

## **Biologie générale**

# **LA NOTION DE POLLUTION BIOTIQUE : POLLUTIONS FAUNISTIQUE, FLORISTIQUE, GÉNÉTIQUE ET CULTURELLE**

par

Alain DUBOIS

Les problèmes posés par les pollutions biotiques, résultant des introductions, réintroductions et renforcements de populations d'animaux et de plantes sont discutés. Les conséquences écologiques néfastes des déplacements de spécimens en dehors de l'aire de répartition de leur espèce (pollution taxinomique, soit faunistique soit floristique) sont connues depuis longtemps, notamment dans le cas des « espèces envahissantes ». En revanche, il est moins souvent reconnu que de telles translocations, ou celles de spécimens provenant d'une population dans d'autres populations conspécifiques ou d'autres espèces interfécondes (pollution génétique), ou susceptibles d'imiter des traits comportementaux originaux (pollution culturelle), rendront ultérieurement difficile ou impossible l'étude de l'histoire (phylogéographie), des adaptations et de l'évolution des populations réceptrices. Pour les biologistes de l'évolution, elles équivalent à une destruction de leur objet d'étude. De plus, de telles opérations envoient au public un message optimiste mais irréaliste, selon lequel les destructions de l'environnement causées par les activités humaines seraient réversibles à peu de frais. Il est urgent que les concepts principaux de la génétique, de la phylogéographie et de la taxinomie se voient accorder plus de poids dans les décisions concernant les déplacements d'organismes, notamment leurs réintroductions dans des populations réduites ou des habitats menacés.

### **The notion of biotic pollution : faunistic, floristic, genetic and cultural pollutions**

This paper discusses the problems raised by the phenomena of biotic pollution, which result from introductions, reintroductions and population reinforcements in animals and plants. The negative ecological consequences of the translocation of specimens outside the distribution range of their species (taxonomic, i.e., faunistic or floristic pollution), especially in the cases of "invasive species", have long been known. In contrast, it is less usually recognized that so-called "population reinforcements", often aiming at increasing the popu-

### Bulletin de la Société zoologique de France 133 (4)

lation size in order to reduce inbreeding, also pose problems. These operations consist in the introduction in a population of specimens originating from another population of the same species or of another interfertile species. This results in a modification of the genetic structure of the receptor population (genetic pollution), and also in some cases, in species where behaviour is in part transmitted by imitation or learning, of some behavioural traits of the autochthonous animals (cultural pollution). The struggle against genetic pollution is not motivated, as construed by some, by a racist ideology, or by the idea that the introduced specimens would always bring alleles responsible for a lower adaptation to the local conditions than those of the autochthonous population, thus reducing its fitness (although this sometimes occurs). It is justified by the fact that this genetic (and sometimes behavioural) mixture will later make difficult or impossible the study of the history, adaptations and evolution of the receptor population, as allowed for example nowadays by phylogeographic studies. The latter take advantage of the existence of genetic polymorphism and of its variation in space and time to reconstruct the phylogenetic trajectory of natural populations. Species are not black boxes containing identical individuals and the fact that they bear the same scientific name does not mean that different specimens can be mixed or replaced by each other without consequences. For evolutionary biologists, biotic pollutions amount to a destruction of their object of study. Besides, such operations send an optimistic but misleading message to the public, according to which destructions of the environment caused by human activities would be reversible at little cost – so that there would be no urgent need to modify the relationship between our societies and their environment. The basic concepts, methods and aims of genetics, phylogeography and taxonomy should be afforded more weight in the decisions regarding the reintroduction of organisms into reduced populations or threatened habitats.

### Introduction

Le terme *pollution* dérive du latin *polluere* (détruire la pureté de, souiller, salir, déshonorer). Il est employé de manière traditionnelle en biologie, et notamment dans les disciplines traitant de l'environnement, pour désigner toute contamination, toute introduction d'éléments étrangers dans un milieu. L'emploi de ce terme comporte de plus deux connotations : (1) cette introduction est habituellement *artificielle* (due à l'action humaine) ; (2) elle est *nocive* ou *destructrice* pour le milieu ou les espèces qui y vivent.

Il existe plusieurs types de pollutions, qu'il peut être utile de classer sommairement. Les *pollutions chimiques* (minérales ou organiques) consistent en l'introduction dans le milieu de molécules qui y étaient absentes, ou déjà présentes mais à des concentrations bien plus faibles. Les *pollutions physiques* peuvent être *thermiques* (élévation ou abaissement de la température), *électro-magnétiques*, *sonores* (causées par des sources artificielles de bruit) ou même *visuelles* (altération du paysage, de l'aspect d'un milieu). À côté de ces deux types de pollution qui sont habituellement prises en compte par les écologues, il en existe un troisième, moins souvent considéré comme tel, qu'on peut appeler les *pollutions biotiques* (DUBOIS, 2002, 49). Celles-ci sont causées par l'*introduction* d'organismes vivants dans un milieu, résultant d'un déplacement, ou *translocation* (DUBOIS & MORERE, 1980), d'individus d'un site à un autre. Il peut s'agir dans certains cas de la « réintroduction » dans un milieu d'une espèce qui y avait été présente (ou est considérée comme telle) mais en a disparu depuis un temps plus ou moins long.

### La notion de pollution biotique

Les pollutions biotiques sont de trois sortes : les *pollutions taxinomiques* (DUBOIS, 2006, 149), qu'on peut subdiviser en *pollutions faunistiques* (DUBOIS, 1983a, 103) et floristiques (DUBOIS, 2006, 149); les *pollutions génétiques* (DUBOIS & MORERE, 1980) ; et les *pollutions culturelles* (DUBOIS & MORERE, 1980). La nocivité des premières pour les écosystèmes est connue depuis longtemps et constitue de nos jours un fait acquis pour beaucoup d'écologues et de gestionnaires de l'environnement – même s'il n'est pas toujours aisé de les empêcher et de les combattre. En revanche les suivantes sont bien moins souvent soulignées. Le but de la présente note est d'attirer l'attention sur un phénomène souvent méconnu, à savoir les conséquences néfastes de toutes ces introductions sur l'étude ultérieure des écosystèmes, populations et espèces, sur la reconstitution de leur histoire, leurs déplacements et leur évolution. Pour ce faire, nous examinerons successivement ces différents types de pollution biotique.

Dans ce qui suit, le terme de population « réceptrice » désigne toute population « naturelle » dans laquelle des individus provenant d'une autre population « naturelle » sont « artificiellement » introduits par l'homme. L'opposition entre populations, ou phénomènes, « naturels » et « artificiels », doit être explicitée. L'emploi dans ce contexte du terme « artificiel » ne signifie pas que l'homme se situerait en dehors de la nature ou échapperait à ses lois, mais qu'il possède des moyens puissants d'agir sur la nature, notamment par le transport d'organismes sur des distances considérables, ce qu'aucun facteur « naturel » ne pourrait faire de manière aussi aisée, fréquente et parfois répétitive. Ci-dessous, le terme de « naturel » appliqué à une population désigne une population qui n'a pas été modifiée par l'introduction de spécimens allochtones apportés par l'homme. Ceci ne signifie pas que ces populations seraient « naturelles » dans le sens qu'elles auraient évolué sans aucune influence humaine. Très peu d'habitats, sinon aucun, subsistent sur notre planète qui n'aient été peu ou prou transformés par l'activité humaine mais, tant que cet impact a été cantonné à la prédation, la dégradation de l'habitat ou d'autres agressions, la composition de la population n'a pas été altérée par l'introduction de matériel génétique allogène. Les caractéristiques génétiques « originales » d'une population ne sont en elles-mêmes ni « meilleures » ni « pires » que d'éventuelles caractéristiques « artificiellement modifiées ». Toute population locale peut être plus ou moins bien « adaptée » à son habitat. Si toutes étaient toujours « bien adaptées », les extinctions auraient été bien plus rares qu'elles n'ont été lors de l'évolution des organismes sur terre. L'idée qui est défendue ci-dessous, selon laquelle, du point de vue des biologistes de l'évolution, l'introduction de spécimens ou d'allèles allochtones dans des populations doit être évitée, ne signifie pas que dans tous les cas cette introduction serait susceptible de rendre la population réceptrice plus fragile (bien que ce soit vrai dans certains cas), mais qu'elle brouillera ou effacera le « message » que les populations « naturelles », telles que définies ci-dessus, peuvent délivrer quant à leur histoire et leur évolution passées.

L'approche de ces questions présentée ci-dessous se distingue donc de son approche « écologique » traditionnelle. Il ne s'agit pas en premier lieu de se préoccuper de l'impact de ces interventions humaines sur la « qualité », la « santé » ou l'« adaptation » des populations – points qui ont déjà fait l'objet de très nombreux travaux par des écologues et généticiens des populations. Il s'agit d'aborder ces problèmes du point de vue de la *connaissance scientifique* et de la simple « défense de leur propre activité »

### Bulletin de la Société zoologique de France 133 (4)

par les chercheurs en biologie évolutive: comment ceux-ci pourraient-ils être favorables à la destruction de leur objet d'étude si celle-ci n'est pas justifiée par ailleurs par d'impérieuses raisons concernant les populations humaines (par exemple de santé publique ou de ressources alimentaires) ?

#### Les pollutions faunistiques et floristiques

Les termes de *pollution faunistique* et *floristique* désignent toute introduction « réussie », c'est-à-dire suivie d'une *acclimatation*, dans un écosystème, d'un taxon (espèce ou sous-espèce) qui y était jusque-là absent, c'est-à-dire en dehors de son aire de répartition naturelle. Pour qu'on puisse parler d'acclimatation, il ne suffit pas que les organismes introduits aient survécu dans leur nouveau milieu, même en grand nombre : il faut également qu'ils s'y soient *reproduits* et y aient donné naissance à une progéniture viable et susceptible à son tour de se reproduire, entraînant une modification permanente, ou du moins durable, de la composition taxinomique de l'écosystème.

Afin de pouvoir apprécier si ces conséquences sont « positives », « neutres » ou « négatives », il importe de savoir en vertu de quels critères ce jugement est porté (DUBOIS, 1983b). Dans tous les cas, ces introductions ne peuvent être qualifiées de « réussies » que du point de vue de la survie et de la descendance des *individus* introduits. En ce qui concerne le milieu où a eu lieu l'introduction, et les *espèces* qui y vivent, les conséquences pourront être négatives, neutres ou positives selon les cas. Tout d'abord, on observera une augmentation de la diversité spécifique. Une telle augmentation est habituellement considérée comme positive pour le milieu, dans la mesure où divers modèles écologiques suggèrent qu'un écosystème plus riche en espèces possède une meilleure homéostasie et est susceptible de mieux réagir aux agressions et aux changements (BARBAULT, 1994 ; RAMADE, 1999). Toutefois, cette phase est souvent suivie d'autres conséquences plus négatives pour l'écosystème.

