, substance ou caractéristique suggérant fortement une preuve de vie.

CALOTTE POLAIRE

Glacier très étendu recouvrant un pôle d'une planète ou d'une lune.

présentent des caractéristiques géologiques prometteuses pour la formation de tapis microbiens. Mars a une surface rocheuse et sèche, mais récemment, *Mars Reconnaissance Orbiter* de la NASA a fourni des preuves solides de la présence d'eau liquide sur la planète [4]. Les missions spatiales *Cassini-Huygens* et *Voyager*, qui étudient Saturne et ses lunes, ont trouvé des preuves de la présence d'eau et de glace polaire sur Titan et Encelade, probablement similaires à la glace et à l'eau trouvées dans les **calottes polaires** sur Terre [5]. Il n'y a pas encore de preuves d'une forme de vie au-delà de notre planète, mais l'étude des écosystèmes extrêmes sur Terre nous aide à prédire les conditions nécessaires à la vie microbienne ailleurs dans l'Univers, et à concevoir des stratégies et des dispositifs qui nous aideront à en trouver. Par exemple, il faut savoir quels instruments envoyer en mission spatiale pour détecter les gaz produits par les micro-organismes, et il faut savoir identifier les tapis microbiens sur les photographies.

COMMENT LES TAPIS MICROBIENS SONT-ILS ÉTUDIÉS ?

Les tapis microbiens sont partout sur Terre, dans des environnements doux ou extrêmes, et dans les endroits accessibles ou difficiles d'accès. Certains des tapis microbiens les plus célèbres se trouvent dans le Parc National de Yellowstone, en Californie (États-Unis), où ils poussent près des sources chaudes et des geysers. Mais tu peux aussi trouver des tapis sur certaines côtes peu profondes, où l'eau de mer monte et descend avec les marées. Par exemple, les tapis poussent dans des forêts de mangroves, des marais salants, des zones humides ou au bord de rivières et de lacs. Parfois, des morceaux de biofilm ou de petits tapis peuvent se développer ailleurs, à des endroits où l'eau n'est pas nettoyée régulièrement, par exemple dans des vasques, des fontaines ou des aquariums (Figures 3A–H).

La recherche actuelle sur les tapis microbiens est menée lors d'excursions sur le terrain et d'expéditions pour étudier la capacité des tapis et des micro-organismes à survivre dans divers écosystèmes et conditions environnementales. Ces informations aident les scientifiques à comprendre le rôle des tapis microbiens dans les écosystèmes et les limites des niveaux de lumière solaire, d'eau, de température et d'autres conditions dans lesquelles ces micro-organismes peuvent vivre. Les tapis sont étudiés dans leurs emplacements naturels, mais des morceaux de tapis sont aussi transportés vers des laboratoires, où des expériences à long terme peuvent être effectuées et divers outils de laboratoire peuvent être utilisés pour en savoir plus sur la vie de ces micro-organismes. Par exemple, nous pouvons faire pousser des tapis microbiens en laboratoire et mesurer la quantité d'oxygène qu'ils produisent et la quantité de dioxyde de carbone qu'ils consomment (Figures 3I–3L).

Figure 3

Des biofilms d'algues et de tapis qui poussent dans des endroits familiers. **(A)** Une vasque où se baignent des oiseaux. **(B)** Une gouttière. **(C)** Un panneau de toit extérieur. **(D)** Le fond d'un aquarium. **(E)** Un réservoir recueillant l'eau de pluie. **(F)** Échantillon prélevé dans les eaux d'un estuaire. **(G)** Une planche trouvée sous un hangar. **(H)** Algues flottantes dans une zone en amont d'Elkhorn Slough, Californie. **(I)** Vue de la zone de collecte de tapis microbien. **(J)** Échantillonnage de tapis microbiens. **(K)** Transport des tapis depuis le site de prélèvement jusqu'au centre de recherche. **(L)** Tapis en incubation dans une serre du Centre de recherche Ames de la NASA.



Figure 3

CONCLUSION

Les tapis microbiens sont des systèmes complexes qui offrent une excellente occasion d'étudier la diversité, l'écologie et l'évolution microbiennes. Les tapis se trouvent partout sur Terre dans de nombreux types d'écosystèmes, et ils se présentent sous une grande variété de formes et de tailles. Tout comme les tapis eux-mêmes, les scientifiques intéressés par les tapis microbiens sont partout dans le monde pour les étudier. Connais-tu ou as-tu déjà visité un endroit où pousseraient des tapis ?

