Comment les modèles statistiques peuventils répondre aux grandes questions de l'écologie ?

L'écologie consiste à étudier les interactions entre les êtres vivants et leur environnement. Ces interconnexions peuvent être très complexes, ce qui conduit à la création de jeux de données considérables. À **l'Université de Sherbrooke**, au Canada, le **professeur Guillaume Blanchet** se spécialise dans la construction de modèles statistiques sophistiqués capables d'analyser ces jeux de données, produisant des résultats souvent fascinants et inattendus.

Professeur Guillaume Blanchet

Professeur adjoint, Département de biologie et Département de mathématiques,
Université de Sherbrooke, Canada

Domaine de recherche :
Écologie quantitative

Recherche :
Développement de modèles statistiques pour étudier les relations complexes que les organismes entretiennent entre eux et avec leur environnement

Le bailleur de fonds :
Nous remercions le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) de son soutien/We acknowledge the support of the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC)

PROFIL

Parler comme un ...

écologiste quantitatif

Écologie — branche de la biologie qui étudie les relations que les organismes (y compris les humains) entretiennent entre eux et avec leur environnement

Écosystème — ensemble des composantes vivantes et non vivantes d'un milieu naturel

Espèce menacée — espèce susceptible de disparaître dans un avenir proche

Espèce invasive — espèce qui n'est pas originaire de la région dans laquelle elle se trouve actuellement, généralement introduite (intentionnellement ou accidentellement) par l'homme

Écologie quantitative — branche de l'écologie où l'on utilise et développe des modèles statistiques et mathématiques pour étudier les systèmes écologiques

Modèle statistique — modèle mathématique qui s'appuie sur des données pour mieux comprendre et prédire des événements

Variable — élément d'un modèle mathématique (ou statistique) qui peut prendre différentes valeurs, comme l'altitude ou la température

Si l'image populaire de l'écologie implique des scientifiques parcourant les champs et les forêts armés de rubans de mesure et de filets à papillons, cette image ne représente que la première moitié de l'histoire. Une fois qu'un écologiste a collecté des échantillons et fait des mesures sur le terrain, son travail consiste à analyser ces données pour découvrir ce qu'elles nous apprennent de la nature. C'est là qu'interviennent les écologistes quantitatifs, tels que le professeur Guillaume Blanchet de l'Université de Sherbrooke.

L'écologie quantitative consiste à prendre les jeux de données complexes générés par les écologistes de terrain et à créer des modèles statistiques pour découvrir les secrets que recèlent ces données. Comme les études écologiques génèrent souvent des jeux de données complexes qui doivent être analysés, les écologistes quantitatifs sont en grande demande, ainsi Guillaume a travaillé sur un large éventail de projets, allant de l'étude de la dynamique des populations de mouflons à la conservation d'espèces de poissons menacées, en passant par la modélisation de la migration des oiseaux.

Depuis le terrain...

Les écologistes s'intéressent à la manière dont les organismes vivants interagissent entre eux et avec leur environnement. L'étude de ces relations implique la collecte de données, qui peut prendre diverses formes. "De nombreux écologistes collectent encore des données 'manuellement', en allant sur le terrain et en échantillonnant des animaux ou des plantes de façon active (p.ex. avec des filets pour des papillons ou des quadrats pour des plantes) ou avec des pièges, en marquant des individus (pour suivre et surveiller des animaux) et en faisant des relevés complets d'espèce dans une région spécifique (p. ex. pour mieux comprendre pourquoi l'on retrouve des animaux, des plantes et d'autres organismes à un endroit en particulier)", explique Guillaume. "Il peut s'agir d'attraper des papillons en passant des filets sur de la végétation, d'identifier toutes les plantes d'une zone spécifique ou de marquer un oiseau migrateur pour suivre ses déplacements".

L'écologie bénéficie de plus en plus des avancées technologiques. Par exemple, l'imagerie satellitaire peut être utilisée pour mesurer la couverture forestière, la prolifération des algues ou même l'emplacement de grands animaux, tels que les baleines, de l'espace. Les pièges photographiques sensibles au mouvement peuvent enregistrer automatiquement les animaux sauvages qui traversent une zone lorsque les scientifiques ne sont pas présents pour les observer. L'ADN environnemental (ADNe)

consiste à prélever des échantillons de sol ou d'eau et à utiliser des techniques de laboratoire sophistiquées pour identifier à quelles espèces sont associés les fragments d'ADN échantillonnés qu'ils contiennent, ce qui constitue un moyen puissant de comprendre quels sont les organismes présents dans une zone sans jamais les voir.