C'est ainsi que, depuis longtemps, les traités d'écologie fourmillent de cas d'espèces déplacées d'une région ou d'un continent à une ou un autre, ou introduites dans des îles, et qui après un certain temps, en l'absence de prédateurs ou compétiteurs efficaces, se sont mises à y proliférer, avec des conséquences parfois catastrophiques sur certaines des populations autochtones. On relira par exemple le texte classique de DORST (1965) qui développait déjà à l'époque beaucoup d'exemples très instructifs à cet égard (achatine, tilapia, crabe chinois, doryphore, anophèle, étourneau, lapin, rat musqué, ragondin, écureuil gris, cerf, etc.). Cette question a fait l'objet ces dernières années de nombreux travaux qui ont montré qu'il s'agit d'un des facteurs les plus importants, après la destruction et la dégradation des milieux naturels, d'extinction des populations et espèces (RAMADE, 1999 ; PASCAL *et al.*, 2006). À côté des cas bien connus, il en existe d'autres où, en raison de l'absence de données précises sur l'état des populations et des écosystèmes avant l'introduction, l'impact réel de celle-ci n'est pas connu avec certitude mais, dans de tels cas, le *principe de précaution* exige d'être très prudent avant de considérer cet impact comme *a priori* négligeable. Qualifier une telle attitude prudente de « psychose » (DUGUET & MELKI, 2003), sans aucune donnée solide démontrant à l'inverse que l'introduction n'a eu aucun effet nocif d'aucune sorte sur un

### La notion de pollution biotique

écosystème, ne participe certainement pas d'une bonne éducation du public quant aux risques de déséquilibres écologiques liés à l'introduction d'espèces allochtones dans les écosystèmes.

Les espèces responsables de telles catastrophes sont parfois qualifiées d'« invasives » ou « envahissantes ». Pour dire vrai, habituellement ces espèces ne sont en fait nullement « envahissantes » par elles-mêmes, ne manifestant pas spontanément de telles caractéristiques expansionnistes. Dans leurs milieux d'origine, des amphibiens comme le xénope *Xenopus laevis*, le crapaud géant *Bufo marinus* ou la grenouille taureau américaine *Lithobates catesbeianus* vivent en bon équilibre avec les autres espèces d'amphibiens et des autres groupes, alors qu'elles sont devenues envahissantes dans diverses régions où elles ont été introduites, avec des conséquences particulièrement graves en milieu insulaire notamment. Il n'est pas toujours possible d'attribuer de telles différences à un facteur unique bien identifié, comme la présence dans l'écosystème original d'un prédateur ou d'un compétiteur précis qui fait défaut dans le nouveau milieu. Il ne s'agit pas non plus de la présence d'une « place vide », d'une « niche écologique libre » dans l'écosystème récepteur, car les niches écologiques ne préexistent pas « en soi » dans le milieu, mais se définissent mutuellement les unes par rapport aux autres, à travers une partition des ressources alimentaires, spatiales, temporelles, etc. Ce qui rend ces espèces « envahissantes » dans le nouveau contexte est le fait qu'elles peuvent se trouver, à un moment donné, plus efficaces que les espèces autochtones dans la compétition pour certaines de ces ressources ou la prédation directe sur certaines espèces de l'écosystème, qu'elles y soient ou non leurs compétitrices directes. L'impact de telles pollutions taxinomiques peut être très important, surtout au cours des premières années ou générations, avant qu'un nouvel équilibre se mette progressivement en place. Ces conséquences néfastes peuvent être particulièrement graves dans des écosystèmes de petite taille ou à la diversité écologique réduite, comme les îles, les oasis désertiques ou d'autres habitats extrêmes ou isolés: dans de tels cas, l'extinction de certaines espèces autochtones peut se produire très vite, avant qu'un équilibre entre elles et l'espèce introduite puisse apparaître.

Malgré les nombreux exemples éclairants du passé, de nos jours encore des introductions « sauvages » de plantes ou d'animaux sont encore souvent effectuées dans divers pays. Il s'agit de moins en moins d'introductions effectuées juste par « curiosité », pour le « plaisir » ou l'agrément des habitants, ou même justifiées par la soi-disant nécessité d'« enrichir » des milieux considérés trop « pauvres en espèces », que ce soit en raison de théories écologiques très élaborées sur la richesse spécifique optimale des écosystèmes ou pour d'autres raisons plus farfelues (VASSEROT, 1972). Des translocations d'espèces « justifiées » par des critères économiques continuent à être régulièrement pratiquées, que ce soit pour constituer de nouvelles ressources alimentaires pour les populations humaines ou leur bétail, ou, sous l'étiquette de « lutte biologique », dans un but de destruction d'autres espèces (parfois elles-mêmes introduites par l'homme) nuisibles aux cultures ou à l'élevage. Ces dernières opérations n'ont pas toujours les effets escomptés, les espèces introduites ayant souvent la « mauvaise idée » de faire autre chose que ce pour quoi elles ont été importées ! L'exemple du crapaud géant *Bufo marinus*, introduit en Australie dans le but (non atteint) d'éradiquer divers insectes « nuisibles » mais qui y est devenu un fléau national, est particulièrement parlant à cet égard.

**Bulletin de la Société zoologique de France 133 (4)**

À côté de ces aspects écologiques bien connus des translocations « réussies » d'espèces, il en existe un autre aspect néfaste, bien plus rarement souligné, et qui va retenir notre attention ici : il s'agit de la perte d'information qui peut en résulter. Cet aspect n'est néfaste que pour les hommes, ou plus exactement pour certains d'entre eux, les scientifiques, qui s'efforcent de répondre à diverses questions concernant l'histoire et le fonctionnement de la nature : comment les écosystèmes se sont-ils mis en place et ont-ils atteint la composition et la dynamique que nous observons aujourd'hui, quelle est la répartition actuelle des espèces qui y vivent, quelle a été leur histoire, celle de leurs caractères et de leurs adaptations ? Les modifications brutales de la composition des écosystèmes et de la répartition naturelle des espèces résultant de la pollution faunistique ou floristique rendent plus difficile, sinon impossible, ces reconstitutions du passé de la biosphère, et la compréhension des mécanismes de son évolution.

En tant que biologiste professionnel, le silence de beaucoup de mes collègues sur ces questions m'a frappé depuis longtemps comme un fait étrange : comment peuvent-ils être insensibles à cette question de la *perte d'information* qui résulte de la pollution faunistique ou floristique ? Il n'est pas étonnant que le « grand public » et certains médias puissent imaginer que la répartition de toutes les espèces de notre planète soit « bien connue », mais les spécialistes sont bien placés pour savoir que c'est complètement faux. À l'exception de quelques groupes de vertébrés, notamment d'oiseaux et de mammifères de grande taille, ce n'est pas seulement la répartition, mais, plus prosaïquement, l'existence même d'une très large majorité des espèces de notre planète qui reste inconnue des biologistes (HAMMOND *et al.*, 1995). La notion-clé à cet égard est celle de « handicap taxinomique » (ANONYME, 1994), qui consiste à reconnaître que, bien que commencé il y a environ 250 ans, l'inventaire des espèces vivantes du globe est aujourd'hui loin d'être achevé. Ce handicap taxinomique est à la fois quantitatif et qualitatif (DUBOIS, 2008), c'est-à-dire que non seulement nous sommes loins de connaître toutes les espèces du globe, mais encore, pour celles qui sont « connues », c'est-à-dire qui ont été décrites et qui portent un nom, nous manquons souvent de beaucoup d'informations sur les caractères, la biologie ou la répartition géographique.

L'introduction active par l'homme d'une espèce en dehors de son aire de répartition crée un « artefact » dans la répartition de celle-ci. Ceci est d'autant plus problématique que le lieu de l'introduction n'est pas loin de l'aire « naturelle » de l'espèce et n'est pas séparé de celle-ci par une barrière telle qu'une mer ou une montagne. Comme beaucoup d'introductions sont effectuées « secrètement », dans beaucoup de cas le site originel et celui d'introduction des animaux ou des plantes, et leurs sexes et nombres, sont inconnus, et des doutes peuvent exister quant à la nature indigène ou non de spécimens ultérieurement observés dans cette région. Un bon exemple de cette situation concerne l'introduction du crapaud *Pelobates fuscus* effectuée au début du XX<sup>e</sup> siècle par Raymond Rollinat dans le département de l'Indre (DUBOIS & MORERE, 1979) : la découverte ultérieure dans cette région d'une population de cette espèce (DUBOIS, 1984, 1998b) y pose la question de son indigénat éventuel (DUBOIS, 2006).

Pour toutes ces raisons, l'éventualité d'introductions d'espèces dans de nouveaux milieux ne devrait être susceptible d'être acceptée que pour des raisons majeures, notamment économiques et plus particulièrement liées à l'alimentation ou à la santé des populations humaines, après s'être, autant que faire se peut, assuré que cette introduction

## La notion de pollution biotique

résoudra bien le problème visé, mais ne devrait pas l'être dans un simple but de curiosité ou d'agrément, sans besoin réel clairement identifié.

## La pollution génétique

### Définition

On appelle *pollution génétique* (DUBOIS & MORERE, 1979, 1980) toute modification de la structure génétique d'une population résultant de l'acclimatation dans celle-ci d'individus interféconds provenant d'une autre population, isolée de la première, donnant naissance à une descendance viable et féconde. La définition princeps du concept est simple : « *l'introduction, résultant d'une action humaine, dans une population naturelle, d'allèles allochtones, ceux-ci s'y maintenant ou s'y répandant, modifiant ainsi l'état initial et l'évolution ultérieure de cette population réceptrice, ceci de façon imprévisible* » (DUBOIS & MORERE, 1980, 7). Dans cette phrase, population doit être pris dans le sens large de métapopulation, c'est-à-dire un ensemble d'individus conspécifiques en interaction génétique réelle, pas seulement potentielle (comme c'est le cas entre populations éloignées ou isolées d'une même espèce). Notons bien que, selon cette définition, il est indifférent que les individus qui se retrouvent ainsi mélangés soient conspécifiques ou non, puisque l'hybridation interspécifique n'est pas rare en zoologie entre espèces voisines, notamment dans certains groupes comme les Amphibiens et les Oiseaux (DUBOIS, 1988). La pollution génétique peut donc être homospécifique ou hétérospécifique. Elle peut entraîner soit l'introduction dans la population réceptrice d'allèles qui y étaient absents, soit une modification des fréquences relatives des allèles, par exemple avec l'accroissement soudain de la fréquence d'un allèle auparavant très rare, ou l'inverse.

La pollution génétique résulte de transport par l'homme, puis d'introduction dans une population, de spécimens exogènes considérés conspécifiques. Cette opération est parfois involontaire (animaux ou plantes « passagers clandestins » de bateaux ou autres moyens de transport), mais ce n'est pas toujours le cas. Parfois, le(s) responsable(s) de cette translocation croi(en)t sincèrement que, puisqu'ils sont supposés être de la « même espèce », les individus des deux populations sont « identiques » et qu'aucune conséquence néfaste ne peut résulter de leur mélange : de tels cas de pollution génétique sont pour ainsi dire involontaires et inconscients. Mais de nos jours un type de pollution génétique pleinement consciente et volontaire provient d'actions de biologistes de la conservation ayant pour but de « renforcer » des populations. De telles interventions sont devenues assez communes lors des dernières décennies, et elles sont soutenues par de nombreux acteurs, aussi elles méritent une discussion détaillée.

