

LUM

N°12
MARS /
JUN 2020

Le magazine science et société de l'Université de Montpellier

> Refuge
en Antarctique

> Dossier
La biodiversité
au second degré

Édito

La biodiversité au second degré

Nous pouvons tous le constater et nos chercheurs le confirment chaque jour : le réchauffement climatique est à l'œuvre. Quelles conséquences sur la biodiversité aujourd'hui ? Demain ? *Lum* vous révèle des bouleversements déjà bien visibles, tel le changement de visage de la flore française mis en évidence par des travaux menés avec l'Institut des sciences de l'évolution de Montpellier. *Lum* lève également le voile sur d'autres changements à venir, comme la baisse de la biomasse marine à l'horizon 2100, prédite par les chercheurs du laboratoire Biodiversité marine, exploitation et conservation. Une thématique brûlante à laquelle est consacré le dossier de ce douzième numéro.

Car l'Université de Montpellier – avec ses partenaires – est un acteur majeur de la recherche sur le réchauffement climatique, grâce à ses experts qui contribuent à faire prendre la pleine mesure de ce bouleversement planétaire. Ce sont eux, enseignants et chercheurs, qui nous aident à le comprendre, à en évaluer l'impact, à chercher des solutions pour y faire face.



Ce numéro de *Lum* décrypte également pour vous des recherches novatrices : une prothèse permettant de restaurer les sensations d'un membre amputé, la stratégie de dissémination adoptée par le virus Zika, ou encore un traitement permettant aux mères séropositives d'allaiter en toute sécurité.

Mais pour commencer, *Lum* vous emmène loin, très loin, dans les pas glacés de Nacim Guellati, étudiant à l'UM parti recenser les espèces marines présentes en Antarctique, potentiel refuge face au réchauffement climatique. Explorez notre portfolio pour suivre son aventure hors du commun et embarquer avec lui à bord de l'*Arctic Sunrise*, le mythique navire de Greenpeace.

Je vous souhaite une bonne lecture et vous donne rendez-vous en juin pour une prochaine parution.

Philippe Augé,
Président de l'Université
de Montpellier

« L'Université de Montpellier est un acteur majeur de la recherche sur le réchauffement climatique »



Découvrir

6

Refuge en Antarctique

10

Un stratège nommé Zika

12

Un traitement pour conjuguer sida et allaitement

14

Un pas de géant pour les prothèses



Dossier : La biodiversité au second degré

18

Flore en migration

20

La diversité comme moyen d'adaptation

22

Vers des océans dépeuplés

24

Le pari de l'adaptation



Être

26

Méditer au-delà des maux

28

Les têtes chercheuses de Karma

29

Dépolluer par les plantes

30

Tout un programme



6

Refuge en Antarctique

10

Un stratège nommé Zika

12

Un traitement pour conjuguer sida et allaitement

14

Un pas de géant pour les prothèses

Les chercheurs interviewés dans ce numéro

- P 6 : Nacim Guellati, UM
- P 10 : Raphaël Gaudin, Irim (UM - CNRS)
- P 12 : Philippe Van de Perre, Pathogénèse et contrôle des infections chroniques (U1058) (UM - Inserm)
- P 14 : David Andreu, Lirimm (UM - CNRS), David Guiraud (INRIA, Sophia-Antipolis Méditerranée)
- P 18 : Vincent Devictor, Isem (UM - CNRS - IRD - EPHE)
- P 20 : Sébastien Puechmaille, Isem (UM - CNRS - IRD - EPHE)
- P 22 : Yunne Shin et Olivier Maury, Marbec (UM - CNRS - IRD - Ifremer)
- P 24 : David Mouillot, Marbec (UM - CNRS - IRD - Ifremer)
- P 26 : Tu-Anh Tran, CHU Nîmes
- P 28 : Thomas Bessede (UM), Elsa Frisot, CBS (UM - CNRS)
- P 29 : Pauline Adler, ChimEco (UM - CNRS)
- P 30 : Anastasia Bolotnikova, Lirimm (UM - CNRS)
- P 31 : Jérôme Munzinger, AMAP (UM - CIRAD - CNRS - INRAE - IRD)

Lum - magazine de l'Université de Montpellier

163 rue Auguste Broussonnet - 34 090 Montpellier - www.umontpellier.fr

Directeur de publication // Philippe Augé

Réalisation // Service communication - communication@umontpellier.fr

Rédactrice en chef // Aline Périault - aline.periault@umontpellier.fr - tél. : 04 34 43 31 89

A collaboré à ce numéro // Lucie Lecherbonnier

Conception graphique et mise en page // Caroline Macker, Thierry Vicente

Illustrations // Thierry Vicente

Impression // JF impression - 96 rue Patrice Lumumba - 34 075 Montpellier

Tirage // 6 000 exemplaires - Dépôt légal // Mars 2020 - ISSN // 2431-1480



Refuge en Antarctique

Les pôles vont-ils devenir un refuge pour la faune fuyant l'activité humaine et ses conséquences ? « Notre hypothèse est qu'avec le réchauffement climatique et la pression de la pêche industrielle, de nouvelles espèces viennent trouver refuge en Antarctique, notamment en période estivale » explique David Mouillot, chercheur au laboratoire Marbec (Biodiversité marine, exploitation et conservation).

Pour vérifier cette hypothèse le laboratoire a rejoint l'association écologiste Greenpeace pour une expédition de sept semaines en Antarctique. Du 5 janvier au 13 février 2020, c'est donc Nacim Guellati étudiant en licence de biologie et stagiaire à Marbec, qui a embarqué à bord du mytique *Arctic Sunrise* en tant que spécialiste de l'ADN environnemental. Une technique développée par la société Spygen, partenaire de Marbec, permettant de récolter, en filtrant l'eau, des fragments d'ADN laissés par les organismes et de révéler ainsi la présence d'espèces jusque-là invisibles aux chercheurs. « Il a fallu s'adapter aux conditions parfois difficiles, improviser, mais cette mission est une réussite, déclare le jeune biologiste. Nous avons pu échantillonner 6 sites au lieu des 4 initialement prévus. »

Mer de Weddell, îles Shetland, île de l'Eléphant... Plus d'une soixantaine d'échantillons prélevés dans différentes zones de la péninsule Antarctique ont ainsi pu être récoltés et sont en cours d'analyse. « Nos résultats doivent impérativement servir à la création de réserves marines en Antarctique pour sanctuariser ce patrimoine », souligne Nacim Guellati. Aujourd'hui seuls 2 % de l'Antarctique sont protégés, laissant la quasi-totalité de ce continent à la merci des industriels de la pêche et de l'énergie.



De nombreuses espèces peuplent l'Antarctique, parmi lesquelles le léopard des mers, l'albatros à sourcils noirs ou les manchots.



Elephant Island, Yankee Harbor, King George Island, Paradise Bay ou encore la mer de Weddell, la mission a exploré l'ensemble de la péninsule Antarctique.

▲
L'eau est filtrée en surface à bord d'un zodiac ou en eaux profondes depuis l'Arctic Sunrise. Les filtres sont ensuite conservés dans une solution permettant de préserver l'ADN.



Quel est le point commun entre Ulysse, et le virus Zika ? La ruse !
Tel le héros de l'Odyssée, Zika utilise la stratégie dite du « cheval de Troie » pour tromper et assaillir le cerveau de son hôte. Un mythe version éprouvette, dévoilé par l'Institut de recherche en infectiologie de Montpellier et publié dans la revue *Nature Communication*.