Certaines méthodes écologiques consistent à mener des expériences pour manipuler l'environnement, par exemple en modifiant la quantité d'eau reçue par les plantes, afin d'étudier la réaction de celles-ci à ce changement. D'autres s'appuient sur la science citoyenne, où le public participe à des projets scientifiques en recueillant des informations écologiques, par exemple en enregistrant les observations d'animaux. "Il ne s'agit là que de quelques exemples", précise Guillaume. "Les techniques de collecte de données écologiques sont très diverses et les écologistes développent constamment de nouvelles méthodes. Un de mes collègues étudie les fourmis, et il adore aller dans les quincailleries et réfléchir à la manière dont il pourrait utiliser le matériel disponible pour collecter des données d'une nouvelle manière" !

... à l'ordinateur

Le traitement et l'analyse efficaces des jeux de données générés par ces techniques de collecte de données écologiques reposent sur des compétences spécialisées. "Les modèles statistiques nous aident à répondre aux questions écologiques et donnent une mesure de la certitude des réponses", explique Guillaume. "Par exemple, je pourrais enregistrer la date à laquelle les fleurs de mon jardin bourgeonnent chaque année. Comme certaines années sont plus chaudes que d'autres, la période de bourgeonnement peut fluctuer lorsque nous comparons les données de différentes années, il est donc important de tenir compte de cette incertitude. Les modèles statistiques nous aident à identifier les tendances dans les données et le niveau d'incertitude".

Il s'agit d'un exemple simple, et les modèles peuvent entreprendre des tâches beaucoup plus complexes. Par exemple, de nombreuses autres variables peuvent influer sur le bourgeonnement des fleurs incluant la quantité de soleil ou de pluie qu'elles reçoivent, le sol dans lequel elles poussent, les ravageurs ou les maladies qui les entourent, etc. La collecte de données écologiques étant de plus en plus souvent effectuée à l'aide de méthodes technologiques, qui permettent de mesurer de grandes quantités de données, la nécessité de tenir compte de la complexité de ces données ne fait que croître.

Modèles et efficacité

"Lorsque je reçois un jeu de données écologiques, la première chose que je fais est de travailler avec mes collègues qui ont recueilli les données pour comprendre les détails de ce qu'ils ont fait lors de l'échantillonnage des données", explique Guillaume. "Je réfléchis ensuite aux modèles statistiques qui répondraient le mieux à la question qu'ils se posaient lors de l'échantillonnage des données et je propose la ou les analyses qui à mon avis répondent le mieux à la question en programmant les modèles sur un ordinateur".

Bien que de nombreux modèles statistiques existent déjà, certains jeux de données nécessitent de nouvelles approches pour répondre à des questions spécifiques. Pour ce faire, Guillaume développe ses propres modèles, ce qui nécessite des connaissances en algèbre, en statistiques et en probabilités. "Mes modèles ont été appliqués pour mieux comprendre où les espèces devraient (ou ne devraient pas) se trouver, comment elles interagissent avec d'autres espèces et quelles sont les composantes de l'environnement qui influencent leur distribution", explique-t-il. "Si nous pouvons comprendre quelles caractéristiques d'un environnement sont favorables à une espèce particulière, nous pouvons aider à la conserver si elle est menacée ou à la contrôler si elle est envahissante".

L'un des grands défis de l'écologie est que la collecte de données peut souvent nécessiter beaucoup d'argent, de temps et de ressources. "J'ai développé une méthode plus efficace d'échantillonnage des données écologiques, qui nécessite moins d'efforts et donne les mêmes résultats", explique Guillaume. "J'ai découvert que certaines études produiraient les mêmes résultats si seulement une fraction des données échantillonnées avait été collectée". Ces découvertes contribuent à faire de l'écologie une discipline de plus en plus efficace.