### Quelques erreurs d'interprétation

La formule de « pollution génétique » est désormais d'un emploi commun, y compris dans la grande presse (TARDIEU, 1997). Toutefois, elle est souvent utilisée dans un sens erroné, parfois même contradictoire avec son sens original dans la publication où elle fut créée. Il semble que la majorité des biologistes de la conservation, et en tout

**Bulletin de la Société zoologique de France 133 (4)**

cas ceux qui effectuent des opérations coûteuses et médiatiques de « renforcements de populations » et de « réintroductions », n'aient manifestement pas compris les raisons qui ont amené les créateurs de ce concept à considérer ces opérations comme néfastes. Deux erreurs d'interprétation fréquentes à ce sujet sont les suivantes : (1) la dénonciation de la pollution génétique serait fondée sur une idéologie raciste ; (2) elle serait due avant tout au fait que toute introduction d'allèles exogènes entraîne une moins bonne adaptation de la population à son milieu.

Pour des auteurs peu attentifs, mal informés ou tendancieux, ceux qui s'opposent à la pollution génétique le feraient dans le but de maintenir une certaine « pureté raciale » des populations. Leur opposition à ces opérations trahirait une idéologie raciste ou élitiste selon laquelle certaines populations animales (et éventuellement humaines) seraient « supérieures » à d'autres. Une telle idéologie pourrait s'appuyer sur l'idée que les animaux autochtones, étant sur place depuis plus longtemps, seraient nécessairement mieux adaptés à leur milieu et donc « supérieurs » aux « étrangers » : il faudrait alors éviter qu'elles soient « abâtardies » par des croisements avec ces derniers. Cette idée est inacceptable, non seulement en termes éthiques, sociaux et politiques : elle est également totalement erronée d'un point de vue biologique, pour deux raisons distinctes. Tout d'abord elle repose sur une conception « essentialiste » des populations et espèces animales : chacune d'entre elles aurait une « nature », une « essence » propre, fixe et immuable. Cette approche est complètement dépassée depuis l'avènement de la « nouvelle systématique » (MAYR, 1982, 1997). En fait, chaque population est en perpétuel changement, puisque chaque individu a ses caractéristiques propres et qu'à chaque génération apparaissent de nouveaux individus aux nouvelles caractéristiques. Par ailleurs, il n'existe pas de population « supérieure » à une autre, puisque chaque population, du fait même qu'elle existe, a nécessairement développé des caractéristiques et des propriétés qui expliquent sa survie malgré les conditions parfois hostiles de son milieu et ses interactions avec les autres populations de l'écosystème (compétition, parasitisme, prédation). À tel moment et dans telle situation, telle population pourra s'avérer « mieux adaptée » qu'une autre aux mêmes conditions environnementales, qu'elles se trouvent ou non dans des conditions de compétition, de prédation ou de parasitisme, mais cette situation peut changer ultérieurement en fonction de multiples facteurs. Seule l'extinction met fin, pour chaque population et pour chaque espèce, à la possibilité qu'elle s'adapte aux changements du milieu.

Il est vrai toutefois que dans certains cas la pollution génétique peut avoir des conséquences délétères pour la population réceptrice. C'est surtout le cas lorsque les deux populations, référées, à tort ou à raison, à la même espèce, vivent dans des milieux éloignés et des conditions environnementales fort différentes : par exemple une de basse et une de haute altitude ou latitude. Dans chacune de ces populations, ont pu être sélectionnés des allèles favorisant l'adaptation au milieu. L'introduction d'individus provenant d'une population éloignée, porteurs d'allèles qui ont été sélectionnés en fonction de conditions différentes, a pour conséquence d'injecter ces allèles dans la population réceptrice. Tout dépend alors des nombres respectifs d'individus des deux origines. Si les individus introduits sont très peu nombreux par rapport aux autochtones et si l'allèle introduit est très fortement contre-sélectionné, il pourra être éliminé assez vite, mais si les individus autochtones restants sont très peu nombreux par rapport aux introduits, les



### La notion de pollution biotique

allèles exogènes pourront submerger les allèles « locaux » et entraîner une baisse considérable de la valeur adaptative ou « *fitness* » de la population. Plusieurs exemples de cette situation sont connus en zoologie (DUBOIS & MORERE, 1980), mais il n'est nullement démontré, ou même vraisemblable, que toute pollution génétique entraîne une baisse de la valeur adaptative d'une population : il est même tout à fait possible que l'inverse se produise, si des allèles favorables à la population réceptrice mais absents « naturellement » dans celle-ci y sont introduits. En effet, l'adaptation d'une population à son milieu est loin d'être toujours optimale, contrairement à ce qu'une conception téléologique de l'évolution pourrait laisser croire.

Malgré l'existence de cas où la pollution génétique est néfaste écologiquement à la population réceptrice, il ne s'agit pas là de la raison principale pour laquelle les biologistes de l'évolution ne peuvent pas être favorables à ce phénomène. Cette idée était certes mentionnée en passant, mais pas mise en avant, lors de la création du concept. Tel qu'il a été proposé par ses créateurs (DUBOIS & MORERE, 1979, 1980) et ensuite discuté de nouveau en détail à plusieurs reprises (DUBOIS, 1983b, 2006 ; PAGANO *et al.*, 2003), le concept original de pollution génétique est purement descriptif et ne se focalise nullement sur ce problème. Ce concept rend tout simplement compte d'une situation particulière, sans impliquer aucune idée de « supériorité », pas même en termes d'adaptation, des individus ou des allèles autochtones par rapport aux allochtones.

### Consanguinité et « renforcement de population »

Un cas particulier de pollution génétique est constitué par ce qui est habituellement dénommé, de manière tout à fait impropre, « renforcement de population ». Certains écologues ont recours à de telles interventions lorsque des populations ont été réduites, souvent suite à l'impact de l'activité humaine, à des effectifs très faibles. De telles populations sont bien entendu plus vulnérables à des facteurs externes comme la prédation ou diverses agressions environnementales, et ont peu de chances de se reconstituer de manière durable tant que subsistent les facteurs responsables de la réduction initiale de leur taille. Si cette situation a évolué en bien, l'introduction de nouveaux spécimens pourra certes avoir un effet positif initial, en termes écologiques, éthologiques et démographiques. L'augmentation de la taille de la population réduira le risque d'extinction immédiate par mort des derniers survivants puis en augmentant les chances de rencontre des adultes des deux sexes. La translocation pourra aussi avoir des conséquences néfastes, comme l'introduction de pathogènes, ou l'invasion du pool génique de la population par des allèles entraînant une moins bonne adaptation aux conditions locales, comme évoqué ci-dessus.

Mais le principal argument qui est souvent mis en avant pour justifier de telles interventions est que la petite taille de la population augmente les risques de consanguinité et donc de « fardeau génétique », qui empêcherait la reconstitution d'une population florissante. Divers modèles mathématiques peuvent alors être invoqués pour « démontrer » que ce risque de consanguinité est si fort qu'il est devenu crucial d'introduire du « sang nouveau » pour sauver ces populations. Des individus, prélevés dans une autre population de la même espèce, sont alors ajoutés dans la population devenue « trop petite » afin de la « renforcer ». Dans ce cas, le terme de « renforcement »

**Bulletin de la Société zoologique de France 133 (4)**

implique deux opérations distinctes : (1) une augmentation du nombre d'individus de la population ; (2) une augmentation du polymorphisme génétique de la population. Mais il faut y ajouter une troisième conséquence, habituellement non discutée dans de tels projets, résultant de la modification de la structure génétique de la population induite par cette opération : (3) l'obscurcissement ou l'effacement du message évolutif historique transmis par ses caractères génétiques.

Tel que défini par FORD (1945), le polymorphisme consiste en la présence dans la même population de deux ou plusieurs formes distinctes dans des proportions telles que la plus rare ne puisse pas être maintenue par mutations récurrentes ou par immigration. Dans la pratique, le seuil de 5 % est généralement retenu à cet égard (LAMOTTE, 1974), mais il s'agit d'un seuil arbitraire, et selon la taille de la population ce seuil pourrait être modulé. Ce polymorphisme génétique peut être mesuré par divers paramètres comme le taux de polymorphisme, le taux d'hétérozygotie ou la diversité allélique (PASTEUR, 1974). Il a manifestement une fonction adaptative : l'existence d'une « réserve de variabilité » au sein du pool génique d'une population permet à celle-ci, grâce au jeu de la sélection naturelle qui entraîne des changements de fréquences alléliques et jusqu'à des remplacements d'allèles en quelques générations, de s'adapter à des changements des conditions de milieu. Il est aisé de modéliser les conséquences génétiques d'une réduction drastique du nombre d'individus de la population : perte d'allèles, augmentation du coefficient de consanguinité des individus et donc du taux d'homozygotie de la population. Dans une population nombreuse, l'augmentation de ce coefficient (par exemple par reproduction non aléatoire entre frères et sœurs) entraîne une augmentation de la proportion d'homozygotes. Cette augmentation peut être considérable notamment dans le cas des allèles rares, et en cas d'allèle délétère elle peut entraîner des conséquences néfastes pour les individus concernés, ce qui explique sans doute la défiance traditionnelle des populations humaines face aux mariages consanguins. Toutefois les conséquences au niveau des populations naturelles ne sont pas aussi tranchées. En dehors de toute sélection, la consanguinité augmente certes la fréquence des homozygotes dans la population, mais elle ne modifie pas les fréquences alléliques (KALMES & HURET, 2002). La perte aléatoire d'allèles est certes de plus en plus importante à mesure que l'effectif de la population diminue fortement et que la durée de son isolement est plus grande, mais le phénomène n'a des conséquences irréversibles que pour des effectifs extrêmement faibles.

La crainte de la consanguinité qui motive certaines réintroductions d'individus au sein de populations de taille réduite s'appuie sur des modélisations mathématiques, mais elle est contredite par de nombreuses observations empiriques. Dans bien des cas, d'autres explications que la consanguinité peuvent être proposées pour expliquer l'extinction de populations très petites et isolées (GREIG, 1979). Les données empiriques existantes semblent plutôt indiquer que, *dans certaines conditions favorables*, des populations peuvent tout à fait survivre à des périodes où leur taille est très petite, avec un polymorphisme génétique réduit. Les cas ne sont pas rares de populations qui sont passées par des goulots d'étranglement démographique, parfois très étroits, et qui se sont reconstituées ensuite. C'est ainsi que les bisons d'Europe ont pu être sauvés à partir de quelques individus qui avaient survécu dans une réserve de Pologne (DORST, 1965). D'autres exemples frappants sont justement ceux des fameuses espèces « envahis-

### La notion de pollution biotique

santes » évoquées ci-dessus, dont les populations procèdent de manière générale d'un nombre initial très faible d'individus introduits, ce qui ne les empêche pas d'avoir parfois un succès démographique considérable et très rapide. En réalité, si la consanguinité peut avoir des conséquences graves lorsqu'un grand nombre d'individus consanguins porteurs d'allèles délétères survivent, ce qui est le cas dans les sociétés humaines ou éventuellement dans des espèces domestiques où ces individus sont « protégés », il n'en va pas de même dans les populations sauvages soumises à la sélection naturelle, où les homozygotes pour de tels allèles sont contre-sélectionnés et pour la plupart éliminés. Il est frappant de constater que le tabou de l'inceste est l'un des rares universaux dans l'ensemble des sociétés humaines, et l'on peut être amené à se demander si les « renforcements de populations » destinés à éviter la consanguinité n'ont pas plus à voir avec ce tabou qu'avec un réel impact de celle-ci sur la valeur sélective et la survie des populations animales de petite taille.

