

CARTE
BLANCHEUne plante carnivore
à table avec
un champignon

Par ALICE LEBRETON

Rossolis, la « rosée du soleil » : quel nom délicat pour cette petite plante carnivore, aussi appelée « drosera », qui s'épanouit sur les sols humides. Elle le doit aux perles translucides qui ornent la surface velue de ses feuilles tout au long du jour, au lieu de s'évaporer comme la rosée matinale. De fait, ce ne sont pas des gouttes de rosée qui, suspendues à l'extrémité de fins appendices tentaculaires, reflètent les rayons du soleil, mais un film gluant sur lequel les insectes restent collés comme sur un ruban attrape-mouches. Les poils qui forment ce piège se recourbent alors vers la surface de la feuille, puis le gel adhésif qu'ils sécrètent, acide et riche en enzymes de dégradation, digère les proies capturées. Les nutriments ainsi libérés sont absorbés par la plante, puis les poils se redressent jusqu'à une nouvelle capture.

Le rossolis n'est toutefois pas le seul convive présent à ce festin, car des centaines de micro-organismes colonisent ses sécrétions digestives gélatineuses. De la même manière que notre flore intestinale contribue à la dégradation et à l'assimilation des aliments, les résultats d'analyses du microbiote obtenus chez différentes espèces de plantes insectivores depuis une dizaine d'années laissent envisager que certains microbes facilitent la digestion des proies. Une étude publiée dans le numéro d'octobre de la revue *Nature Microbiology* vient confirmer cette hypothèse en caractérisant le microbiote des droseras et en détaillant le rôle coopératif qu'y joue un champignon microscopique.

Coévolution ancienne

Basée à l'université de Taiwan et aidée de collaborateurs au Royaume-Uni et aux États-Unis, l'équipe de recherche a recensé et quantifié les bactéries et les champignons hébergés par quatre espèces de droseras poussant dans leur milieu naturel, puis les a comparés aux microbes présents sur les mousses et autres plantes sauvages voisines. Parmi plus d'un millier d'espèces identifiées dans les échantillons collectés dans les trois pays, un champignon filamenteux, *Acrodontium crateriforme*, se démarque par sa fréquence et son abondance. La spécificité de cette association, retrouvée tout autour du monde, témoigne d'une coévolution ancienne entre ce champignon et les rossolis, unis par un bénéfice réciproque.

Acrodontium crateriforme s'avère bien adapté à la vie dans les sucs digestifs acides des droseras, avec une croissance optimale à des pH compris entre 4 et 5. La comparaison de son génome à celui de champignons apparentés révèle de nombreuses pertes de gènes, traces évolutives d'une spécialisation de cette espèce vers une niche écologique restreinte. Comme d'autres champignons symbiotiques de plantes, *Acrodontium crateriforme* a notamment perdu la capacité de dégrader la paroi des cellules végétales, pacifiant ainsi les rapports avec son hôte, dont il partage le menu ; tous deux prospèrent en effet lorsque des fourmis broyées sont mises à leur disposition comme ressources nutritives.

La digestion du rossolis est même accélérée en présence du champignon, et ses pièges à insectes se rouvrent plus rapidement que lorsque la plante est cultivée seule. Un duo de gènes complémentaires assure la digestion optimale des proies ; chaque espèce y joue sa partition d'enzymes de dégradation et de transporteurs, et l'expression de certains gènes est démultipliée lorsque les deux espèces cohabitent. Par exemple, la voie de dégradation de la chitine (qui structure la carapace des insectes mais aussi la paroi des champignons) est induite par la plante aussi bien en présence de proie que d'*Acrodontium crateriforme*. Cette voie est, à l'origine, une réponse protectrice des plantes contre les champignons pathogènes. Chez les droseras, elle a été détournée vers la digestion des insectes, tout en conservant sa fonction initiale : limiter la prolifération d'un invité, certes obligeant, mais qui pourrait devenir envahissant. ■

Alice Lebreton

Directrice de recherche à l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (Inrae), Institut de biologie de l'École normale supérieure

Brisons les limites des disciplines
pour voir le monde de façon plus réaliste

TRIBUNE - Les chercheurs Bernard Lahire, Arnaud Orain et Marc-André Selosse plaident pour la mise en place de ponts entre sciences sociales et sciences du vivant dans l'enseignement

Les disciplines que sont les sciences du vivant, la sociologie et l'économie développent chacune leur savoir-faire et leur efficacité sur une facette du monde. Leurs liens sont souvent teintés d'indifférence, voire envenimés, dans les milieux universitaires, par une compétition pour les ressources. Il en résulte que notre société apprend à loucher : le monde qui nous entoure est unique, mais nous en construisons des visions indépendantes et porteuses de prédictions parfois contradictoires... donc en partie fallacieuses.

