



# Biodiversité et Société : le rôle des invasions biologiques et la crise actuelle de la Biodiversité ?

Présenté par Annabelle Dairain et Johanne Vad

A la lumière des changements globaux actuels, la biodiversité et sa préservation sont devenues des enjeux à la fois scientifiques, économiques et sociétaux majeurs.

Les activités humaines ont notamment pour conséquence le déplacement de nombreux organismes vivants. Ces flux entraînent l'arrivée de nouvelles espèces dans des environnements qui leur sont allochtones. Il y a ainsi introduction d'espèces d'origine étrangère sur des territoires nouveaux.

Ces introductions qu'elles soient volontaires ou non, constituent un risque environnemental qui est, pour l'instant, mal estimé mais modifient le plus souvent les interactions interspécifiques. Ce phénomène est un phénomène global. Il touche tous les types d'écosystèmes et toutes les espèces sont potentiellement invasives.

Comment peut-on définir une espèce invasive ? Comment se déroule une invasion biologique ? Comment modifie-t-elle un écosystème ? Quel est le rôle des organismes non-indigènes dans la crise actuelle de la biodiversité ?

C'est à cet ensemble de questions que nous tenterons de répondre dans ce dossier. Ainsi nous définirons tout d'abord ce que sont une espèce invasive et une invasion biologique. Puis nous développerons deux exemples documentés d'organismes non-natifs ayant modifiés leurs environnements. Enfin nous essaierons de présenter les actions envisageables et envisagées des États et institutions concernés.

# 1) Espèces invasives et écosystèmes

## a. Qu'est-ce qu'une invasion biologique?

Avec la mondialisation et le développement exponentiel des flux internationaux de personnes et de marchandises depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle, l'importance des invasions biologiques augmente significativement (12). La Fig. 1 est issue d'une publication de Lambdon *et al* (8) parue en 2008 et présente le nombre estimé d'espèces invasives présentes en Europe et entrant sur le territoire européen.

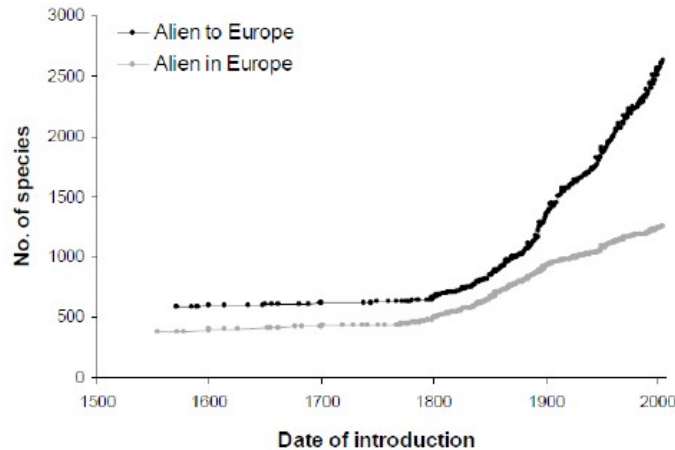


Figure 1 : Cumul estimé d'espèces invasives présentant en Europe depuis le XVII<sup>e</sup> siècle.

Les invasions biologiques constituent ainsi un problème d'actualité étudié par un pan entier de l'Écologie qui est né après la publication en 1958 de l'ouvrage de Charles Elton, éminent écologiste, *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. Ce livre reste encore aujourd'hui l'ouvrage le plus cité dans les publications étudiant la problématique des espèces invasives (12).

La sémantique employée pour l'étude de ce sujet est vaste, variée et peut sembler quelque peu ambiguë. Nous allons donc commencer par quelques définitions.

Une invasion biologique au sens large survient quand un organisme parvient dans un écosystème situé en dehors de son aire de répartition. Au sens strict, l'invasion biologique se traduit par l'explosion démographique de cette nouvelle espèce dans son nouvel écosystème et par une tendance à se disperser à partir de ce nouveau point d'introduction (4).

L'introduction d'une nouvelle espèce dans un écosystème étranger à celle-ci peut se faire de manière accidentelle ou volontaire mais est toujours liée aux activités humaines.

Il est important de bien discerner ce phénomène de l'évolution naturelle d'une aire de répartition d'une espèce qui s'effectue à une échelle de temps beaucoup plus élevée.

Un organisme invasif, introduit, exotique, non natif, naturalisé ou non-indigène est le vecteur d'une invasion biologique et nous considérons ici que ces termes sont synonymes (certaines définitions plus strictes séparent par de subtiles différences ces appellations) (4).

Généralement ces qualificatifs sont employés au niveau spécifique. Pourtant, il est évident qu'une espèce invasive dans un environnement ne l'est pas au sein de son aire de répartition naturelle. Ainsi il semble plus judicieux d'employer les termes de « population invasive ». Il

est important de remarquer ici que la définition d' « espèce invasive » n'est pas une définition taxonomique mais une définition biogéographique (2).