### Identité taxinomique et identité génétique : la phylogéographie

Beaucoup des promoteurs de tels programmes de « renforcement » agissent comme si, dès lors qu'elles portent le même nom, toutes les populations d'un taxon étaient identiques, interchangeable, et donc mélangeables sans que cela ait aucune conséquence. Affirmer le contraire n'a rien à voir avec le racisme, c'est une simple constatation scientifique. À cet égard, PICHOT (2000) a très justement souligné que le rejet de toute idéologie raciste, à laquelle aucun biologiste digne de ce nom ne saurait souscrire, doit s'appuyer avant tout sur des valeurs éthiques et non pas sur l'affirmation mensongère que tous les hommes sont identiques – car à l'inverse, si l'on venait à démontrer scientifiquement que de réelles différences, notamment d'aptitudes ou de performances, existent dans tel ou tel domaine entre les populations humaines de telles ou telles régions, ce qui est en fait fort peu douteux, faudrait-il en déduire que le racisme est justifié ? Il faut éviter l'instrumentalisation du rejet légitime du racisme et l'amalgame entre les idées racistes et la condamnation de la pollution génétique du point de vue de la biologie de l'évolution. Cette question a déjà été évoquée et réfutée en détail par GREIG (1979), qui avait fait l'objet d'attaques personnelles injustifiées à cet égard. L'idée que le fait de porter le même nom rend les organismes interchangeables est fautive à plusieurs titres.

Tout d'abord parce que, même si deux individus ou deux populations sont classées par les taxinomistes dans la même espèce, ce peut être par erreur ! Ce cas n'est pas rare, non pas parce que les taxinomistes seraient incompetents ou feraient mal leur travail, mais parce que la taxinomie est une discipline très difficile et qu'il reste encore beaucoup à faire pour connaître l'ensemble des espèces du monde vivant et surmonter le handicap taxinomique évoqué ci-dessus. Dès que les taxinomistes se penchent sur un groupe précis, comme un genre ou un groupe d'espèces, utilisant des techniques modernes d'étude (moléculaires ou autres), ils sont très souvent amenés à distinguer des espèces qui jusque-là étaient confondues. Cela peut être dû au fait qu'elles sont morphologiquement identiques ou très similaires et ne pouvaient pas être décelées par examen superficiel du phénotype : ce sont les espèces « jumelles » ou « cryptiques », ou mieux *dualspecies* (BERNARDI, 1980). Mais, dans beaucoup d'autres cas, ce qui est en

**Bulletin de la Société zoologique de France 133 (4)**

jeu est bien plus simple : tout simplement, ces espèces avaient été étudiées de manière trop superficielle, à partir de trop peu de spécimens ou avec trop peu de comparaisons, et de réelles différences morphologiques (ou autres) entre elles avaient jusque-là échappé aux taxinomistes. Un autre problème provient de l'usage fréquent, du moins dans certains groupes taxinomiques, du rang de « sous-espèce », qui ne correspond pas toujours à de vraies unités évolutives, telles par exemple que celles que l'analyse phylogéographique peut mettre en évidence (voir ci-dessous). Pour certains biologistes, les sous-espèces correspondent à des boîtes noires fermées au contenu homogène, la variabilité n'existant qu'entre ces boîtes, mais pas au sein de celles-ci, ce qui correspond de nouveau à une conception essentialiste et typologique de la taxinomie qui est complètement obsolète de nos jours (DUBOIS, 1983b).

Dans tous les cas qui précèdent, où les taxons avaient été mal définis avant l'opération de tranlocation, il est clair que celle-ci peut entraîner une importante pollution génétique : s'il se trouve que la population réceptrice était la dernière de son espèce (ou de sa sous-espèce), l'opération de « renforcement » peut aboutir en fait à sa destruction immédiate et irréversible.

L'autre raison pour laquelle le fait de porter le « même nom » ne signifie pas que deux populations soient *identiques* tient à l'existence de la variabilité génétique intraspécifique. En raison de cette variabilité, qui touche la majeure partie du génome des organismes, il n'existe pas deux individus qui aient des génotypes identiques, et pas deux populations qui possèdent exactement les mêmes compositions et fréquences alléliques, ni les mêmes particularités morphologiques, éthologiques, etc. Cette variation s'observe non seulement dans l'espace, mais également dans le temps. D'une génération à l'autre, la composition du pool génique d'une population subit des modifications souvent modiques, parfois importantes ou très importantes, notamment dans le cas de passage à travers un goulot d'étranglement démographique et/ou de modifications brutales du milieu : ce sont alors des conditions propices à la spéciation par « effet de fondation ». La composition génétique de chaque population à un moment donné lui est propre (avec des fréquences alléliques propres et éventuellement des allèles propres) et elle se modifie sans cesse, par le jeu de l'échantillonnage génétique aléatoire lors de chaque reproduction, par mutation, sélection et migration (habituellement depuis et vers des populations voisines appartenant à une même métapopulation, ce qui ne rentre pas dans le cadre de la pollution génétique).

Ces modifications graduelles peuvent être décelées et reconstruites par les méthodes modernes de la génétique des populations, ce qui a donné lieu à l'émergence, postérieure au concept de pollution génétique mais soulignant sa pertinence, de la discipline de la *phylogéographie* (AVISE, 2000). Issue de la « biogéographie historique » qui existait depuis longtemps, cette discipline s'en distingue par le fait qu'elle s'appuie non seulement sur la répartition des populations, mais aussi sur des analyses cladistiques, selon les principes hennigiens et fondées sur des données de séquençage d'acides nucléiques (mais aussi parfois cytogénétiques et même morphologiques), des relations de parenté entre ces populations. Cette nouvelle discipline d'un grand intérêt permet de formuler des hypothèses précises sur les trajectoires phylogénétiques et géographiques, et donc sur les événements de spéciation, de colonisation, de remplacements de faunes, d'extinctions, etc., au niveau spécifique ou à des niveaux infraspécifiques. Elle a donc

### La notion de pollution biotique

des applications importantes en biologie de la conservation, notamment quant à l'identification des populations et espèces reliques, et la formulation de propositions étayées quant à la conservation des plus menacées et « significatives » d'entre elles (ASSMANN & HABEL, 2008). Au sein de chaque population naturelle, il existe une continuité historique dans la transmission des allèles, qui permet cette reconstruction de l'histoire. Les phénomènes mis en évidence par l'analyse phylogéographique doivent être étudiés à un niveau génétique fin. Ils sont donc vulnérables et susceptibles d'être biaisés par des artefacts tels que l'introduction d'allèles exogènes dans une région ou une population. Ces artefacts peuvent parfois, lorsqu'ils sont « gros », être décelés, mais le risque est important qu'ils ne puissent l'être, ou que leur existence empêche l'analyse génétique et phylogéographique d'une population ou d'une espèce. La « migration artificielle » réalisée par la pollution génétique vient brouiller le message que les populations actuelles nous transmettent sur leur histoire. Ignorer ce problème équivaut à une résurrection de la pensée « essentialiste » évoquée ci-dessus.

Lorsque les allèles introduits par pollution génétique dans une population étaient déjà présents dans celle-ci, la modification de la structure génétique de la population réceptrice restera cantonnée à des changements dans les fréquences alléliques, ce qui sera équivalent à ce qui peut se passer d'une génération à l'autre au sein d'une population soumise aux fluctuations aléatoires d'échantillonnage génique et à la sélection. Mais lorsqu'il s'agit de l'incorporation dans le *pool* génique de la population d'allèles qui y étaient absents, notamment d'*allèles rares* provenant de mutations apparues dans les populations donatrices, ce phénomène peut avoir des conséquences importantes. À la lumière de ces remarques et du point de vue de la biologie de l'évolution, l'opération annoncée comme un « renforcement » d'une population donnée P1 ne consiste pas réellement en cela. En introduisant des animaux provenant d'une population P2, cette opération consiste en fait à *détruire* P1 pour la remplacer par une nouvelle population artificielle P3. Les caractéristiques initiales de P1 ont été modifiées de manière telle qu'il sera difficile, sinon impossible, de les connaître à partir d'une étude de P3. Des spécimens du taxon pourront bien être présents dans l'habitat dans le futur, mais ils ne seront pas les descendants de la population naturelle résultant de l'évolution et qui autrefois occupaient ce site.

Les arguments avancés contre les « renforcements de populations » ne sont donc ni des arguments de « pureté de la race » ni des arguments de biologie de conservation, comme la crainte d'une perte de valeur sélective de la population, bien que ce phénomène existe aussi parfois. Cette action est jugée négative avant tout en termes de *connaissances scientifiques*, et ceci *même* lorsque l'introduction d'allèles allogènes dans la population n'est pas nocive pour la population réceptrice. Peut-être par défaut de culture en matière de biologie évolutive, cette argumentation n'a tout simplement jamais été comprise par de nombreux « conservationnistes », comme en témoignent les nombreux exemples de « renforcements de populations » effectués depuis plus de vingt ans et qui se poursuivent sans état d'âme. À moins que cela ne traduise tout simplement le fait que certains acteurs de la biologie de la conservation estiment que la biodiversité leur « appartient » en quelque sorte, puisqu'ils reçoivent de la société des financements massifs pour effectuer ces opérations... On pourrait alors comprendre pourquoi ils font à l'occasion pression pour que les idées *princeps* sur la pollution génétique ne puissent pas être exprimées et diffusées (voir p. ex. DUBOIS, 2006, 162, note 2).

### Quelques exemples

Pour mieux comprendre ce problème, prenons quelques exemples classiques. Les mélanges complexes, résultant de déplacements importants et « anarchiques », parfois sur de grandes distances, auxquels ont été soumis depuis des siècles, par exemple au sein de toute l'Europe, des mammifères, oiseaux et poissons exploités par la chasse et la pêche, ou encore plus récemment de batraciens utilisés comme aliment mais également dans la recherche scientifique (DUBOIS, 1983a, 1985, 2006 ; ARANO *et al.*, 1995 ; PAGANO *et al.*, 2003), rend très difficile, sinon impossible dans certains cas, la reconstitution de l'histoire de ces taxons. Toutes ces pollutions génétiques ont toutefois eu lieu de manière « fortuite », n'étant pas liées à des projets de « biologie de la conservation ». Il en va différemment dans le cas des opérations qui ont été organisées ces dernières décennies et qui concernent des espèces de grande taille et spectaculaires. Dans notre pays, on peut citer notamment les opérations concernant le lynx, le loup et le vautour. Nous nous arrêterons plus longuement sur deux d'entre elles, concernant le macareux et l'ours.