De nombreux auteurs ont observé que nos sociétés avaient oublié qu'elles faisaient partie intégrante du vivant, ce qui explique les crises environnementales et sanitaires qu'elles traversent. Or, l'interdisciplinarité entre économie, sociologie et sciences du vivant offrirait une image beaucoup plus nette de ce que nous sommes et de notre avenir.

Les biologistes découvrent que l'information génétique se transmet entre organismes qui coexistent. On pensait qu'elle se transmettait surtout des parents aux enfants : voilà qu'on démontre que des fragments d'ADN passent, par des mécanismes divers, d'un être vivant à l'autre, y compris d'espèces différentes. Mais, si les biologistes s'étaient intéressés à l'information culturelle, une autre information portée par le vivant, qui vient des parents et circule aussi entre individus, cela aurait-il été aussi inattendu ? La biologie doit prendre en main l'humanité comme source d'inspiration.

Les économistes *mainstream* intègrent l'environnement dans leurs modèles par le biais des prix et des services que rendrait la nature à la production de richesses et au climat. En s'intéressant aux sciences du vivant, ils apprendraient qu'il est impossible de dissocier un prétendu service rendu par telle ou telle entité non humaine, car de leurs interactions naissent des résultats supérieurs à la somme de ce qu'on leur attribue individuellement. Exemple, il est impossible de séparer les effets pollinisateurs des abeilles de l'action d'innombrables insectes, vers et autres micro-organismes des sols.

Si les économistes intégraient réellement l'écologie scientifique, leur discipline chercherait en permanence à décrire ces interactions entre satisfaction des besoins humains et non humains, au bénéfice de tous. Elle pourrait, par exemple, envisager l'effet d'une variation des taux d'intérêt sur les populations animales (la construction de logements et de routes que ces taux affectent à des effets sur les zones humides, les terres arables et les forêts qu'habitent ces animaux).

Il est de même crucial pour les sociologues de tenir compte du fait qu'*Homo sapiens* est issu d'une longue histoire évolutive, et que la vie sociale et la transmission culturelle précèdent de très loin son apparition. En faisant comme si tout, dans les sociétés humaines, était une affaire de construction culturelle arbitraire, nombre de sociologues sont victimes d'une théologie de l'autocréation culturelle de l'homme

DEPUIS
DES DÉCENNIES,
L'INTERDISCIPLINARITÉ
EST UN GRAAL
TOUJOURS
ENCENSÉ,
JAMAIS ATTEINT

par l'homme. Les connaissances produites en biologie évolutive ou en éthologie sur le comportement social des animaux non humains et les structures des sociétés non humaines n'ont cessé de faire varier la ligne de séparation entre humains et non-humains. Réinscrire l'histoire des sociétés humaines dans l'histoire du vivant, penser les interdépendances entre l'écologie, la génétique, l'épigénétique et le culturel, c'est se donner les moyens de faire progresser nos sciences de concert.

Nous proposons trois axes pour rendre nos formations plus interdisciplinaires. D'abord, dans l'enseignement secondaire, les programmes devraient contenir des thèmes à traiter conjointement par deux ou trois disciplines : la concurrence, le foncier et les terres, ou encore les questions de genre intéressent tout autant la biologie, l'économie et la sociologie. L'attention de tous les élèves, qui ont chacun une réceptivité variable à telle ou telle discipline, serait certainement plus soutenue et ils disposeraient d'une vue plus riche et complète du sujet.

Un deuxième axe serait de maintenir cette interdisciplinarité dans le supérieur. Pour cela, dans de nombreux cursus, du temps pourrait être économisé sur les matières dites « de sélection », enseignées bien au-delà de leur strict rôle dans les pratiques professionnelles. On devrait proposer des formations qui établissent des ponts entre sciences sociales et sciences du vivant. La transition écologique serait facilitée par l'existence de professionnels porteurs de l'ensemble de ces compétences.

Troisième axe, les chercheurs ne doivent plus uniquement relever des sillons creusés par chaque discipline. La qualification par le Conseil national des universités des prétendants interdisciplinaires est malaisée, comme en droit de l'environnement.