### b. Les différents stades d'une invasion biologique.

Classiquement on définit différentes étapes pour étudier le déroulement d'une invasion biologique : l'*introduction* d'une population exotique dans son nouvel écosystème, l'*établissement* de celle-ci suivi de sa *prolifération* (ou *expansion*) qui peut aboutir à de sévères conséquences écologiques, économiques et sociales. Ces différentes étapes peuvent être représentées comme dans le schéma suivant (Fig. 2) (4).

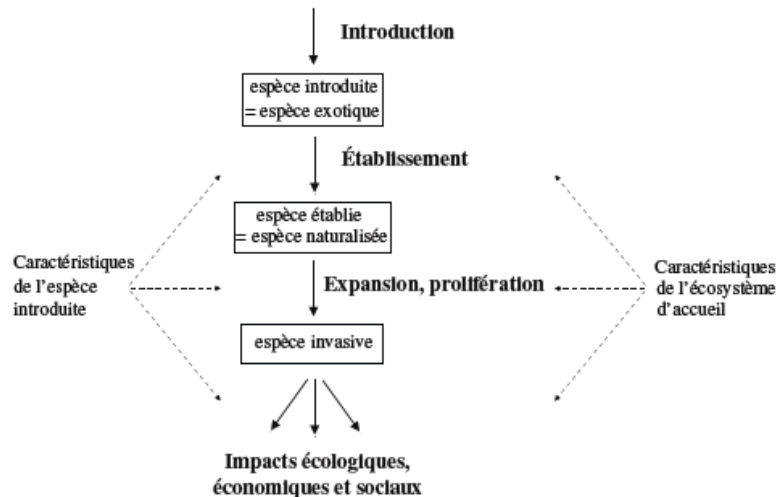


Figure 2 : Étapes d'une invasion biologique.

A chaque étape, les caractéristiques de l'écosystème d'accueil ou les capacités de l'organisme invasif définissent le succès de ce dernier et son passage à l'étape suivante. Williamson et Fitter établissent ainsi en 1996, par étude statistique, la règle des dix : une espèce introduite sur dix réussit à s'établir dans son nouvel écosystème et une espèce établie sur dix devient invasive (certains groupes particuliers d'organismes font exception à cette règle). Un très petit nombre d'invasions biologiques aboutissent donc *in fine* (15).

La population d'organisme non-natif traverse donc un ensemble de filtres. Le passage de ces filtres déterminent la réussite ou non de l'invasion dans l'écosystème considéré. Un premier filtre de dispersion élimine les individus qui ne sont pas capables d'arriver dans le milieu d'accueil. Le filtre physiologique exclut les individus qui ne survivent pas aux changements de conditions de vie. Enfin un filtre biotique recule les individus incapables de coexister avec les espèces présentes. Ce dernier filtre regroupe un ensemble d'interactions avec les populations natives constitué aussi bien des nouvelles relations trophiques que de la compétition ou au contraire des relations de mutualisme (2).

Un autre élément très important définissant la réussite ou l'échec d'une invasion biologique est la pression de propagule. Celle-ci correspond au nombre d'individus arrivant dans le nouvel écosystème (la taille de la population invasive) multiplié par la fréquence des événements d'introduction.

La terminologie liée au thème des organismes invasifs est quelque peu péjorative et certains auteurs, notamment R. Colautti et H. MacIsaac ont proposé en 2004 une terminologie plus neutre. Une classification en stades est ici privilégiée mais les différentes étapes d'une invasion biologique sont globalement préservées (Fig. 3) (2).

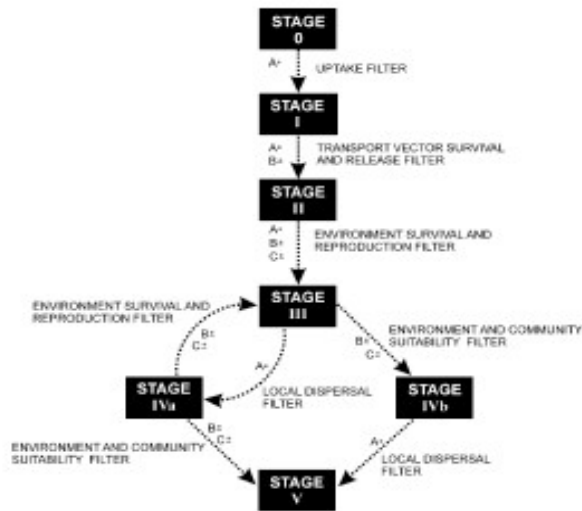


Figure 3 : Étapes d'une invasion biologique

Le stade 0 correspond ici correspond à la phase initiale où des propagules sont présentes dans la région source (c'est-à-dire un écosystème normalement occupé par l'espèce en question). Un groupe de ces propagules va se disperser au stade 2 et éventuellement atteindre l'environnement d'accueil au stade 3. Les propagules parvenues à ce point auront peut être la capacité de s'établir (stade 4) et de proliférer (stade 5).