Le Macareux moine, *Fratercula arctica*, est une espèce d'Alcidae au bec coloré et à l'aspect sympathique, qui plaît aux enfants et même aux plus grands. Il nidifie uniquement dans les régions côtières de l'Atlantique nord. Une population isolée en existe en Bretagne, sur les Sept-Iles, près de Perros-Guirec. Cette population a subi divers avatars depuis un siècle (DUBOIS & MORERE, 1980). À la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, son effectif était estimé entre 10.000 et 15.000 individus, mais la population a été largement décimée par la chasse, tombant à 300-400 individus en 1911. La chasse en ayant été interdite alors, la population s'est progressivement reconstituée : en une période de 39 années, son effectif est remonté à 7000 individus en 1950. En 1967, elle fut réduite à 280 individus par la marée noire du Torrey Canyon, mais recommença à croître peu après, si bien qu'en 1976 elle était estimée à 780 oiseaux. La marée noire de l'Amoco Cadiz la réduisit de nouveau à 430 individus en 1977. C'est alors que la Ligue de Protection des Oiseaux décida de « renforcer » cette population en y introduisant des poussins de l'espèce prélevés aux Iles Féroé, au nord de l'Écosse. Même si cette opération fut semblait-il un échec (REILLE, 1990), les poussins étant morts en masse pendant le transfert et après celui-ci, le fait même qu'elle ait été mise en oeuvre traduit un état d'esprit. Alors que, dans un passé récent et à plusieurs reprises, la démonstration avait été apportée que cette même population, « livrée à elle-même », avait été susceptible de reconstituer des effectifs importants, pourvu que l'on « sache attendre », à la fin du XX<sup>e</sup> siècle il y avait soudain « urgence » à augmenter rapidement ses effectifs. Urgence pour qui ? Certainement plus pour les ornithologues et les « écologistes » que pour les oiseaux ! Certes, s'il avait fallu attendre, pendant quelques années ou décennies, les touristes faisant le tour des Sept-Iles en bateau n'y auraient guère vu de Macareux, et les militants « conservationnistes » n'auraient pu se targuer d'une opération spectaculaire de « sauvetage » de ces animaux. Si cette opération avait été un « succès », c'est-à-dire si les individus introduits s'y étaient reproduits, le résultat le plus concret, outre le fait qu'on aurait continué à y voir « des macareux », en aurait été la destruction génétique de l'identité de cette population isolée au sud de l'aire de répartition de l'espèce, interdisant toute étude ultérieure de celle-ci. Aujourd'hui en tout cas, tout le monde s'accorde à penser que cette introduction était une mauvaise idée, pour des raisons génétiques et écologiques (CADIOU *et al.*, 2004).

### La notion de pollution biotique

Le cas des ours des Pyrénées, *Ursus arctos*, a suscité bien des discussions parmi les zoologistes, biologistes de la conservation, journalistes et fonctionnaires ministériels, pour finir par aboutir à une décision plus que discutable. Cette population relictuelle, isolée, de l'espèce, est depuis longtemps très réduite, pour des raisons qui n'ont rien de mystérieux et qui sont directement liées à l'activité humaine. L'introduction des ours slovènes dans les Pyrénées n'a pas été faite sur un coup de tête par un petit groupe clandestin de doux illuminés. Lorsque l'idée est apparue d'un « renforcement » de cette population à l'aide de spécimens d'autres régions d'Europe, elle a été « mûrement » réfléchie au niveau ministériel et par certains scientifiques sélectionnés pour ce faire, d'autres étant exclus des groupes de travail concernés. La plupart des débats ont porté sur la question de savoir si cette translocation était indispensable et comment elle devait se faire. Les translocations furent précédées d'études et modélisations démographiques et génétiques (p. ex., CHAPRON *et al.*, 2003) censées établir que la population relictuelle des Pyrénées n'était « pas viable » et combien d'animaux devraient être introduits afin d'éviter la « consanguinité ». En revanche, le fait que la souche pyrénéenne d'ours appartenait à une hypothétique lignée phylogéographique occidentale reliant les populations ibériques à celle de Scandinavie et non pas à la lignée balkanique (TABERLET & BOUVET, 1994 ; MILLER *et al.*, 2006) n'avait apparemment pas été considéré comme un élément important de décision. Cette question n'est toutefois pas encore close, puisque certaines études semblent mettre en doute ce patron phylogéographique et suggèrent que la situation est plus complexe et demande des recherches supplémentaires (PÄÄBO, 2000; HOFREITER *et al.*, 2004). Toutefois, pour que de telles études soient possibles, il faut que l'identité génétique de la population pyrénéenne n'ait pas été obscurcie par des mélanges. Manifestement, pour les acteurs de cette intervention, le fait que tous ces animaux portaient le même nom latin, *Ursus arctos*, signifiait qu'ils étaient identiques ou équivalents, et l'important était surtout que « des ours » soient présents dans les Pyrénées, pas nécessairement « des ours des Pyrénées ». Pourquoi alors ne pas prendre des grizzlis américains ? Cette introduction a également été un échec du point de vue de son but déclaré (augmenter la taille de la population), car cette intervention n'a pas agi sur le principal facteur de destruction des ours dans les Pyrénées, le rejet de celui-ci par une minorité déterminée et active de la communauté humaine. Le fait que les conditions n'étaient manifestement pas mûres pour cette réintroduction en ce qui concerne les réactions de cette communauté n'a pas été non plus un facteur important de décision. Cette opération a bénéficié d'un soutien financier et médiatique considérable, tel que ne pourraient espérer en obtenir de modestes chercheurs qui auraient proposé un projet « banal », d'étude des caractères, morphologiques, biologiques, génétiques, des macareux de Bretagne ou des ours des Pyrénées, ou plus généralement de « simples actions », sans tambour ni trompette, destinées à étudier et conserver la biodiversité là où elle est menacée, avant qu'il soit trop tard.

Les populations ainsi mélangées sont tout aussi artificielles que celles de beaucoup de parcs zoologiques : elles restent certes susceptibles d'apporter aux biologistes des informations générales sur « l'espèce », communes à toutes les populations de celles-ci, mais ne peuvent plus nous éclairer sur l'évolution fine au sein de celle-ci. Le risque est alors grand, par ignorance, d'attribuer à « l'espèce » des particularités qui ne valaient que pour certaines de ses populations. Pour le biologiste de l'évolution

### Bulletin de la Société zoologique de France 133 (4)

moderne, qui n'a plus une vision fixiste, essentialiste ou typologique de l'espèce mais qui s'intéresse à la phylogéographie, à l'adaptation locale, à l'évolution fine du comportement, elles ont perdu beaucoup de leur intérêt. Et ceci sans prendre en compte le fait que ces individus introduits ont dû être retirés d'une autre population de l'espèce, éventuellement menacée elle aussi, qu'ils ont pu en apporter des pathogènes ou des parasites absents de la population réceptrice, ou des allèles ou combinaisons d'allèles favorisant l'adaptation des animaux dans leur milieu d'origine, mais nuisant à celle-ci dans le milieu d'accueil.

#### Pourquoi ces opérations ?

On pourrait multiplier les exemples semblables aux précédents lors des dernières décennies dans divers pays, surtout européens et américains. Il est possible d'identifier un certain nombre de facteurs ou de paramètres qui sont communs à toutes ces situations. Le premier est sans nul doute *l'impatience des médias*, pour qui, comme dans tous les domaines, l'« information » et l'« action » doivent être rapides et aboutir à des résultats immédiats. De ce point de vue, il est quasiment inenvisageable, à la suite d'une marée noire ayant décimé une population d'oiseaux, de dire que la seule chose à faire est *de ne rien faire*, sauf éventuellement de « démazouter » les oiseaux et le milieu, et que si aucun autre facteur catastrophique de destruction n'intervient, la population se sera reconstituée dans quelques décennies. Cette impatience des médias est contagieuse : beaucoup de chercheurs, et de responsables de la recherche, imaginent de nos jours que celle-ci doit fonctionner à court terme, obtenir rapidement des résultats qui puissent être montrés et publiés. Cette orientation de la recherche vers des sujets et des travaux à court terme, soutenus par toutes les instances nationales et supra-nationales, notamment européennes, est de nature à susciter une grande inquiétude pour l'avenir de la recherche scientifique, notamment celle portant sur la diversité des espèces et leur évolution, c'est-à-dire la recherche en systématique.

Malgré les nombreuses déclarations concernant l'importance actuelle des recherches portant sur la biodiversité et l'écologie, la systématique, et notamment sa branche descriptive la taxinomie, dispose aujourd'hui de *budgets notoirement insuffisants* (WHEELER *et al.*, 2004 ; PADIAL & DE LA RIVA, 2007). Il est alors compréhensible que certains chercheurs, certaines équipes, plutôt que de travailler sur des questions plus fondamentales et plus « scientifiques », se tournent vers des opérations susceptibles de générer des financements importants, comme les « renforcements de population ».

Mais d'où vient que de telles opérations bénéficient de la bienveillance gouvernementale, de financements publics et privés (par divers « sponsors ») et de la fascination des médias ? Il existe plusieurs explications à ce phénomène. De telles opérations sont en réalité des opérations politiques, porteuses d'un « message fort ». Celui-ci est présenté comme suit par ses partisans : certes, « l'homme » s'est rendu capable de toutes les turpitudes vis à vis de la nature, mais il sait faire amende honorable, et peut être capable de réparer ses erreurs. Ces interventions se veulent porteuses d'exemplarité et de pédagogie, vis à vis des populations humaines locales hostiles, ici aux ours, ailleurs aux loups ou aux lynx – toutefois cette démarche ne s'applique étrangement pas aux



### La notion de pollution biotique

vipères, aux requins ou aux moustiques, là où ces espèces ont été détruites volontairement par les hommes. Ce message exemplaire comporte indéniablement une dimension positive pour tous les biologistes et citoyens attachés à la conservation des espèces : il affirme que, même si elles peuvent être à certains égards dangereuses, ou du moins non directement utiles à l'homme, toutes les espèces vivantes du globe ont le droit d'exister et de partager cette planète avec nous. Il est certes un peu brouillé lorsque les communautés humaines locales contribuent à le faire capoter, mais on peut espérer qu'à long terme la répétition de telles « démarches pédagogiques » sera susceptible de faire progresser, lentement mais sûrement, la conscience populaire à cet égard.

Mais ces interventions sont également porteuses d'un autre message, qui risque bien d'être le principal qu'en retient « le public » : c'est que, ce que l'homme a détruit, il peut le réparer, que dans ce domaine rien n'est irréversible, que le *deus ex machina* peut toujours sortir de sa boîte pour restaurer ce qui a été abîmé par notre civilisation. Or ce message est fallacieux et dangereux. Sa conclusion logique immédiate est que, si nous pouvons réparer ce que nous avons cassé, il n'y a pas de raison de modifier la relation de notre société à la nature. D'un point de vue pédagogique, ce message convient très bien aux forces sociales qui dirigent notre société, et qui, principalement pour des raisons de profit immédiat, ne souhaitent nullement modifier la « gestion » actuelle de la nature, des ressources non renouvelables, de l'énergie, des espèces vivantes, etc. Il s'agit typiquement d'un de ces messages *résolument optimistes et constructifs* que notre société souhaite, appuie et même exige. Malheur en revanche à celui qui insistera sur le fait que chaque extinction d'espèce (fût-elle de sangsue, de moucheron ou de cloporte) sur notre planète est un fait *irréversible* et « *sans consolation* ».

