

UNE COURSE CONTRE LA MONTRE POUR SAUVER LA BIOSPHERE

La rapidité du changement climatique est telle que les capacités d'adaptation du vivant, dont les services nous sont vitaux, se limitent dangereusement. L'écologue **Isabelle Chuine** explique comment ses recherches permettent d'anticiper les conséquences, pour mieux agir.

La biosphère constitue, avec l'atmosphère et la géosphère (1), avec lesquelles elle interagit très étroitement, notre système Terre. Elle en représente la partie vivante, à savoir l'ensemble des organismes vivants et les milieux dans lesquels ils vivent. Le terme biosphère renferme donc à la fois la notion de biodiversité, qui représente la diversité des organismes vivants (diversité des espèces mais aussi des gènes au sein d'une même espèce), et celle d'écosystème, qui représente un ensemble formé par une communauté d'êtres vivants interagissant entre eux et avec leur environne-

ÉCOLOGIE

Dans le cadre de notre partenariat avec l'Académie des sciences, les académiciens nouvellement élus fin 2019 présentent un éclairage sur leur discipline et ses enjeux scientifiques, éthiques, politiques et sociétaux, à travers leur expérience personnelle.

ment. La biosphère rend de très nombreux services à l'homme que l'on pourrait qualifier de vitaux tant sa santé, son alimentation et son bien-être en dépendent : approvisionnement (alimentation, matières premières, médicaments, etc.), régulation (qualité de l'air et de l'eau, fertilité des sols, contrôle des inondations et des épidémies, etc.), mais aussi valeurs culturelles, esthétiques et spirituelles. Une biosphère dégradée pose donc des problèmes immenses à l'homme.

En dehors de la notion de service écosystémique, qui reste dépendante du contexte et des divers intérêts socio-économiques en jeu, la perte de biodiversité

est un indicateur essentiel de l'état de dégradation de la biosphère. Selon les estimations des scientifiques, le taux d'extinction des espèces est actuellement au moins 10 fois supérieur à ce qu'il a été au cours des 10 derniers millions d'années et il ne fait qu'augmenter. Les causes de perte de biodiversité sont actuellement, par ordre d'importance : la destruction des habitats naturels, les prélèvements directs pour l'alimentation, la santé et la création de biens matériels, le changement climatique, la pollution et les invasions biologiques. Le changement climatique exacerbe actuellement les effets des autres pressions exercées par l'homme sur la biosphère, mais les travaux des scientifiques prévoient qu'il deviendra la première cause d'extinction d'ici à la fin de ce siècle.

L'EAU LIQUIDE ET SA RARETÉ

Si la biosphère, l'homme y compris, a déjà connu des changements climatiques importants au cours de son histoire, aucun n'aura été aussi rapide que celui que nous vivons actuellement, et ce point revêt une importance considérable. Plus que jamais, nous avons besoin de prévoir quelles seront toutes les conséquences qu'aura le changement climatique sur la biosphère afin de les anticiper et d'alerter notamment sur les points de non-retour tels que les extinctions d'espèces. Face à la diversité et à la complexité du monde vivant, cette tâche peut paraître titanesque et décourageante, mais nous n'avons d'autre choix que de relever ce défi, et



PROFIL

Écologue terrestre, directrice de recherche CNRS au Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (Cefe), **Isabelle Chuine** est membre de l'Académie des sciences. Spécialiste de l'adaptation des espèces végétales au climat, ses travaux visent notamment à fournir des projections fiables de leur devenir dans le contexte du changement climatique.

c'est ce qui motive mes recherches. Écologue, je m'intéresse à l'adaptation des êtres vivants au climat, en particulier à ses variations saisonnières et interannuelles. Le changement climatique s'est donc très rapidement imposé dans mes recherches.