### c. Réussite des invasions biologiques et écosystèmes d'accueils

L'hypothèse de résistance biotique des écosystèmes a été proposée par Charles Elton en 1958 et nous dit que les communautés présentant une grande richesse spécifique sont plus résistantes aux invasions que celles disposant d'une richesse spécifique faible.

Dans un écosystème à richesse spécifique élevée, tous les types de ressources sont déjà utilisés par les espèces natives. Par ailleurs, la probabilité qu'un prédateur ou qu'un compétiteur efficace de l'organisme invasif soit présent est plus grande dans ce type d'environnement. Ainsi la probabilité de succès d'un organisme invasif est plus élevée dans une communauté pauvre en espèces.

Sous cette hypothèse, plus les populations non natives s'accumulent petit à petit dans l'écosystème et plus le taux d'invasion diminue.

Ainsi, plus le nombre d'invasions ayant déjà eu lieu dans un même écosystème est grand et plus le nombre d'invasions pouvant encore réussir est faible (1).

Ce modèle de résistance biotique est cohérent avec le modèle en île développé par MacArthur et Wilson en 1963 (14).

David Simberloff et Betsy Von Holle (14) développe en 1999 une autre hypothèse quant au rôle de l'écosystème d'accueil dans la réussite ou non d'une invasion biologique. C'est l'hypothèse de fusion invasive ou « invasional meltdown hypothesis ». Cette hypothèse nous dit que le taux de réussite invasive augmente au cours du temps. Les populations invasives déjà présentes ont pu déstabiliser l'écosystème considéré et peuvent avoir des effets positifs sur les organismes invasifs suivants.

Les organismes invasifs pourraient ainsi interagir de différentes manières :

- Par mutualisme (+/+), les deux espèces auraient alors un rôle bénéfique l'un sur l'autre.
- Par commensalisme (+/0), une espèce aurait alors un effet positif sur l'autre.
- Par une sorte de parasitisme (+/-), une espèce peut avoir un effet positif sur l'autre qui a un effet négatif sur la première
- Par compétition (-/-), les espèces ont des effets négatifs l'une sur l'autre.
- Par amensalisme (-/0), une espèce peut avoir un effet négatif sur l'autre qui n'a pas d'effet sur l'autre.

Dans leurs études de 254 cas d'invasions biologiques, Simberloff et Von Holle dénombrent pas une majorité de cas de compétition mais également des cas de mutualisme et des interactions de type (+/0). Aucun cas d'interaction nulle n'est rapporté (14).

Les hypothèses d'Elton et de Simberloff et Von Holle sont résumées dans la Fig.4.

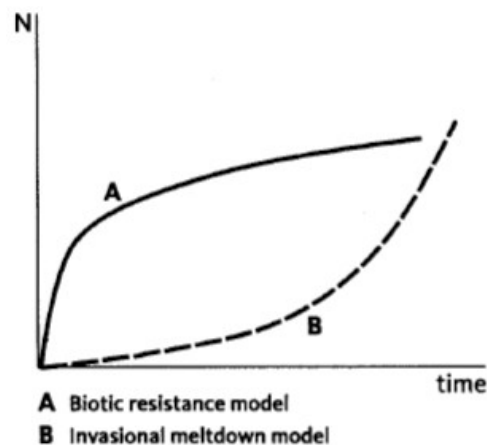


Figure 4 : Nombre d'invasions biologiques réussies dans un écosystème au cours du temps sous deux hypothèses différentes.

Sous l'hypothèse de résistance biotique, le nombre cumulatif d'invasions réussies atteint un palier au cours du temps alors que sous l'hypothèse « invasional meltdown », le nombre cumulatif d'invasions réussies augmente de plus en plus vite (1).

## 2) Exemples d'invasions biologiques

### a. Un exemple classique : le lac Victoria

Le lac Victoria constitue le plus grand lac d'Afrique et est situé en Afrique de l'est. Il est bordé par le Kenya au nord-est, l'Ouganda au nord et au nord-ouest ainsi que par la Tanzanie au sud, sud-ouest et sud-est.

Ce lac proposait initialement une très grande diversité d'espèces de cyclidés endémiques appartenant principalement au genre *Haplochromis* (plus de 600 espèces) et également au genre *Oreochromis* (5).

La perche du Nil *Lates niloticus* est un large prédateur introduit parmi d'autres espèces dans le lac Victoria en 1954 pour permettre le développement de la pêche.

Durant les années 1969-1970, la densité de perches présentes dans le lac resta basale mais durant les années 1980, l'espèce se développa de manière asynchrone dans l'ensemble du lac (5).

Durant le XX<sup>e</sup> siècle, l'exploitation du lac et les activités humaines (agriculture et déforestation) se sont intensifiées entraînant une pollution de l'écosystème. L'environnement est passé d'un état mésotrophique à un état eutrophique.

A la fin du XX<sup>e</sup> siècle la pêche n'est plus aussi diversifiée et se base principalement sur la population de perches du Nil.

La Fig. 5 présente l'évolution des populations de perches et d'haplochromes en fonction du temps dans différents bassins du lac.