Ce message positif est l'un des plus clairs que ces opérations « politiquement correctes » envoient à la société – peut-être le plus lisible, le plus convaincant, le plus important : celle de la « réparabilité » des effets destructeurs de notre civilisation sur la biosphère. Si l'on y met les moyens, on pourra sauver l'ours brun, la baleine bleue, l'éléphant d'Afrique, le tigre et le grand panda... Que deviendront dans le même temps les collemboles des forêts détruites de Nouvelle Guinée, les poissons endémiques des grands lacs africains envahis par des espèces introduites, la faune des récifs coralliens en cours de décalcification, etc. ? Il suffira de ne pas en parler, et ce ne sera pas trop grave, car ce ne sont pas des espèces emblématiques de grands mammifères, les enfants ne jouent pas avec des peluches les représentant, ce ne sont pas des personnages de dessins animés et on ne les voit qu'exceptionnellement à la télévision. C'est également un message voisin que délivrent les parcs naturels, nationaux et régionaux, où l'on enferme pour la « protéger » une sous-unité à nos yeux particulièrement « importante » ou « représentative » (écologiquement, génétiquement, phylogénétiquement) de la biodiversité mondiale – se donnant ainsi quasiment toute latitude de détruire les milieux et les espèces *en dehors* des parcs. Ce point crucial a fait l'objet de plusieurs publications peu complaisantes, mais importantes, du regretté François TERRASSON (1994, 1997, 2002).

Malgré l'aspect « catastrophiste » de beaucoup de déclarations, articles et livres qui traitent de la « crise environnementale » actuelle de notre planète, ce catastrophisme est bien souvent de façade, destiné avant tout à attirer l'attention des auditeurs ou lecteurs. La très grande majorité, pour ne pas dire la quasi-totalité, de ces textes sont

### Bulletin de la Société zoologique de France 133 (4)

construits de la même manière : tout d'abord une énumération des destructions récentes apportées par nos sociétés à notre planète au cours des derniers siècles et surtout décennies (réchauffement climatique, trou dans la couche d'ozone, pluies acides, pollutions, dispersion d'espèces envahissantes, de pathogènes et de maladies émergentes, exploitation effrénée de la biosphère, etc.) ; puis une liste des « remèdes » qui pourraient être apportés à ces problèmes, et de « vœux pieux » quant aux actions que « l'homme » devrait entreprendre pour les résoudre. Il manque presque toujours un élément crucial à de telles « démonstrations » : l'articulation entre ces projets « théoriques » et la société réelle actuelle. Les agressions dont est actuellement victime la biosphère ne sont pas dues à une entité abstraite intitulée « l'homme », mais à des *sociétés* humaines concrètes. La catastrophe environnementale que subit actuellement notre planète est causée par le mode de fonctionnement de ces sociétés réelles et surtout la relation qu'elles entretiennent avec la nature. Est-il sérieux de pouvoir envisager de lutter profondément et durablement contre la crise environnementale actuelle sans modifier cette relation ? Et ceci peut-il se faire sans transformer fondamentalement ces sociétés, dans lesquels le moteur du développement économique est le profit financier ? Ce n'est pas le lieu ici de discuter ces questions en détail, mais il est clair que le message de « réparabilité » des dégâts causés par notre société à la planète vient conforter le système actuel et affaiblir la position de ceux qui voudraient changer notre société de fond en comble : s'il est possible de « réparer » ces destructions, il n'est pas nécessaire de modifier celle-ci.

#### Le point de vue des scientifiques

Pour les biologistes de l'évolution, non seulement les espèces, mais encore leurs différentes populations, sont non seulement des « témoins » de l'évolution, mais encore un outil nous permettant, par leur analyse fine, de mieux comprendre comment celle-ci s'est déroulée, quelles ont été ses particularités détaillées et ses mécanismes. De leur point de vue, la pollution génétique équivaut à une *destruction partielle d'un objet d'étude*, et à ce titre elle est fort difficile à justifier pour des scientifiques. Il est certes possible que d'autres groupes sociaux aient d'autres points de vue, d'autres intérêts à défendre (DUBOIS, 1983b), mais les biologistes de l'évolution ne peuvent leur être favorables. La pollution génétique d'une population rendra impossible ou très difficile à l'avenir de distinguer ce qui, dans ses caractères, était le résultat de son évolution spontanée, et ce qui y a été introduit artificiellement.

L'évolution des espèces sur le globe a été un processus *historique* réel, unique et non-téléologique (MAYR, 1981), c'est-à-dire qui s'est déroulé une seule fois et selon des modalités qui n'étaient prévisibles ni *a priori*, ni durant son développement, obéissant à une combinaison de hasard et de nécessité, de mutation et de sélection naturelle. Si le voyage dans le temps était possible, et si l'on pouvait faire repartir la vie depuis le début, on aboutirait à une nouvelle évolution, et une toute autre biodiversité que celle que nous observons (GOULD, 1991). La biologie de l'évolution a pour objectif de décrire, analyser et comprendre ce phénomène. Dans toutes les disciplines de la biologie réductionniste, la méthode principale d'étude est la méthode expérimentale, caractérisée par l'emploi de *témoins* (« *controls* » en anglais) et la *répétition* des expériences.

### La notion de pollution biotique

Il n'en va pas de même en biologie de l'évolution : les évolutionnistes ne disposent que d'une « expérience » unique, sans aucun « témoin », qui s'est déroulée une seule fois et qui ne peut être répétée, pour tenter de reconstruire le parcours de l'évolution et de comprendre ses mécanismes. Cette étude s'appuie sur les résultats de cette expérience gigantesque. Elle implique l'identification des espèces, « briques de l'évolution », et des autres taxons, l'étude de leurs caractères (en termes de morphologie, d'anatomie, de génétique) et de leur répartition sur le globe, dans le passé (fossiles) et aujourd'hui. Tout comme dans une étude expérimentale, les interprétations sont compliquées, et parfois rendues impossibles, si l'« expérience » a été biaisée par l'introduction d'« artefacts », surtout d'« artefacts » qui ne pourront pas être décelés comme tels, ce qui risque d'être le cas dans beaucoup de situations de pollution génétique. Une idée fautive encore largement répandue est que l'origine et l'histoire évolutive des espèces ne peut être connue que par l'étude directe de ce passé, par exemple sous forme de fossiles. En réalité, ce passé a également laissé des traces dans leurs génomes, leurs caractères, leurs répartitions géographiques. Une des tâches de la biologie de l'évolution est de « lire », de « décrypter » ces traces pour reconstituer l'histoire de la vie sur terre. Mais ceci n'est *possible* que si n'y ont pas été introduits d'artefacts qui ne puissent être reconnus comme tels. De la même manière, il serait impossible d'interpréter correctement la signification de fossiles qui auraient été déplacés de leur gisement original et déversés dans un autre gisement « similaire » (DUBOIS, 2006).

Lorsque les idées de base sur cette question de la pollution génétique ont été tout d'abord formulées (JOIRIS & TAHON, 1971 ; RAPPE, 1977a-b ; GREIG, 1979 ; DUBOIS & MORERE, 1980 ; DUBOIS, 1983b), la possibilité de reconstituer l'histoire d'une population actuelle à partir de ses caractères actuels était largement théorique, mais cette vision était largement prémonitoire : l'avènement de la phylogéographie confirme sa pertinence, et on peut espérer le soutien des chercheurs de cette discipline pour combattre les idées dominantes actuelles en matière de « renforcements de populations ».

En conclusion de ce qui précède, c'est l'idée même de « renforcement de population » qui devrait être abandonnée. Tant qu'une population (ou métapopulation) est représentée par quelques individus, ou au pire, un couple d'adultes ou une femelle fécondée, la chance devrait lui être offerte de se reconstituer à partir de ceux-ci, comme ce fut le cas pour le bison d'Europe. Ce que nous pouvons faire de plus efficace pour contribuer à cette reconstitution est de lutter contre les facteurs qui ont été responsables de la chute démographique de cette population – et qui bien souvent dépendent de notre civilisation ! Bien entendu, même dans ces conditions, certaines de ces populations très réduites s'éteindront néanmoins. Il sera alors temps de considérer la possibilité de réintroduire l'espèce dans le site, si elle existe encore ailleurs mais n'a pas les moyens de revenir d'elle-même et ne risque pas d'entraîner de pollution génétique dans d'autres populations (voir ci-dessous). Mais dans d'autres cas, quand la reconstruction spontanée aura eu lieu, nous aurons agi de manière responsable pour préserver une petite parcelle du patrimoine qui a été légué à l'humanité par l'évolution biologique, avant que nos sociétés ne contribuent largement à le détériorer et le détruire.

### La pollution culturelle

Le problème posé aux biologistes par la *pollution culturelle* (DUBOIS & MORERE, 1980) est similaire à celui posé par la pollution génétique : il s'agit de la perte d'information pour les biologistes s'intéressant à l'évolution, ici plus spécifiquement l'évolution des comportements. Selon un usage en vigueur chez les éthologistes, dans la formule « pollution culturelle », le terme de « culture » désigne tout ce qui, dans le comportement d'un animal, est acquis au cours de l'existence par imitation d'autres membres de la population, et non pas transmis génétiquement. La pollution culturelle consiste en l'introduction artificielle par l'homme dans une population d'individus porteurs de comportements, habitudes ou traditions différents de ceux des individus de la population réceptrice, et qui pourront être acquis par certains de ces derniers par imitation, ou par les descendants des couples mixtes par apprentissage des jeunes. Ceci n'est donc possible que pour les animaux chez lesquels l'imitation et l'apprentissage jouent un rôle dans la mise en place des comportements, c'est-à-dire avant tout les mammifères et les oiseaux. Les mésanges qui en Angleterre avaient appris à décapsuler les bouteilles de lait ont été imitées de proche en proche et le comportement s'est répandu (FISHER & HINDE, 1949 ; HINDE & FISHER, 1951). Ce phénomène est bien connu dans les groupes de Vertébrés supérieurs, notamment d'Oiseaux, qui communiquent par des émissions sonores (chants) dont une partie est acquise par apprentissage et imitation, et chez lesquels il existe des « dialectes » locaux (LEROY, 1979). Le terme de dialecte doit être réservé à de telles situations et ne pas être employé dans le cas où les différences de chants d'une région à l'autre ont une base génétique et traduisent en fait l'existence d'espèces différentes (PAILLETTE *et al.*, 1992 ; DUBOIS, 1998a ; SANCHEZ-HERRAIZ *et al.*, 2000).

