

Bilan des opérations de conservation *in situ* réalisées entre 1987 et 2004 en Corse : quelles leçons pour demain ?

In situ conservation operations in Corsica, 1987-2004 : Assessing the balance and drawing

Carole PIAZZA¹, Laetitia HUGOT¹,
Franck RICHARD² et Bertrand SCHATZ²

1. Conservatoire botanique national de Corse,
avenue Jean-Nicoli, 20250 Corte (piazza@oec.fr et hugot@oec.fr)

2. Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (CEFE), UMR 5175 CNRS,
1919, route de Mende, 34293 Montpellier, France
(franck.richard@cefe.cnrs.fr et bertrand.schatz@cefe.cnrs.fr)

Correspondance : piazza@oec.fr

Résumé

Le Bassin méditerranéen est à la fois identifié comme l'un des 34 points chauds mondiaux de diversité en espèces animales et végétales, mais aussi comme l'une des régions les plus menacées par les changements environnementaux. La Corse est au centre de ces enjeux de conservation du fait de sa grande diversité floristique, d'un fort endémisme et de la rareté d'un grand nombre de ses taxons. Dans ce contexte, les retours d'expérience sur les opérations de conservation réalisées *in situ* sont particulièrement précieux. C'est pour bénéficier de tels acquis que nous présentons ici le bilan d'un ensemble hétérogène d'opérations de conservation d'espèces végétales réalisées en Corse sur seize années (1987-2004). Ces opérations ont en commun d'avoir intégré le déplacement d'individus végétaux, soit à des fins de restauration d'habitat naturel, soit dans le but de transférer pour leur sauvegarde des populations de taxons rares menacés par des aménagements. Ce bilan résume 40 opérations dont il présente le détail des issues, soit 20 introductions, 18 renforcements de population et 2 opérations de transfert de population. Elles se sont soldées par 21 succès et 16 échecs, pour 3 opérations non évaluées. Les acquis méthodologiques (modalités d'intervention dans un cadre réglementaire, synergies entre partenaires) et biologiques (connaissance des modèles biologiques) générés par ces programmes sont présentés. Enfin, les limites en termes de jeux de données dispo-

nibles et les perspectives d'amélioration de l'opérationnalité (synergie et réactivité des acteurs) sont exposées pour optimiser la mise en œuvre de futurs programmes de restauration d'habitats ou de suivi de taxons rares.

Abstract

The Mediterranean basin is one of the 34 hotspots of terrestrial diversity and endemism. This region is facing an anthropogenic climate change, including a rise in mean temperature of between 2.2 and 5.1 °C, a decline of 4-27 % of annual rainfall during the XXIst century, with drastic changes in the pattern of rainfall distribution. According to this scenario, the region may be especially vulnerable, with probably more than 2,000 extinctions of plant species.

Located in the Western part of the Mediterranean basin, the mountainous island of Corsica harbors a particularly rich flora, made of 2858 taxa of vascular plants, including 11% of endemics and 6% of Corsica-restricted taxa. Upon the expected climatic shift, Corsica island is a central area in terms of conservation of terrestrial plant diversity. In this context, a satisfactory evaluation of all realized attempts of plant conservation is crucial.

This is the main goal of this first report presenting the assessment of sixteen years of *in situ* conservation operations that were carried out from 1984 to 2004 in Corsica. This paper gathers a set of 40 operations of plant population

Mots clés : Corse, flore méditerranéenne, écologie de la conservation, évaluation, multi-espèces, renforcement de population, introduction de population.

Keywords: Corsica, Mediterranean flora, conservation ecology, multispecies, evaluation, population reinforcement, population introduction.

transfers in contexts of either restoration of rare and threatened habitat or safeguarding of populations of endangered plant taxa.

All the transferred populations were protected (excepted Achillea maritima whose only picking in the intervention area is regulated) and part of the European Directive CE 92/43. All the operations except two came within the framework of the European Life program "Conservation des habitats naturels et des espèces végétales d'intérêt communautaire prioritaire de la Corse" managed by the "Office de l'environnement de la Corse". The two remaining operations, dealing respectively with Ophrys eleonora and Achillea maritima conservation, were independently carried out by the French Forest Service (Office national des forêts) and the Conservatoire du littoral in Corsica.

The data presented include 20 introductions, 18 population reinforcements and two in situ population transfers. Operations succeeded for 21 of them and failed for 16 of them. The three remaining operations could not be evaluated for various reasons. Among the 16 transferred taxa, four were phanerophytes (Juniperus oxycedrus subsp. macrocarpa, Genista aetnensis, Tamarix africana and Vitex agnus-castus), seven were hemicryptophytes (Anchusa crista, Kostelezkyia pentacarpos, Lippia nodiflora, Naufraga balearica, Rouya polygama, Silene velutina and Woodwardia radicans) and three were chamephytes (Achillea maritima, Armeria pungens and Brassica insularis). The two remaining taxa were either geophyte (Ophrys eleonora) or therophyte (Linaria flava subsp. sardoa). Interventions were carried out into coastal sandy (eight sites), riparian (three sites), flooded (two sites) and rocky (three sites) habitats.