Un stratège nommé

Le cerveau est une forteresse que le corps humain s'emploie à défendre de toute intrusion extérieure grâce à ce que l'on appelle la barrière hémato-encéphalique. Celle-ci est composée d'une armée de cellules « reliées entre elles par des jonctions extrêmement serrées au point que même l'eau ou le sang ne passe pas », décrit Raphaël Gaudin, virologue à l'Institut de recherche en infectiologie de Montpellier. *Et un virus, c'est quand même beaucoup plus gros qu'une molécule d'eau !*

Cheval de Troie

Et pourtant, force est de constater que certains d'entre eux ne se gênent pas pour envahir nos boîtes crâniennes. Parmi ses conquérants indésirables on trouve le virus Zika. « *Ce processus de transmigration de Zika vers le cerveau avait déjà été observé mais son mode opératoire restait un mystère pour les chercheurs* » explique le biologiste. Si la stratégie du cheval de Troie est connue des virologues depuis les années 80, Raphaël Gaudin et son équipe ont été les premiers à tester ce scénario *in vivo* sur Zika et un sous-type de globules blancs appelés monocytes.

Deux types d'expériences ont ainsi été menées. Des monocytes humains infectés par le virus Zika ont d'abord été injectés chez des embryons de poissons-zèbre, un modèle animal populaire en biologie pour sa quasi-transparence. « *Nous avons utilisé une lignée de poissons modifiée génétiquement pour que les cellules de leurs vaisseaux sanguins expriment la GFP, autrement dit pour qu'elles deviennent vertes et nous avons suivi, en temps réel et en 3D, le parcours du virus dans les vaisseaux du poisson* ». Les chercheurs ont ainsi pu observer une accélération de la transmigration des monocytes infectés vers le cerveau par rapport aux globules sains.

Talon d'Achille

La poursuite de cette filature s'est effectuée *in vitro*. L'équipe de Raphaël Gaudin a collaboré avec un laboratoire hollandais spécialisé dans la création d'organoïdes cérébraux, des « mini-cerveaux » produits à partir de cellules souches embryonnaires. « *Ces organoïdes ont été placés sous une barrière de cellules hémato-encéphaliques par-dessus laquelle nous avons introduit des monocytes infectés, des monocytes sains et du virus libre* ». Encore une fois, les chercheurs ont constaté une plus grande dissémination du virus dans le cerveau par les monocytes infectés.

Une découverte prometteuse qui pourrait bien devenir le talon d'Achille de Zika et ouvrir la voie à de nouvelles applications thérapeutiques pour combattre le virus, car si ce dernier s'avère asymptomatique chez l'adulte dans 85 % des cas, il peut très rarement être à l'origine du syndrome de Guillain-Barré voire d'encéphalites sévères. « *Plus récemment une étude a indiqué que le virus pourrait être responsable, chez le singe, de certaines altérations des connexions cérébrales impliquées dans les comportements émotionnels et sexuels* » ajoute le chercheur.



Un fil d'Ariane contre le cancer ?

L'équipe de Raphaël Gaudin s'attache désormais à comprendre les mécanismes à l'œuvre dans l'infection du monocyte par Zika. Les chercheurs ont en effet constaté que le virus agissait à l'intérieur du globule blanc pour modifier les molécules responsables de l'adhésion. « *Lorsqu'on observe la façon dont un monocyte sain et un monocyte infecté adhèrent aux cellules des vaisseaux sanguins dans lesquels ils veulent migrer, on constate que le monocyte infecté s'étale beaucoup plus. Cela implique énormément de choses !* »

Comprendre ce phénomène pourrait permettre non seulement d'inhiber la migration des monocytes infectés, mais, au-delà de Zika, de « *provoquer des migrations de monocytes lorsque cela est nécessaire* s'enthousiasme Raphaël Gaudin. *Mieux : nous pourrions comprendre et peut-être agir sur le phénomène de migration des métastases !* ». L'étude de Zika deviendrait alors, un nouveau fil d'Ariane dans la lutte contre le cancer. **LL**

Zika loin du mythe...

Le virus Zika a été découvert dans la forêt Zika en Ouganda en 1947. C'est entre 2015 et 2016 qu'il se fait connaître du grand public en provoquant une très grande épidémie dans plusieurs états du nord-est du Brésil. Le virus se contracte essentiellement par la piqûre de moustique type *Aedes* ou par transmission sexuelle et transfusion sanguine. Si les symptômes liés à Zika sont généralement sans gravité pour l'homme adulte, sa transmission de la femme enceinte au fœtus peut entraîner chez le nouveau-né des malformations cérébrales sévères dont la microcéphalie. En 2019, l'OMS rappelait que 87 pays sont encore impactés par Zika. En France la même année, les deux premiers cas de contaminations autochtones sont apparus dans le Var.

Un traitement pour conjuguer

sida & allaitement

Comment allaiter son enfant, quand on est séropositive, sans risquer de lui transmettre le VIH ? Philippe Van de Perre, qui travaille sur cette épineuse question depuis plus de 30 ans, a mis au point un protocole permettant de diminuer drastiquement le risque de contamination via le lait maternel.

Chaque année, 160 000 nouveau-nés sont infectés par le virus du sida, principalement en Afrique. Si c'est 3 fois moins qu'il y a 20 ans, c'est encore 160 000 de trop pour Philippe Van de Perre. Le virologue est le premier à avoir mis en évidence, en 1991, le fait que le virus puisse se transmettre de la mère à l'enfant au cours de l'allaitement. « Nous suivions alors 212 mères et leur bébé, au Rwanda, tous et toutes séronégatifs à l'accouchement. Seize mois plus tard, 15 mères étaient devenues séropositives, ainsi que 8 enfants ». Seule explication possible : le VIH avait été transmis aux nourrissons via le lait maternel.

Contamination par le lait maternel

« Les contaminations des bébés résultent dans un tiers des cas de la transmission du virus pendant l'accouchement, et pour les deux autres tiers au cours de l'allaitement maternel » détaille Philippe Van de Perre. En l'absence de traitement, un nourrisson allaité par sa mère séropositive a 30 % de risque de contracter le VIH. Un enjeu majeur quand on sait que sans prise en charge médicale, la mortalité des enfants infectés atteint 50 % au cours de leur première année. Suite à ces révélations, l'Organisation mondiale de la santé a décidé de recommander aux femmes infectées par le VIH d'éviter l'allaitement quand une alternative est possible et sûre. « Une recommandation impossible à appliquer dans la plupart des pays africains, pour différentes raisons, qu'il s'agisse de la pression culturelle, du coût du lait maternisé ou encore de l'accès à l'eau potable... », explique le spécialiste.

Vers une stratégie « vaccinale »

On les appelle les anticorps monoclonaux neutralisants. « Il s'agit d'anticorps humains qui sont capables d'empêcher la réplication du VIH », explique Philippe Van de Perre. Une seule injection de ces anticorps pourrait permettre de protéger contre une éventuelle infection pendant 4 à 6 mois. « Dans les régions du monde où le VIH circule beaucoup, en particulier chez les jeunes femmes, nous souhaitons administrer une injection de ces anticorps à tous les nouveau-nés à la naissance puis à 4 mois, à 8 mois et à 12 mois si l'enfant est encore allaité ». Un programme qui concerne également les bébés dont la mère n'est pas infectée par le VIH à leur naissance : « en effet, si elle contracte le virus pendant l'allaitement, le nouveau-né est très fortement exposé. En faisant une injection quel que soit le statut VIH de la mère ont protégé tous les enfants ». Cette stratégie dite d'immunoprophylaxie passive est d'ores et déjà en phase 2 de test afin de vérifier la bonne tolérance chez les enfants.