L'évolution des comportements ne fait pas encore l'objet de beaucoup d'études car la méthodologie de comparaison des séquences comportementales n'est pas aussi avancée et standardisée que celle des séquences moléculaires, mais de premières réussites dans ce domaine suggèrent que dans l'avenir il ne sera pas impossible d'effectuer des analyses « phyloéthologiques » (ROBILLARD *et al.*, 2006). Dans ce cas comme pour les caractères hérités génétiquement, cette analyse n'aura de sens que si les comportements observés dans une population procèdent d'une évolution spontanée, comportant des imitations et des transmissions par apprentissage de proche en proche entre individus ayant une histoire récente commune, et non pas « parachutés » à partir de populations éloignées et sans contact direct récent (même si à plus long terme les deux populations descendent d'un ancêtre commun).

### Les réintroductions

*A priori*, la question des *réintroductions* d'espèces se pose de manière différente des précédentes. Il s'agit de rétablir une espèce dans une région où elle était présente à des époques historiques récentes (souvent jusqu'aux XIX<sup>e</sup> ou XX<sup>e</sup> siècles), mais où elle s'est éteinte depuis, en général suite aux activités humaines. Dans de tels cas, la réintroduction de spécimens peut être considérée comme un moyen possible de revenir à

### La notion de pollution biotique

une situation similaire à celle du passé. Néanmoins, diverses précautions doivent être prises avant de le faire (JOIRIS & TAHON, 1971; RAPPE, 1977a-b). Tout d'abord, il est nécessaire d'établir pour quelles raisons l'espèce s'est éteinte dans cette région. Si la cause de l'extinction est toujours présente, il est inutile de réintroduire l'espèce, car elle aura alors de grandes chances de subir le même destin que dans le passé. Ensuite, si les conditions ont changé et sont de nouveau compatibles avec la survie de l'espèce, la question qui se pose est de savoir pourquoi l'espèce n'est pas revenue par elle-même. Cela peut-être parce que ses autres populations sont trop éloignées, ou surtout séparées de la région concernée par des barrières que l'espèce n'est actuellement pas capable de franchir. Si tel est le cas, la réintroduction peut être l'unique moyen de la rétablir dans la localité, mais si ce n'est pas le cas, il peut s'agir seulement d'une question de délais : si l'on attend suffisamment, l'espèce pourra revenir d'elle-même dans la région, constituant alors une population d'origine phylogéographique identifiable. Si pour une raison quelconque on souhaite « aller vite » et réintroduire l'espèce artificiellement pour « gagner du temps » sans attendre qu'elle revienne d'elle-même, cela ne l'empêchera pas éventuellement de le faire, aboutissant ainsi à un mélange entre deux populations – ce qui certes se produit également parfois dans la nature. Plus préoccupant est le fait que la possibilité inverse existe aussi : des spécimens introduits dans un milieu peuvent aussi se déplacer et entrer en contact avec d'autres populations de l'espèce, même si les distances sont importantes, notamment chez certains mammifères, oiseaux, insectes ou plantes. Pour cette raison, dans bien des cas il n'existe pas de différence réelle entre des réintroductions et des renforcements de populations, car les deux peuvent aboutir à des phénomènes de pollution génétique dans certaines populations.

Un exemple réel permettra de mieux mesurer ce problème. La réintroduction de Vautours fauves (*Gyps fulvus*) a été effectuée dans les Cévennes à partir d'oiseaux captifs d'origines multiples et parfois inconnues, provenant de jardins zoologiques de toute l'Europe (TERRASSE, 1990). Pas plus que les populations artificielles des zoos, celle des Cévennes ne raconte d'histoire phylogéographique et ne correspond à une unité évolutive naturelle. Toutefois, étant donnée la capacité de vol de cette espèce, les Cévennes sont « à vol d'oiseau » des populations naturelles de l'espèce qui subsistent en Espagne. Cette population artificielle menace donc de pollution génétique des populations restées jusque-là naturelles (DUBOIS & MORERE, 1980).

Les réintroductions peuvent jouer un rôle utile dans certains cas, notamment dans le cas d'espèces en situations extrêmes dont subsiste une seule population ou quelques-unes, très menacées elle-mêmes. Elle n'est pas justifiée dans le cas d'espèces dont plusieurs populations en bonne santé existent encore, d'où éventuellement une recolonisation spontanée des sites concernés est possible.

### Conclusion

Bien qu'ils entrent tous dans la catégorie de la pollution biotique, les phénomènes évoqués ci-dessus sont de natures diverses. Il s'agit dans tous les cas de déplacements d'animaux ou de plantes effectués par des hommes, dans des conditions et avec des buts variés : parfois de manière involontaire (dans des bateaux, avions, voitures, trains, avec

**Bulletin de la Société zoologique de France 133 (4)**

de la nourriture, lors d'invasions et de guerres, etc.), parfois de manière volontaire (pour « enrichir » un écosystème, dans un but de « lutte biologique », pour « renforcer » ou « rétablir » des populations, etc.). Nous avons vu que ces interventions entraînent presque toujours des conséquences nuisibles, soit à l'équilibre ou la dynamique de l'ensemble de l'écosystème récepteur ou à certains peuplements ou populations de celui-ci, soit à l'*intégrité évolutive* de la population conspécifique réceptrice. Quelles actions peuvent-elles être prises pour contrecarrer ces effets nuisibles ?

En ce qui concerne les introductions d'espèces allochtones dans les écosystèmes (pollutions faunistiques et floristiques), leur nocivité est connue depuis longtemps et a été confirmée par de nombreux exemples récents. Si cette notion est largement répandue et guère discutée, sauf dans d'étranges cas particuliers (DUGUET & MELKI, 2003), il n'en reste pas moins que de telles introductions continuent et continueront encore longtemps, car derrière ces questions sont en jeu des intérêts économiques importants, face auxquels les principes et connaissances de la biologie de la conservation pèsent de peu de poids.

En revanche, bien moins partagée, même parmi les biologistes, est la conscience de la nocivité des déplacements d'individus d'une population à une autre classées dans le même taxon (espèce ou éventuellement sous-espèce) par les taxinomistes. Rappelons tout d'abord que, en raison du handicap taxinomique, ce statut taxinomique n'est tel qu'à un moment donné de l'histoire de leur discipline, et en fonction des informations, toujours incomplètes, dont ils disposent : ce statut est susceptible de changer lorsque des informations plus nombreuses, variées et fiables auront pu être recueillies. Par ailleurs, même si l'on est bien au sein de la même espèce ou sous-espèce, cela ne signifie pas que les diverses populations de celle-ci, parce qu'elles portent le même nom latin, sont « identiques » ou interchangeable. Mélanger deux populations aboutit à rendre difficile la reconstitution de l'histoire évolutive de la lignée dont chacune est issue, l'histoire de ses caractères, adaptations et comportements. La perte d'information qui en résulte pour la connaissance n'est certainement pas justifiée par le bénéfice que de telles opérations peuvent éventuellement apporter à la population réceptrice, et ceci dans de rares cas seulement : ainsi, ce bénéfice s'est avéré nul dans les exemples du macareux et de l'ours évoqués ci-dessus.

Il serait urgent que les acteurs de la « biologie de la conservation », qui est responsable de toutes ces opérations de translocations biotiques, se préoccupent enfin de ces questions. La notion de « conservation génétique » devrait être intégrée dans cette discipline, qui pour l'instant utilise la génétique surtout pour des mesures d'hétérozygotie et de consanguinité, et pour élaborer des modèles de flux géniques ou de fardeau génétique. La prise en compte des concepts et réalisations de la phylogéographie devrait jouer un rôle important à cet égard.

De même, aucune action efficace dans ce domaine n'est possible sans un socle taxinomique solide. Quand une population menacée est considérée particulièrement importante, c'est en raison de son attribution à un taxon (espèce, sous-espèce) et de l'existence ou non d'autres populations de ce taxon. Les décisions sont souvent fondées sur des « listes rouges » ou d'autres documents qui s'appuient sur des connaissances taxinomiques. Cependant, ce recours à la taxinomie y est souvent « inconscient » et est

### La notion de pollution biotique

non rarement associé à une attitude négative vis-à-vis de la discipline de la taxinomie (DUBOIS, 2003). Étrangement et contradictoirement, celle-ci est accompagnée d'une confiance infondée dans la qualité et la complétude de nos connaissances taxinomiques, l'inventaire des espèces étant souvent considéré comme fini ou presque depuis longtemps, et comme pouvant constituer une base solide et stable pour entreprendre des actions, un point de vue que ne partagent pas les taxinomistes eux-mêmes. En d'autres termes, la biologie de la conservation devrait intégrer pleinement la notion de handicap taxinomique et la prendre en compte dans l'élaboration de ses stratégies.

Les idées de conservation génétique et taxinomique ne sont pas nouvelles, puisqu'on en trouve trace dans des textes datant de plus d'un siècle (BEDRIAGA, 1892, 244 ; DUBOIS & MORERE, 1980, 16). Elles restent néanmoins mécomprises par trop de biologistes, notamment dans le domaine de la biologie de la conservation. Au début de notre « siècle des extinctions » (DUBOIS, 2003), la biologie de la conservation et la biologie de l'évolution auraient tout à gagner à travailler ensemble, pour le plus grand bénéfice de la biodiversité et de l'humanité. Plutôt que de se concentrer sur les « espèces », il serait préférable de lutter pour la conservation des *populations*, notamment en tant que témoins de l'évolution. Lorsqu'une population est réduite à un effectif réduit, la première démarche, plutôt que de la « renforcer », devrait être d'identifier tous les facteurs responsables de sa réduction, et de tout mettre en œuvre pour réduire ou supprimer ceux-ci. Tant que les facteurs de réduction de la population ne sont pas supprimés ou considérablement réduits, il est illusoire, inutile et parfois nocif d'introduire des spécimens provenant d'autres populations. L'axe principal de la conservation d'une population réduite devrait être de lui donner les conditions optimales pour se reconstituer d'elle-même. Ce n'est qu'après son extinction locale, si les conditions du milieu ont suffisamment évolué pour lui donner de nouvelles chances, et si elle n'a pas la possibilité d'y revenir d'elle-même, que l'espèce devrait éventuellement être réintroduite, à partir de populations les plus proches géographiquement, génétiquement et si nécessaire éthologiquement de la population disparue.

Les idées qui précèdent peuvent apparaître inhabituelles pour beaucoup de biologistes de la conservation, qui sont souvent, comme beaucoup de nos contemporains, dans une démarche d'« urgence » : laisser du temps à une population pour se reconstituer d'elle-même après un accident, ou à une espèce pour revenir spontanément dans une région qu'elle occupait autrefois, peut prendre des années ou des décennies, et les *sponsors*, journalistes et ministères risquent de ne pas être séduits par une telle démarche. Mais les scientifiques doivent-ils travailler pour plaire aux *sponsors*, aux journalistes et aux ministères ?