These operations provide new insights from methodological perspectives (intervention process, partner interactions, intervention modalities...) as well as enhance our knowledge of the biological models associated with moved populations (ecology and biology of rare Mediterranean species). The limits of these programs in terms of modalities of monitoring and data availability, as well as the way to improve the timing and the ability of partners to be involved in the process are exposed in order to optimize the success of future operations of habitat restoration.

Introduction

Le Bassin méditerranéen constitue l'un des plus importants points chauds (*hotspots*) de biodiversité planétaire, par la richesse des communautés végétales terrestres et par son niveau élevé d'endémisme (Médail & Quezel 1999 ; Myers *et al.* 2000 ; Médail & Myers 2004). L'originalité des peuplements méditerranéens s'explique notamment par la pré-

sence de plusieurs zones refuges, mises en place lors des épisodes glaciaires du Pléistocène (Thompson 2005 ; Médail & Diadema 2009 ; Blondel *et al.* 2010). En concentrant près de 10 % des espèces végétales sur 1,6 % de la surface terrestre, la région méditerranéenne figure au centre des enjeux de conservation de la biodiversité (Thompson 2005), mais aussi parmi les régions du globe les plus concernées par les impacts des changements globaux à venir (Sala *et al.* 2000 ; Hoekstra *et al.* 2005 ; IPCC 2007), qui devraient s'accompagner d'une multiplication des taux d'extinction naturels par un facteur 100, voire 1 000 localement (Ricketts *et al.* 2005). La forte présence humaine actuelle et passée dans cette région explique que la région méditerranéenne française ait concentré au cours des dernières décennies un nombre élevé d'expérimentations de conservation *in situ*. Ces travaux menés par plusieurs structures gestionnaires des espaces naturels et laboratoires de recherche ont visé la restauration de milieux dégradés, mais aussi la sauvegarde de taxons rares (Thompson 2005 ; Blondel *et al.* 2010).

Le retour spontané des espèces végétales dans des habitats dégradés est conditionné par de nombreux facteurs, dont la disponibilité en propagules, sachant que la plupart d'entre elles ont une dispersion contrainte (Lavergne *et al.* 2004 ; Clark *et al.* 2007) et une longévité limitée (Thompson *et al.* 1997). Dans ce contexte, la réintroduction d'espèces végétales en sites naturels apparaît comme une mesure adaptée aux enjeux de conservation de la diversité végétale (Akeroyd & Wyse Jackson 1995 ; Godefroid *et al.* 2010). L'importance de l'introduction de nouvelles populations (par création ou transfert) dans des sites adaptés et du renforcement de populations existantes (Akeroyd & Wyse Jackson 1995) est une stratégie importante dans la gestion des populations (Pavlick 1996 ; Rout *et al.* 2009 ; Godefroid *et al.* 2010) qui est reconnue dans l'objectif 8 de la stratégie mondiale pour la conservation des plantes. Après une phase où beaucoup d'expériences de réintroduction ont été menées en Europe, notamment grâce aux outils européens (programmes Life), le temps de l'évaluation est arrivé ; force est de constater que peu de programmes ont fait l'objet de publications scientifiques présentant les résultats, voir les acquis méthodologiques issus d'expériences réalisées *in situ* (Bottin *et al.* 2007), excepté la récente méta-analyse de Godefroid *et al.* (2010).

Parmi les raisons sous-jacentes à ce déficit de synthèse, figure un état embryonnaire des connaissances acquises dans le Bassin méditerranéen en termes de restauration écologique (Hufford & Mazer 2003 ; Edmands 2007). De plus, il existe un biais de surestimation en faveur des réussites, souvent considérées comme plus aptes à être publiées que les échecs (Deredec & Courchamp 2007 ; Menges 2008). Par ailleurs, il apparaît que l'issue de ces expériences de réintroduction est contexte-dépendante, du fait de la réponse des taxons aux particularités écologiques locales (Allen 1994 ; Parsons & Zelder 1997 ; Krauss *et al.* 2002 ; Blondel *et al.* 2010).

Ce contexte nous a conduit à proposer un premier bilan des expériences de réintroduction menées en Corse, une île méditerranéenne caractérisée par une richesse spécifique et un endémisme végétal élevés, avec 2 858 taxons, dont 11 % d'endémiques parmi lesquels plus de 6 % d'endémiques strictes (Jeanmonod & Gamisans 2007). De plus, la réalisation d'un tel bilan a été rendue possible par la création en 2008 du Conservatoire botanique national de Corse (CBNC). Cette structure s'est interrogée sur la hiérarchisation des enjeux en matière de conservation et l'investissement à consacrer à de telles opérations effectuées dans un cadre réglementaire, notamment lors de la restauration d'habitats naturels dégradés par divers aménagements. Au-delà de ce bilan, l'objectif est ici d'identifier certains des facteurs de réussite ou d'échec de réintroduction, et de porter à connaissance les éléments de protocoles, dont les aspects collaboratifs, moteurs de l'opérationnalité de tels programmes.