REMERCIEMENTS

Ce travail a été soutenu par le Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) grâce à la subvention CF-2019-848287. L'échantillonnage dans la péninsule du Yucatán a été soutenu par Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT-UNAM) IN216219. Santiago remercie CONACYT Ph.D., bourse (subvention 570049-2017-2020). SIRJ bénéficie de la subvention CONACYT 377887. Un grand merci à Mike Kubo et Sanjoy Som pour leur soutien pendant le programme Young Scientist du Blue Marble Space Institute of Science. Merci beaucoup aux docteurs Claudia Teutli et Jorge Herrera pour avoir rendu possible l'échantillonnage au Yucatán. Merci à Veronica et Bart pour leur hospitalité à Santa Clara. Nous remercions Anabel Suárez-Guevara pour l'élaboration des figures. Les commentaires

perspicaces des éditeurs Rémy Beugnon et Susan Debad ont été grandement appréciés.

CONTRIBUTIONS À LA VERSION FRANÇAISE

TRADUCTEUR : **Jean-Marie Clément** (Association Jeunes Francophones et la Science, Montpellier, France)

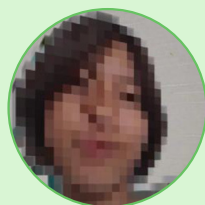
ÉDITEUR : **Catherine Braun-Breton** (Association Jeunes Francophones et la Science, Montpellier, France)

MENTOR SCIENTIFIQUE : **Ula Hibner** (Association Jeunes Francophones et la Science, Montpellier, France)

JEUNES EXAMINATEURS :

Ambre, 15 ans. Bonjour, je m'appelle Ambre et j'ai 15 ans. J'adore la musique, surtout quand c'est moi qui en joue. Pour moi c'est plutôt le piano, la guitare et la batterie. J'aime beaucoup étudier les langues et les sciences, j'espère aussi que dans l'avenir je pourrai mettre mes capacités au service des autres. Aider les autres me tient à cœur.

Classe de seconde, lycée Jules Guesde, 15-16 ans. Ambre et Kimiko sont élèves dans la classe de M. Benjamin Vuadelle au lycée Jules Guesde à Montpellier. Elles ont été très intéressées par les articles et par le rôle important qui leur a été confié dans l'évaluation de ces articles. Elles sont prêtes à recommencer !



RÉFÉRENCES

1. Yanez-Montalvo A., Aguila Salgado B., Gomez-Acata E., Beltran Y., Valdespino-Castillo P., Centeno C., et al. 2019. Microbialites : what on earth? *Front. Young Minds*. 7:112. doi: 10.3389/frym.2019.00112
2. Seckbach J., and Oren A. 2010. *Microbial Mats : Modern and Ancient Microorganisms in Stratified Systems*. Amsterdam : Springer. doi: 10.1007/978-90-481-3799-2
3. Hoehler T. M., Bebout B. M., and Des Marais D. J. 2001. The role of microbial mats in the production of reduced gases on the early Earth. *Nature*. 412:324–7. doi: 10.1038/35085554
4. Nazari-Sharabian M., Aghababaei M., Karakouzian M., and Karami M. 2020. Water on Mars-A literature review. *Galaxies*. 8:40. doi: 10.3390/galaxies8020040
5. Mitri G., Postberg F., Soderblom J. M., Wurz P., Tortora P., Abel, B., et al. 2018. Explorer of enceladus and titan (E2 T) : investigating ocean worlds' evolution and habitability in the solar system. *Planet. Space Sci*. 155:73–90. doi: 10.1016/j.pss. 2017.11.001

PUBLIÉ EN LIGNE LE 4 octobre 2023

ÉDITEUR/TRICE : Rémy Beugnon

MENTOR(S) SCIENTIFIQUE(S) : Ruchira Sharma

CITATION : Cadena S, Maza-Márquez P, Ramírez Jiménez SI, Grim SL, García-Maldonado JQ, Prufert-Bebout L et Bebout BM (2023) Les tapis microbiens : des structures primitives qui pourraient nous aider à découvrir la vie dans d'autres mondes. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2022.654148-fr

TRADUIT ET ADAPTÉ DEPUIS : Cadena S, Maza-Márquez P, Ramírez Jiménez SI, Grim SL, García-Maldonado JQ, Prufert-Bebout L and Bebout BM (2022) Microbial Mats : Primitive Structures That Could Help us Find Life on Other Worlds. Front. Young Minds 10:654148. doi: 10.3389/frym.2022.654148

CONFLIT D'INTÉRÊTS : 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 potentiel conflit d'intérêts.

