

Numéro 39

unineews

PILIER
de la biodiversité

TÉMOINS
du climat passé

INDICATEURS
de la pollution

Amibes pour la vie

unine
UNIVERSITÉ DE
NEUCHÂTEL



Petites tailles, grands effets

Protozoaires, protistes, amibes : que de noms pour qualifier cette faune unicellulaire qui constitue une composante majeure de la biodiversité de notre planète. Dirigé par le professeur Edward Mitchell, le Laboratoire de biologie du sol de l'Université de Neuchâtel étudie ces organismes sous toutes les coutures, dans un large éventail d'écosystèmes qui vont des tourbières aux forêts, en passant par les plaines inondables.

D'une taille de 5 à 500 micromètres, ces créatures aux formes et couleurs variées représentent un maillon essentiel dans les chaînes alimentaires des écosystèmes terrestres et aquatiques, tant en eau douce que dans le milieu marin. Les protozoaires contrôlent les populations bactériennes et fongiques, tout en consommant d'autres protistes, ainsi que des animaux microscopiques qu'ils sont parfois capables d'attaquer en groupe de manière mystérieusement coordonnée. Ils constituent eux-mêmes une importante source de nourriture pour la faune. Enfin, ils stimulent la croissance des algues et des plantes en libérant des nutriments minéraux par leur activité métabolique.

Plus étonnant : on doit aux protistes, les premières pratiques de... sexe, car ils ont recours au mélange de gènes entre individus. Mais une différence importante subsiste par rapport à des êtres plus complexes comme les vertébrés chez lesquels sexualité et reproduction restent intimement liées.

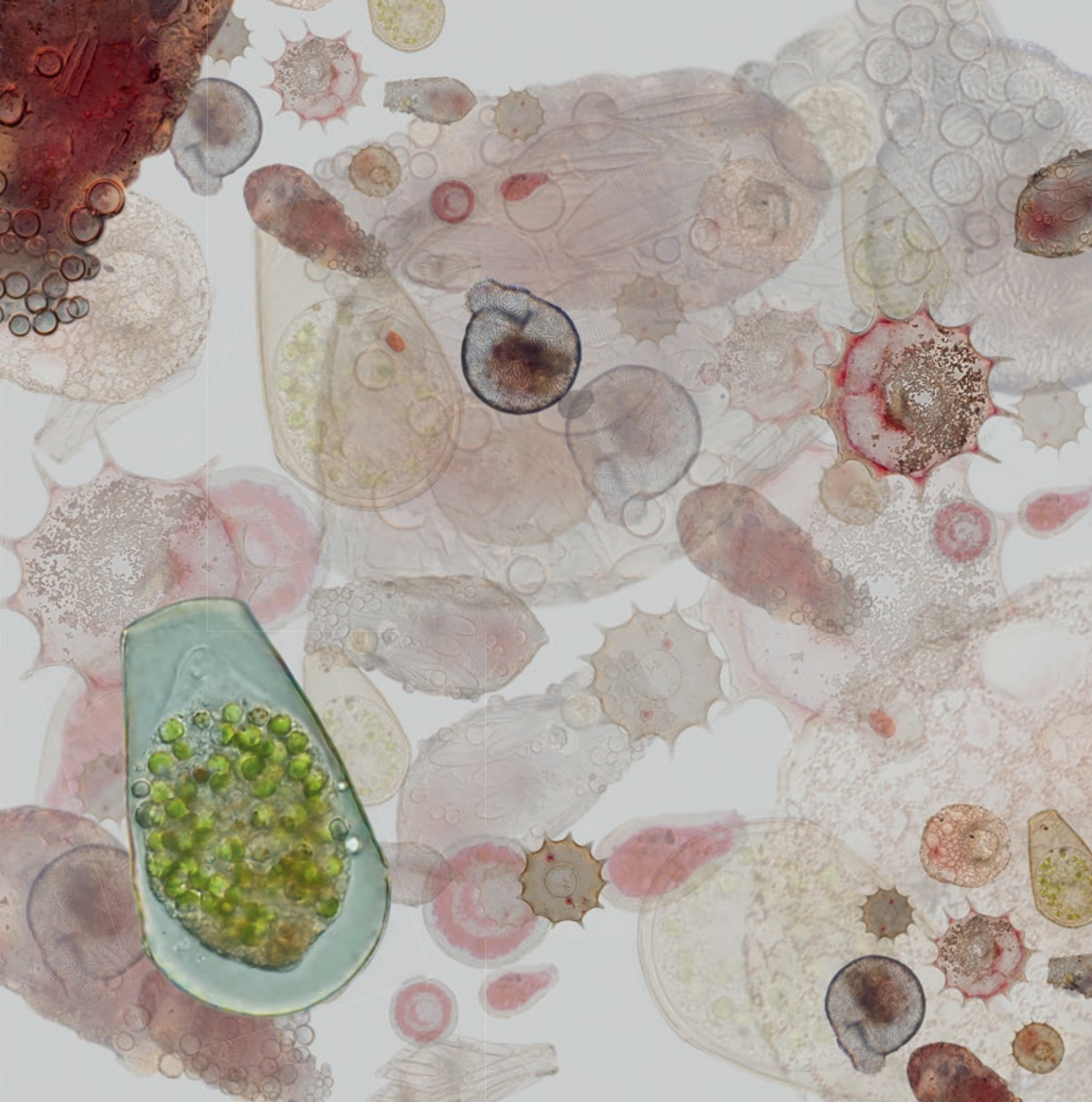
Les protozoaires, eux, les séparent clairement. Ils peuvent mélanger deux génomes différents d'une part, pratiquant ainsi une forme de sexualité, et se reproduire d'autre part, en se divisant par exemple en deux, de façon totalement asexuée.