Alors comment permettre aux femmes séropositives d'allaiter leur bébé sans risque de les contaminer ? Dans un premier temps, les chercheurs ont commencé par donner aux mères un traitement destiné à supprimer les particules virales du lait maternel. « Grâce à ce traitement, le plus souvent, nous ne détectons plus le virus dans le lait », explique Philippe Van de Perre. Mais malgré le traitement maternel, de nombreux enfants continuaient à contracter le VIH. Si les chercheurs constatent que de nombreuses mères allaitantes ne prennent pas scrupuleusement leur traitement, ce qui limite son efficacité, ce n'est pas la seule explication. « Nous nous sommes également aperçus qu'en plus des particules virales, le lait maternel contient des cellules infectées par le virus qui elles ne sont pas éliminées par le traitement antirétroviral et peuvent transmettre l'infection aux nourrissons », révèle Philippe Van de Perre.

Aucun effet secondaire

Face à cette découverte, le virologue et son équipe proposent une nouvelle stratégie thérapeutique : administrer un traitement antirétroviral directement au bébé, en plus du traitement pris par la maman. « Il s'agit d'un simple sirop pédiatrique donné à l'enfant, le traitement est très bien toléré et nous n'avons pas observé d'effets secondaires ». Et les résultats sont éloquentes : avec ce nouveau protocole, le taux d'infection des bébés passe à moins de 1 % !



« On peut aujourd'hui envisager d'éliminer la transmission du VIH de la mère à l'enfant »

Depuis décembre 2019, Philippe Van de Perre mène en Zambie et au Burkina-Faso un programme unique au monde visant à optimiser la stratégie de prévention recommandée par l'OMS. Lors de la visite vaccinale des nouveau-nés âgés de 6 à 8 semaines, les chercheurs pratiquent un test de dépistage du sida chez toutes les mères et leur bébé. « Si on découvre qu'une mère est séropositive pour le VIH et que son bébé n'est pas infecté, on

prescrit un traitement antirétroviral à la mère, ou on le renforce si celle-ci est déjà sous traitement. On prescrit aussi un traitement à l'enfant jusqu'à la fin de l'allaitement ». Un dépistage très précoce qui doit s'accompagner d'une campagne d'information : « pour être efficace le traitement doit être bien suivi, il est donc capital d'informer la mère sur le risque de contamination encouru par son bébé en cas d'arrêt du traitement ».

Cette étude en cours est regardée de très près par l'OMS qui pourrait bientôt établir de nouvelles recommandations officielles afin que ce protocole soit appliqué partout dans le monde. « Entre ce protocole dit « de rattrapage » et la nouvelle stratégie vaccinale que l'on développe (lire encadré), on peut aujourd'hui envisager d'éliminer la transmission du VIH de la mère à l'enfant ». 



Faire d'une prothèse un membre sensible, capable de faire ressentir à son porteur le contact avec l'environnement ? C'est le pari fou remporté par un consortium de chercheurs européens dont les résultats ont été publiés dans la revue *Nature Medicine*. Au cœur de cette innovation : la technologie de stimulation neurale sélective apportée par Camin, une équipe montpelliéraine.

Un pas de géant pour les prothèses



Imaginez une prothèse de jambe capable de restaurer chez son porteur la sensation d'un contact. Redécouvrir la tiédeur du sable en été, la mollesse d'une terre humide ou encore la rugosité d'un tapis élimé, alors même que les récepteurs générant ces sensations ont été supprimés avec le membre amputé. De la science-fiction à la réalité il n'y a parfois qu'un pas, que la science vient de franchir en implantant avec succès les premières neuroprothèses à retour sensoriel sur un membre inférieur après y être déjà parvenue sur le membre supérieur.

EPIONE c'est le nom de ce projet mené par un consortium européen composé de chercheurs italiens, suisses, allemands et français où chacun a apporté le meilleur de son expertise. « Les allemands par exemple c'est les électrodes, nous notre spécialité c'est la stimulation neurale sélective. Il faut voir cette prothèse comme une chaîne complète qui relie des capteurs à un stimulateur lui-même relié à des électrodes » explique David Andreu, chercheur au laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier (Lirimm) et membre de l'équipe Camin.

Une chaîne complète

À la base de cette chaîne il y a donc les capteurs installés sur la prothèse et dont le rôle est de recueillir, grâce à leurs 36 points de contact, des informations sur l'environnement extérieur. Le sol est-il plus ou

moins dur, lisse, chaud ? L'information est ensuite reçue par le stimulateur implanté dans le corps du patient. Ce stimulateur, conçu par l'équipe montpelliéraine, est la clé de voûte du fonctionnement de cette prothèse révolutionnaire. Il doit à la fois traduire l'information des capteurs en signaux électriques et utiliser ces derniers pour stimuler, via les quatre électrodes implantées dans le nerf, la zone correspondant à la sensation voulue. « C'est le cœur de notre savoir-faire, notre stimulateur sait générer cela en excitant précisément une zone ».

« Pour bien comprendre le mécanisme de retour sensoriel on peut comparer le nerf à un gros câble à l'intérieur duquel on trouverait une multitude de petits fils : les axones, poursuit David Andreu. En fonction des axones que l'on stimule, on génère des sensations particulières. C'est ce qui permet au patient d'intégrer réellement la prothèse dans son schéma corporel. » Chaque électrode dispose de 16 points de contact avec le nerf activant ainsi des jeux d'axones différents pour faire remonter vers le cerveau toute une palette de sensations. L'intensité avec laquelle les axones sont stimulés fait ensuite varier l'intensité de la sensation ressentie.

Une cartographie propre à chacun

Problème, la correspondance entre les axones et une sensation varie d'un individu à l'autre, il est donc nécessaire de configurer le stimulateur en

réalisant une cartographie avec chaque patient après son implantation. « Pour un point donné, il faut que le patient caractérise ce qu'il ressent mais également le seuil à partir duquel il le ressent, le seuil maximum à partir duquel il ressent de la douleur... Les premiers essais ça prenait la journée pour explorer toute la panoplie de possibles » explique David Guiraud, chercheur à l'Institut national de sciences et technologies du numérique (INRIA) et responsable de ce projet dans l'équipe Camin.

Une expérimentation lourde pour les patients dont les sensations ont été testées plusieurs heures par jour pendant les six mois qu'ont duré les essais. « Comme il s'agissait d'expérimentation, le stimulateur était externe et les électrodes sortaient donc de leur corps ce qui impliquait de rester à l'hôpital pour éviter tout risque infectieux » ajoute David Andreu.

Des pieds et des mains

Si ces premiers essais sur l'homme effectués en Serbie ont été un succès, leur réalisation aura demandé beaucoup d'implication de la part des patients bien sûr, mais aussi des chercheurs. « Nous avons assisté à toutes les opérations afin de tester les électrodes et de s'assurer qu'elles n'avaient pas été endommagées par le chirurgien au cours de la pose » se souvient David Guiraud. « Nous avons ensuite suivi à distance l'évolution des électrodes pour adapter la stimulation. »

Les deux chercheurs ont aujourd'hui quitté l'équipe Camin pour lancer leur propre spin-off baptisée Neurinnov. Et après le retour sensoriel sur les membres amputés, les scientifiques ont décidé de travailler sur la préhension pour rendre à des patients tétraplégiques le contrôle de leur main. « C'est la même chose mais dans l'autre sens : on ne cherche plus à créer un retour sensoriel à partir d'une prothèse mais à redonner de la motricité à une vraie main » explique David Andreu. Un nouveau défi que les deux scientifiques devraient relever... haut la main !

