

Le changement climatique facilite les invasions

Céline Bellard, Muséum national d'histoire naturelle, Paris

Véritable menace pour la biodiversité mondiale, l'aire de répartition de 100 espèces parmi les plus envahissantes augmenterait de 2 à 6 % en moyenne avec le changement climatique. Ces chiffres proviennent de modélisations réalisées par une équipe internationale, qui a constitué pour la première fois une base de données à l'échelle de la planète.

Le climat est l'un des principaux facteurs influençant la répartition mondiale des espèces. Ainsi, une plante originaire du Panama, adaptée au climat tropical, sera le plus souvent incapable de s'établir dans des régions au climat plus froid, comme l'Europe. Le climat forme une barrière, aussi infranchissable qu'une montagne, au déplacement de la plupart des espèces. Mais, depuis quelques siècles, l'être humain a créé des brèches dans ces barrières,

permettant le déplacement de nombreuses espèces hors de leur aire d'origine. C'est par exemple le cas du frelon asiatique (*Vespa velutina*), introduit accidentellement en 2004 en France, probablement avec des conteneurs de poteries chinoises, et qui a depuis colonisé tout le territoire national. Comment la situation va-t-elle évoluer dans les décennies à venir ? Le changement climatique accentuera-t-il ce phénomène ?

Répondre à ces questions est essentiel, car les espèces envahissantes ont en commun de s'adapter très

efficacement à de nouveaux environnements et à y faire des ravages. Elles ne se soucient guère des frontières : dans la mesure où le climat et les conditions environnementales leur sont favorables, elles peuvent coloniser des territoires à une vitesse stupéfiante. Par exemple, le très venimeux poisson-lion, originaire de la région Indo-Pacifique (en passant par l'ouest de l'Australie et la Polynésie française), a ainsi envahi, en 2013, l'ensemble des côtes sud-est de l'île de Chypre en moins d'un an.

Le nombre de ces invasions s'est accéléré ces dernières décennies. Petr Pyšek, de l'Institut botanique de l'Académie des sciences de la République tchèque, et ses collègues, ont estimé que 4 % des plantes répertoriées aujourd'hui sur la planète ont réussi à s'implanter en dehors de leur aire d'origine grâce aux ...



ÉCOLOGUE

Céline Bellard est chercheuse post-doctorante au sein de l'unité mixte de recherche Borea. Ses travaux portent sur les conséquences pour la biodiversité des invasions biologiques, en interaction avec les effets des changements climatiques.

Contexte

Comment le changement climatique influence-t-il sur la répartition des espèces envahissantes ? Jusqu'à peu, cette question restait sans réponse précise, en raison d'un manque de données suffisantes. Or y répondre est essentiel, car ces espèces sont redoutables pour s'adapter à de nouveaux environnements.

nisations ne sont pas sans risque pour la biodiversité terrestre. En effet, l'arrivée de certaines espèces introduites a des conséquences particulièrement néfastes pour leur environnement, mais aussi pour l'homme. Elles entrent en compétition avec les espèces autochtones pour s'approprier les ressources, deviennent des prédateurs redoutables ou modifient complètement les propriétés des écosystèmes qu'elles envahissent.

On peut citer *Miconia calvenscens* (*M. calvenscens*), surnommé le « cancer vert » (2). Cet arbre natif de l'Amérique centrale et du Sud est notamment devenu envahissant à Tahiti, où il a colonisé les deux tiers de l'île. Il forme des fourrés denses, empêchant les autres plantes d'accéder à la lumière, et menace ainsi près de 70 espèces endémiques. Il est aussi responsable de la modification physique du sol, entraînant une érosion importante. D'autres espèces envahissantes sont des vecteurs de nombreuses maladies

Navigation dans l'Arctique

Avec le changement climatique, la température et le régime de précipitation de multiples régions seront modifiés. On peut imaginer que cela aura des conséquences importantes sur la répartition géographique des espèces envahissantes. L'augmentation des événements climatiques extrêmes et l'ouverture de voies de navigation dans l'Arctique faciliteraient aussi largement la dissémination de ces espèces.