Qu'est-ce qui détermine la répartition géographique d'une espèce ? Cette question a animé nombre de scientifiques depuis les lointaines explorations des premiers naturalistes aux XVIII^e et XIX^e siècles (de Buffon à Darwin) jusqu'à nos jours. Le changement climatique est une « expérience grandeur nature » à l'échelle humaine pour l'étudier. En effet, nombre d'espèces ont vu leur répartition géographique se modifier au cours du XX^e siècle, remontant vers les pôles ou les sommets des montagnes. Si le lien entre conditions climatiques et répartition géographique des espèces était bien établi depuis des décennies, voire des siècles, la nature profonde de ces liens est restée assez mystérieuse jusqu'à récemment. En alliant

l'écologie fonctionnelle (étude du fonctionnement des organismes vivants dans leur environnement) à la biogéographie (étude de la répartition spatiale des espèces), nous avons pu faire avancer cette question ces dernières années.

Il est essentiel de comprendre que l'eau sous forme liquide est nécessaire à toute forme de vie sur Terre, car elle possède les propriétés physico-chimiques permettant de transférer efficacement des substances d'une cellule à une autre, et d'une cellule à son environnement. Tous les êtres vivants ont acquis au fil de l'évolution des adaptations leur permettant de survivre dans des conditions où l'eau liquide fait défaut : les conditions très froides où l'eau se retrouve sous forme solide, et les conditions très chaudes et sèches où elle se trouve essentiellement sous forme gazeuse. Ces conditions impropres à la vie se rencontrent toute l'année dans les régions polaires et les régions désertiques, mais aussi chaque année saisonnièrement en dehors de la ceinture équatoriale (l'hiver ou l'été, selon les régions). Dans ce dernier cas, le plus répandu, l'adaptation la plus importante est sans doute la capacité à suspendre toute activité physiologique et métabolique pendant la période impropre à la vie. On l'appelle dormance, diapause ou hibernation, selon les espèces, et cette adaptation a façonné les cycles annuels de développement des espèces dans ces régions. Quand l'eau liquide devient trop rare, seules quelques espèces dites extrémophiles ont été évolutivement capables de repousser les limites du vivant en mettant en place des adaptations morphologiques et physiologiques très spécifiques.

RÉCHAUFFEMENT DE L'HIVER

Le changement climatique a profondément modifié le déroulement du cycle annuel de développement des espèces végétales, fongiques, microbiennes et animales, notamment celles qui ne régulent pas leur température corporelle. Les dates d'apparition au cours de l'année des différents événements qui rythment ce cycle (comme l'apparition des nouvelles feuilles ou fleurs chez les plantes, l'éclosion des œufs, etc.) sont très étroitement dépendantes des conditions météorologiques qui ont prévalu plusieurs semaines, voire plusieurs mois auparavant. Le réchauffement climatique a avancé la reprise d'activité des êtres vivants au printemps. Plus il fait chaud au printemps, plus le développement cellulaire est rapide.

Depuis les années 1990, cependant, la tendance à la précocité au printemps s'est ralentie, et nous avons montré que cela était dû au réchauffement de l'hiver. En effet, les plantes pérennes ont besoin d'un cer-)))

Le changement climatique a modifié en profondeur le déroulement du cycle annuel de développement des espèces végétales, fongiques, microbiennes et animales. Et le fonctionnement des écosystèmes.

Au-delà de la nécessité impérieuse de passer à une économie décarbonée, il est tout aussi vital de réduire les pressions sur les milieux naturels et la biodiversité, pour leur rendre leurs pleines capacités d'adaptation.

» tain nombre de jours de froid pendant l'hiver pour sortir de leur état de dormance hivernale. Les modèles que nous avons établis prévoient que ce manque de froid hivernal provoquera dans quelques décennies une impossibilité à sortir de cet état de dormance dans les régions méridionales pour nombre d'espèces. Les conséquences de ces changements dans les cycles biologiques sont multiples et très importantes. À l'échelle d'un individu, ils affectent sa croissance, sa survie et sa reproduction. À celle d'une espèce, ils affectent sa répartition géographique. À celle des communautés, ils affectent les chaînes alimentaires. Enfin, à l'échelle des écosystèmes, ils affectent leur productivité.