« En fonction des axones que l'on stimule, on génère des sensations particulières »



La biodiversité au second degré

Ce sont quelques degrés qui bouleversent la planète. Le réchauffement climatique a en effet d'ores et déjà des impacts considérables sur la biodiversité. Et demain ? Comment préserver au mieux le fragile équilibre qui régit la vie sur Terre ? *Lum* donne la parole à ses experts qui contribuent à nous donner la pleine mesure de ce dérèglement. À le comprendre, à en évaluer l'impact, à chercher des solutions pour y faire face.

Flore en migration

La flore française n'est plus telle qu'elle était il y a 10 ans. Des chercheurs viennent en effet de montrer que l'identité et l'abondance des espèces végétales dans l'Hexagone a changé entre 2009 et 2017. En cause ? Le réchauffement climatique.

Comment les plantes sont-elles affectées par le réchauffement climatique ? Si les chercheurs ont depuis longtemps montré que la hausse des températures modifie l'aire de distribution de nombreux animaux comme les oiseaux ou encore les poissons, les conséquences sur la flore restaient mal connues... Jusqu'ici. Une étude récente a en effet exploré l'évolution des espèces végétales entre 2009 et 2017 et ses résultats sont sans appel : la flore française est en train de changer.

Sciences participatives

« Des résultats croustillants : clairs, nets, et solides », souligne Vincent Devictor. Le chercheur de l'Institut des sciences de l'évolution de Montpellier a participé à cette vaste étude menée grâce notamment au programme de sciences participatives Vigie-Flore. Des botanistes amateurs ou professionnels qui échantillonnent la flore sauvage aux quatre coins de la France et partagent leurs observations avec le Muséum national d'Histoire naturelle. Une avalanche de données précieuses pour les chercheurs. « Au total ce sont 320 observateurs bénévoles qui ont suivi plus de 3 000 sites chaque année pendant 9 ans avec un protocole d'observation standardisé », explique Vincent Devictor. Ce sont ainsi 2 500 espèces végétales qui ont été suivies en plaine dans différents milieux — urbains, agricoles, forestiers ou en prairie — sur les 6000 espèces de plantes qui existent en France métropolitaine.

« La végétation française est composée de plus en plus d'espèces tolérant bien les températures élevées »

Pour apprécier l'évolution de la flore, les chercheurs ont pris en compte la préférence thermique de chaque plante. « C'est la température optimale nécessaire à leur développement, leur température préférée », précise le chercheur. Ces derniers ont considéré cet indice pour un assemblage de 550 espèces représentatives de la flore commune de l'Hexagone. « Nous avons ensuite calculé la température moyenne préférée de cet assemblage et observé son évolution au cours du temps ». Les chercheurs se sont alors aperçus que cette fameuse température moyenne préférée avait augmenté entre 2009 et 2017.

Température préférée

En pratique ? « Cela signifie que la végétation française est composée de plus en plus d'espèces tolérant bien les températures élevées au détriment d'espèces préférant les climats plus frais ». Les végétaux à préférence thermique forte sont de plus en plus présents et colonisent de nouveaux territoires. C'est notamment le cas de l'Avoine barbe ou du Brome de Madrid à qui la situation semble profiter. À l'inverse les espèces à préférence thermique faible ont vu leur abondance décliner et ont perdu du terrain à l'image de la Renouée faux-liseron ou du Cerfeuil sauvage qui disparaissent à des endroits où elles étaient présentes il y a peu. Un réel changement de visage de la flore française en seulement 8 ans.

Une évolution aussi rapide peut-elle être causée par le réchauffement climatique ? Pour le vérifier

les chercheurs ont étudié les relevés de températures des sites suivis par les observateurs de Vigie-Flore et ont constaté une hausse significative des températures moyennes entre 2009 et 2017. « Cette augmentation semblait liée aux modifications constatées au sein des communautés végétales », précise l'écologue. En effet, les sites avec variations importantes de températures sont aussi ceux qui ont subi un fort remplacement d'espèces au cours du temps, les espèces les moins tolérantes à la chaleur cédant la place aux plus tolérantes.

Temps court

De là à dire que le réchauffement climatique est responsable de cette modification de la flore, il n'y a qu'un pas... « Mais avant de le franchir il fallait s'assurer que d'autres facteurs comme la préférence des plantes aux nitrates ou au CO2 ne soient pas res-

ponsables de cette modification », ajoute Vincent Devictor. Des paramètres qui n'ont pas significativement changé au cours du temps sur les sites suivis. « On peut donc affirmer clairement que le réchauffement climatique est directement responsable de ces réarrangements de la flore sauvage. C'est la première fois qu'une réponse de la flore à la hausse des températures est mise en évidence à l'échelle nationale sur un temps aussi court », insiste l'écologue.

Avec quelles conséquences ? « On pourrait y voir une bonne nouvelle en se disant que la flore s'ajuste rapidement face à la hausse des températures, mais il est très peu probable que cet ajustement thermique se fasse parfaitement, tempère le chercheur. Il y aura un retard qui risque de se répercuter sur l'ensemble des écosystèmes, car les plantes sont à la base de la survie de l'ensemble des autres groupes », rappelle Vincent Devictor. À méditer lors d'une future balade dans la garrigue... dans le nord de la France. 

La diversité comme moyen d'adaptation



La diversité génétique réduit le risque d'extinction des populations face au réchauffement climatique. C'est ce qu'a démontré une équipe de chercheurs qui a étudié le génome des chauves-souris afin de mieux prédire leur devenir lors de la hausse des températures. Des résultats qui ouvrent de nouvelles pistes pour mieux préserver les espèces.

Comment les différentes espèces animales vont-elles réagir face au changement climatique ? « Certains scénarios considèrent que les animaux vont tout simplement remonter vers le Nord au gré du réchauffement pour y retrouver les températures qui leurs sont propices », explique Sébastien Puechmaile. Un modèle qualifié de « naïf » par le chiroptérologue de l'Institut des sciences de l'évolution de Montpellier (Isem).

« Ce n'est pas si simple, beaucoup d'animaux se déplacent en fait très peu. C'est par exemple le cas du petit rhinolophe, une espèce de chauve-souris dont on a montré qu'elle progresse moins vite que le réchauffement climatique ». Quant à celles qui parviendraient à suivre, encore faut-il que la destination réponde à leurs besoins notamment alimentaires. « De nombreuses chauve-souris sont insectivores, si les proies dont elles se nourrissent n'ont pas suivi cette nouvelle distribution, alors les conditions de leur survie ne sont pas réunies, c'est ce qu'on appelle un mismatch ».

Résister au chaud

« Si l'on veut modéliser le devenir des populations face au réchauffement climatique, on ne peut pas juste prendre en compte la température et l'humidité, il y a en réalité beaucoup de paramètres à considérer. » Dont un qui, jusqu'ici, avait fait l'objet de peu

d'études : la diversité génétique. « Il s'agit de considérer la variabilité des populations au sein d'une même espèce », précise le chiroptérologue. Par exemple au sein d'une même population de chauves-souris, certains individus sont génétiquement plus adaptés à résister au chaud ou au froid.