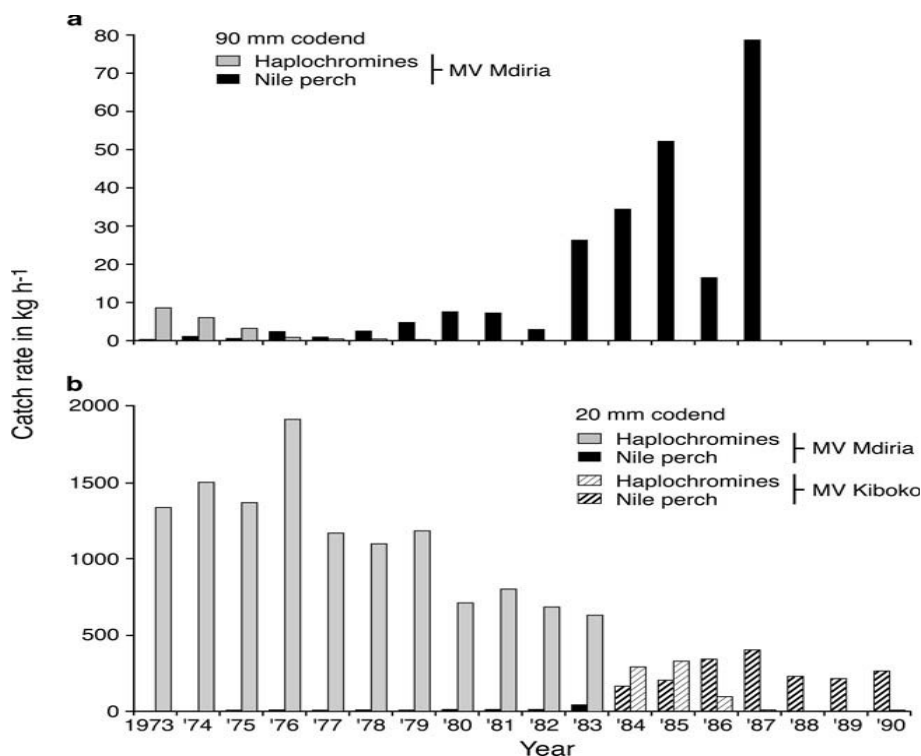


Figure 5: Dynamique des populations d'haplochromines et de perches en fonction du temps et selon les bassins du lac Victoria

D'après Goudswaard *et al.* (5), la colonisation du lac par la perche du Nil s'est effectuée en quatre étapes :

- la surexploitation des populations d'haplochromines notamment au niveau de la région du golf de Nyanza a facilité un recrutement local de perches juvéniles grâce à une diminution de la pression de prédation et de la compétition avec les haplochromines.
- La colonisation d'autres régions du lac s'est faite à différents moments. Dans chaque cas, la première étape de la colonisation consistait en l'invasion de perches des régions voisines suite à une déplétion des populations de cyclidés.
- Petit à petit le taux de survie des perches jeunes a augmenté, la pression de prédation des cyclidés diminuant dans le même temps.
- Un plus grand recrutement de perches de Nil a suivi.

D'autres auteurs proposent des scénarii de colonisations différents. Hecky *et al.* en 1993 suggèrent que l'augmentation de la turbidité et la désoxygénation du lac dues à son eutrophisation, ont fragilisé le réseau trophique présent ce qui a permis le développement de crevettes et de larves d'insectes. Ces derniers ont favorisés la survie des perches du Nil juvéniles. De plus la turbidité de l'eau a pu augmenter l'hybridation des cyclidés qui ne pouvaient plus reconnaître de partenaires de reproduction viables (c'est-à-dire des individus appartenant à la même espèce). Cette hybridation aurait eu pour conséquence de diminuer les populations de cyclidés fertiles (5).

### *b. Hot spot de Biodiversité en Méditerranée et population invasive*

La mer Méditerranée peut être considérée comme un cas particulier mais représentatif du problème que pose les espèces invasives. Aujourd'hui près de 500 espèces y sont estimées comme invasives. Pourtant aucune extinction d'espèces natives n'est connue à ce jour. Par contre, ces invasions biologiques ont eu pour conséquence une diminution d'abondance et des extirpations (ou extinction locales) dans les régions touchées. Nous développerons par la suite deux exemples précis appartenant au même genre : les algues du genre *Caulerpa* (3).

Une souche de l'algue verte tropicale *Caulerpa taxifolia* (Fig. 6) aurait été introduite par accident en mer Méditerranée en 1984 par le Musée Océanographique de Monaco lors de la vidange de ses bassins. En 15 ans, cette algue est présente en Espagne, en France, en Italie, en Croatie et en Tunisie (3).