Vertébrés : Reptiles & Amphibiens, USM 0602 Taxonomie & Collections,  
Département de Systématique & Évolution, Muséum national d'Histoire naturelle,  
25 rue Cuvier, 75005 Paris, France.  
<adubois@mnhn.fr>

## RÉFÉRENCES

- ANONYME [Systematics Agenda 2000] (1994).- *Charting the biosphere: a global initiative to discover, describe and classify the world's species*. Technical report. New York, American Museum of Natural History, American Society of Plant Taxonomy, Society of Systematic Biologists & the Willi Hennig Society, 1-34.
- ARANO, B., LLORENTE, G., GARCIA-PARIS, M. & HERRERO, P. (1995).- Species translocation menaces Iberian waterfrogs. *Conserv. Biol.*, **9** (1), 196-198.
- ASSMANN, T. & HABEL, J. C. (2008).- *Survival on changing climate: phylogeography and conservation of relict species*. Heidelberg, Springer Verlag, sous presse.
- AVISE, J. C. (2000).- *Phylogeography : the history and formation of species*. Cambridge, MA., Harvard University Press, 1-447.
- BARBAULT, R. (1994).- *Des baleines, des bactéries et des hommes*. Paris, Odile Jacob, 1-327.
- BEDRIAGA, J. DE (1892).- Lettre à M. le professeur Anatole Bogdanow. (À propos de l'importation et du croisement des reptiles et des amphibiens). *Congrès international de Zoologie, Moscou*, Première partie, 244-245.
- BERNARDI, G. (1980).- Les catégories taxonomiques de la systématique évolutive. In C. BOCQUET, J. GENERMONT & M. LAMOTTE (réd.), *Les problèmes de l'espèce dans le règne animal*, 3, *Mémoires de la Société zoologique de France*, **40**, 373-425.
- CADIOU, B., PONS, J.-M. & YESOU, P. (réd.) (2004).- *Oiseaux marins nicheurs de France métropolitaine (1960-2000)*. Mèze, Biotope, 1-218.
- CHAPRON, G., QUENETTE, P.-Y., LEGENDRE, S. & CLOBERT, J. (2003).- Which future for the French Pyrenean brown bear (*Ursus arctos*) population ? An approach using stage-structured deterministic and stochastic models. *Comptes rendus Biologies*, **326**, S174-S182.
- DORST, J. (1965).- *Avant que nature meure*. Neuchâtel, Delachaux & Niestlé, 1-540.
- DUBOIS, A. (1983a).- À propos de cuisses de Grenouilles. Protection des Amphibiens, arrêtés ministériels, projets d'élevage, gestion des populations naturelles, enquêtes de répartition, production, importations et consommation: une équation difficile à résoudre. Les propositions de la Société Batrachologique de France. *Alytes*, **2** (3), 69-111.
- DUBOIS, A. (1983b).- Renforcements de populations et pollution génétique. *C. r. Soc. Biogéogr.*, **59**, 285-294.
- DUBOIS, A. (1984).- *Pelobates fuscus* dans le département de l'Indre. *Alytes*, **3** (3), 137-138.
- DUBOIS, A. (1985).- À nouveau sur les cuisses de Grenouilles. *Circalytes*, **1** (8), 1-21.
- DUBOIS, A. (1988).- Le genre en zoologie: essai de systématique théorique. *Mém. Mus. natn. Hist. nat.*, (A), 139, 1-131.
- DUBOIS, A. (1998a).- List of European species of amphibians and reptiles: will we soon be reaching "stability"? *Amphibia-Reptilia*, **19** (1), 1-28.
- DUBOIS, A. (1998b).- Mapping European amphibians and reptiles: collective inquiry and scientific methodology. *Alytes*, **15** (4), 176-204.
- DUBOIS, A. (2002).- Les amphibiens et les introductions d'espèces allogènes dans les milieux. In: *Gestion et protection des amphibiens: de la connaissance à la prise en compte dans les aménagements*, Paris, AFIE, 49-69.
- DUBOIS, A. (2006).- Species introductions and reintroductions, faunistic and genetic pollution: some provocative thoughts. *Alytes*, 2006, **24** (1-4), 147-164.
- DUBOIS, A. (2008).- Handicap taxinomique et crise de la biodiversité: un nouveau paradigme pour la biologie au 21e siècle. In : *Linné et la systématique aujourd'hui*, Paris, Belin, 141-160.
- DUBOIS, A. & MORERE, J.-J. (1979).- À propos des introductions d'espèces réalisées par Raymond Rollinat. *Bull. Soc. herp. Fr.*, **9**, 59-61.



### La notion de pollution biotique

- DUBOIS, A. & MORERE, J.-J. (1980).- Pollution génétique et pollution culturelle. *C. r. Soc. Biogéogr.*, **56**, 5-22. Réédition: *Bull. A.F.I.E.*, 1982, **3**, 10-14.
- DUGUET, R. & MELKI, F. (2003).- *Les Amphibiens de France, Belgique et Luxembourg*. Mèze, Biotope, 1-480.
- FISHER, J. & HINDE, R. A. (1949).- The opening of milk bottles by birds. *Brit. Birds*, **42**, 347-357, pl. 71-72.
- FORD, E. B., 1945.- Polymorphism. *Biological Reviews*, **20**, 73-88.
- GOULD, S. J. (1991).- *La vie est belle : les surprises de l'évolution*. Paris, Seuil.
- GREIG, J. C. (1979).- Principles of genetic conservation in relation to wildlife management in southern Africa. *S. Afr. J. Wildl. Res.*, **9** (3-4), 57-78.
- HAMMOND, P. M., AGUIRRE-HUDSON, B., DADD, M., GROOMBRIDGE, B., HODGES, J., JENKINS, M., MENGESHA, M. H. & STEWART GRANT, W. (1995).- The current magnitude of biodiversity. In V. H. HEYWOOD & R. T. WATSON (éd.), *Global biodiversity assessment*, Cambridge, Cambridge University Press, 113-138.
- HINDE, R. A. & FISHER, J. (1951).- Further observations on the opening of milk bottles by birds. *Brit. Birds*, **44**, 393-396.
- HOFREITER, M., SERRE, D., ROHLAND, N., RABEDER, G., NAGEL, D., CONARD, N., MÜNZEL, S. & PÄÄBO, S. (2004).- Lack of phylogeography in European mammals before the last glaciation. *Proc. natn. Acad. Sci. USA*, **101**, 12963-12968.
- JOIRIS, C. & TAHON, J. (1971).- Le problème de l'introduction et de la réintroduction des espèces animales. *Aves*, **8** (1), 14-17.
- KALMES, R. M. & HURET, J. L. (2002).- Consanguinité. In : *Atlas of genetics and cytogenetics in oncology and haematology*, 1-8. [<http://atlasgeneticsoncology.org/Educ/ConsangFr.html>].
- LAMOTTE, M., (réd.) (1974).- Le polymorphisme dans le règne animal. *Mém. Soc. zool. Fr.*, **37**, 1-562.
- LECOMTE, J., BIGAN, M. & BARRE, V., (réd.) (1990).- Réintroductions et renforcements de populations animales en France. *Rev. Écol. (Terre & Vie)*, suppl. **5**, 1-350.
- LEROY, Y. (1979).- *L'univers sonore animal*. Paris, Gauthier-Villars, vii + 1-350.
- MAYR, E. (1981).- *La biologie de l'évolution*. Paris, Hermann, i-ix + 1-176.
- MAYR, E. (1982).- *The growth of biological thought*. Cambridge, Mass. & London, Belknap Press, [i-xiii] + 1-974.
- MAYR, E., (1997).- *This is biology. The science of the living world*. Cambridge, Mass. & London, Belknap Press, i-xvii + 1-327.
- MILLER, C. R., WAITS, L. P. & JOYCE, P. (2006).- Phylogeography and mitochondrial diversity of extirpated brown bear (*Ursus arctos*) populations in the contiguous United States and Mexico. *Molecular Ecology*, **15**, 4477-4485.
- PÄÄBO, S. (2000).- Of bears, conservation genetics, and the value of time travel. *Proc. natn. Acad. Sci. USA*, **97**, 1320-1321.
- PADIAL, J. M. & DE LA RIVA, I. (2007).- Taxonomy, the Cinderella of science, hidden by its evolutionary stepsister. *Zootaxa*, **1577**, 1-2.
- PAGANO, A., DUBOIS, A., LESBARRERES, D. & LODE, T. (2003).- Frog alien species: a way for genetic invasions? *Comptes rendus Biologies*, **326** (suppl. 1), S85-S92.
- PAILLETTE, M., OLIVEIRA, M. E., ROSA, H. D. & CRESPO, E. G. (1992).- Is there a dialect in *Pelodytes punctatus* from southern Portugal? *Amphibia-Reptilia*, **13**, 97-108.
- PASCAL, M., LORVELEC, O. & VIGNE, J.-D. (2006).- *Invasions biologiques et extinctions. 11000 ans d'histoire des Vertébrés en France*. Paris, Belin, 1-350.
- PASTEUR, G. (1974).- Génétique biochimique et populations, ou : pourquoi sommes-nous multi-polymorphes ? In LAMOTTE (1974), 473-531.
- PICHOT, A. (2000).- *La société pure : de Darwin à Hitler*. Paris, Flammarion, 1-458.

**Bulletin de la Société zoologique de France 133 (4)**

- RAMADE, F. (1999).- *Le grand massacre : l'avenir des espèces vivantes*. Paris, Hachette, 1-289, 8 pl.
- RAPPE, A. (1977a).- Conservation de la nature et réintroduction d'espèces. *L'Homme et l'Oiseau*, **15** (3), 94-98.
- RAPPE, A. (1977b).- *Le défi écologique*. Bruxelles, Louis Musin, 1-231.
- REILLE, A. (1990).- Les transplantations de macareux moine (*Fratercula arctica*). In LECOMTE (1990), 257-259.
- ROBILLARD, T., LEGENDRE, F., DESUTTER-GRANDCOLAS, L. & GRANDCOLAS, P. (2006).- Phylogenetic analysis and alignment of behavioral sequences by direct optimization. *Cladistics*, **22**, 602-633.
- SÁNCHEZ-HERRÁIZ, M. J., BARBADILLO, L. J., MACHORDOM, A. & SANCHÍZ, B. (2000).- A new species of pelodytid frog from the Iberian Peninsula. *Herpetologica*, **56** (1), 105-118.
- TABERLET, P. & BOUVET, J. (1994).- Mitochondrial DNA Polymorphism, Phylogeography, and Conservation Genetics of the Brown Bear *Ursus arctos* in Europe. *Proc. Biol. Sci.*, **255**, 195-200.
- TARDIEU, V. (1997).- La mort de Melba fragilise l'avenir des ours pyrénéens. *Le Monde*, 3 octobre 1997, 23.
- TERRASSE, M. (1990).- Réintroduction du vautour fauve dans les Grands Causses et renforcement de population du vautour percnoptère. In LECOMTE (1990), 213-225.
- TERRASSON, F. (1994).- *La civilisation anti-nature*. Paris, Éditions du Rocher, 1-301.
- TERRASSON, F. (1997).- *La peur de la nature*. Paris, Sang de la terre, 1-270.
- TERRASSON, F. (2002).- *En finir avec la nature*. Paris, Éditions du Rocher, 1-310.
- VASSEROT, J. (1972).- Possibilités offertes par la Bretagne pour l'acclimatation de Reptiles et de Batraciens. *Penn ar Bed*, **19**, 177-196.
- WHEELER, Q. D., RAVEN, P. H. & WILSON, E. O. (2004).- Taxonomy: impediment or expedient? *Science*, **303**, 285.