Pour appréhender ce paramètre, Sébastien Puechmaile et ses collègues ont développé une nouvelle approche : ils intègrent le potentiel d'adaptation génétique dans les modèles qui prédisent l'évolution de l'aire de distribution d'une espèce, en réponse au changement climatique. Pour cela les chercheurs ont analysé les données génomiques de deux espèces de chauves-souris originaires de la Méditerranée, une région particulièrement affectée par la hausse des températures.

Couloirs forestiers

« L'analyse de l'ADN de 278 chauves-souris a permis d'identifier et de différencier les individus qui sont adaptés pour prospérer dans des habitats chauds et secs de ceux adaptés à des habitats plus froids et humides », explique le chercheur. Une diversité importante à considérer car ce potentiel d'adaptation génétique confère une meilleure chance de survie à ces individus lors de l'élévation des températures ou de sécheresse. En effet, en cas d'élévation des températures, les populations d'individus adaptées aux habitats plus froids et humides déclineront, sauf si celles-ci reçoivent des individus des populations adaptées aux habitats chauds et secs qui apporteront avec eux la part de diversité génétique nécessaire à l'adaptation, réduisant ainsi le risque d'extinction.

Encore faut-il que les chauves-souris des différents habitats puissent se rejoindre... « Ce sont des espèces qui vivent dans des forêts, et elles ont besoin de couloirs forestiers pour se déplacer d'une zone à une autre, explique Sébastien Puechmaile. Si le couvert forestier est favorable au déplacement des chauve-souris, il y a une bonne connectivité entre les populations, ce qui maximise l'arrivée d'individus adaptés et favorise la survie des populations par rapport à ce que prévoient les modèles classiques qui n'intègrent pas ce paramètre ».

Préserver l'habitat

Des résultats qui peuvent donner lieu à des prévisions plus précises des effets du réchauffement climatique, mais qui encouragent également à mieux réfléchir les stratégies de conservation. « Outre le fait qu'il existe des barrières géographiques limitant les déplacements, tels que les Pyrénées et les Alpes, les politiques ont jusqu'à présent très rarement pris en compte l'importance de ces couloirs forestiers à l'échelle d'un pays voire d'un continent. L'habitat de ces espèces est donc globalement morcelé, ce qui est un frein au déplacement des individus », précise le chercheur. « Il est essentiel de préserver l'habitat pour assurer la survie des espèces face au changement climatique, et pour cela il faut raisonner à grande échelle, ce n'est pas juste une gestion locale, mais internationale qui s'impose ».

Un enjeu clé pour l'avenir de ces petits mammifères volants qui ont déjà vu leur population chuter drastiquement après la seconde guerre mondiale, « à priori en grande partie à cause de l'usage des pesticides et des changements de pratiques agricoles ». On compte aujourd'hui 1400 espèces de chauves-souris dans le monde, et certaines espèces sont considérées comme d'ores et déjà disparues.

« Il s'agit de considérer la variabilité des populations au sein d'une même espèce »

▲ Le murin cryptique
(Myotis crypticus)
© M. Ruedi
Museum Geneva

Vers des océans dépeuplés

Un océan plus chaud et moins peuplé. C'est ce qui se profile à l'horizon 2100 d'après l'analyse la plus complète des effets du changement climatique sur les écosystèmes marins publiée jusqu'à aujourd'hui. D'après cette étude, si l'émission des gaz à effet de serre se poursuit au rythme actuel, 17 % de la biomasse mondiale d'animaux marins pourraient disparaître d'ici 2100. « Il s'agit du poids total des animaux marins tels que les poissons, les invertébrés et les mammifères marins dans l'océan », précisent Yunne Shin et Olivier Maury, co-auteurs de l'étude et chercheurs au laboratoire Marbec (Biodiversité marine, exploitation et conservation).

Les grands animaux marins menacés

Pourquoi le réchauffement climatique affecte-t-il les populations des océans ? « Deux grands processus sont à l'œuvre : l'augmentation de la dissipation et la baisse de la production primaire, répond Olivier Maury. L'augmentation de la température de l'eau va entraîner une accélération de tous les processus biologiques car le métabolisme est plus rapide dans un milieu plus chaud. Ce phénomène entraîne une augmentation de la dissipation énergétique ». Un métabolisme plus rapide implique donc un besoin accru de ressources.

Mauvaise nouvelle : la quantité de ressources disponibles va justement diminuer, c'est ce que les chercheurs appellent la baisse de production primaire : « Il s'agit en fait du phytoplancton, explique Yunne Shin. Ces cellules végétales microscopiques sont à la base de toutes les chaînes alimentaires des océans, et avec le réchauffement climatique et l'acidification des océans, la densité de phytoplancton va diminuer ». Une baisse de l'ordre de - 8 % à -12 % à l'échelle globale selon les estimations.

Cette diminution de la production primaire impactera plus fortement les grands animaux marins, dont beau-

coup sont déjà dans une situation préoccupante. « La baisse du phytoplancton a des répercussions plus importantes en haut de la chaîne alimentaire, c'est un effet domino qu'on appelle le processus d'amplification trophique », expliquent Yunne Shin et Olivier Maury.

Stress majeur

Le réchauffement climatique aura donc des conséquences inégales selon les espèces, mais aussi selon les régions. Et ce sont les zones intertropicales qui paieront le plus lourd tribut. « D'après certains modèles, la température de l'eau pourra atteindre 35 degrés dans certaines régions du Pacifique ouest qui deviendront inhabitables ». Conséquences : les populations océaniques vont migrer vers les pôles ce qui va redessiner totalement les cartes mondiales.

S'il est possible que l'on assiste à une augmentation de la biomasse dans certaines régions polaires autour de l'Arctique et de l'Antarctique, il est certain que l'on observera une diminution drastique dans de nombreuses régions océaniques tempérées et tropicales : « La biomasse y diminuera très fortement, de - 40 à - 50 %, alors même que ce sont des zones où la biodiversité marine est déjà fortement affectée par les activités humaines », précise Yunne Shin.



Réduire les émissions de gaz à effet de serre protégerait (aussi) la biodiversité marine. Une nouvelle étude montre en effet que le réchauffement climatique diminuera drastiquement l'abondance des animaux dans l'océan.

Et les conséquences ne se limiteront pas à la vie aquatique : « ce sont justement des régions où les populations humaines dépendent directement des ressources océaniques pour se nourrir, complète Olivier Maury, c'est donc aussi une question de sécurité alimentaire mondiale ». Dans ces régions, le changement climatique va ainsi constituer un stress majeur non seulement pour les écosystèmes marins, mais aussi pour les sociétés humaines.

Prévention et adaptation

Pour les chercheurs, le maître mot à la lumière de ces scénarios est l'anticipation. « Il faut bien évidemment faire le maximum pour limiter les émissions de CO₂, mais il faut aussi reconsidérer les mesures de préservation de la biodiversité et de gestion des pêches à l'aune du changement climatique », recommandent-ils. Cette nouvelle étude constitue ainsi une incitation supplémentaire à développer une pêche durable et adaptative qui devra contribuer à nourrir les 11 milliards d'êtres humains qui peupleront la planète à l'horizon 2100.

« D'un côté le nombre d'humains va augmenter, et de l'autre les ressources marines, qui contribuent de manière essentielle à la sécurité alimentaire mondiale, risquent de diminuer, jusqu'à 30 à 35 % selon certains modèles », alerte Olivier Maury. « Il est urgent que les gouvernants, à toutes les échelles, s'emparent de nos résultats. Nos scénarios peuvent permettre d'anticiper les menaces et d'élaborer les stratégies de prévention et d'adaptation. L'enjeu est clair : il s'agit d'éviter ce que nous ne pourrions gérer, et de se donner les moyens de gérer ce que nous ne pourrions éviter ».