Matériels et méthodes

C'est sous l'impulsion d'une méta-analyse initiée par le Jardin botanique national de Belgique que le CBNC a réalisé un récapitulatif des opérations de conservation des végétaux entre 1987 et 2004 en Corse. Ce bilan constitue un document de travail pour le CBNC, et les résultats analysés ici sont une partie de la méta-analyse publiée par Godefroid *et al.* (2010). Ces opérations ont été réalisées dans le cadre du programme Life « Conservation des habitats naturels et des espèces végétales d'intérêt communautaire prioritaire de la Corse » (Office de l'environnement de la Corse 1998), à l'exception des opérations concernant l'ophrys d'Éléonore (*Ophrys eleo-*

norae) et l'achillée maritime (*Achillea maritima*), dont les maîtrises d'œuvre ont été respectivement assurées par l'Office national des forêts de la région Corse en 2000, et par la délégation régionale Corse du Conservatoire du littoral en 2003.

Ce cadre institutionnel explique d'une part que la majorité des opérations (n = 31) ait été réalisée entre 1992 et 1997, et d'autre part que toutes les espèces manipulées sont considérées comme remarquables. Au-delà de cet aspect, le statut réglementaire de ces espèces est assez homogène. Elles sont majoritairement inscrites en annexes de la directive CE 92/43 et sont toutes dotées du statut d'espèce protégée à l'exception d'une seule, l'achillée maritime (*Achillea maritima*) (figure 1), qui fait l'objet en Corse d'une réglementation préfectorale de cueillette. Aussi toutes les opérations entreprises ont-elles été effectuées dans un cadre réglementaire conformément à la législation en vigueur.

Les organismes gestionnaires d'espaces naturels, ainsi que la communauté scientifique, ont été associés aux programmes sur leurs territoires/domaines d'intervention respectifs : parc naturel régional de la Corse (PNRC) pour les pozzines, Conservatoire du littoral (CDL) et Agence pour la gestion des espaces naturels de la Corse (AGENC) pour le littoral, Office national des forêts de Corse pour les forêts, Association des amis du PNRC, Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles (CBNMP) et université de Corse. L'AGENC s'est chargée de la maîtrise d'œuvre d'opérations du programme, et le CBNMP de la recherche et de la saisie des données stationnelles, de la conservation des semences, de la mise au point de techniques culturales et de la production des plants. Pour le cas particulier de l'ophrys d'Éléonore, l'opération a été réalisée par l'Office national des forêts sur commande de la Collectivité territoriale de Corse, après que cette espèce a été découverte sur la zone d'emprise des travaux d'aménagement de la RN 200 (Richard *et al.*, en prép.)

Les analyses réalisées ici sont basées sur les informations disponibles pour chaque opération réalisée (tableau 1), incluant le mois et l'année de réalisation, la technique utilisée (introduction, réintroduction ou transfert de populations selon la typologie de Higgs 2005), le type d'opération et l'issue de l'opération. Pour ce dernier champ, une opération a été considérée comme un succès lorsque l'espèce implantée s'est maintenue sur le site