On retrouve également les protozoaires dans une multitude de relations symbiotiques. Ainsi en est-il de ces amibes à la fois prédatrices et hébergeant des algues qui vivent en leur sein, une symbiose qui les transforme en organismes capables de photosynthèse. Ce métabolisme chimérique, appelé « mixotrophie », fait l'objet d'une attention croissante. Il est parfaitement adapté aux milieux naturels pauvres en nutriments, comme les tourbières du Jura ou les océans. Ces organismes y jouent un rôle majeur dans les chaînes alimentaires microbiennes. Les amibes mixotrophes sont les premières à souffrir des perturbations de l'environnement, en particulier du réchauffement climatique.

Figurent enfin, parmi les protozoaires, de nombreuses espèces parasites responsables de maladies, comme la malaria ou la maladie du sommeil, qui affectent la santé humaine et celle d'animaux domestiques. Si les parasites qui nous touchent directement sont bien étudiés, ceux qui s'attaquent à la multitude des organismes sans intérêt économique restent largement ignorés par la science. Ils représentent néanmoins une partie majeure de la biodiversité. Son côté obscur serait-on tenté de dire...

En savoir plus:

Laboratoire de biologie du sol : www.unine.ch/biolsol



Une centaine de spécialistes attendus

Le 35^e Congrès annuel de la Société allemande de protistologie (Deutsche Gesellschaft für Protozoologie – DGP) se tiendra du 23 au 26 février 2016 à Saignelégier. Organisé pour la première fois en Suisse romande par le Laboratoire de biologie du sol de l'Université de Neuchâtel, il réunira une centaine de spécialistes venus du monde entier. En marge de cet événement, ce numéro d'UniNEws vous offre une plongée dans le monde fascinant des protistes, des tourbières du Jura jusqu'aux îles Galápagos. Vous y découvrirez leur diversité insoupçonnée à l'échelle de la planète, mais aussi leur rôle de témoins du climat, présent et passé, dans différentes régions du globe. Sans oublier quelques spécificités locales.