Ainsi, les ouragans Harvey et Irma, qui ont sévi aux États-Unis en 2017, ont probablement favorisé la dissémination de près de 200 espèces aquatiques introduites (3). De plus, les événements climatiques extrêmes fragilisent les populations des espèces natives et favorisent celles qui sont introduites, qui s'adaptent facilement et donc naturellement plus aptes à faire face à ces perturbations. Pour aider à comprendre et à



▲ Le moustique tigre (*Aedes albopictus*) est vecteur de maladies, comme la dengue ou le chikungunya.

hissantes ont été mis au point ces dernières décennies. Il est désormais largement admis dans la communauté scientifique que le climat va modifier les processus des invasions. Près d'une centaine d'études ont ainsi modélisé les conséquences de l'augmentation de température et du changement dans le régime des précipitations sur la répartition géographique de ces espèces (4).

Cependant, les travaux d'écologie des invasions sont par essence concentrés sur des espèces pour lesquelles les données sont abondantes, majoritairement des plantes et quelques vertébrés. En outre, ces études sont souvent fondées sur différentes techniques de modélisation, non comparables entre elles, ce qui limite les tentatives de généralisation des résultats à d'autres groupes taxonomiques ou dans des régions du monde où les données sont moins abondantes, en Amérique du Sud et Afrique du Nord par exemple. Pour éviter ce biais, nous avons mené

Fig. 1 De fortes disparités spatiales



▲ Voici les variations du nombre d'espèces envahissantes entre 2000 et 2100, sur un échantillon de 100 espèces: en vert, les zones qui vont en perdre; en rouge, celles qui vont en gagner. Dans des zones à risques, on pourrait compter plus de 60 espèces.

conservation de la nature (OICN) parmi les plus nuisibles au monde. On retrouve à la fois des vertébrés (le rat noir ou encore la mangouste de Java), des plantes (*M. calvescens*), des invertébrés (la fourmi d'Argentine) et des micro-organismes (*Plasmodium relictum*, responsable du paludisme chez les oiseaux).

Pour la première fois, nous avons constitué une base de données qui répertorie la présence de l'ensemble de ces espèces à l'échelle mondiale, à partir des collections de musées nationaux, de relevés de géolocalisations lors de campagnes de terrains ou encore de bases de données compilées mises à la disposition de la communauté scientifique (5). La collecte de ces données a duré près de six mois et a permis d'obtenir 381 231 jeux de coordonnées à l'échelle mondiale de l'habitat actuel, vérifiés, des espèces ciblées.

Les ouragans Harvey et Irma ont favorisé la dissémination de près de 200 espèces aquatiques en 2017

Pour chacune des espèces, nous avons développé des modèles statistiques afin d'analyser les courbes de précipitation et de température, et les caractéristiques des habitats (naturels, cultivés, urbains...) où l'espèce est présente à l'échelle mondiale. Près de 60 modèles ont ainsi été conçus, afin de déterminer au mieux les préférences environnementales de chacune d'elles. Nous avons aussi mis en évidence les facteurs qui limitent le développement de certaines espèces envahissantes – une température trop élevée en été ou trop faible en

PROJECTIONS

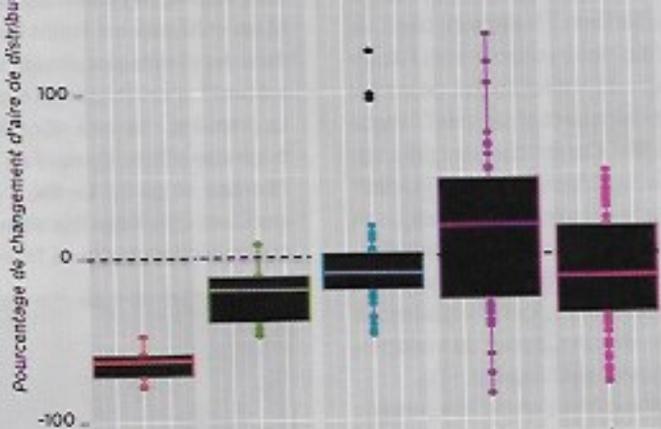
DEUX SCÉNARIOS PLUS OU MOINS OPTIMISTES

■ Le scénario RCP 2.6 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) est le plus optimiste, puisqu'il prévoit que les gaz à effet de serre atteindront 490 ppm (partie par million) en CO₂ d'ici à 2100 (contre environ 400 ppm actuellement).