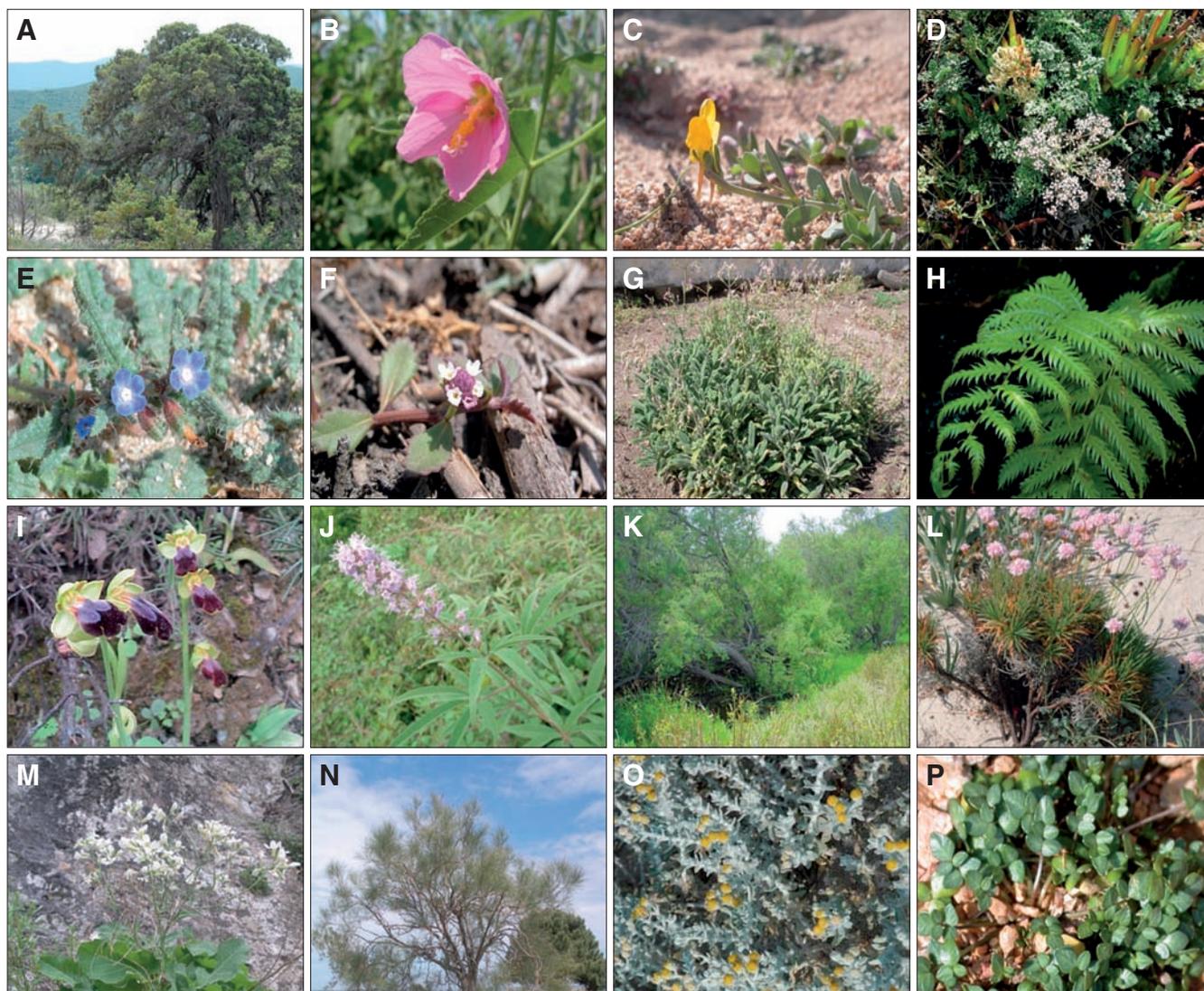


Figure 1 – Photos des 16 plantes ayant fait l'objet d'une opération de réintroduction en Corse entre 1997 et 2004.

A. *Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa* B. *Kosteletzkya pentacarpos* C. *Linaria flava* D. *Rouya polygama*
 E. *Anchusa crisa* F. *Lippia nodiflora* G. *Silene velutina* H. *Woodwardia radicans* I. *Ophrys eleonorae* J. *Vitex agnus-castus*
 K. *Tamarix africana* L. *Armeria pungens* M. *Brassica insularis* N. *Genista aetnensis* O. *Achillea maritima*
 P. *Naufraga balearica*.

Figure 1 – Photos of 16 plants which benefit from reintroduction operations in Corsica between 1997 and 2004.

A. *Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa* B. *Kosteletzkya pentacarpos* C. *Linaria flava* D. *Rouya polygama*
 E. *Anchusa crisa* F. *Lippia nodiflora* G. *Silene velutina* H. *Woodwardia radicans* I. *Ophrys eleonorae* J. *Vitex agnus-castus*
 K. *Tamarix africana* L. *Armeria pungens* M. *Brassica insularis* N. *Genista aetnensis* O. *Achillea maritima*
 P. *Naufraga balearica*.

et qu'elle se régénère aujourd'hui encore spontanément, et comme un échec lorsque l'espèce a disparu d'un site sans qu'aucune régénération naturelle ne se soit maintenue. Les résultats ne sont pas disponibles pour la totalité des opérations, en raison du manque ou de l'arrêt du suivi pour certaines d'entre elles. Par ailleurs, concernant les programmes de restauration de milieux dunaires engagés par le Conservatoire du littoral, une seule des nombreuses opérations réalisées par espèce a été décrite.

Résultats

Description des opérations

Au total, 40 opérations de conservation ont été réalisées en Corse entre 1997 et 2004 (voir tableau 1). Elles ont concerné 16 taxons (figure 1), avec une seule opération pour neuf d'entre eux, et jusqu'à huit opérations pour *Anchusa crisa*. Restée inconnue pour huit études sur quarante, la période majoritairement choisie pour ces opérations a été le mois

Tableau 1 – Tableau récapitulatif des informations disponibles sur les opérations de conservation de populations végétales réalisées en Corse entre 1997 et 2004. Abréviations : Cons. littoral : Conservatoire du littoral ; ONF-C : Cellule naturaliste de l'Office national des forêts de Corse ; ND : donnée non disponible ou non évaluée. L'assignation des taxons aux familles a été réalisée selon Jeanmonod & Gamisans (2007).

Table 1 – Recapitulative table of available informations on conservation operations performed in Corsica between 1997 and 2004. Abbreviations : Cons. littoral : Conservatoire du littoral ; ONF-C : Cellule naturaliste de l'Office national des forêts de Corse ; ND : unavailable or non-evaluated data. We assigned taxa to family in accordance with Jeanmonod & Gamisans (2007).