En savoir plus:

dgp2016.wordpress.com

Dans les tourbières des Galápagos

Sanctuaire mondialement connu de la faune et de la flore, l'archipel des Galápagos abrite une curiosité à l'échelle microscopique : sa population d'amibes des tourbières. Edward Mitchell, directeur du Laboratoire de biologie du sol de l'Université de Neuchâtel, a eu le privilège de s'y rendre, sur l'île de Santa Cruz, durant deux semaines.

Célèbre pour avoir inspiré à Charles Darwin sa théorie de l'évolution des espèces, ce conservatoire naturel situé à 1000 km des côtes de l'Amérique du Sud a déjà révélé pratiquement tous les secrets de sa faune et de sa flore. Tous ? Non, car aux Galápagos comme ailleurs le monde microbien reste le parent pauvre de la recherche sur la biodiversité. L'originalité des travaux dont on parle tient d'abord à l'écosystème étudié : les tourbières à sphaignes sont connues pour abriter en abondance une grande diversité d'amibes à coquille, véritable graal du laboratoire neuchâtelois.

A Santa Cruz, ces tourbières se nichent dans les cratères volcaniques qui ornent les hauteurs de l'île, modérées toutefois, puisque le sommet atteint à peine 864 m. Autre spécificité : elles représentent des îles dans les îles, car ces parcelles acides et humides sont dispersées dans un paysage plutôt aride et neutre, voire alcalin, la roche volcanique étant basique.

En raison de ce double isolement, les communautés d'amibes de Santa Cruz contrastent avec celles de l'hémisphère nord et de l'Amérique du Sud, tant au niveau des espèces que des mécanismes qui ont conduit à leur apparition. « Quarante-quatre espèces et sous-espèces ont été comptabilisées à ce jour dont 26 n'avaient jamais été recensées sur l'archipel. De plus, neuf d'entre elles sont probablement nouvelles », détaille Edward Mitchell.

Fait original, ajoute Bertrand Fournier, premier auteur de l'étude et ancien doctorant de l'Université de Neuchâtel, l'humidité ambiante, facteur clé pour la survie des amibes à coquille, n'est pour l'essentiel pas issue des pluies mais de la condensation des brumes piégées dans les cratères. Ceci explique une des différences observées par rapport aux amibes des tourbières continentales. Ces dernières sont très sensibles au niveau de la nappe alors

que ceci n'est pas le cas aux Galápagos, vraisemblablement en raison de l'humidité permanente apportée par les brumes.

Autre originalité : on ne trouve que peu, voire pas de traces de leurs homologues qui peuplent les tourbières continentales ; de toute évidence pour une amibe, traverser 1000 km d'océan représente un défi presque impossible. « En plus de la distance, l'explication vient de ce que les tourbières à sphaignes ne se sont développées que suite à la quasi-extinction des tortues géantes, il y a 500 à 700 ans », précise Bertrand Fournier, actuellement post-doctorant à l'Université de Bourgogne Franche-Comté.

Influence des tortues

L'impact des tortues sur les tourbières venait de leur matière fécale qui rendait le milieu défavorable à la croissance des sphaignes : seules deux espèces de ces mousses si particulières sont connues dans l'archipel. Victimes du piétinement que ces reptiles volumineux exerçaient sur le sol, les sphaignes étaient restreintes à quelques surfaces minimales et les amibes caractéristiques de ces milieux avaient d'autant moins de chances de les coloniser. Les efforts de conservation des tortues pourraient à terme à nouveau augmenter leur impact sur ces tourbières et refermer cette parenthèse écologique dans l'histoire de ces îles.