■ Le scénario RCP 6.0 du Giec, plus pessimiste, prévoit 850 ppm en CO₂.

(*) Les RCP

(Representative Concentration Pathways) sont établis par le Giec, avec quatre profils différents d'évolution de la concentration de l'atmosphère en gaz à effet de serre.



▲ Ici sont représentés les changements projetés dans l'aire de répartition des espèces au sein de cinq groupes taxonomiques en 2100 dans le cas du scénario A1B, proche du scénario RCP 6.0 du Giec (chaque point représente une espèce, et la ligne colorée est un bilan pour chaque groupe taxonomique). Par exemple, si on a 20 % d'augmentation, cela signifie que, en moyenne, pour le groupe concerné, chaque espèce pourrait voir son aire de répartition augmenter de 20 %.

hiver, un habitat pas assez urbanisé. Ainsi, une plante de type *M. calvescens* se développera préférentiellement dans des régions où les précipitations sont en moyenne de 125 mm par mois.

Une fois cette étape franchie, nous avons utilisé différents scénarios climatiques et d'usage des sols pour modéliser les changements climatiques et d'habitats qui pourraient s'opérer d'ici à 2050 et 2080. En particulier, nous nous sommes concentrés sur deux scénarios des émissions de gaz à effet de serre futures, afin de tenir compte de l'incertitude liée à ce type de projections. L'un était un scénario optimiste, B2A, proche du scénario RCP 2.6 (*) du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) ; l'autre était un scénario pessimiste, A1B, qui est l'équivalent du scénario RCP 6.0 du Giec. En faisant l'hypothèse que les espèces auront les mêmes

préférences climatiques et d'habitats en 2050 et 2080 que ce qu'elles ont actuellement, nous avons ainsi modélisé la présence potentielle de chacune d'elles dans le futur.

Latitudes plus élevées

Nous avons constaté un effet important du climat et, dans une moindre mesure, de l'habitat, sur la distribution future de ces espèces. Pour les deux scénarios climatiques pris en compte, l'aire de répartition de l'ensemble des espèces étudiées augmenterait en moyenne de 2 à 6 %. Ces résultats cachent des disparités spatiales et taxonomiques. En particulier, nous avons mis en évidence des « points chauds » (zones à risques) où l'on pourrait compter plus de 60 espèces envahissantes. Ces zones correspondent à l'Europe, à l'est des États-Unis, au sud de l'Australie, à la Nouvelle-Zélande et à l'Indonésie (Fig. 1). En outre, les projections montrent ●●●

latitudes plus élevées : de l'Europe du Sud vers l'Europe du Nord, de l'Amérique centrale vers l'Amérique du Nord et du Sud, ou encore de l'Afrique centrale vers l'Afrique du Sud. Ces résultats sont préoccupants car, bien qu'il soit déjà admis que le changement climatique va conduire à des déplacements d'espèces, c'est la première fois que l'on a mis en évidence cette tendance à grande échelle pour de multiples espèces envahissantes.

Notre analyse révèle que certains écosystèmes vont être particulièrement touchés par l'arrivée de ces envahisseurs. En effet, le nombre d'espèces envahissantes trouvant des conditions climatiques favorables dans les forêts tempérées décidues (composées d'arbres dont les feuilles tombent selon un rythme saisonnier), de conifères et mixtes pourrait augmenter de 4,5 %. Au contraire – et c'est une bonne nouvelle pour les forêts

L'Union européenne a interdit l'importation et la vente de 37 espèces envahissantes

tropicales qui subissent déjà de fortes pressions anthropiques –, les changements climatiques (et notamment la modification de régime de précipitations) qui vont s'opérer dans ces régions empêcheront certaines de ces espèces de survivre : leur présence diminuera de 4 %. Mais rien ne garantit que de nouvelles espèces ne pourront pas arriver.