Espèce	Famille	Mois	Année	Technique	Nature	Issue	Opérateur
<i>Achillea maritima</i>	Asteracée	ND	2003	renforcement	bouture	succès	Cons. littoral
<i>Anchusa crista</i>	Boraginacée	mars	1992	renforcement	plants	échec	Life 1992-97
-		nov.	1994	renforcement	plants	succès	Life 1992-97
-		nov.	1997	renforcement	plants/graines	échec	Life 1992-97
-		déc.	1995	introduction	plants/graines	échec	Life 1992-97
-		nov.	1996	introduction	plants	échec	Life 1992-97
-		oct.	1995	introduction	plants/graines	échec	Life 1992-97
-		fév.	1996	introduction	plants	échec	Life 1992-97
-		oct.	2002	introduction	graines	succès	Life 1992-97
<i>Armeria pungens</i>	Plombaginacée	mars	1992	renforcement	plants	succès	Life 1992-97
-		nov.	1996	introduction	plants	succès	Life 1992-97
-		nov.	1996	introduction	plants	succès	Life 1992-97
-		ND	2003	introduction	plants	succès	Life 1992-97
<i>Brassica insularis</i>	Brassicacée	nov.	1996	renforcement	bouture/graines	ND	Life 1992-97
<i>Genista aethnensis</i>	Brassicacée	nov.	1996	renforcement	plants	échec	Life 1992-97
-		nov.	1997	renforcement	plants	échec	Life 1992-97
-		nov.	1996	renforcement	plants	échec	Life 1992-97
-		nov.	1996	renforcement	plants	échec	Life 1992-97
<i>Kosteletzkya pentacarpos</i>	Malvacée	nov.	1996	renforcement	bouture	ND	Life 1992-97
<i>Juniperus oxycedrus</i>	Cupressacée	ND	1987	renforcement	plants	succès	Life 1992-97
-		ND	1990	renforcement	plants	succès	Life 1992-97
-		ND	1993	renforcement	plants	succès	Life 1992-97
-		ND	1994	renforcement	plants	succès	Life 1992-97
-		ND	1997	renforcement	plants	succès	Life 1992-97
<i>Linaria flava</i>	Scrophulariacée	mai	1998	introduction	graines	succès	Life 1992-97
<i>Lippia nodiflora</i>	Verbénacée	déc.	1995	introduction	marcottes	échec	Life 1992-97
<i>Naufraga balearica</i>	Apiacée	nov.	1996	introduction	plants	échec	Life 1992-97
-		nov.	1997	introduction	tubercules	échec	Life 1992-97
<i>Ophrys eleonora</i>	Orchidacée	janv.	2000	transfert	tubercules	échec	ONF-C
-		juillet	2000	transfert	plants	succès	ONF-C
<i>Rouya polygama</i>	Apiacée	nov.	1993	introduction	plants	succès	Life 1992-97
-		déc.	1995	introduction	graines	succès	Life 1992-97
-		nov.	1996	introduction	graines	succès	Life 1992-97
-		nov.	1997	introduction	graines	succès	Life 1992-97
-		nov.	1992	introduction	plants	succès	Life 1992-97
-		oct.	1993	introduction	plants	succès	Life 1992-97
<i>Silene velutina</i>	Caryophyllacée	nov.	1996	renforcement	plants	échec	Life 1992-97
<i>Tamarix africana</i>	Tamaricacée	ND	2004	renforcement	plants	succès	Life 1992-97
<i>Vitex agnus-castus</i>	Verbénacée	nov.	1997	renforcement	plants	échec	Life 1992-97
<i>Woodwardia radicans</i>	Blechnacée	nov.	1996	renforcement	plantule/prothalle	ND	Life 1992-97

de novembre (pour 20 cas), et plus largement celle du quatrième trimestre (26 cas). Seules quatre opérations ont été réalisées au premier trimestre, et une seule a été effectuée soit au deuxième, soit au troisième trimestre. Hormis les deux cas de transfert de populations d'ophrys d'Éléonore, le type d'opération

s'équilibre entre le renforcement de populations sur une station existante (20 cas) et l'introduction vers de nouvelles stations (18 cas). La technique utilisée a été très majoritairement celle de d'introduction de matériel issu de pépinière, à partir de graines (5 cas), de boutures (26 cas), ou encore de plants asso-

ciés aux graines (3 cas). Les autres techniques (transplantation de tubercules, marcottes...) sont moins fréquentes et en lien avec les traits d'histoire de vie des espèces manipulées. Le matériel végétal utilisé a été, pour chaque opération, prélevé au plus près du site de renforcement ou d'introduction, de manière à maintenir dans la mesure du possible le patrimoine génétique non loin des populations d'origine.

Parmi les 16 taxons manipulés, quatre sont des phanérophtes (*Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa*, *Genista aetnensis*, *Tamarix africana* et *Vitex agnus-castus*), sept sont des hémicryptophytes (*Anchusa crispa*, *Kosteletzkya pentacarpos*, *Lippia nodiflora*, *Naufraga balearica*, *Rouya polygama*, *Silene velutina*, *Woodwardia radicans*) et trois sont des chaméphytes (*Achillea maritima*, *Armeria pungens*, *Brassica insularis*). On trouve également une géophyte (*Ophrys eleonora*) et une thérophyte (*Linaria flava* subsp. *sardoa*). En termes d'habitats naturels, les taxons manipulés sont liés aux milieux littoraux sableux (8), aux zones humides (2), aux ripisylves (3), aux parois et dalles rocheuses (2), ou encore aux rochers humides (1).