Reste que les tourbières à sphaignes de l'archipel demeurent plus que des curiosités biogéographiques. Elles représentent une mémoire des conditions climatiques du passé des Galápagos, grâce à l'accumulation du pollen et des traces de coquilles d'amibes laissées dans les couches successives de tourbe. « Les études de ces écosystèmes demeurent cruciales pour déterminer l'origine de certaines espèces de plantes, conclut Edward Mitchell. Et en particulier pour différencier les espèces invasives de celles anciennement présentes, mais qui, tout comme les sphaignes, profitent actuellement de conditions écologiques nouvelles pour se répandre. Le passé est comme dans les sociétés humaines un précieux guide pour éclairer l'avenir ! »

Six mois d'attente

« N'ayant pas pu obtenir à temps une autorisation pour ramener les échantillons avec nous, nous ne les avons reçus que plus de six mois après notre retour, déplore Edward Mitchell. Il nous a dès lors été impossible d'envisager des analyses moléculaires sur le matériel prélevé, afin d'en étudier la diversité. » Cependant, comme les chercheurs savent à présent où se trouvent les espèces potentiellement nouvelles, ce n'est que partie remise... Ces méthodes moléculaires pourraient en effet être utilisées lors d'une nouvelle expédition qu'Edward Mitchell appelle de ses vœux.

Vue de la plus grande tourbière
de Santa Cruz où on distingue
le cratère et au loin la côte.



Au Jardin botanique

Hyalosphenia papilio est la vedette d'une expérience en cours depuis 2012 au Jardin botanique de Neuchâtel, objet de la thèse de Matthieu Mulot effectuée sous la direction d'Edward Mitchell. Quarante-cinq tourbières miniatures sont exposées à trois niveaux de nappe, dans le but de tester leur réaction à la sécheresse. Les chercheurs ont constaté que cette amibe mixotrophe, très abondante en altitude et dans les « mini-tourbières » les plus humides, devient très rare en condition sèche, avec un résultat plutôt paradoxal pour la biodiversité.

Explications d'Edward Mitchell: « Etant donné que *H. papilio* est une espèce dominante, la chute de sa population accorde davantage de place aux autres espèces d'amibes. Résultat : la diversité en microorganismes augmente quand le climat s'assèche. » Mais attention : une tourbière trop sèche prend plutôt les caractéristiques d'un humus de forêt qui n'accumule pas de carbone. Les amibes, dont les communautés changent bien plus rapidement que la végétation sont donc des indicateurs précoces de modifications majeurs du fonctionnement des écosystèmes. Comprendre comment les communautés d'amibes réagissent face à des perturbations connues permet finalement de prédire leurs réponses aux changements climatiques en cours.

Edward Mitchell
montrant une mini-tourbière
au Jardin botanique
de Neuchâtel



Les protistes, acteurs du climat présent et passé

Les tourbières sont précieuses pour le climat. Que ce soit pour leur capacité de stockage de carbone contrebalançant l'effet de serre ou pour y lire l'histoire des conditions climatiques du passé et de l'impact des activités humaines. Et ce à travers l'étude des communautés d'amibes qui habitent ces milieux particuliers.

La capacité à fixer du gaz carbonique à long terme sous forme de tourbe est menacée par l'exploitation massive de cette précieuse matière organique et la transformation des tourbières en terres agricoles. Pour le moment, le bilan des tourbières reste positif vis-à-vis de l'effet de serre, étant donné que la quantité de dioxyde de carbone séquestrée dépasse la part libérée dans l'atmosphère. Mais face à un réchauffement de la planète, la tendance pourrait bien s'inverser.

Des expériences réalisées dans les tourbières du Jura et au Jardin botanique de Neuchâtel démontrent le rôle central des amibes dans la chaîne alimentaire microbienne, de même que leur sensibilité au réchauffement climatique et à l'assèchement des tourbières comme celui de l'été 2015. D'où l'intérêt à étudier davantage les communautés microscopiques des tourbières, un secteur trop peu exploré jusqu'à présent.