Nous avons affiné l'analyse à chacune des espèces envahissantes étudiées. L'objectif était d'identifier celles qui sont susceptibles

d'envahir de nouveaux continents et, à l'inverse, celles qui verraient leur aire de répartition géographique se réduire sous l'effet du changement climatique. Nous avons ainsi montré que les invertébrés terrestres et aquatiques pourraient profiter d'une augmentation importante de leur aire de répartition favorable, respectivement de 18 % et 59 %. Au contraire, cette aire de distribution favorable pourrait se réduire de 24 % pour les oiseaux et de 65 % pour les amphibiens (Fig. 2).



▲ La capacité de survie de l'herbe à ail diminue lorsque le climat se réchauffe.

Ces résultats mettent en exergue les régions qui nécessiteront une attention particulière face à la menace des invasions biologiques. Ils permettent d'identifier de réelles opportunités de gestion – par le contrôle et l'éradication – des espèces envahissantes. Pourtant, ils sont loin d'être suffisants pour résoudre la question des interactions entre les changements climatiques et les invasions

biologiques. Tout d'abord, malgré les précautions prises, les résultats peuvent être biaisés au profit de régions où les données sont abondantes – Europe, États-Unis, Australie –, au détriment de l'Afrique et de l'Amérique du Sud, qui souffrent d'un manque cruel de données. De plus, l'utilisation de modèles à grande échelle nécessite de simplifier de nombreux mécanismes en jeu. Par exemple, nous faisons généralement l'hypothèse que, si le climat est favorable, l'espèce sera présente. Pour être plus précis, il faudrait aussi tenir compte des relations de prédation ou de compétition avec d'autres espèces, qui pourraient limiter le succès de ces nouvelles introductions. Or les outils actuels de modélisation ne permettent pas d'inclure ce raffinement.

Afin d'intégrer les mécanismes de réponse au changement climatique, les modélisations s'orientent désormais vers une

Cory Merow, de l'université américaine Yale, et ses collègues ont étudié les performances, dans des climats plus chauds, de deux plantes aujourd'hui envahissantes aux États-Unis (1). La première, l'herbe à ail (*Alliaria petiolata*), originaire d'Inde, du nord de l'Afrique et de l'Europe et du Sri Lanka, a été introduite aux États-Unis à des fins alimentaires. La seconde, l'épine-vinette de Thunberg (*Berberis*

thunbergii) provient du Japon et est arrivée aux États-Unis en 1875, à la suite de l'envoi de graines du jardin botanique de Saint-Petersbourg. Ces plantes, prélevées dans leur milieu naturel, ont été replantées dans 21 sites mimant les conditions climatiques futures, en reproduisant les températures et les niveaux de précipitations, dans cinq régions de la Nouvelle-Angleterre. À partir des informations collectées pendant deux ans, les auteurs ont élaboré un modèle de population qui prédit la survie, le taux de germination et la taille de population dans des nouvelles conditions climatiques. Alors que la capacité de survie de l'herbe à ail diminue dans des climats plus chauds, l'épine-vinette a largement profité des conditions climatiques plus chaudes, avec un taux de croissance et de germination bien plus élevé.

(1) C. Merow et al., PNAS, 114, E276, 2017.



C'EST LE POURCENTAGE en plus d'espèces envahissantes qui pourraient coloniser les forêts tempérées dans le futur.

biologiques. Tout d'abord, malgré les précautions prises, les résultats peuvent être biaisés au profit de régions où les données sont abondantes – Europe, États-Unis, Australie –, au détriment de l'Afrique et de l'Amérique du Sud, qui souffrent d'un manque cruel de données. De plus, l'utilisation de modèles à grande échelle nécessite de simplifier de nombreux mécanismes en jeu. Par exemple, nous faisons généralement l'hypothèse que, si le climat est favorable, l'espèce sera présente. Pour être plus précis, il faudrait aussi tenir compte des relations de prédation ou de compétition avec d'autres espèces, qui pourraient limiter le succès de ces nouvelles introductions. Or les outils actuels de modélisation ne permettent pas d'inclure ce raffinement.