Une expertise unique

Pour élaborer ces scénarios, 35 chercheurs de 12 pays et 4 continents sont réunis au sein du consortium international FishMIP (Fisheries and marine ecosystem model intercomparison project), un groupe d'experts et de modélisateurs travaillant sur la dynamique des écosystèmes marins dans le contexte du changement climatique. D'après leurs simulations, la biomasse des animaux marins diminuera quels que soient les scénarios d'émission de CO₂ envisagés. « Cette baisse se limiterait cependant à 5 % si le réchauffement planétaire était limité à 2 degrés », précisent les chercheurs.

« 1,5 degré, plus aucun scientifique n'y croit ! Déjà si on reste sous les 2 degrés on sera très chanceux ! Dans le passé, l'effondrement des sociétés a presque toujours été la conséquence d'un manque d'adaptation. » Pour David Mouillot, chercheur au laboratoire de biodiversité, d'exploitation et de conservation marine de Montpellier (MARBECC), « il est urgent que la communauté internationale s'adapte ». Car si cette barre fatidique des 2 degrés venait à être franchie, 90 % de la population humaine mondiale seraient exposés à des pertes de productivité importantes dans les secteurs de la pêche et de l'agriculture.

90 % de la population mondiale touchée

Un chiffre issu d'une étude internationale menée par MARBECC et des laboratoires canadien, anglais, et australien. L'économie, l'emploi et le bol alimentaire sont les trois indices retenus pour mesurer la dépendance des pays à leur agriculture et à leur pêche, « combien d'emplois cela fournit, quel pourcentage du PIB ou quelle part du bol alimentaire quotidien ça représente » détaille David Mouillot.

D'après les différentes modélisations du climat futur, « les zones les plus impactées sont l'Asie du Sud-Est et l'Afrique. La Nouvelle-Zélande est très touchée sur son agriculture, en Indonésie ce sera la pêche, Madagascar où l'Éthiopie risquent de connaître des famines terribles. » Et si les scientifiques avaient espéré que des phénomènes de compensation entre agriculture et pêche permettraient de limiter les dégâts, les conclusions de l'étude ne vont malheureusement pas dans ce sens.

Quelques gagnants seulement

D'autres pays, parmi les gros émetteurs de CO₂, font également partie des perdants. Les États-Unis risquent de voir leur production de blé et de maïs ainsi que leur pêche très ralenties. Idem pour l'Arabie-Saoudite, l'Inde, la Chine... « Ce qui est totalement aberrant c'est qu'ils sont perdants mais qu'ils ne font pas d'efforts pour réduire leurs émissions de CO₂ » s'indigne le chercheur.

La maison ne brûle cependant pas à la même vitesse pour tout le monde, ainsi 3 % de la population pourraient bénéficier de gains de productivité d'ici 2100. Parmi ces grands gagnants : le Canada, le Japon, la Russie, la Scandinavie ou encore l'Angleterre. « Si les ressources se raréfient, si le blé est moins productif aux États-Unis ou en Ukraine il va se vendre plus cher. Les Canadiens s'adaptent et commencent à en cultiver. »

▼
Maintenir l'augmentation de la température sous le seuil de 2 degrés voire 1,5 degré ! C'est l'enjeu des accords de Paris ratifiés par plus de 200 états en 2015. Faute de le respecter, 90 % de l'humanité sera impactée par une forte baisse de la production agricole et de la pêche, d'après une étude internationale publiée dans *Science Advance*.



Le pari de l'adaptation

S'adapter pour résister

Le respect des accords de Paris limiterait pourtant ces pertes de productivité pour la plupart des pays, y compris les plus vulnérables, passant de -25 % à -5 % pour l'agriculture et de -60 % à -15 % pour la pêche. « Il nous reste dix ans, cela va très vite et nous sommes déjà en retard par rapport aux accords de Paris ! Dans tous les cas il va falloir adopter des stratégies d'adaptation et modifier nos modes de consommation » prévient le biologiste.

Choisir des cultures plus résistantes à la chaleur, remplacer le maïs par du blé, consommer de nouvelles espèces de poissons. « Il va falloir vous préparer à servir à vos invités de la méduse, du poulpe ou du poisson-lion... L'adaptation c'est un changement de culture aussi dans ce sens-là ! »



26

Méditer au-delà des maux

28

Les têtes chercheuses de Karma

29

Dépolluer par les plantes

30

Tout un programme



Soigner – et guérir – certains maux de l'enfance, grâce à la méditation. C'est la promesse tenue du Pr Tu-Anh Tran. Le pédiatre a développé une méthode de méditation adaptée à l'enfant qui donne des résultats spectaculaires, et permet même parfois de se passer des médicaments usuellement prescrits.

Méditer au-delà des maux

Méditاسoins

Pour partager largement les bienfaits de cette méthode non-médicamenteuse, Tu-Anh Tran a écrit le livre Méditاسoins. Au travers de 20 cas cliniques, le pédiatre montre la marche à suivre. Il explique comment apprendre aux enfants à méditer et donne les outils de base : 14 méditations simples à pratiquer à tout moment, allongé, assis, debout, en marchant... Pour faciliter l'apprentissage, les 10 méditations les plus importantes sont guidées par la voix du professeur Tran grâce à une version audio téléchargeable. « On peut les pratiquer avec des enfants dès 4 – 5 ans », précise l'auteur. Un ouvrage à destination des parents, mais aussi des personnels soignants, éducateurs et enseignants.

Thierry Souccar Editions
Septembre 2019



Alex a 9 ans, et pour lui ce n'est pas facile. Il est très angoissé, impulsif. Il a des tics importants : racle sa langue jusqu'au sang, a de brusques mouvements de tête, se fait des croche-pattes... Parfois il débite des avalanches de gros mots. À la maison, le moment du coucher génère des angoisses incoercibles, il hurle et se tape la tête sur son lit. À l'école, Alex a du mal à lire, à comprendre, à se concentrer. Il s'agite beaucoup. Alex présente un trouble du déficit de l'attention avec hyperactivité, ou TDAH.

Alors ses parents emmènent Alex consulter le Pr Tu-Anh Tran, chef du service de pédiatrie au CHU de Nîmes... Deux mois plus tard, les tics ont disparu. Et si de temps en temps un juron ou un croche-pied surgit encore, Alex est beaucoup plus calme et plus posé. Comment Tu-Anh Tran a-t-il soigné Alex ? Grâce à la méditation ! « Méditer, c'est observer ce qui se passe dans son corps et son esprit pour comprendre les phénomènes à l'intérieur de soi », explique le pédiatre, qui médite lui-même depuis 30 ans. De cette observation, vient la compréhension qui permet le dénouement des situations de blocage physique ou psychique à l'origine de la souffrance. »

Observer ce qui se passe dans son corps et son esprit

Lorsqu'il rencontre le jeune Alex, le médecin analyse que son mental va très vite, mais que son corps est plus lent. Raison pour laquelle son corps n'arrive pas à suivre ses pensées : il s'agite, tombe, bégaye, est pris de tics. « Grâce à la méditation, je l'ai amené à ralentir son esprit et à détendre son corps

afin de mieux articuler ses mouvements et ses pensées et de retrouver une gestuelle harmonieuse », explique Tu-Anh Tran, qui a créé un diplôme d'université Méditation et santé.