LIMITES LÉTALES DÉPASSÉES

Ainsi, au fil de l'évolution, les espèces se sont adaptées à une certaine gamme de températures, parfois très restreinte, parfois large de plusieurs dizaines de degrés, grâce aux stratégies d'évitement telle que la dormance/diapause/hibernation. Beaucoup d'entre elles peuvent subir des variations de température importantes au cours d'une même année, mais celles-ci ne doivent pas dépasser les limites létales. Or, c'est ce qui se passe actuellement avec le réchauffement climatique. Les grandes capacités des plantes à supporter des conditions de vie très variables ne leur suffisent plus pour y survivre dans certaines régions. Nos forêts souffrent des canicules et des sécheresses à répétition qui les affaiblissent et les rendent vulnérables aux ravageurs et aux maladies. Les modèles que nous avons développés jusqu'ici suggèrent que, même avec seulement 2 °C de réchauffement, 5 % des espèces connues risquent de s'éteindre, et ce pourcentage passerait à 16 % avec 4 °C de réchauffement. Outre des extinctions d'espèces, ce sont des écosystèmes entiers qui vont se transformer, s'agrandir, se rétrécir ou disparaître.

Le changement climatique implique donc des réajustements importants pour les êtres vivants, qui font appel à la mi-

gration et à l'évolution génétique, quand celles-ci sont toutefois possibles. En effet, la vitesse du changement climatique actuel est telle que beaucoup d'espèces n'ont pas le temps de s'adapter génétiquement aux nouvelles conditions ou de migrer assez rapidement. De façon générale, les organismes terrestres fixés tels que les plantes sont les plus vulnérables au changement climatique, car il leur faut une génération, soit plusieurs années ou dizaines d'années pour les arbres, pour s'installer quelques dizaines de mètres plus loin. Les espèces à temps de génération long ont aussi les taux d'évolution génétique les plus faibles, car la sélection naturelle n'opère qu'à chaque génération. Si le moustique-tigre, qui réalise plusieurs générations par an, peut suivre et s'adapter très rapidement, plusieurs centaines d'années seront en revanche nécessaires pour le chêne.

Ainsi, au-delà de la nécessité impérieuse de passer à une économie décarbonée et globalement plus durable, au-delà des quelques mesures que l'homme pourra entreprendre pour sauver telle ou telle espèce en danger d'extinction (comme la migration assistée), il devient tout aussi vital de réduire les multiples pressions que nous exerçons sur les milieux naturels et la biodiversité, pour leur rendre leurs pleines capacités à s'adapter au changement climatique et à continuer à assurer les nombreux services qu'ils nous rendent. ★

(1) Partie minérale de la Terre, servant de support à tous les êtres vivants.



GETTY IMAGES / ISTOCKPHOTO

EN SAVOIR PLUS

Le site de l'Académie des sciences : WWW.ACADEMIE-SCIENCES.FR

« Les plantes au rythme des saisons », Biotope Éditions, 2017 : un guide naturaliste grand public dont Isabelle Chuine est coautrice.

Le site du programme de sciences participatives créé par Isabelle Chuine : www.obs-saisons.fr

« Changement climatique et biosphère », conférence d'Isabelle Chuine, au colloque de l'Académie des sciences « Face au changement climatique : le champ des possibles », 28-29 janvier 2020 : www.youtube.com/watch?v=Qalslpgi__g Et l'article du même nom correspondant à la conférence, in « Comptes rendus-Géosciences » : https://comptes-rendus.academie-sciences.fr/geoscience/item/CRGEOS_2020__352_4-5_339_0/

Les arbres ont des temps de génération très longs, des taux d'évolution génétique faibles. Le moustique-tigre s'adapte bien plus vite que le chêne...