Figure 6 : *Caulerpa taxifolia*



(Source : [http://www.futurasciences.com/fr/news/t/botanique-1/d/caulerpe-lalgue-invasive-disparait-mysterieusement\\_33122/](http://www.futurasciences.com/fr/news/t/botanique-1/d/caulerpe-lalgue-invasive-disparait-mysterieusement_33122/) )

Cette algue présente des caractéristiques (taux de croissance rapide et formation de patches denses) ayant entraîné l'apparition de micro-habitats homogènes. Ainsi *Caulerpa taxifolia* est associée à une diminution de 25-55% de richesse spécifique d'algues sur substrat dur. La formation de patch dense diminue la capacité des poissons à se nourrir de micro-organismes colonisant ces algues. Ainsi la richesse spécifique, la densité et la biomasse en poisson sont également en baisse dans les zones envahies.

Enfin *Caulerpa taxifolia* synthétise une endotoxine, la caulerpenyne, qui la protège contre les herbivores et les épiphytes. Cependant la caulerpenyne est également toxique pour les mollusques, les oursins et les poissons herbivores, particulièrement pendant l'été et l'automne (3).

*Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Fig. 7) est endémique des côtes sud-ouest de l'Australie et fut décrite en 1990 en mer Méditerranée. Depuis, elle est présente sur les côtes de Chypre à celle de l'Espagne. Elle est capable de recouvrir entièrement une zone envahie en seulement 6 mois et, ce, même dans des régions de grande diversité et de forte densité (3).



Figure 7 : *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*

( Source : <http://www.aquaportail.com/fiche-algue-1335-caulerpa-racemosa-var-cylindracea.html> )

Sur les côtes chypriotes, après son introduction en 1991, *C. racemosa* var. *cylindracea* a remplacé en seulement six ans l'algue alors dominante *Posidonia oceanica*.

Cette colonisation a entraîné une prolifération de polychètes, de bivalves et d'échinodermes ainsi qu'une diminution du nombre de gastéropodes et de crustacés.

On observe ainsi une augmentation de la densité de la méiofaune après invasion des zones de *P. oceanica* par *C. racemosa* var. *cylindracea* mais une diminution de la richesse spécifique (3).

De nombreux autres exemples d'invasions biologiques en Mer Méditerranée peuvent être cités.

Après l'ouverture du canal de Suez et l'augmentation des flux de transports, de nombreuses espèces de la mer rouge ont été introduites en Mer Méditerranée. On parle alors « d'espèces lessepsiennes » (3).

Le fait que tous ces organismes invasifs n'aient pas entraîné de disparition d'espèces natives est à l'origine d'une hypothèse de « niches vacantes » sous laquelle la mer Méditerranée serait biologiquement sous-exploitée.

De nombreuses conséquences de ces multiples invasions biologiques ont été mise en évidence depuis.

La perte de population native de manière locale à cause de ces invasions a eu pour conséquence une contraction des niches écologiques occupées par les espèces indigènes ce qui a contribué à des cas d'extirpations, de diminution de la diversité génétique, des pertes de fonctions, de processus et d'habitats. Il y a ainsi eu homogénéisation biotique. Tout cela peut augmenter les risques de déclin et *in fine* d'extinctions (3).

### 3) Le rôle des espèces invasives dans la crise actuelle de la Biodiversité

#### *a. Calculs des impacts*

D'après Parker *et al.* (1999), l'impact *écologique* d'une population I peut être quantifié par le produit de l'aire d'extension de l'organisme invasive R, de sa densité A et de l'impact écologique per capita ou par unité de biomasse de l'organisme invasif E (10).

$$I = R \times A \times E.$$

Il reste l'élément le plus difficile à mesurer. Malgré tout, cette méthode de calculs prend bien en compte la définition biogéographique d'une population invasive et permet la comparaison d'invasions biologiques sur différents continents ou par différentes espèces d'organismes.

Il est difficile de mesurer les conséquences d'une invasion biologique. La plupart des études tentent soit de comparer un même écosystème avant et après l'invasion, soit de comparer deux écosystèmes similaires, l'un envahit l'autre non (10).

Empiriquement, l'impact écologique d'une population invasive peut être mesuré à cinq niveaux biologiques:

- au niveau individuel (taux démographique comme le taux de naissance ou de mortalité).
- au niveau génétique (possibilités d'hybridation).
- au niveau de la dynamique des populations (abondance, taux de croissance populationnel).
- au niveau communautaire (richesse spécifique, diversité, structure trophique).
- au niveau des processus écosystémiques (disponibilité en nutriments, production primaire).

Ces différents niveaux sont plus ou moins bien étudiés par la communauté scientifique. Les effets aux niveaux génétiques, des communautés et des processus écosystémiques sont rarement mesurés comme illustré sur la Fig. 8 qui suit (10).