La pratique de la méditation s'est répandue dans le monde occidental dans les années 1980, avec l'essor de la *mindfulness*, la méditation de pleine conscience. Dès cette époque, certains psychologues pour enfants tentent de proposer cette pratique à leurs petits patients. « Un échec, explique Tu-Anh Tran, car la façon qu'ils ont eu de présenter la méditation sous un angle intellectuel ne leur était pas du tout adaptée. Avec les enfants, pas de discours, tout passe par la sensation corporelle. »

Résultats spectaculaires

Et les sensations des enfants, Tu-Anh Tran les connaît bien. Il y a 10 ans, le médecin travaille à l'hôpital Bicêtre. Spécialiste des maladies inflammatoires et rhumatologiques de l'enfant, il prend en charge des petits patients atteints d'algodystrophie ou de fibromyalgie, qui ont mal en permanence. « Des douleurs qui parfois n'étaient même plus soulagées par les médicaments », explique le pédiatre. Alors le praticien met en place des séances de méditation pour ces enfants. « Les résultats ont été spectaculaires, se souvient Tu-Anh Tran, les enfants avaient beaucoup moins mal et regagnaient de la motricité. »

Pour obtenir une telle amélioration, le pédiatre a mis au point une pratique de la méditation spécifiquement adaptée à l'enfant. Une méthode en deux

phases. Premier objectif : se calmer. « Pour cela les enfants commencent par pratiquer la respiration consciente. Il ne faut penser qu'à respirer, ce qui permet de se recentrer. L'esprit revient au corps et à l'instant présent, sans vagabonder entre le futur et le passé. »

Affronter les souffrances pour guérir

Une fois que les enfants ont perçu le pouvoir de concentration de la respiration consciente, le professeur Tran aborde la deuxième phase. « Se calmer permet de mieux affronter les souffrances pour parvenir à la guérison, c'est une phase qui est trop souvent négligée dans la pratique occidentale de la méditation, et pourtant c'est ce qui soigne ». Et des enfants, le médecin en a soigné beaucoup. Souffrances physiques, stress, troubles de la concentration, troubles de l'apprentissage, hyperactivité, troubles alimentaires, angoisses, troubles du sommeil, anxiété, échec scolaire, déscolarisation, dépression, phobies, maladies chroniques, pathologies inflammatoires et auto-immunes, douleurs aiguës et chroniques... La liste des maux qui peuvent être soulagés par la méditation est longue. « Parfois cette pratique permet même de diminuer ou d'arrêter complètement un traitement médicamenteux », précise le médecin.

Elle contribue aussi à ramener un équilibre dans des familles parfois mises à mal par les difficultés de leur enfant. « Beaucoup de parents viennent me voir en disant "J'ai tout essayé !", ils sont les premiers surpris des changements qui interviennent grâce à la pratique de la méditation. » Et ils ne sont pas les seuls : la directrice de l'école d'Alex a été tellement impressionnée par ses progrès qu'elle a demandé à Tu-Anh Tran d'enseigner ses techniques de méditation aux enseignants afin qu'ils puissent les pratiquer avec leurs élèves... 

Les têtes chercheuses de Karma



Imaginez un ciseau moléculaire capable de dégrader une protéine en la coupant exactement là où l'on souhaite. Karma, c'est le nom de ce projet réalisé par quatorze étudiants montpelliérains et récompensé dans le cadre du prestigieux concours international de biologie synthétique organisé chaque année à Boston.

de se fixer sur une cible précise. » Parmi ces anticorps, l'équipe IGEM a sélectionné le VHH et l'a donc fusionné avec une protéase aspécifique afin d'amener celle-ci jusqu'à la cible voulue.

Une expérience réussie

Pour observer l'effet du ciseau Karma sur une protéine ciblée, les jeunes biologistes ont utilisé la GFP, une protéine dont la particularité est de diffuser une lumière fluorescente verte. « Pour l'expérience nous avons ajouté sur la GFP un petit tag ou une étiquette bloquant cette fluorescence. L'objectif était de guider notre protéase associée au VHH sur ce tag afin de le dégrader et de permettre à la GFP de briller à nouveau » décrit Thomas. Et l'expérience est une réussite !

Reconnu et récompensé à Boston, le projet Karma, patiente désormais dans les frigos du CBS avec l'espoir qu'un chercheur motivé prolonge l'expérience pour développer pleinement son potentiel et peut-être trouver de nouvelles applications thérapeutiques.

« Dans beaucoup de pathologies comme le cancer ou la maladie d'Alzheimer, la recherche a identifié le rôle joué par certaines protéines dans le développement de la maladie, explique Thomas Bessede, étudiant en master 1 BIOTIN (Master Biologie santé). Les médicaments actuels font appel à des molécules chimiques pour les bloquer ». Problème, ces molécules pharmaceutiques ne ciblent pas toujours les protéines incriminées et provoquent donc des effets secondaires.

Des molécules capables de dégrader les protéines existent naturellement dans notre corps, ce sont les protéases. Certaines d'entre elles sont très spécifiques et permettent de cibler efficacement un type de protéine. « Malheureusement, détaille Elsa Frisot, doctorante au CBS et encadrante de l'équipe, on n'a pas de protéase spécifique pour chaque type de protéine, et s'il existe bien des protéases aspécifiques, elles risquent là encore d'entraîner des effets secondaires. »

Une tête-chercheuse

Les quatorze étudiants engagés dans le concours international IGEM (*International genetically engineered machine*) se sont donc attelés à ce problème et ont imaginé un outil moléculaire révolutionnaire : un ciseau à protéines capable de les dégrader de manière très ciblée. « Nous nous sommes inspirés de l'outil CRISPR-cas 9, un ciseau génétique permettant de cibler et de découper une séquence d'ADN spécifique », souligne Thomas Bessede.

Pour réaliser cet outil, l'équipe s'est intéressée aux anticorps, dont la force est d'être vraiment conçus pour cibler une protéine, à l'image d'une « tête-chercheuse ». « Aujourd'hui en labo on est capable de concevoir des anticorps pour tout. Chaque anticorps a la capacité

Pauline Adler est au chevet des sols pollués, qu'elle guérit avec... des plantes. Des travaux de recherche à la frontière entre la chimie et l'écologie qui lui ont valu de décrocher le « prix jeunes talents l'Oréal pour les femmes et la science ».



© Fondation l'Oréal

Dépolluer par les plantes

Ce sont des terres arides, à vif. De leur couverture végétale il ne reste rien après le passage d'une industrie qui a tout rasé afin d'accéder au sol pour exploiter les précieux minéraux qu'il recèle. Plus rien... ou presque. « Sur ces anciens sites miniers, on trouve en fait certaines plantes qui poussent sur une terre pourtant toxique pour la plupart de leurs congénères », explique Pauline Adler.

Phyto-extraction

Au sein du laboratoire de chimie bio-inspirée et d'innovations écologiques, la jeune chercheuse étudie avec Claude Grison ces plantes particulières, dites métalophytes. « On dit également que ce sont des plantes hyperaccumulatrices de métaux lourds, elles sont capables d'extraire et de stocker des substances comme le nickel, le manganèse ou encore le zinc. C'est ce qu'on appelle de la phyto-extraction ».

Des propriétés qui les rendent précieuses aux yeux de Pauline Adler. « Nous les utilisons justement pour restaurer ces anciens sites miniers où elles sont utiles à double titre ». D'une part, ces plantes permettent de revégétaliser ces sols nus à la merci de l'érosion et de les stabiliser afin d'éviter que le vent et la pluie ne dispersent ces particules toxiques. « D'autre part leurs propriétés hyperaccumulatrices permettent littéralement de dépolluer les sols de ces métaux lourds ».