C'est à cet objectif que s'attelle Thierry Heger, chercheur à l'Université de Colombie britannique à Vancouver (Canada), et prochainement de retour à l'Université de Neuchâtel où il avait réalisé son doctorat. Ce biologiste s'est intéressé à la diversité génétique de l'espèce *Hyalosphenia papilio* dans les tourbières de l'hémisphère nord, sur une bande allant de l'Alaska jusqu'au Lac Baïkal et en passant par le Jura. Il a observé le rôle important du climat dans la répartition géographique de cette amibe.

« A notre grande surprise, des analyses génétiques de 301 individus identiques au microscope prélevés dans 42 tourbières du monde ont révélé 12 lignées génétiques correspondant à autant d'espèces différentes, relève Thierry

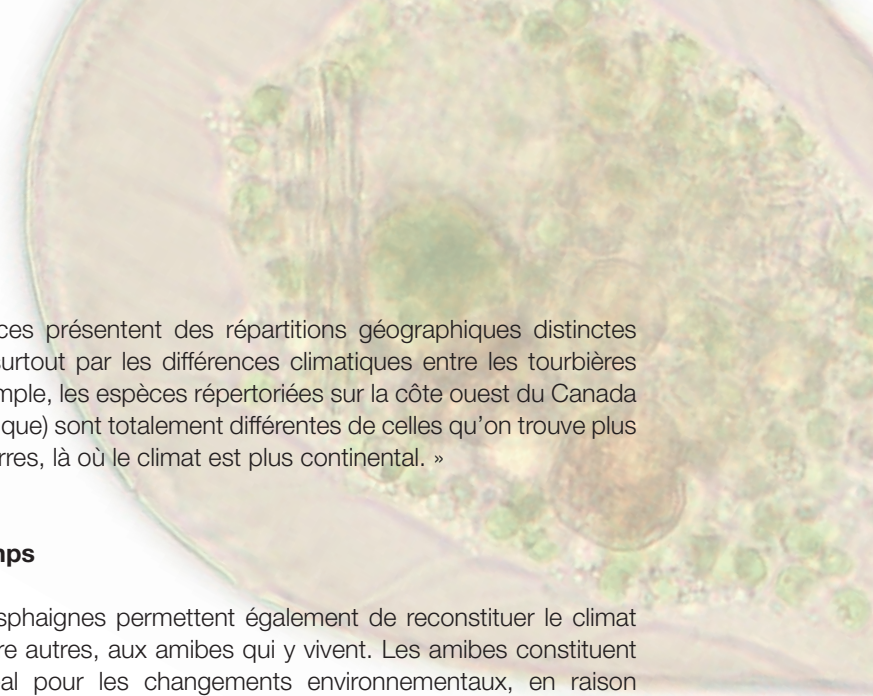
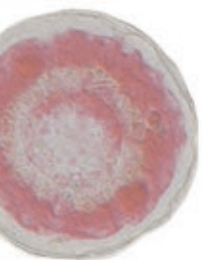
Heger. Ces espèces présentent des répartitions géographiques distinctes qui s'expliquent surtout par les différences climatiques entre les tourbières étudiées. Par exemple, les espèces répertoriées sur la côte ouest du Canada (Colombie britannique) sont totalement différentes de celles qu'on trouve plus à l'intérieur des terres, là où le climat est plus continental. »

Remonter le temps

Les tourbières à sphaignes permettent également de reconstituer le climat passé, grâce, entre autres, aux amibes qui y vivent. Les amibes constituent un indicateur idéal pour les changements environnementaux, en raison de leur vitesse de reproduction de quelques jours à quelques semaines, particulièrement adaptée pour détecter des modifications saisonnières du climat passé.

La technique consiste à découper des carottes dans la tourbe dont les couches successives permettent de remonter le temps à raison d'un an par millimètre de profondeur. Damien Zappa effectue un travail de master visant à reconstituer les conditions climatiques sur environ un siècle et demi, jusqu'au dernier petit âge glaciaire, en observant les communautés d'amibes qui seront découvertes dans les carottes de tourbe d'une cinquantaine de centimètres de profondeur.