Le meilleur des coléoptères

Le travail de Guillaume lui a permis de nouer des collaborations fascinantes. "J'ai travaillé avec un spécialiste des coléoptères terrestres dans les forêts boréales du nord de l'Alberta, au Canada", explique-t-il. "Nous voulions comprendre comment les forêts commerciales, où l'on coupe le bois, peuvent être gérées de manière à protéger la biodiversité". Guillaume a utilisé des modèles statistiques intégrant des données sur un large éventail d'espèces et a découvert que, pour préserver efficacement la biodiversité des coléoptères dans le nord de l'Alberta, les zones de forêt non exploitées doivent avoir une taille d'au moins 1 km^2 . "Ce résultat nous a beaucoup surpris", déclare-t-il.

Dans une autre étude, Guillaume a collaboré avec deux équipes de chercheurs de Finlande et du Japon pour comparer leurs données sur un groupe d'insectes connus sous le nom de mineuses des feuilles de chêne. "Nous voulions comprendre si les facteurs qui affectent l'abondance de ces insectes dans le temps sont les mêmes dans différentes régions du monde", explique Guillaume. "Les deux équipes ont travaillé sur leurs projets respectifs pendant de nombreuses années et ont recueilli de grandes quantités de données". Guillaume a élaboré un modèle statistique sophistiqué capable de prendre en compte tous les types de données en combinant toutes les informations recueillies dans un seul modèle. "Notre modèle indique que certains facteurs, notamment les microhabitats, l'anatomie et le comportement des insectes, sont en corrélation avec les fluctuations des populations des espèces au fil du temps", explique Guillaume. "En revanche, d'autres caractéristiques, telles que la fréquence de reproduction et le mode d'alimentation de l'espèce, ne le sont pas".

Les modèles statistiques sont le seul moyen de découvrir de tels résultats. Sans eux, et sans les écologistes quantitatifs comme Guillaume, ces secrets écologiques resteraient à jamais cachés dans les données.

À propos de *l'écologie quantitative*

L'écologie quantitative consiste à utiliser des statistiques et d'autres outils mathématiques pour répondre à des questions écologiques. Bien que les écologistes quantitatifs n'aient pas tendance à recueillir eux-mêmes des données, ils travaillent en étroite collaboration avec les écologistes de terrain pour traiter leurs jeux de données et découvrir ce qu'ils contiennent. "L'aspect le plus intéressant de mon travail est qu'il me permet d'en apprendre davantage sur l'immense diversité de la vie sur Terre", déclare Guillaume. "Comme mon travail porte sur les méthodes écologiques plutôt que sur un système écologique spécifique, j'ai contribué à des recherches sur les lions, les jaguars, les mouflons, les oiseaux, les coraux, les algues, les insectes, les écrevisses, les poissons d'eau douce (y compris le chevalier cuivré, une espèce menacée que l'on ne trouve uniquement qu'au Québec, Canada), les organismes marins, les plantes du désert et de l'Arctique, et les arbres tropicaux et boréaux. Pour chaque projet, je travaille avec des spécialistes qui m'apprennent chaque jour quelque chose de nouveau. C'est également passionnant d'utiliser des modèles pour découvrir des choses que personne ne connaissait auparavant".

Que réserve l'avenir aux écologistes quantitatifs ?

Les changements climatiques affectent la biodiversité de manière importante et inattendue. Pour préserver les espèces et les écosystèmes, les écologistes quantitatifs doivent développer des modèles statistiques capables de prédire efficacement la manière dont les organismes et les environnements réagiront aux changements futurs. "Il est extrêmement difficile de créer des modèles capables de prédire ce qui se passera dans les 10 à 100 prochaines années, notamment en raison de la nature sans précédent des changements climatiques et de ses effets souvent inattendus sur la biodiversité", explique Guillaume.

Au fur et à mesure que la technologie progresse, les nouvelles techniques de collecte de données écologiques poseront de nouveaux défis aux écologistes quantitatifs lorsqu'ils tenteront de les analyser. Par exemple, les données LiDAR (utilisation de lasers pour déterminer les caractéristiques physiques de l'environnement, y compris la végétation) et les données ADNe nécessitent de nouvelles méthodes d'analyse et de nouvelles techniques de modélisation statistique.