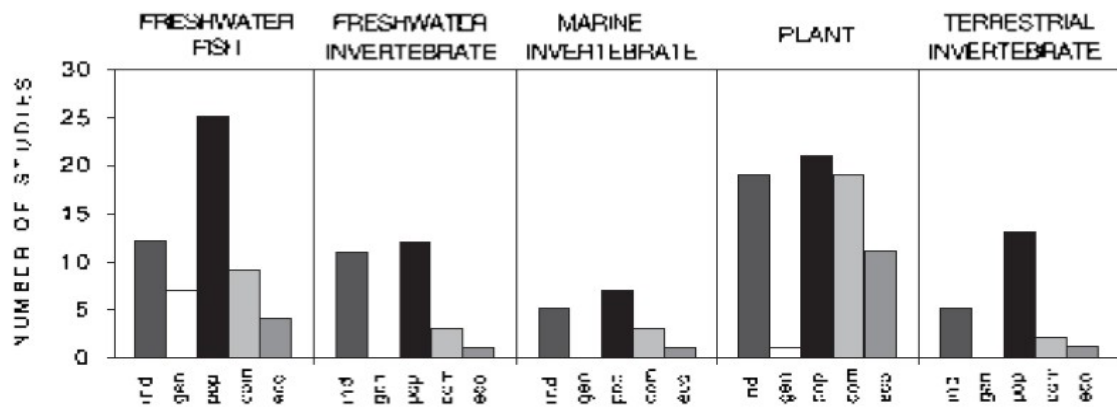


Figure 8 : Nombre d'étude prenant en compte les différents niveaux d'impacts d'une invasion biologique selon le type d'organisme invasif

Les invasions biologiques ont également des conséquences sanitaires (en facilitant l'arrivée de nouveaux pathogènes ou en rendant les écosystèmes plus vulnérables à des pathogènes déjà existants), sociales (dommages sur des infrastructures culturels, destructions de paysages et modifications des habitats) et économiques.

L'impact des invasions biologiques peut donc également se mesurer en terme de coût économique pour les États.

Ainsi, le coût des espèces invasives est estimé à 150 milliards d'euros par an aux Etats-Unis. Dans l'Union Européenne, ce coût atteint 10 milliards d'euros, sachant que l'impact environnemental et économique est inconnu dans 90% des cas. Ces chiffres seraient donc sous-estimés (7).

Ainsi le calcul d'impact global nécessaire à la mise en place de politiques d'actions est très complexe et doit faire intervenir un ensemble de disciplines regroupant la taxonomie, l'écologie des populations, les statistiques, la modélisation, l'économie et les sciences sociales.

### *b. La deuxième cause d'extinctions d'espèces ?*

D'après le projet européen DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe), les écosystèmes marins et terrestres côtiers européens auraient été envahis par plus de 11 000 espèces. La moitié de ces invasions a été réalisée par des plantes terrestres, tandis que les invertébrés marins et terrestres sont responsables d'un peu plus de 30% de celles-ci contre 5% pour les vertébrés. Par rapport à des études précédentes datant d'une dizaine d'années, le nombre d'oiseaux invasifs a été multiplié par cinq, le nombre de mammifères par trois et celui de plantes par deux (Fig. 9) (7).

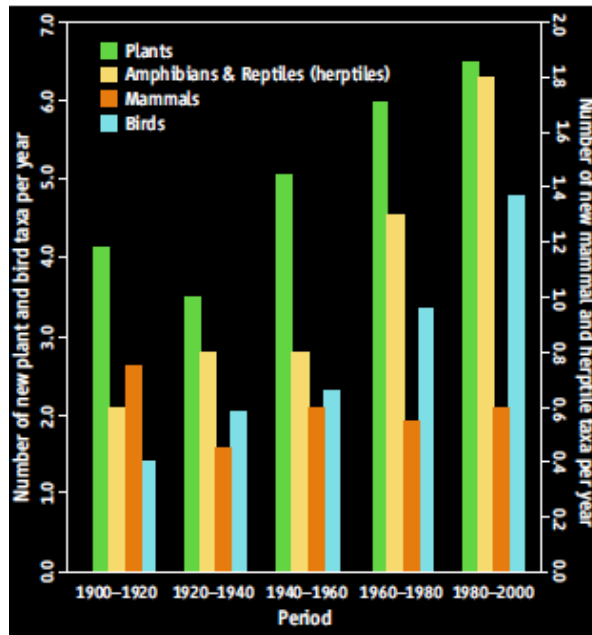


Figure 9 : Nombre d'invasions biologiques estimées en Europe en fonction du temps et du type d'organisme non-indigène

L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN) liste à la deuxième place des causes d'extinctions d'espèces les introductions d'organismes, et ce après la dégradation des habitats naturels. La surexploitation des écosystèmes occupe la troisième place de ce classement (6).

Cette vision est quelque peu discutée au sein de la communauté scientifique. Alors que le rôle des invasions biologiques dans les extinctions massives d'espèces observées de nos jours n'est pas controversé, l'importance de celles-ci l'est d'avantage. Ainsi d'après Gurevitch et Padilla (2004) (6), les conséquences des différentes causes expliquant la crise actuelle de la biodiversité (destruction de l'habitat, réchauffement climatique, surexploitation) ne peuvent pas encore être discernées. Des effets synergiques de plusieurs de ces facteurs peuvent par exemple émerger ce qui rend difficile l'identification des facteurs primaires d'extinction.