« En fonction du mélange d'espèces que l'on rencontrera à différentes profondeurs de la carotte, on sera en mesure d'évaluer si les tourbières étaient plus sèches ou plus humides qu'aujourd'hui, relève Damien Zappa. Il sera possible de déterminer si, comme nous le pensons, les tourbières de plaines ont plus souffert du réchauffement climatique en cours que celles d'altitude. » Les résultats de cette étude seront un élément précieux pour mieux gérer les tourbières de Suisse, d'évaluer lesquelles sont les plus menacées et donc d'établir des priorités pour leur conservation.



L'insoupçonnable diversité des amibes

Le monde microscopique paraît *a priori* fort uniforme. Or rien n'est plus faux. Les amibes à coquille cachent une diversité insoupçonnée et la répartition de cette diversité ne se fait pas au hasard entre les régions du globe. C'est la principale conclusion d'une analyse génétique de 245 espèces d'amibes à coquille identifiées dans 35 échantillons provenant des quatre coins de la planète. La distribution de la diversité des protistes suit des règles déjà observées chez les plantes et les animaux macroscopiques.

Les quelque deux à trois mille espèces d'amibes répertoriées à ce jour devraient potentiellement être réparties de manière uniforme dans le monde. Les différences locales ne seraient dues qu'aux conditions écologiques agissant comme un filtre et ne permettant qu'à certaines espèces de se développer. Ce dogme a longtemps prévalu parmi les scientifiques. Or, l'étude d'Enrique Lara et de ses collègues indique tout le contraire : la diversité et la composition spécifiques des communautés diffèrent suivant les régions, avec une migration limitée par des obstacles naturels, comme la barrière des déserts de l'hémisphère nord, située aux alentours du tropique du Cancer.

Ces microorganismes, ayant besoin d'eau pour vivre, tolèrent mal les conditions d'aridité extrêmes qui caractérisent les déserts. En plus de cet environnement inhospitalier, aucun vent ne traverse ces contrées dans le sens nord-sud. « Or ce sont principalement les vents au niveau des terres, et les courants dans les mers, qui assurent le transport des protistes, rappelle Enrique Lara, principal investigateur de l'étude. Cette barrière désertique explique par exemple les différences entre les faunes protistiques du Mali et du Sahel. »

Convaincu que les communautés de protistes diffèrent selon les régions du globe, le chercheur avance pour preuve la corrélation entre la température et le nombre d'espèces recensées, pour autant qu'il s'agisse de zones

suffisamment humides. « Plus la température du milieu augmente, plus la diversité est grande, indique Enrique Lara. Cette même corrélation est aussi observée pour les animaux et les plantes macroscopiques. Ainsi, plus on se rapproche des tropiques en latitude, plus le nombre d'espèces augmente, une tendance également suivie par les populations d'amibes à coquille, tendance que les spécialistes appellent le gradient latitudinal de biodiversité. »

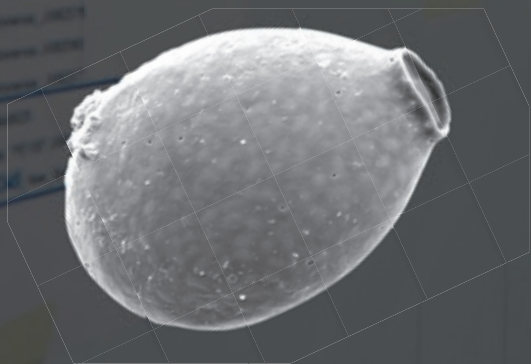
Avant les Andes

La répartition latitudinale des protistes se confirme dans une autre étude, menée par Leonardo Fernandez. Au bénéfice d'une prestigieuse bourse de l'Etat du Chili, ce biologiste a choisi de travailler dans le groupe de l'Université de Neuchâtel. Dans sa thèse, il a mis en évidence un pic de diversité en amibes au centre de son pays. Il l'explique par le fait que ces organismes y sont apparus il y a des dizaines de millions d'années. Leur présence a donc précédé la formation des Andes (il y a 55 millions d'années), du désert d'Atacama (il y a 3 millions d'années) au nord du Chili, de même que le refroidissement climatique du Quaternaire et les glaciations qui ont affecté le sud du pays (la dernière allait de -100'000 à -12'000 ans). Le climat tempéré et humide du centre convient parfaitement aux amibes, car c'est celui qui correspond le mieux au climat ancestral du groupe. Ce pic de diversité est le reflet d'un héritage acquis durant l'évolution.

