

# Les invasions biologiques... quand Darwin s'en mêle.

Sonia Vanderhoeven<sup>1</sup>, Grégory Mahy<sup>1</sup>, Valérie Vanparys<sup>1</sup>, Anne-Laure Jacquemart<sup>2</sup>, Arnaud Monty<sup>1</sup>.

À l'heure du 200<sup>ème</sup> anniversaire de la naissance de Charles Darwin, le thème de l'évolution est aujourd'hui sur le devant de la scène, des salles de conférence aux galeries des musées. L'information quotidienne renseigne le grand public sur l'évolution de virus vecteurs de maladies humaines, de bactéries devenues résistantes aux antibiotiques ou de ravageurs des cultures sur lesquels les pesticides n'ont plus d'action.

On connaît beaucoup moins l'évolution qui suit l'introduction d'espèces dans une nouvelle aire géographique. En particulier, les institutions responsables de la régulation des introductions d'espèces dans un territoire ont tendance à voir ces organismes comme des entités génétiquement statiques. Or, avec l'avènement des techniques moléculaires et l'ampleur des phénomènes d'invasions biologiques, on a assisté à une explosion des recherches en génétique des *populations*, sur les changements évolutifs au sein d'espèces exotiques. Les résultats de ces dernières années ont montré que les introductions d'espèces exotiques et les invasions qui en découlent impliquent souvent des changements évolutifs rapides des espèces.

Loin d'être exhaustifs, nous proposons de dresser ici un aperçu des grands processus évolutifs qui accompagnent les invasions biologiques et nous illustrerons en quoi ils sont cruciaux pour comprendre et anticiper les processus d'invasion. Certaines notions étant difficiles à appréhender, un glossaire des mots en italique est proposé en fin de texte.

## Le paradoxe des invasions : faire beaucoup avec peu.

La notion de *diversité génétique* est fondamentale en biologie évolutive. De manière générale, plus la *diversité génétique* est grande dans une population, plus celle-ci a de chances de se maintenir et de s'adapter aux changements environnementaux.

Pourtant, lorsque l'homme introduit une espèce dans une nouvelle aire, il ne transporte généralement qu'un nombre restreint d'individus issus de l'aire d'origine. Ces individus ne portent qu'un sous-ensemble des gènes présents dans les populations d'origine. On peut donc s'attendre à ce que la *diversité génétique* soit très faible dans les populations introduites. On parle alors d'*effet de fondation*. Cet appauvrissement génétique peut diminuer la fécondité, et augmenter

la mortalité au sein des populations, souvent par l'expression d'*allèles* délétères.

Pourtant, bien qu'une faible *diversité génétique* soit souvent observée après introduction, certaines espèces exotiques voient leur distribution s'étendre de manière impressionnante et dans certains cas, leur *diversité génétique* augmenter à nouveau. Comment est-ce possible ? Certaines espèces contournent le problème en s'étendant sans reproduction sexuée, par exemple par multiplication végétative. Dans ce cas, ce sont des répliques génétiques d'un même individu qui se propagent dans l'aire d'introduction et la *diversité génétique* n'est pas modifiée. A *contrario*, par reproduction sexuée, des fécondations entre individus génétiquement distincts vont tendre à augmenter la *diversité génétique* des populations. Ces croisements peuvent se faire entre populations génétiquement distinctes d'une même espèce par *flux génique*. A l'extrême, certains croisements ont lieu entre des individus d'espèces différentes. On parle alors d'*hybridation interspécifique*. On a fréquemment montré, que l'hybridation agissait comme un stimulus pour l'évolution des capacités d'invasion

des espèces exotiques (comme par exemple pour les spartines). Les activités humaines peuvent par ailleurs agir comme un véritable catalyseur, en mettant en présence des espèces qui ne l'étaient pas auparavant. L'hybridation crée de nouveaux *génotypes*, augmentant ainsi la *diversité génétique* des espèces, voire en créant de nouvelles espèces (voir le cas des renouées asiatiques présenté dans l'encart 1).

## Evolution au cours de l'invasion

Au cours d'un processus d'invasion, de nouvelles populations s'installent continuellement à partir des populations déjà établies. Cela mène à l'expansion de l'espèce introduite, dans des zones géographiques et des conditions environnementales de plus en plus variées. Or, parmi les individus constituant les nouvelles populations, tous n'auront pas exactement les mêmes exigences écologiques du fait de leurs différences génétiques. Dans le nouvel environnement, certains individus porteurs d'un patrimoine génétique favorable pourront se trouver favorisés sous l'action de la *sélection naturelle* : ces

### Encart 1 : Les renouées asiatiques : *Fallopia spp.*

Les renouées asiatiques comptent parmi les espèces invasives actuellement les plus problématiques en Europe et font souvent figure d'espèce emblématique. Leur capacité de dispersion à partir d'un fragment de rhizome ou de tige est fréquemment invoquée pour justifier leur succès d'invasion. C'est très certainement le cas pour *Fallopia japonica*, la renouée du Japon qu'on qualifie souvent de plus grand clone existant au monde. Les populations observées en Europe occidentales ne sont en effet issues que d'un individu femelle unique. Mais on ignore souvent que les renouées asiatiques forment un complexe *polyploïde* d'espèces au sein duquel on observe des processus d'hybridation interspécifique importants. Ces croisements entre espèces différentes génèrent des hybrides dont la diversité génétique est considérable à l'échelle européenne et dont le niveau de fertilité mâle est restauré. Cette capacité de reproduction sexuée couplée à des performances végétatives hors norme confèrent à ce groupe d'espèces un potentiel de colonisation des milieux.



