

Dynamique de la biodiversité

Franck Courchamp
CNRS Écologie, Systématique et Évolution

L'étude dynamique de la biodiversité se place dans un contexte de baisse de cette dernière en s'intéressant aux taux d'extinction qui excèdent les taux habituels de 100 à 10 000 fois. Cinq grandes causes ont été identifiées : la perte d'habitat, le changement climatique, les invasions biologiques, la surexploitation des espèces rares, les pollutions.



*Les risques pour la biodiversité
d'une invasion de fourmis*

Le thème qui va être traité ici est celui des invasions, en rapport avec le changement climatique et leurs effets économiques (coûts).

Les interactions entre changement climatique et invasions biologiques

Il est possible de prédire les invasions biologiques en tenant compte des évolutions attendues du climat.

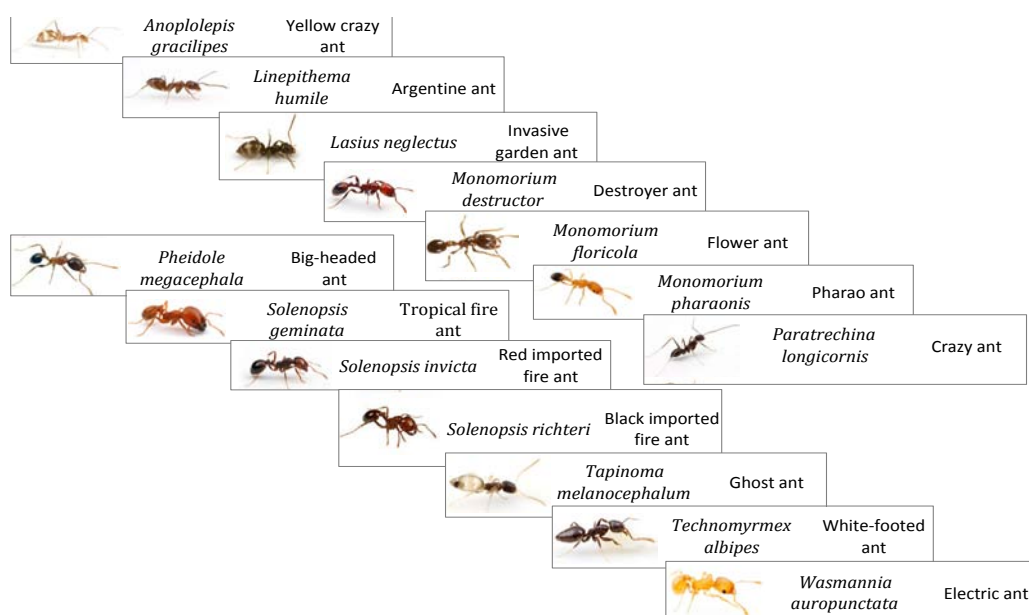
Ces invasions constituent la seconde cause de baisse de la biodiversité. Une espèce envahissante est une espèce introduite par l'homme dans un milieu d'où elle est historiquement absente, où elle se diffuse, prolifère et menace la biodiversité et/ou a des effets économiques.

La question posée est : le changement climatique va-t-il favoriser le phénomène ?

L'approche adoptée consiste à regarder les prévisions de changement climatique pour en tirer des conclusions concernant les invasions. Un petit échantillon, quinze espèces de fourmis, a été sélectionné, ainsi qu'un échantillon plus large – cent espèces différentes (des microorganismes aux grands vertébrés, plantes et animaux, terrestres ou aquatiques). Les méthodes utilisées sont les estimations d'aires d'invasions potentielles. On dispose de la distribution actuelle d'une espèce. On fait l'hypothèse que, si l'espèce est présente dans ces endroits, c'est que le climat local est favorable (niche climatique). Ensuite, on sélectionne les variables climatiques propres à ces localisations et on modélise la niche climatique. Sur une carte du monde avec le climat, on repère les points qui correspondent à des niches climatiques

potentielles, ce qui permet de construire des cartes de probabilité d'établissement. On peut de plus utiliser les projections du climat futur pour estimer les probabilités d'établissement futur. L'étude s'est intéressée plus particulièrement aux fourmis dont il existe à peu près 20 000 espèces, deux cents d'entre elles se retrouvent dans des zones où elles n'étaient pas présentes et vingt d'entre elles sont particulièrement envahissantes. Elles ont déjà atterri un peu partout. Les impacts causés sont très divers et importants. Elles éliminent les autres espèces de fourmis, détruisent des plantes, peuvent aussi détruire d'autres espèces (oiseaux, reptiles, crabes terrestres, par exemple). Elles ont des piqûres très douloureuses, peuvent envahir les maisons et détruire du matériel électrique. Tous les ans, la fourmi de feu, aux USA, coûte plus d'un milliard de dollars, et cause l'hospitalisation de plus de 200 000 personnes (on marche sur une fourmilière, l'une pique et toutes les autres piquent en même temps) et même la mort de plus d'une centaine de personnes.