Depuis des décennies, l'interdisciplinarité est un Graal toujours encensé, jamais atteint. Les crises du climat et de la biodiversité, qui sont aussi des crises de l'humanité, font urgence. Brisons les limites des disciplines pour permettre aux générations suivantes de voir le monde de façon plus réaliste. Ce sera un premier pas pour leur donner une vision plus nette de ce qu'elles auront à affronter. ■

¶ Bernard Lahire, directeur de recherche CNRS, Arnaud Orain, directeur d'études à l'EHESS, et Marc-André Selosse, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, à Paris, et président de la Fédération BioGée

Le supplément « Science & médecine » publie chaque semaine une tribune libre. Si vous souhaitez soumettre un texte, prière de l'adresser à sciences@lemonde.fr

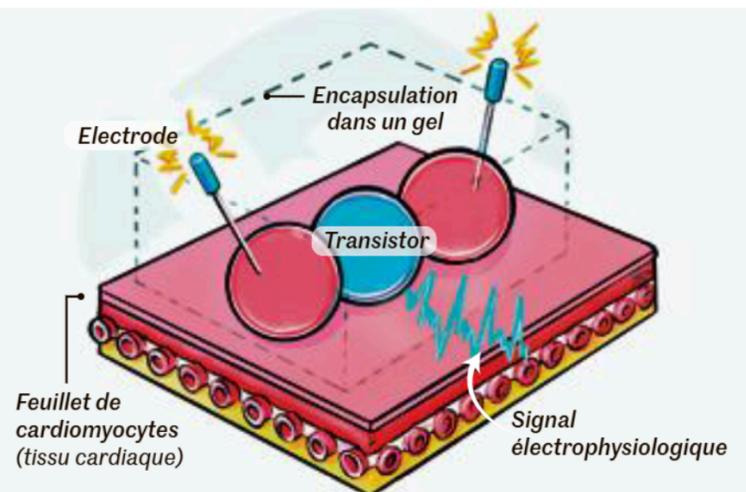
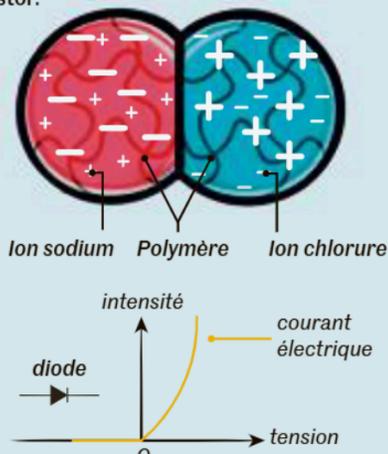
FAIRE DES CALCULS GRÂCE À DES IONS DANS DES GELS

Des perles gélatinées pour remplacer
l'électronique

Des perles gélatinées microscopiques, enrichies en sels chargés, sodium et chlore, peuvent être assemblées pour fabriquer des composants (électroniques, diode, transistor, portes logiques...) capables de s'interfacer avec les cellules biologiques.

Le principe de base : la diode

Une perle contenant des ions positifs est accolée à une autre pleine d'ions négatifs. Le contact crée un rééquilibrage des charges à l'intérieur, qui conduit l'ensemble à se comporter comme une diode, c'est-à-dire qui empêche le courant de circuler dans un sens. L'ajout d'une troisième perle crée un transistor.



Mesurer le rythme cardiaque

Posé sur un tissu de cellules contractiles du cœur, un « transistor » fait de trois perles et encapsulé dans un gel, enregistre l'activité électrique et le rythme cardiaque. Ce transistor se comporte comme un « robinet » électrique qui s'ouvre lorsque la perle centrale reçoit un signal envoyé par le tissu.

D'autres composants, des portes logiques

Les portes logiques servent à réaliser des opérations pour les calculs en ajoutant ou en soustrayant des signaux les uns aux autres.



Infographie : Le Monde, Sarah Berri-Source : Yujia Zhang et al., Science, 29 novembre

Une équipe de l'université d'Oxford (Royaume-Uni) associée à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (Suisse) vient d'inventer un domaine technologique, la « goutelectronique » ou l'art de manipuler les courants électriques à

l'aide de minuscules gouttes gélatinées. Comme les matériaux semi-conducteurs de la microélectronique, ces composants sont « dopés » avec différentes charges électriques. Ici, point d'électrons, mais des ions sodium ou chlore

qui circulent. L'association de gouttes positives et négatives sert à créer des diodes, des transistors, des portes logiques utilisées pour faire des calculs... comme présenté dans Science, le 29 novembre. L'équipe avait déjà créé une

source de courant et une batterie. La petite taille (une centaine de micromètres), la biocompatibilité et la sensibilité permettent de créer des capteurs pour des tissus biologiques ou des cellules. ■

DAVID LAROUSSIERE