Ecocatalyseurs

Car zinc, manganèse ou nickel, une fois captés par les plantes, restent prisonniers de leurs feuilles. C'est là que les chimistes entrent en piste. « La particularité de nos travaux, c'est que nous sommes capables de récupérer ces métaux lourds afin de les valoriser en les utilisant par exemple dans l'industrie chimique ou pharmaceutique où ils servent de catalyseurs à de nombreuses réactions chimiques », détaille la chercheuse. Des « ecocatalyseurs » qui ont un bel avenir devant eux à l'heure où l'on mise sur l'économie circulaire.

Pauline Adler et ses collègues se lancent aujourd'hui un nouveau défi : la dépollution des eaux. « Certaines plantes aquatiques ont elles-aussi des propriétés phytoaccumulatrices, nous misonn dessus pour décontaminer les systèmes aquatiques, comme par exemple en Nouvelle-Calédonie où des rivières sont polluées par le nickel issu des sites miniers ».



© Jean-Charles Caslot - Fondation L'Oréal

Spécialiste des interactions physiques homme-robot, Anastasia Bolotnikova programme Pepper pour accompagner les personnes âgées ou fragiles dans leurs gestes quotidiens. Une petite révolution portée par cette doctorante du laboratoire d'informatique de robotique et de microélectronique de Montpellier dont les travaux sont déjà remarquables.

Tout un PROGRAMME

Hal-9000, Astro et C-3PO peuvent aller s'habiller. Voici Pepper ! Plus Wall-E que Terminator, la mission de ce petit robot humanoïde est d'assister les personnes âgées ou fragiles dans leurs mouvements quotidiens. Aux manettes de ce bijou technologique, Anastasia Bolotnikova, doctorante au Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier (Lirmm).

Une expérience extraordinaire

À seulement 26 ans, cette geek de l'informatique et des mathématiques manie les algorithmes comme d'autres les clés à molette. Une marionnettiste 3.0 face à laquelle Pepper n'a pas résisté longtemps. « Je le programme, il bouge et fait ce que je lui demande, c'est quand même une expérience extraordinaire. »

Le temps de l'*Odyssée de l'espace* et des : « I'm sorry Dave, I'm afraid I can't do that » semble bel et bien révolu pour les robots. Et c'est calibré au millimètre que Pepper ira remplir sa délicate fonction : « Aider les personnes en compensant leurs faiblesses, en les soutenant quand ils font un geste ou qu'ils bougent » explique Anastasia qui, en spécialiste de l'interaction physique homme-robot, opère à la frontière de ces deux univers. « Programmer un robot, c'est complexe mais comprendre comment les gens veulent bouger, c'est bien plus compliqué encore. »

De Airbus à SoftBank

C'est en Estonie en 2014 que la jeune Anastasia découvre la robotique. Son université dispose alors d'un petit robot NAO rendu célèbre dès 2005 par la start-up française Aldebaran avant qu'elle ne soit rachetée par la japonaise SoftBank Robotics. « C'était ma première rencontre avec un robot, peut-être que tout part de là. » Deux ans plus tard, étudiante en master d'informatique, elle décide de venir en France et réalise son stage au Lirmm où elle travaille, « en collaboration avec Airbus, sur le contrôle multitâche des robots humanoïdes ».

Un travail déjà salué par le « *best student paper award* » décerné en Chine en 2017. Dans la foulée, elle est recrutée par SoftBank pour programmer Pepper dans le cadre d'une thèse. Un pied dans l'entreprise, l'autre toujours au Lirmm. Une situation qui satisfait pleinement la doctorante : « C'est différent de la recherche pure, en entreprise il y a un scénario pour inscrire la recherche dans un business plan. Avec cette expérience, je serai en mesure de choisir entre le public ou le privé. »

Dans le monde réel

Un avenir à l'image de son travail... programmé ! Lauréate en 2019 du prestigieux prix Jeunes talents-France décerné par la fondation L'Oréal-Unesco, la chercheuse n'a pas hésité quant à l'utilisation des 15 000 € attribués. « C'est une opportunité unique de développer mon parcours professionnel en allant rencontrer les meilleurs scientifiques mondiaux dans mon domaine. » Au programme, le Japon bien sûr, mais avant tout « l'Italie ou l'Allemagne qui excellent en robotique ».

En attendant, son idylle avec Pepper continue et avant de voir s'envoler sa maîtresse, celui-ci dispose d'un an pour se perfectionner en situation réelle auprès de résidents d'EHPAD volontaires. Un aboutissement pour Anastasia Bolotnikova qui y voit l'occasion de « montrer que [s]es recherches fonctionnent et sont utiles dans le monde réel. »

Emmy, 5 ans



Comment choisit-on le nom des plantes ?

Il faut savoir que les plantes peuvent avoir plusieurs noms. D'abord, elles ont ce que l'on appelle un nom commun ou nom vernaculaire. C'est ce nom que tu utilises sans le savoir quand tu parles de pâquerette, de chêne ou de tulipe. Il est souvent facile à apprendre, mais il a un inconvénient : il change selon les pays, selon la langue, voire même à l'intérieur d'un même pays. Par exemple, le hêtre est appelé « fayard » dans certaines régions de France, « beech » en anglais, « haya » en Espagnol.

Mais les plantes ont aussi un nom scientifique, qui semble souvent plus compliqué à dire, car il est en latin, mais c'est le même qui est utilisé partout dans le monde, quelle que soit la langue. Pour le hêtre, c'est *Fagus sylvatica*. Donc, pour répondre à ta question, c'est ce nom scientifique que l'on donne lorsqu'on nomme une espèce inconnue de la science. Quand le ou la botaniste donne un nom à cette nouvelle plante, il la décrit en même temps pour que l'on puisse la reconnaître. Cela se fait en la comparant avec les autres plantes, en expliquant en quoi elle est différente.

Un code à respecter

C'est la personne qui décrit la plante qui choisit le nom qu'elle portera. Il peut la nommer à peu près comme il le souhaite, à condition de respecter quelques règles qui sont écrites dans le code de botanique (ICBN). Un livre un peu comme le code de la route, qui dit ce que l'on doit faire ou pas lorsque l'on donne un nom à une plante.

Le nom est souvent choisi en fonction de quelque chose de spécial chez la plante, par exemple si elle a de petites fleurs (*parviflora*), si elle pousse dans les forêts (*sylvatica*) ou en altitude (*alticola*). Cette approche peut avoir ses limites, car si une plante semble remarquable par ses grandes feuilles, elle est nommée *grandifolia*. Si on en trouve une autre dont les feuilles sont encore plus grandes, on dira *megaphylla*, mais l'on risque de manquer de vocabulaire au fur et à mesure des découvertes.

Beaucoup de plantes sont dédiées à des gens, souvent à ceux ou celles qui les ont récoltées pour la première fois : des grands explorateurs du passé, mais aussi parfois des gens encore vivants, que l'on remercie de cette façon. Enfin, de nombreuses plantes portent le nom de l'endroit où elles ont été trouvées, ou dont elles sont endémiques (la seule région où elles poussent) comme le Ciste de Montpellier, le Silène de France ou la Salsepareille de Nouvelle-Calédonie.

Jérôme Munzinger
botaniste au laboratoire botanique et modélisation de l'architecture des plantes et des végétations (AMAP)

Un article en partenariat avec le site *The Conversation*





Université de Montpellier

www.umontpellier.fr