Nous avons eu des données solides pour une quinzaine d'espèces.



15 des pires espèces
invasives de fourmis
pouvant suivre le
changement climatique

Les résultats montrent que certaines d'entre elles vont vraiment bénéficier du changement climatique : des zones où les hivers étaient trop froids vont devenir accessibles pour elles. Bénéficier veut dire à la fois plus d'aires favorables et, sur le plan qualitatif, au sein de l'espace à envahir, des zones passant de peu favorables à très favorables.

Le changement climatique va-t-il avoir cet effet ? Certaines espèces ne vont pas bénéficier du phénomène, c'est le cas par exemple de la fourmi à grosse tête, d'autres oui. Quel est le schéma (*pattern*) général ? Un dixième des terres est déjà favorable à ces espèces. Cinq d'entre elles vont « bénéficier », deux seront stables, sept vont voir leurs zones favorables diminuer. Donc, l'effet général du changement climatique ne présente pas un profil clair. Potentiellement, on peut avoir des invasions mais le changement climatique n'aura pas un effet général sur cette possibilité. Très clairement, certaines régions peuvent par contre être affectées par une dizaine d'invasions simultanées.

En résumé, comme le montre le tableau suivant, les résultats sont hétérogènes. D'ici 2080, cinq espèces vont bénéficier du changement climatique, alors que d'autres auront tendance à décroître ou resteront dans leur configuration actuelle.

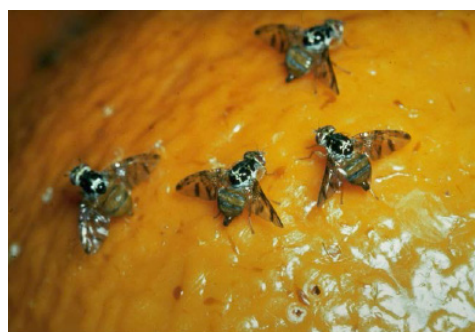
		Change by 2080	
	<i>A. gracilipes</i>	+	5 increase
	<i>L. humile</i>	---	
	<i>L. neglectus</i>	+	
	<i>M. destructor</i>	+++	
	<i>M. floricola</i>	-	
	<i>M. pharaonis</i>	---	
	<i>M. rubra</i>	=	
	<i>P. longicornis</i>	+	
	<i>P. megacephala</i>	---	
	<i>S. geminata</i>	=	
	<i>S. invicta</i>	+	
	<i>S. richteri</i>	-	
	<i>T. albipes</i>	---	
	<i>T. melanocephalum</i>	=	
	<i>W. auropunctata</i>	--	

Mais, indépendamment du changement climatique, les invasions de fourmis sont très probables. Est-ce un problème ? Oui, en raison des impacts. La question suivante consiste donc à définir cet impact.

Les coûts économiques des invasions biologiques

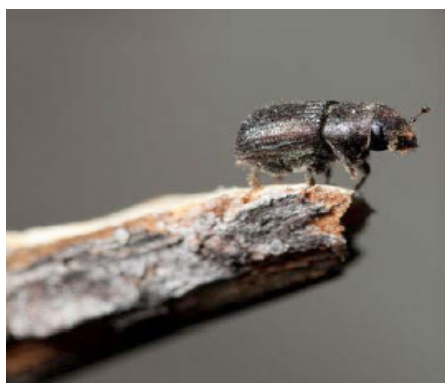
Là, le spectre a été élargi des seules fourmis aux insectes en général, mais toujours focalisé sur les espèces envahissantes seulement. Bien évidemment, la quantification des impacts est difficile. Malgré le fait que ces derniers sont importants, il reste difficile de convaincre les politiques de l'importance de financer des programmes pour augmenter la connaissance et la compréhension sur ces questions. La moule zébrée a par exemple envahi les Grands Lacs américains. Dans un premier temps, personne ne s'en est soucié. Ce n'est que quand les navires ont été fortement touchés, ainsi que tout le système des canalisations, que l'on a commencé à se poser des questions. En général, les populations ne sont pas sensibilisées aux espèces envahissantes (sauf dans certains pays, comme la Nouvelle Zélande). On a en effet du mal à donner une valeur économique aux conséquences d'une invasion. Or, c'est cela qui a un effet sur les responsables politiques. C'est la question que l'on s'est posée sur le coût des insectes envahissants.