© photo Sonia Vanderhoeven

1 Laboratoire d'Ecologie, Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech, 2 Passage des Déportés, 5030 Gembloux

2 Groupe de recherche en Génétique, reproduction, populations - Université Catholique de Louvain

individus participeront majoritairement à la reproduction, et leurs descendants seront de mieux en mieux adaptés aux conditions locales.

Si le concept de *sélection naturelle* est relativement facile à concevoir, ce processus peut agir de nombreuses façons sur les organismes. On parle de pression de sélection pour désigner l'intensité avec laquelle les individus mal adaptés à un facteur de l'environnement sont défavorisés ou éliminés. Ces facteurs environnementaux sont très variés : les conditions climatiques, l'abondance d'une espèce compétitrice, la fertilité du sol ou la durée de la saison de végétation en sont quelques exemples. Par ailleurs, la sélection naturelle peut agir sur différentes caractéristiques des organismes. Dans le cas des plantes, elle peut notamment influencer la germination, la croissance, la reproduction et la survie, pour autant que ceci confère un avantage dans les conditions environnementales données.

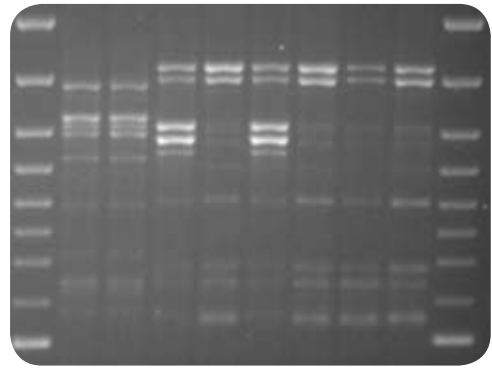
Cependant, la variabilité observée au sein d'une espèce invasive n'est pas le résultat de la seule *sélection naturelle*. Les différences génétiques entre individus sont aussi influencées par le hasard des croisements entre individus et des *mutations*, qui contrairement à la sélection, ne favorisent pas particulièrement les individus mieux adaptés. Par ailleurs, les différences entre individus d'une espèce ne sont pas uniquement dues au patrimoine génétique : elles sont aussi conditionnées par la réponse directe des *génotypes* à l'environnement. Autrement dit, deux individus ayant le même patrimoine

génétique se développeront différemment dans des conditions environnementales différentes. Ceci traduit leur *plasticité phénotypique*. Comment savoir, dès lors, si la variabilité que l'on observe entre populations d'une plante invasive découle d'événements évolutifs ou si elle reflète simplement des conditions différentes ?

### Etudier l'évolution : jardins communs et marqueurs moléculaires

L'étude de l'évolution s'est largement basée sur des expériences en 'jardins communs'. Celles-ci consistent à cultiver des plants, issus de différentes origines, en conditions parfaitement homogènes. Dès lors, les conditions environnementales étant communes à tous les plants, les différences entre ceux-ci révèlent des différences génétiques. Ceci permet de savoir dans quelle mesure des différences observées entre populations *in situ* ont une base génétique. *A priori*, les expériences en jardins communs ne permettent pas de mettre en évidence l'intérêt évolutif des différences observées, puisque les résultats obtenus sont tributaires des conditions de cultures : serre chauffée, parcelle expérimentale, pots, etc. Les 'transplantations réciproques' sont une variante des 'jardins communs' qui permettent de montrer que les organismes sont mieux adaptés à leurs conditions de croissance qu'à d'autres

1 2 3 4 5 6 7 8



© photo Marie-Solange Tiébré

Exemple de résultat d'analyse génétique permettant de visualiser les différences entre 8 individus de *Fallopia* pour un certain marqueur moléculaire (ici un marqueur RAPD). Chaque bande correspond à un fragment d'ADN. Les individus 1 et 2 sont identiques, les individus 3 et 5 également, de même que les individus 4, 6, 7 et 8.

conditions. Il s'agit d'expérimentation dans lesquelles plusieurs jardins communs sont installés, dans des conditions représentatives de chaque origine. Dans le cas d'une meilleure performance des populations locales (se développant normalement dans des conditions similaires à celles de l'expérience), l'*adaptation* de ces populations est mise en évidence. A ce jour, trop peu d'expériences de ce type ont été réalisées pour permettre de généraliser le rôle de la sélection naturelle dans les invasions. Néanmoins, des cas très clairs d'évolution rapide des plantes invasives en réponse aux variations de climat, de sol, ou de niveau d'attaque par des herbivores ont récemment été mis en évidence. L'encart 2 illustre un cas d'étude en relation avec les conditions climatiques.