Issue des opérations

En excluant les trois opérations où le bilan du déplacement est non disponible, l'issue de ces opérations apparaît déterminée dans une large mesure par l'identité des taxons manipulés, même s'il faut rester prudent quant à l'interprétation de ces résultats compte tenu du faible nombre de répétitions.

Pour les sept taxons ayant fait l'objet de plusieurs répétitions de réintroduction, l'issue apparaît systématiquement orientée : échec de toutes les opérations visant *Genista aetnensis* (quatre sur quatre) et *Naufraga balearica* (deux sur deux dont le statut natif en Corse est douteux) et réussite de toutes les opérations visant *Armeria pungens* (quatre sur quatre), *Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa* (cinq sur cinq) et *Rouya polygama* (six sur six). Seuls *Ophrys eleonora* et *Anchusa crispa* ont produit des résultats nuancés selon les répétitions. Le faible nombre d'opérations réalisées, ainsi que le nombre élevé de facteurs de covariation accompagnant les différentes opérations ne permettant pas d'effectuer des tests de significativité d'éventuels effets de la phénologie (année et mois de réalisation), ou encore de la technique utilisée

(renforcement vs introduction et transfert), il a été réalisé une analyse au cas par cas des résultats obtenus.

Analyse au cas par cas

De bons résultats ont été obtenus à faible coût. C'est le cas du bouturage du diotis maritime (*Achillea maritima*) qui a été utilisé efficacement dans le cadre d'opérations de restauration de milieux dunaires sur des sites appartenant au Conservatoire du littoral. C'est le cas également des semis directs effectués pour *Linaria sardoa* (Paradis 2008), *Armeria pungens* et *Rouya polygama*. Il peut être ici noté que l'importante expansion par reproduction sexuée de *Silene velutina* sur le site de Tamaricciu depuis les années 1990 suggère que le semis direct pourrait être une technique à retenir dans certains contextes.

Pour un coût plus élevé, la plantation a permis d'obtenir de bons résultats notamment pour les espèces arbustives. Pour le tamaris (*Tamarix africana*), la plantation de boutures s'est soldée par des résultats globalement positifs quoique variables selon les populations renforcées. Par contre, sur le site de Pineto (commune de Borgo), le prélèvement de plants racinés en zone marécageuse (ce qui facilite le prélèvement sans dommage du système racinaire avec sa motte de sol) suivi d'une transplantation *in situ* a constitué une technique aisée à mettre en œuvre et a permis un taux de reprise de près de 100 % (une fois les transplants protégés de l'herbivorie).

Pour le genévrier à gros fruits (*Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa*), la maîtrise de sa culture (germination rapide après scarification des graines, plants élevés en pépinière) permet de bons résultats par plantation (70 % à 80 % de reprise), surtout si les jeunes plants sont protégés pendant quelques années des embruns salés à l'aide de dispositifs de type de protection par gainage plastique des plants (Norten® type Tubex), de section suffisamment large (L = 17 cm, H = 45 cm) (Conservatoire du littoral, com. pers.).

Les échecs sont souvent liés à la conjonction de plusieurs facteurs, qui semblent être, par ordre de fréquence (i) une méconnaissance de la biologie de l'espèce, (ii) un effectif utilisé particulièrement faible, (iii) un mauvais choix de l'habitat d'introduction et une variabilité stationnelle parfois difficile à évaluer *a priori*, (iv) un choix non optimal du type de matériel biologique manipulé (graine/bouture/plant),

(v) une mauvaise prise en compte de l'utilisation de l'espace tout au long de l'année par les différents acteurs, notamment sur le littoral. L'absence de marquage des populations ou d'individus concernés par l'opération apparaît également comme un frein à la mise en place d'un suivi satisfaisant lorsque les opérations sont effectuées au sein de populations « naturelles ». Les plantations réalisées de *Silene velutina* ont conduit à des cas de reprise nulle (Aboucaya *et al.* 1999) dans le cadre du déplacement d'un nombre faible ($n = 4$) d'individus âgés (8 mois). Pour *Naufraga balearica*, les échecs rencontrés lors des tentatives d'introduction par plantation sont également à mettre en relation avec la disparition du taxon de Corse dans les années 1980, deux ans après sa découverte (Fridlender 1995 ; Gamisans *et al.* 1996). Ce rapide déclin pose en effet la question du statut de ce taxon dans l'île (introduit ou naturel ?) dont le matériel manipulé pourrait être issu d'un clone baléarique non fertile (Fridlender & Boisselier-Dubayle 2000). Parmi les autres causes possibles d'échec, il est à noter que les conditions écologiques de la station où il a été découvert apparaissent sensiblement différentes de celles des stations d'origine (J. L. Gradaille, comm. pers., Fridlender 2001). De bons résultats étaient attendus après la plantation de *Vitex agnus-castus*, mais le faible nombre d'individus (une opération avec quelques individus) et la xéricité du milieu de réintroduction (arrière d'un cordon littoral sablo-graveleux) pourraient avoir conjointement contribué à l'échec de l'opération. L'échec de l'opération d'introduction tentée sur *Lippia nodiflora* pourrait avoir des causes similaires (la réintroduction de quelques individus dans un milieu nettement plus saumâtre que la population d'origine). Dans le cas de *Genista aetnensis*, la situation est plus complexe, car le taxon est écologiquement mal connu et taxonomiquement encore mal défini (De Castro *et al.* 2002) : les populations corses sont littorales alors que les peuplements sardo-siciliens sont établis entre 500 et 800 m d'altitude. La structuration génétique de ces deux populations, en cours d'étude, permettra de mieux comprendre l'écologie de ce genêt. Par ailleurs, les populations corses consistent en un ensemble hétérogène constitué par 120 individus sur le seul site de Palo (commune de Serra-di-Fiumorbo) et un individu isolé sur le site de Solaro. La mortalité élevée des adultes et leur faible taux de régénération suggèrent d'envisager ces résultats