Enrique Lara et ses collègues ont également examiné la relation entre la biodiversité des protistes et l'efficacité de la décomposition des sols, un facteur que l'on mesure par le rapport du carbone sur l'azote. « Plus ce rapport est petit, plus la décomposition est rapide. Il en résulte un dégagement plus important d'énergie biochimique qui favorise la multiplication de tous les organismes, ce qui augmente la biodiversité. Cette relation est également valable pour les amibes que nous avons répertoriées. »

Particularité neuchâteloise

Décrite par le doctorant David Singer, elle a été baptisée *Nebela gimlii*, en référence à Gimli, le célèbre nain de la saga du Seigneur des anneaux. Petite et trapue, elle habite, tout comme le personnage barbu, dans une forêt recluse, en l'occurrence celle de la tourbière du Cachot, dans la vallée de la Brévine. Cette amibe est la huitième espèce identifiée dans la Sibérie helvétique, une région riche en tourbières. Elle fut découverte dans la partie la plus sèche (autrement dit la pinède haute) de la tourbière.



« Les récoltes se sont déroulées au gré de nos voyages. Ainsi, un échantillon de sol ramené des Caraïbes par ma belle-mère présentait la plus grande diversité d'amibes parmi les 35 prélèvements examinés »

Enrique Lara



Le bain adéquat

La réussite d'une bonne croissance des amibes dépend aussi de la qualité de l'eau dans laquelle elles baignent. Le Laboratoire de biologie du sol de l'UniNE avoue un faible pour une marque célèbre dont la publicité vante les origines volcaniques. « L'eau du robinet subit parfois des traitements, au chlore par exemple, qui seraient nocifs pour les protistes, indique **Nathalie Amacker**. Cette eau en bouteille contient en revanche des sels minéraux qui peuvent au contraire faciliter la croissance des amibes. De plus, la composition de cette eau étant contrôlée, elle devrait rester constante, ce qui favorise la reproductibilité des expériences. Différents sels doivent tout de même être ajoutés afin d'avoir une pression osmotique adéquate, ainsi que de l'extrait de sol qui apporte des éléments améliorant la croissance. Il s'avère que ce milieu de culture convient bien aux *Euglypha*. »



Pesticides: quels effets sur les microorganismes ?

Mesurer les effets des polluants sur l'énorme diversité des organismes microscopiques constitue un domaine que les laboratoires d'écotoxicologie commencent à peine à explorer. En témoigne le travail de master en biogéosciences qu'entreprend Nathalie Amacker sous la codirection de Nathalie Chèvre (Université de Lausanne) et d'Edward Mitchell (Université de Neuchâtel). La jeune scientifique établit un protocole pour étudier les effets d'un pesticide sur une amibe, une première du genre.

Alors qu'ils constituent la majorité des êtres vivants de la planète et jouent des rôles essentiels dans le fonctionnement de tous les écosystèmes, les organismes microscopiques sont encore passablement négligés du point de vue écotoxicologique. Pour combler cette lacune, Nathalie Amacker met en place un protocole qui permettra de quantifier les effets d'un herbicide sur l'amibe à coquille *Euglypha rotunda*. « Ce protiste fait partie d'un groupe d'eucaryotes majeur (les Rhizaria) sur lequel aucun test écotoxicologique n'a été réalisé à ce jour, raison pour laquelle il constitue un bon candidat pour ces expériences », indique la jeune biologiste.