Afin d'intégrer les mécanismes de réponse au changement climatique, les modélisations s'orientent désormais vers une

facteurs liés aux changements climatiques – variation de la température, de l'humidité, taux de CO₂ et d'autres gaz importants dans le développement des espèces –, il est possible de mesurer la réponse des organismes dans des conditions parfaitement contrôlées (lire l'encadré p. 58).

Cette approche, nécessitant beaucoup d'efforts et de temps, se limite à quelques espèces. À l'heure actuelle, la communauté scientifique se tourne de plus en plus vers un travail d'équilibre, en cherchant à être le plus précis possible sur la réponse des espèces aux changements climatiques grâce à l'expérimentation, tout en gardant un niveau d'information suffisamment large grâce à la modélisation pour pouvoir généraliser les résultats.

Au vu des projections actuelles, il est impératif que le monde, et en particulier l'Europe, assure avec détermination et efficacité sa protection face à la menace des espèces envahissantes. Le dernier rapport présenté par

l'urgence de tenir compte à la fois des changements climatiques et des invasions biologiques dans les mesures d'atténuation des effets du changement climatique (6). En Europe et en France, l'actualité réglementaire sur les espèces envahissantes est assez prometteuse. Depuis 2014, la Commission européenne a publié une première liste de 37 espèces envahissantes pour lesquelles elle interdit aux États membres l'importation, la reproduction, la vente ou encore l'abandon en milieu naturel.

Stratégie nationale

En lien avec ses engagements internationaux et européens, la France a mis en place des dispositifs de lutte contre les espèces exotiques envahissantes, à la fois en outre-mer et en métropole, en particulier au travers de la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages, qui comprend une section relative au contrôle et à la gestion de ces espèces. Plus spécifiquement,

POUR EN SAVOIR PLUS

■ www.gbif.org

Le site du Global Biodiversity Information Facility, projet scientifique international fondé par l'OCDE en 2001.

■ www.cabi.org/lsc

Le Centre for Agricultural Bioscience International a été créé en 1991 au Royaume-Uni.

■ tinyurl.com/

LoiReconqueteBiodiv

Détail de la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages.

■ tinyurl.com/

StrategieEspècesEnv

Le texte de la Stratégie nationale relative aux espèces envahissantes.

interdite dans le milieu naturel a ainsi été formalisée par des arrêtés interministériels (en cours de finalisation) concernant la métropole et six régions ultrapériphériques, dont la Guadeloupe, la Guyane et la Martinique.

Le Plan biodiversité présenté en juillet 2018 par Nicolas Hulot, alors ministre de la Transition écologique et solidaire, prévoit ainsi l'interdiction d'ici à 2020 de l'utilisation de plantes reconnues comme envahissantes dans tout aménagement public. On peut néanmoins regretter la restriction aux seuls aménagements publics et aux plantes, mais aussi l'absence de réflexion autour des liens entre changements climatiques et espèces envahissantes. ■

(1) P. Pyšek et al., *Preslia*, 80, 205, 2011.

(2) Global Invasive Species Database, Species Profile: *Miconia calvescens*, 2018. iucngrid.org

(3) nas.er.usgs.gov/viewer/flooding

(4) C. Bellard et al., *Écol. Évol.*, 8, 5688, 2018.

(5) C. Bellard et al., *Glob. Change Biol.*, 19, 5140, 2013.

(6) tinyurl.com/RapportIUIUN-Born.



▲ Parmi les espèces envahissantes, on trouve le très venimeux poisson-flan (ou rascasse volante, *Pterois volitans*) qui colonise des territoires à une vitesse stupéfiante, et la mangouste de Java (*Herpestes javanicus*) qui pullule dans les îles où elle a été introduite.