Aux Etats-Unis (Wilcove et al.), les espèces en danger font face en moyenne à 2,5 types différents de menaces. D'après la liste rouge de l'IUCN, uniquement 6% des espèces menacées le sont notamment à cause d'une invasion biologique (6).

### *c. Réactions et interventions*

Le commerce de marchandises est l'un des principaux vecteurs d'organismes invasifs. Cet effet est visible à trois niveaux :

- il existe un lien entre introductions d'espèces et routes de commerce.
- il existe un lien entre volumes d'échanges le long de ces routes et risques d'invasions.

- il est prouvé que les introductions involontaires sont spécifiques à certaines routes de commerce.

Ainsi de grands accords commerciaux sont à la base de l'action politique contre le problème des invasions biologiques (11).

L'Accords sur les tarifs douaniers et la commerce ou GATT (General Agreement on Trade et Tarifs) signé en 1945 est le premier accord international autorisant les États signataires à engager des mesures ayant pour buts de protéger les Hommes, les animaux ou les plantes d'un État.

Il faudra attendre la signature d'un autre traité, les accords SPS (Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures), pour développer des actions étatiques possibles. Les accords SP seront mis en vigueur par l'Organisation Mondial du Commerce lors de sa création le 1<sup>er</sup> janvier 1995.

Parallèlement en 1992, la communauté scientifique prit conscience des dangers divers liés à la mondialisation lors du Sommet pour la Terre de Rio de Janeiro. La première Convention sur la Biodiversité Biologique fut signée en 1992. Celle-ci nous dit que chaque partie impliquée doit prévenir l'introduction ou contrôler ou éradiquer les espèces invasives qui menacent un écosystèmes, un habitat ou des espèces natives (12).

Le problème des invasions biologiques a donc pris une envergure politique. Les termes de biosécurité et biosûreté se sont développés.

La notion de biosécurité est un terme relativement récent qui englobe les actions d'exclusion, d'éradication, de contrôle efficace des risques économiques, environnementaux ou sanitaires liés à des organismes vivants ou a des pathogènes.

La biosûreté correspond à la mis en quarantaine au sein de structures spécifiques (laboratoire et champs de culture fermés) d'organismes nouveaux ou indésirables. Ces deux termes surtout développés dans le contexte des organismes génétiquement modifiés s'appliquent également à la problématique des organismes invasifs (12).

Concrètement, les États et instituts concernés peuvent choisir entre deux types de manœuvres :

- les mesures curatives ou d'éradication qui nécessitent un fort investissement actif. Ici il est important de prendre en compte la faisabilité de telles actions, leurs impacts (taux de réussite attendu) et également la résilience de l'écosystème c'est-à-dire ses capacités de récupération et de retour à son état initial.
- Les mesures préventives qui regroupent la création de listes noires interdisant le transport de certaines espèces au potentiel invasif fort ou la mise en quarantaine d'autres organismes.

Dans les deux cas, il est important de pouvoir prioriser les actions en fonction de l'impact de l'invasion biologique. Hors comme nous l'avons vu précédemment, la détermination de l'impact global d'une population biologique est très difficile (10).

Une autre hypothèse est développée notamment par *Perring et al.* Ils proposent ainsi de considérer les invasions biologiques comme des coûts externes à tous échanges de marchandises. Ces coûts externes, aujourd'hui non pris en compte dans le prix des marchandises pourraient être internalisés.

Les importateurs et exportateurs d'organismes invasifs ne sont pas, pour le moment, tenus responsables des conséquences de leurs actions et ne sont donc pas inclus dans le financement des interventions à mener.

Un modèle intégrant une hypothèse de « tarifs de risques appliqués à des organismes potentiellement invasifs » a montré une diminution des volumes d'espèces à risque importées. Cette solution n'est cependant pas prise en compte dans les considérations étatiques actuelles (12).

Une invasion biologique se traduit ainsi par l'explosion démographique d'une nouvelle espèce dans un écosystème situé en-dehors de l'aire de répartition de cette espèce. L'introduction de cette nouvelle population invasive se fait de manière accidentelle ou volontaire mais est toujours le fruit de l'Homme. Le commerce et le transport de personnes ou de marchandises sont les principaux vecteurs de ces organismes.

Schématiquement, une invasion biologique se déroule en trois grandes étapes : l'introduction, l'établissement dans l'écosystème d'accueil et la prolifération de l'espèce à partir de ce nouvel écosystème. A chaque étape, les populations d'organisme non-indigènes passent par un ensemble de filtres environnementaux, physiques ou écologiques. Ainsi ce n'est qu'une petite partie des invasions biologiques qui aboutissent *in fine*.

Dans ce dernier cas, les impacts sont nombreux et mesurables à bien des niveaux. Au niveau écologique, les conséquences d'une invasion biologique peuvent s'observer à l'échelle des individus, génétique, populationnelle, communautaire et écosystémique. Les invasions biologiques peuvent également avoir des retombées sanitaires et économiques. Tous ces impacts sont très difficiles à quantifier.