avec la plus grande prudence vis-à-vis de toute opération de réintroduction dans l'attente d'une bonne compréhension des mécanismes à la base de la faible dynamique populationnelle constatée en Corse.

Deux espèces ont connu une issue plus contrastée dans les tentatives de réintroduction, les facteurs précédents d'échec se retrouvant partiellement. La réussite du transfert de populations d'ophrys d'Éléonore est ici directement liée à la période de l'opération (échec en janvier et succès en juillet ; Richard *et al.*, en prép.). Pour *Anchusa crispa*, seules deux opérations sur huit ont été une réussite. Les échecs sont associés à de mauvais choix en relation avec la biologie de l'espèce concernant d'une part les sites de réintroduction, et d'autre part la période de mise en œuvre de l'opération, sachant que les pluies printanières chroniquement insuffisantes et la sécheresse estivale augmentent fortement la mortalité des plants manipulés au printemps et en été. La mise en œuvre d'opérations de renforcement au sein de populations « naturelles », sur des zones non clôturées, n'a pas permis la réalisation de suivis sur le long terme, en raison de la disparition rapide du système de marquage mis en place, liée au piétinement du bétail. L'issue des opérations de restauration pour cette espèce apparaît multifactorielle, avec notamment l'implication d'un aspect génétique (Quilichini *et al.* 2001 ; Bachetta *et al.* 2008). Il faut noter qu'un plan national d'action pour *Anchusa crispa* sur la base des éléments jusqu'ici disponibles est en fin de rédaction et entrera en œuvre prochainement.

Discussion

Le résultat essentiel de cette étude est que l'issue des quarante opérations de réintroduction conduites en Corse apparaît principalement dépendante de l'identité des taxons manipulés et d'une prise en compte de leur écologie. Il semble cependant pertinent de rester prudent quant à la généralisation de ce résultat, notamment au regard du faible nombre de répétitions pour une majorité des taxons. À l'exception de quelques opérations comme celle visant l'ophrys d'Éléonore (Richard *et al.*, en prép.), les données liées aux individus réintroduits (âge, nombre, état sanitaire...) apparaissent fragmentaires malgré leur pertinence avérée (c'est par exemple le cas des effectifs des populations introduites et d'ori-

gine : Frankham *et al.* 2002 revu par Godefroid *et al.* 2010). Plus largement, les modèles biologiques (écologie et biologie des taxons manipulés) (Godefroid *et al.* 2010) ainsi que les modalités de manipulation (diagnostic stationnel, interactions biotiques) sont insuffisamment documentés pour permettre une mise en lien de l'issue des opérations et des conditions de réalisation dans le cadre de cette synthèse. Parmi les limites inhérentes au jeu de données analysé, l'absence de suivi systématique à long terme des individus manipulés (viabilité, floraison, fructification, etc.), notamment pour des considérations économiques évidentes (Menges 2008), constitue un frein à l'analyse critique *a posteriori* et représente un obstacle important à la généralisation des efforts de restauration. Constituant autant de pistes d'amélioration pour de futures opérations, ces défauts se retrouvent aussi pointés par Godefroid *et al.* (2010).

Les causes identifiées (lorsqu'elles le sont) d'échec des opérations corses sont dominées par une mauvaise prise en considération de la biologie de l'espèce, ou un effectif utilisé trop faible, ou encore un choix non pertinent de la station de réintroduction. Godefroid *et al.* (2010) ont également recensé ces causes d'échec sur un jeu de données recensées à l'échelle mondiale comptant 250 taxons de diverses zones géographiques, mais en reportant une importance plus grande au choix des stations ainsi qu'à la prédation directe des individus manipulés. Malgré ces limites, ces opérations se révèlent riches d'enseignements valorisables dans le cadre d'opérations futures de conservation.