L'un des domaines d'intérêt de l'écologie quantitative est le développement d'un modèle unique et global qui pourrait prendre en compte toute la complexité d'un écosystème entier. "C'est une idée très séduisante", déclare Guillaume. "Mais c'est aussi un grand défi. À l'heure actuelle, nous ne disposons tout simplement pas de la puissance de calcul nécessaire pour développer de tels modèles".

Quelles sont les compétences dont les écologistes quantitatifs ont besoin ?

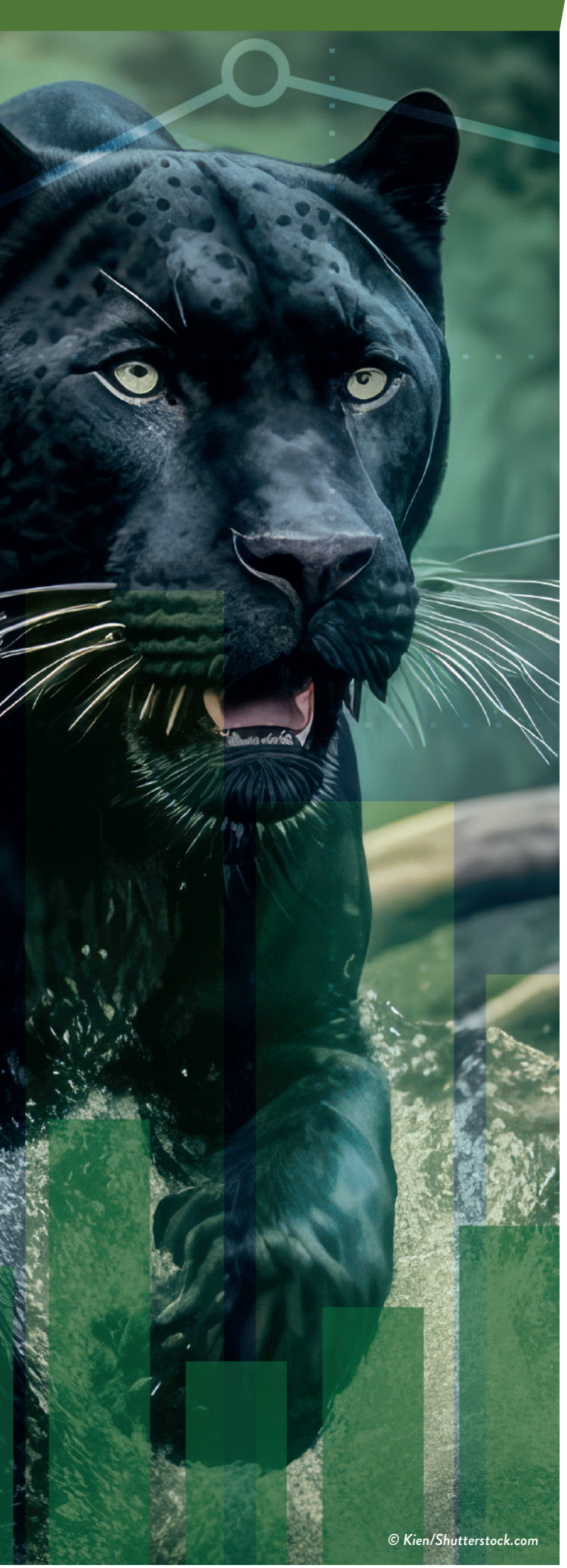
"Avant tout, il faut être passionné par la nature et par les organismes vivants. Il ne faut pas hésiter à s'interroger sur la beauté et la complexité de la nature", explique Guillaume. "Les écologistes sont parmi les personnes les plus passionnées que j'ai rencontrées. Ils s'investissent énormément pour rendre le monde meilleur". La connaissance des mathématiques et de la programmation informatique est également essentielle pour développer les modèles utilisés par les écologistes quantitatifs. Alors que les écologistes de terrain peuvent passer leurs journées à mesurer des arbres dans la forêt tropicale ou à chasser des lézards dans le désert, l'aspect quantitatif du sujet offre une voie d'accès à l'écologie à ceux qui ne veulent pas ou ne peuvent pas participer au travail de terrain, créant ainsi des opportunités accessibles à tous pour contribuer aux efforts de conservation.