Les espèces d'insectes que l'on connaît se comptent par millions (900 000 espèces pour les seuls coléoptères ; pour les fourmis, on l'a vu, 20 000). Les insectes ont toujours été un problème pour l'humanité. Ils détruisent les récoltes (on estime qu'un milliard de personnes pourraient être nourries rien qu'avec ce que mangent les insectes de nos récoltes). Ils provoquent des maladies (les insectes ont tué plus d'humains dans l'histoire que l'ensemble des guerres). Or, ils sont parmi les espèces les plus envahissantes et sont très sensibles au changement climatique (les insectes se reproduisent plus difficilement quand il fait froid). *Ceratitis capitata* est une mouche d'origine méditerranéenne qui a envahi les États-Unis. Or, elle se reproduit dans les fruits.



Ceratitidis capitata, la mouche méditerranéenne des fruits

En Californie seulement, les dommages s'élèvent à 900 millions de dollars par an. Le *Dendroctonus ponderosae* a quant à lui détruit 13 millions d'hectares de forêts de pin



Dendroctonus ponderosae



Le moustique tigre



La termite de Formose à l'œuvre

au Canada dans les années 2000. La forêt, qui est censée récupérer le carbone, ne peut plus remplir ce rôle.

Le moustique tigre est vecteur d'une trentaine de virus dont certains sont mortels pour l'homme. Il s'est implanté dans le sud de la France et commence à remonter vers le nord.

L'étude a distingué les éléments sûrs et ceux qui restent douteux. Les coûts ont été divisés en quatre types : biens et services, santé humaine, écologie, processus d'écosystèmes. Les coûts sont donc divers mais utilisent une métrique commune, la monnaie, qui permet les comparaisons. Les parties les plus tangibles sont celles des biens et services et de la santé humaine. On peut estimer un total de 70 milliards de dollars par an (64 pour les biens et services, 6 pour la santé humaine). Il s'agit de coûts qui ne concernent que les espèces envahissantes (on ne compte pas les coûts liés aux espèces d'insectes locales).

Il y a trois grands types de sous-estimation (celle-ci étant massive). 1. Certaines valeurs ne sont pas estimées. Les abeilles et autres insectes pollinisateurs représentent un travail de 160 milliards de dollars (en Chine où les abeilles ont disparu, on utilise des ouvriers agricoles pour faire le travail de pollinisation, donc on connaît le coût de substitution du travail humain à un travail fait gratuitement par les abeilles). Par contre, quelle est la valeur d'une espèce éteinte ? On a peu de chose sur les coûts pour la santé. 2. Il y a des espèces pour lesquelles on n'a aucune donnée et dont on sait

qu'elles sont très destructrices. *Spodoptera littoralis* s'attaque aux cultures de manière catastrophique, mais on ne dispose pas d'estimation sur ces dégâts. On a une seule étude sur le coût des invasions de la termite de Formose : on estime ses dégâts à 26 milliards de dollars. Même pour des coûts très importants comme ceux-là, on n'a souvent pas d'étude ou une seulement. 3. Le déséquilibre géographique est très fort : on a plus d'études pour les États-Unis que pour le reste du monde. Mais on peut corriger ce biais en transposant les études américaines au reste du monde. Cette transposition fait passer les coûts mondiaux de 70 à 270 milliards de dollars par an.

Comme le commerce mondial s'accroît et comme le climat change, on peut faire l'hypothèse que nous allons vers une aggravation. Nos études de distribution d'invasion suite au changement climatique donnent en moyenne +18 % de territoires « envahissables » pour les espèces d'insectes étudiées ici. Si on table vers un cinquième

de plus de terres touchées dans les prochaines années, il n'est pas déraisonnable de tabler aussi sur un cinquième de coûts en plus.

Les coûts de prévention sont faibles par rapport au coût de traitement d'une aire envahie. Une fois un seuil franchi, il devient d'ailleurs impossible d'éradiquer, on peut juste essayer de contenir l'invasion, mais à un coût bien supérieur.

Conclusion et questions

Il existe un besoin criant d'études, portant sur plus d'espèces, plus de régions, plus de types de coûts.