DROITS D'AUTEUR © 2022 © 2023 Cadena, Maza-Márquez, Ramírez Jiménez, Grim, García-Maldonado, Prufert-Bebout et Bebout. 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/TRICES

ANHAD, ÂGE : 12

Bonjour, je m'appelle Anhad et j'aime écrire sur des sujets (parfois). J'aime aussi regarder la télévision et jouer à des jeux vidéo sur ma console, et passer du temps avec mes amis et ma famille. J'aime regarder Netflix pendant mon temps libre et cuisiner.



AVANI, ÂGE : 10

Bonjour, je suis Avani, j'aime jouer à beaucoup de jeux divers. J'aime aussi jouer avec mon chiot et les jeux vidéo. J'aime beaucoup les animaux et la nature ! Alors, par temps chaud, je sors et regarde mon magnifique environnement et la nature qui m'entoure ! Et par temps froid, je skie et je joue dans la neige ! Ce sont quelques choses sur moi !



SANSKRITI, ÂGE : 15

Bonjour, je m'appelle Sanskriti. J'ai 14 ans et je rentre en 9^e année. J'adore l'informatique et j'espère voir plus de filles s'intéresser à ce domaine dans les prochaines années.



AUTEURS/TRICES



SANTIAGO CADENA

Je suis un biologiste marin dédié à l'étude des microorganismes des milieux marins et hypersalés. Je suis très intéressé par la géomicrobiologie, l'astrobiologie et la biotechnologie. J'ai des compétences dans l'étude des cycles du méthane et du soufre dans les tapis microbiens. Nous étudions également les micro-organismes vivant dans les forêts de mangrove. En bref, je m'intéresse à l'étude du rôle des micro-organismes dans la nature et à leur utilisation potentielle à des fins biotechnologiques.



PAULA MAZA-MÁRQUEZ

Je suis chercheuse postdoctorante dans la branche Exobiologie du Centre de recherches Ames de la NASA. J'étudie la structure et la fonction des tapis microbiens. Je m'intéresse plus particulièrement aux gènes qui contrôlent le cycle de l'azote, afin d'explorer l'hypothèse selon laquelle les principales caractéristiques du cycle biologique moderne de l'azote ont évolué dans les systèmes de tapis microbiens.



SANDRA I. RAMÍREZ JIMÉNEZ

Je suis astrobiologiste au Centre de recherches chimiques à Université autonome de l'État de Morelos et je suis intéressé par les micro-organismes des écosystèmes extrêmes, en particulier les bactéries vivant dans des concentrations élevées de sel. J'étudie les stratégies d'adaptation des bactéries dans des environnements imitant l'eau salée du satellite Europa ou le sous-sol de la planète Mars, pour comprendre les limites de la vie terrestre et le potentiel de vie sur d'autres corps du système solaire.



SHARON L. GRIM

Je suis postdoctorante au centre de recherche Ames de la NASA. J'étudie les cyanobactéries, des micro-organismes photosynthétiques qui façonnent l'atmosphère terrestre depuis des milliards d'années en produisant de l'oxygène. J'utilise des outils informatiques pour comprendre les gènes et la biogéochimie des cyanobactéries et d'autres micro-organismes dans les tapis microbiens extrêmes.



JOSÉ Q. GARCÍA MALDONADO

Je suis un chercheur travaillant dans le Département des ressources marines du Centre de recherches et d'études avancées de l'Institut national polytechnique (CINVESTAV) au Mexique. Mes recherches portent principalement sur l'écologie et la biotechnologie des communautés microbiennes complexes dans les environnements marins et extrêmes. *jose.garcia@cinvestav.mx



LESLIE PRUFERT-BEBOUT

Je suis écologiste microbien et géobiologiste. Je m'intéresse à la façon dont les caractéristiques de l'environnement minéral sédimentaire influencent la colonisation par différentes populations de micro-organismes. Je me concentre sur les espèces de cyanobactéries et la façon dont elles se répartissent dans leur environnement. Je

suis également très intéressée par la qualité et la quantité d'ondes lumineuses qui parviennent à l'intérieur des sables et des rochers.



BRAD M. BEBOUT

Je suis actuellement chercheur au Centre de recherches Ames de la NASA, mais j'étudie les tapis microbiens depuis que je suis étudiant; c'était il y a 30 ans! Je m'intéresse surtout à la façon dont les tapis aident à recycler le carbone et l'azote dans les environnements où nous les trouvons, mais aussi aux biosignatures qu'ils produisent afin que nous, à la NASA, puissions voir s'ils existent ailleurs que sur Terre.

French version provided by
Version française fournie par