Explorer les carrières en *écologie quantitative*

- "Aujourd'hui, plus que jamais, les gens prennent conscience que les changements climatiques affectent nos vies et la planète", explique Guillaume. "Les entreprises et les gouvernements veulent savoir comment gérer la situation, ce qui nécessite la collecte et le traitement de données sur le monde naturel". Cela signifie qu'il y a un besoin croissant d'écologistes, en particulier d'écologistes quantitatifs, capables d'analyser des données écologiques en plus de comprendre et d'expliquer les résultats obtenus.
- De nombreuses entreprises du secteur privé emploient des écologistes. Vous pouvez donc travailler en tant qu'écologiste dans la construction, l'exploitation minière, la sylviculture, l'industrie manufacturière ou les assurances. Les écologistes travaillent également pour des gouvernements et des organisations non gouvernementales qui travaillent à protéger la nature.
- Deux des plus grandes sociétés écologiques ont des sections consacrées à l'écologie quantitative. La *Statistical Ecology Section* de *l'Ecological Society of America* (**www.esa.org/stats**) et le *Quantitative Special Interest Group* de la *British Ecological Society* (**www.britishecologicalsociety.org/membership-community/special-interest-groups/quantitative-ecology**) offrent tous deux aux futurs écologistes quantitatifs des possibilités de réseautage, d'apprentissage et de participation à des événements. En français, le groupe d'Écologie statistique de la Société française d'écologie et d'évolution (**sfecologie.org/actions/groupes/ecologie-statistique**) offre aussi des possibilités de réseautage en français.

Parcours de l'école à *l'écologie quantitative*

- À l'école et après l'âge de 16 ans, étudiez la biologie, les mathématiques et la programmation informatique pour vous familiariser avec l'écologie et la modélisation statistique.
- À l'université, un diplôme en écologie, biologie, sciences de l'environnement, conservation, mathématiques, statistiques ou informatique peut mener à une carrière en écologie quantitative.



© Kien/Shutterstock.com

Q&R

Rencontrer *Guillaume*

Quels étaient vos centres d'intérêt lorsque vous étiez plus jeune ?
J'avais de nombreux centres d'intérêt lorsque j'étais enfant, allant des jeux vidéo au basket-ball. J'ai toujours été intéressé par la science, en commençant par les dinosaures, puis par l'évolution. J'avais un livre sur l'évolution que je lisais aussi souvent que mes bandes dessinées d'Astérix et de Tintin

Qui vous a incité à devenir un écologiste quantitatif ?
À la fin de mes études secondaires, je savais que je voulais devenir chercheur. À l'époque, la médecine était le seul domaine scientifique que je connaissais, mais je n'ai pas obtenu les notes nécessaires pour étudier la médecine à l'université. J'ai donc étudié la biologie, où j'ai découvert la possibilité d'une carrière dans l'écologie. Pendant mes études, j'ai rencontré le professeur Pierre Legendre, qui a fondé le domaine de l'écologie numérique et qui est un formidable ambassadeur pour les écologistes qui veulent s'intéresse à l'écologie quantitative.

> ***J'aime le fait que, dans la plupart de nos projets, les résultats sont rarement ceux que nous attendons !***

Quels sont vos projets écologiques préférés ?
Je suis toujours intéressé à apprendre de nouvelles choses, c'est pourquoi l'écologie quantitative est fantastique. Il est extraordinaire de pouvoir travailler sur un tel éventail de systèmes écologiques et d'espèces. Les projets qui me frappent le plus sont ceux où j'ai pu développer une nouvelle méthode qui n'avait jamais été envisagée auparavant, ou encore ceux où j'ai pu utiliser des méthodes existantes d'une manière entièrement nouvelle. J'aime le fait que, dans la plupart de nos projets, les résultats sont rarement ceux que nous attendons !

Qu'aimez-vous faire pendant votre temps libre ?
En dehors du travail, j'aime passer du temps avec ma famille. J'aime particulièrement faire du kayak avec mes fils.

Les meilleurs conseils *de Guillaume*

1. Soyez passionné et n'ayez pas peur de poursuivre vos rêves.

2. Il n'y a jamais qu'une seule façon d'arriver là où l'on veut aller. J'ai toujours aimé les mathématiques et la nature, mais je n'ai jamais réalisé que je pouvais gagner ma vie en combinant ces deux passions.