Question : Quels peuvent être les effets sur l'évolution ? Les impacts potentiels positifs des insectes envahissants ?

Réponse : Ici, n'ont pas été abordées les questions des effets sur l'évolution, par exemple. Dans le cas des insectes, il y a très peu d'effets positifs pouvant compenser d'une manière ou d'une autre les effets négatifs dont on a vu qu'ils étaient très importants.

L'étude qui a été évoquée ici a eu, lorsqu'elle est sortie, un fort impact médiatique : on parle des insectes, ce qui est toujours un peu fantasmagorique, et on parle de milliards en jeu. Néanmoins, il manque un lien entre les études scientifiques et la société. Prenons l'exemple des fourmis envahissantes en France. Nous sommes capables de dire quelles zones en France vont être submergées par certaines de ces espèces dans les prochaines années. Il faudrait donc sensibiliser les douaniers à celles-ci pour qu'ils puissent les repérer, dans les ports ou les aéroports par exemple, pour déclencher des mises en quarantaine. Nous faisons la recherche, nous pouvons la vulgariser dans les médias, mais nous n'allons pas former les douaniers aux espèces envahissantes. Cet échelon d'intermédiation manque.

Des études ont été faites sur la légalisation du commerce de cornes de rhinocéros (elle repousse : donc, on peut penser qu'une libéralisation pourrait avoir un effet puisqu'on peut « produire » durablement de la corne sans tuer les rhinocéros). Là, certains pays sont en train d'étudier la mesure. Sur ce plan des études semblent avoir eu un impact sur les politiques menées.

Question : Concernant le contrôle, a-t-on réfléchi au développement d'espèces prédatrices.

Réponse : Oui, mais, par définition, les espèces prédatrices locales ne se sont pas adaptées (sinon, il n'y aurait pas invasion). Il faut donc introduire des prédateurs venus de l'extérieur. Chaque fois que cela a été essayé, il y a eu des problèmes. Dans les îles, on a introduit les chats pour lutter contre les rats qui détruisaient les cannes à sucre. Mais les chats sont eux-mêmes devenus envahissants et ont mangé beaucoup d'autres espèces. On a alors introduit les mangoustes : même problème. On s'est ensuite retrouvé avec toute une chaîne d'espèces introduites et une chaîne de problèmes afférents.

Question : Peut-on modifier les espèces ?

Réponse : Oui, mais il y a un problème éthique : peut-on le faire, de manière irrémédiable, sans avoir étudié toutes les conséquences possibles ? En général, ce n'est pas fait et il y a là un véritable problème de risques non évalués.

***Question :** Le changement climatique peut-il faire émerger de nouvelles espèces envahissantes, ou des espèces actuellement peu connues ? Cela ne paraît pas pris en compte dans l'étude.*

Réponse : Premier point, le climat à lui seul n'est qu'une des composantes de ce qui peut se passer dans le futur. C'est une des limites de l'étude. Second point, il y a bien sûr des limites méthodologiques à l'étude. Mais c'est la meilleure dont nous disposons aujourd'hui. Mais pour répondre plus directement à la question, bien sûr le cœur des études consiste à essayer de prévoir quelles vont être les espèces envahissantes qui ne le sont pas aujourd'hui. On essaie de faire du *profiling*. En faisant cela, oui, on a réussi à identifier une dizaine d'espèces qui ne sont pas envahissantes aujourd'hui, mais qui peuvent l'être massivement dans le futur. À l'inverse, une espèce de fourmi a été « innocente ». On la pensait envahissante et elle ne l'est pas.

***Question :** Quelles sont les disciplines mobilisées ?*

Réponse : La biologie de la conservation est une sous-discipline de l'écologie qui attire beaucoup les physiciens, les statisticiens (pour traiter de grands ensembles de données). En biologie de la conservation ou sciences de la conservation, on a de l'économie, de la sociologie, mais aussi des mathématiques. Sont utilisés des modèles mathématiques déterministes, puis des modèles numériques pour essayer de faire de la prévision (pourquoi telle espèce est-elle présente à Madagascar ? On essaie de prédire).

***Question :** Quelle est la sensibilité des études sur les coûts et jusqu'où doit-on aller dans l'estimation des coûts ?*

Réponse : Sur les aspects coûts, nous travaillons avec des économistes du Lameta, laboratoire spécialisé et reconnu en économie de l'environnement. Le message est clair : il y a très probablement un coût massif, il est très probablement sous-estimé, mais nous manquons encore cruellement d'études ■