Quant à l'herbicide choisi, il s'agit du S-Métolachlore, un composé chimique bien connu des agriculteurs de notre pays. « On l'utilise sur les champs de maïs, de sorgho commun, de betteraves sucrières, de tournesol, ou encore de soja, entre autres », précise Nathalie Amacker. Son action consiste à bloquer la synthèse d'acides gras à très longues chaînes, important constituant de la membrane. Les caractéristiques de la membrane se voient modifiées avec comme conséquence une inhibition de la division cellulaire, qui n'est autre que le moyen de reproduction privilégié des protistes. Des effets qui ont déjà

été constatés sur des algues, ainsi que d'autres conséquences indésirables observées sur des diatomées, comme un changement de taille des individus ou un comportement de fuite. D'où l'intérêt de soumettre des amibes à cette substance.

Bactéries dans le viseur

L'impact du pesticide sur des bactéries, comme la célèbre *Escherichia coli*, sera aussi analysé, les amibes ayant besoin de celles-ci pour se nourrir. « *E. coli* sert de source de carbone aux protistes. D'autres bactéries auraient pu être utilisées, comme *Enterobacter cloacea*, mais comme la croissance des amibes s'est bien passée avec *E. coli*, j'ai gardé celle-ci pour mes expériences ». Il s'agira de voir si le pesticide exerce directement des effets sur *E. rotunda* ou plutôt sur des bactéries, qui ensuite se répercuteraient sur les protistes. Il se peut également que le pesticide agisse sur les deux organismes.

« Il est aussi possible que le pesticide n'ait aucun effet direct sur le protiste, mais qu'il tue seulement les bactéries, réduisant ainsi leur source de nourriture. Une diminution de la population des protistes serait ainsi observée, démontrant un effet indirect du pesticide », précise Nathalie Amacker. Cette mesure indirecte ne doit pas être interprétée comme une approche réductrice. Elle correspond en fait à la réalité des systèmes naturels. Il est donc pertinent de ne pas limiter les tests écotoxicologiques à des systèmes trop simplifiés, mais d'évaluer les effets des pesticides également sur des « mini-écosystèmes » comme des cultures de bactéries et leurs prédateurs amiboïdes.



DGP 2016

35th Annual Meeting of the German Society for Protozoology (Deutsche Gesellschaft für Protozoologie - DGP)

23-26 February, 2016

Saignelégier (JU), Switzerland

The meeting will cover a broad range of research topics within protozoology, including taxonomy, phylogenomics, evolution, parasitology, and cell biology.

Keynote Speakers

Dr. Colomban de Vargas – Diversity of marine protists

Leader of the group *Evolution of Pelagic Ecosystems and Protists*,
CNRS Station Biologique de Roscoff, UMR7144 - Team EPEP, France
http://www.cnrs.fr/inee/communication/breves/colomban_de_vargas.htm

Dr. Purification Lopez-Garcia – Microbial diversity and evolution

Leader of the research team *Microbial diversity, ecology and evolution*,
CNRS UMR 8079 - Univ. Paris-Sud, France
<http://www.esu-psud.fr/rubrique7.html?lang=en>

Prof. Alastair Simpson – Protist evolution

Professor in the Department of Biology at Dalhousie University, Halifax, Canada;
Fellow of the Canadian Institute for Advanced Research (CIAR) Program in Integrated Microbial Biodiversity.
<http://protists.biology.dal.ca/>

Prof. Julia Walochnik – Parasitology

Leader of the research unit Molecular Parasitology at the Medical University of Vienna, Austria.
<https://www.meduniwien.ac.at/hp/phd-immunologie/research-laboratories/julia-walochnik-phd/>

Organisation: Laboratory of Soil Biology, University of Neuchâtel

More info: dgp2016.wordpress.com

Contact: Prof. Edward Mitchell; edward.mitchell@unine.ch; Tél. : +41 32 718 23 45