### Encart 2 Le séneçon du Cap : *Senecio inaequidens* DC.

A la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, le séneçon du Cap fut introduit accidentellement dans les ballots de laine en provenance d'Afrique du Sud dans différentes industries lainières européennes, telles que Mazamet (France) ou Verviers (Belgique). Après une naturalisation lente dans les environs immédiats de ces centres lainiers, jusque dans les années 1950, l'espèce s'est répandue de plus en plus rapidement. Actuellement, dans le sud de la France, l'aire d'invasion depuis Mazamet s'étend de la côte méditerranéenne aux Pyrénées. Une expérience en

transplantations réciproques a comparé les performances de populations s'étalant le long d'un gradient d'altitude, du niveau de la mer jusqu'à une altitude de 1700 m. L'évolution très rapide de cette espèce, en réponse aux conditions climatiques, a ainsi pu être démontrée. Ainsi par exemple, dans un jardin expérimental installé à Montpellier, en conditions typiquement méditerranéennes, les plants d'origine méditerranéenne produisent plus de biomasse que ceux d'autres origines, traduisant un phénomène d'*adaptation* locale.



© photo Arnaud Monty



Toutes les plantes invasives ne doivent toutefois pas nécessairement leur succès à leurs possibilités d'adaptation rapide. Certaines espèces prospèrent dans une large gamme d'environnements, car elles possèdent une grande *plasticité phénotypique*. Contrairement aux plantes devenant invasives par évolution, celles-ci ne sont pas nécessairement favorisées par de nouvelles recombinaisons génétiques.

A côté des expérimentations présentées ci-dessus, l'évolution des populations introduites peut également être analysée à l'aide de marqueurs moléculaires. Pour cela, le matériel génétique (ADN) est extrait de plantes issues de différentes populations, puis analysé en fonction, par exemple, de la présence d'un gène particulier ou de la variabilité des séquences d'ADN. Ces méthodes renseignent efficacement sur les voies de colonisation suivies, l'identité des populations fondatrices au sein de l'aire d'invasion, ou encore la localisation dans la zone d'origine des populations introduites. Les analyses moléculaires sont donc complémentaires aux études menées en conditions homogènes.

## Conclusion

Parallèlement aux dégâts qu'elles occasionnent, les invasions biologiques constituent une opportunité exceptionnelle, pour les biologistes, d'observer l'évolution en marche. Elles peuvent en effet être considérées comme des cas d'étude à l'échelle mondiale ou continentale, opérant dans un contexte temporel connu. Pour cette raison, les

espèces invasives sont considérées comme d'excellents modèles d'études en biologie évolutive. Ces espèces sont devenues des composantes non-négligeables de la biodiversité, et ce dans la plupart des écosystèmes. Il est donc primordial de prendre en considération leurs capacités évolutives, notamment dans un contexte de changement global, afin de comprendre les mécanismes menant à l'invasion et d'anticiper le devenir de ces espèces problématiques.

## Glossaire

**Adaptation** : caractère d'un organisme permettant à celui-ci de survivre et de se reproduire dans son milieu, mieux que s'il en était dépourvu. Mécanisme qui mène à l'acquisition de ce caractère.

**Allèle** : une des variantes possibles d'un gène.

**Diversité génétique** : caractéristique décrivant le niveau de variétés des gènes au sein d'une espèce ou d'une population.

**Effet de fondation** : effet par lequel les organismes fondateurs d'une nouvelle population ne portent qu'une petite partie de variation génétique des populations d'origine et ce en raison du petit nombre de ces individus fondateurs.

**Flux génique** : dispersion d'un gène au sein d'une population ou entre populations. Il s'opère principalement par déplacements d'individus ou de gamètes.

**Génotype** : ensemble des allèles que possède un individu à en un locus donné.

**Hybridation interspécifique** : processus par lequel des espèces différentes sont capables de se croiser reproduire par voie sexuée.

**Mutation** : modification héréditaire et irréversible de l'information génétique.

**Population** : ensemble d'organismes qui occupent une aire définie et qui partagent un ensemble de gènes Phénotype : Caractère effectivement présenté par un organisme, indépendamment des rôles respectifs que jouent le génotype et le milieu dans leur détermination.

**Plasticité phénotypique** : capacité d'un génotype de développer des états phénotypiques variés en fonction de l'environnement dans lequel il se développe.

**Polypléide** : qui possède plus de deux jeux complets de chromosomes.

**Sélection naturelle** : processus par lequel s'opère un tri des individus les plus aptes à se reproduire ou à survivre. Pour qu'il y ait évolution d'un caractère particulier sous l'action de la sélection naturelle, il faut que ce caractère varie d'un individu à l'autre, que cette variation soit héritable et qu'elle soit corrélée à une variation de survie ou de reproduction des individus.

## Références

Ridley M. (1997) Evolution. De Boeck & Larcier s.a. Paris, Bruxelles. 719 p.

Lockwood J., Hoopes M., Marchetti M.P. (2007) Invasion ecology. Blackwell Publishing Ltd. Singapore 304p.

Cox G.W. (2004) Alien Species and Evolution. Island Press. Washington. 377 p.