Toutefois l'IUCN considère que les invasions biologiques constituent la deuxième cause d'extinctions d'espèces.

C'est ainsi que le problème des espèces invasives a pris une dimension sociétale et politique. Les traités économiques multiplient les évocations aux invasions mais les actions de préventions et d'éradication restent très peu efficaces.

## Références bibliographiques

- (1) Begon M, Townsend CR and Harper JL (2006) Ecology, from individuals to ecosystems *Blackwell Publishing* 738p.
- (2) Colautti RI and MacIsaac HJ (2004) A neutral terminology to define 'invasive' species. *Diversity and Distributions* 10, 135-141.
- (3) Galil BS (2007) Loss or gain ? Invasive liens and biodiversity in the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin* 55, 314-322.
- (4) Goudard A (2007) Fonctionnement des écosystèmes et invasions biologiques : importance de la biodiversité et des interactions interspécifiques. Thèse de Doctorat, 216p.
- (5) Goudswaard K, Witte F and Katunzi EFB (2008) The invasion of an introduced predator, Nile perch (*lates niloticus*, L.) in lake Victoria (East Africa) : chronology and causes. *Environmental biology of fishes* 81, 127-139.
- (6) Gurevitch J and Padilla DK (2004) Are invasives species a major cause of extinctions ? *Trends in Ecology and Evolution* 19, 470-474.
- (7) Hulme PE, Pyšek P, Nentwig W and Vilà M (2009) Will threat of biological invasions unite the European Union ? *Science* 324, 40-41.
- (8) Lamdon PW, Pyšek P, Basnou C *et al.* (2008) Alien flora of Europe : species diversity temporal trends, geographical patterns and research needs. *Preslia* 80, 101-149.
- (9) Lodge DM (1993) Biological invasions : lessons for ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 8, 133-137.
- (10) Parker IM, Simberloff D, Lonsdale WM *et al.* (1999) Impact : toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. *Biological Invasions* 1, 3-19.
- (11) Perrings C, Dehnen-Schmutz K, Touza J and Williamson M (2005) How to manage biological invasions under globalization. *Trends in Ecology and Evolution* 20, 212-215.

(12) Richardson DM and Pyšek P (2008) Fifty years of invasion ecology-the legacy of Charles Elton. *Diversity and Distributions* 14, 161-168.

(13) Richardson DM (2011) Fifty years of invasion ecology : the legacy of Charles Elton. *Wiley-Blackwell* 458p.

(14) Simberloff D and Von Holle B (1999) Positive interactions of nonindigenous species : invasional meltdown ? *Biological Invasions* 1, 21-32.

(15) Van Der Velde G, Rajagopal S, Kuyper-Kollenaar M et al. (2006) Biological invasions : concepts to understand and predict a global threat. *Ecological Studies* 191, 61-90.



La Biodiversité est un concept difficile à définir. Classiquement, on nomme biodiversité la variété du vivant à l'échelle des espèces, des gènes et des écosystèmes. Mais cette définition ne rend pas compte de la capacité du vivant à évoluer. On peut ainsi définir la biodiversité de manière plus dynamique, en accord à la vision darwinienne du monde vivant.

Cette conception modifie complètement le but de toute conservation de cette biodiversité. Il ne s'agit plus de simplement préserver certaines espèces emblématiques ou de conserver les génomes de toutes les plantes cultivables dans des banques génétiques mais bien de maintenir le caractère dynamique et évolutif de la Biodiversité.

L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) place les invasions biologiques à la deuxième place des facteurs expliquant les extinctions d'espèces. La destruction des habitats naturels et la surexploitation des écosystèmes occupent respectivement la première et la troisième place de ce classement.

La problématique des invasions biologiques apporte un éclairage différent à la question de la conservation du monde vivant. En effet, les invasions biologiques sont le fruit de la mondialisation et de l'augmentation exponentielle, depuis les Révolutions Industrielles, des flux de transports et de commerces à travers le monde. Il s'agit donc d'une autre conséquence des activités humaines sur son environnement.

Cependant, dans ce cas, l'agent effectif de cette action anthropologique est un organisme vivant, évoluant lui-aussi en réponse à son nouvel environnement. Cette caractéristique unique complexifie d'autant plus les politiques d'action et de prévention. Une invasion biologique ne diminue pas forcément le nombre d'espèces présent dans un écosystème mais en modifie toujours la structure.

Mais toutes ces considérations sont vaines tant qu'aucune réponse n'est apportée à la problématique centrale à laquelle l'Homme doit faire face : pourquoi faut-il à tout prix conserver la Biodiversité ?

Il est évidemment possible de donner des raisons économiques à la conservation du monde vivant. Dans ce cas, la biodiversité est ramenée à la notion de services écosystémiques, services rendus à l'espèce humaine. Cette vision est toutefois extrêmement réductionniste et anthropocentriste.

Il est également possible qu'une obligation morale nous pousse à agir pour la Biodiversité. Cette responsabilité morale envers les générations futures et la notion de vie semblent infiniment plus importantes que toutes considérations financières.