L'engagement financier des différentes institutions impliquées (et notamment l'outil européen Life) apparaît central et moteur dans la réalisation de ces opérations qui sont aussi sources de collaborations entre chercheurs et gestionnaires d'espaces naturels et l'une des clés de réussite pour les futures expérimentations comme le soulignent plusieurs auteurs (Sarrazin & Barbault 1996 ; Bottin *et al.* 2007 ; Krauss *et al.* 2002 ; Hutchings 2010 ; Godefroid *et al.* 2010). Les limites actuelles des systèmes de suivis mis en œuvre ou non, sur le plus long terme, autour de chaque opération, sont à mettre en lien avec certaines questions qui leur sont fondamentalement associées : par exemple, quels indicateurs pertinents permettent d'attester de la réussite d'une opération ? Sur quel pas de temps, en termes de générations par exemple, mettre en

place de tels suivis ? Faut-il systématiquement se rapprocher des critères de l'IUCN préconisant, pour évaluer l'issue d'une opération, de considérer une tendance de trois générations ou dix années de suivis ? Comment mettre en œuvre de tels engagements sur la durée alors que les programmations financières au sein des organismes ne sont pas dimensionnées de manière adéquate ? La pérennité des suivis s'appuie essentiellement sur le statut des taxons, tels que définis par la directive 92/43 (*Anchusa crispera*, *Brassica insularis*, *Armeria pungens*, *Kosteletzkya pentacarpos*, *Linaria flava*, *Rouya polygama*, *Silene velutina* et *Woodwardia radicans*) et/ou sur les moyens alloués pour leur conservation par les programmes européens Life et Natura 2000 (*Anchusa crispera*, *Naufraga balearica*). Ces outils permettent notamment la mise en œuvre de programmes scientifiques adossés aux opérations de restauration. Il est intéressant de constater que les espèces non concernées ici, car sans statut européen, n'ont pas bénéficié de suivis de leur opération de restauration, sauf dans le cas de l'ophrys d'Éléonore pour lequel un suivi à cinq ans avait été intégré au programme de restauration.

Ce bilan a également permis de révéler que certaines techniques, comme le semis ou le bouturage directs, s'avèrent particulièrement efficaces à coûts modestes, dans le cas de plusieurs taxons. Ces techniques sont utilisées efficacement, sur les terrains du Conservatoire du littoral, dans le cadre d'opération de réhabilitation de milieux dunaires (*Armeria pungens*, *Achillea maritima*, *Tamarix africana*). Elles pourraient constituer une alternative permettant, si nécessaire, de renforcer des populations sources, et, en cas de dégradation de leur habitat naturel, de créer de nouvelles populations dans des sites voisins et protégés présentant des conditions écologiques comparables à celles des populations d'origine.

Indirectement, ces opérations de conservation ont également permis, pour quelques espèces, la mise au point de système de marquage adapté au milieu considéré ainsi que le suivi de taxons protégés ou d'intérêt patrimonial, et donc d'améliorer à terme la connaissance de l'écologie de ces taxons. Des informations utiles sur le coût de ces opérations et sur la définition des sites potentiels d'accueil ont également été acquises, et constituent des éléments importants dans la programmation des futures opérations et programmes de conservation (MacNab 1983 ; Kark *et al.* 2009).

L'expérience acquise au cours de ces programmes a également montré la nécessité d'intervenir, dans la mesure du possible, sur des terrains protégés et gérés (Conservatoire du littoral, Réserve naturelle des Bouches de Bonifacio, etc.). Ces sites sont généralement aménagés pour éviter une dégradation des milieux par une fréquentation anarchique et les opérations sont réalisées dans des secteurs la plupart du temps mis en défens. De plus, les agents présents régulièrement sur le terrain facilitent un suivi régulier des opérations et des taxons et permettent d'ajuster les méthodes et d'obtenir des informations sur leur écologie et leur biologie. Au contraire, les opérations effectuées sur des terrains non protégés et non gérés sont plus aléatoires et peuvent subir des dégradations importantes. Ce fut par exemple le cas, pour l'opération visant le déplacement de l'ophrys d'Éléonore, lorsqu'un engin de chantier déposa de la terre sur une partie de l'enclos dans lequel les plants d'*Ophrys* avaient été transférés, recouvrant le tiers de sa surface.

En conclusion, le bilan de ces opérations de conservation est globalement positif du fait des cas de réussite mais surtout de l'amélioration de la connaissance concernant ces opérations (suivis d'espèces protégées, élaboration de protocole, estimation des coûts associés ; Godefroid *et al.* 2010). Il ne faut pas oublier que ces opérations de réintroduction apparaissent coûteuses, risquées, et nécessitent d'être mises en œuvre en dernier ressort et non pas en option première (Maunder 1992 ; Gorbunov *et al.* 2008 ; Clewell & Aronson 2010 ; Godefroid *et al.* 2010). Ainsi parmi les leçons pour demain, la diffusion des connaissances associées à ces opérations de conservation (protocoles et facteurs de réussite) doit être intégrée à chaque opération de conservation (Godefroid *et al.* 2010). Cette incontournable diffusion des connaissances doit contribuer, d'une part, à capitaliser une expérience collective pour optimiser les futures opérations et, d'autre part, à favoriser la stratégie de conservation des espèces menacées par différentes méthodes adaptées aux espèces et aux situations écologiques considérées. De plus, la coopération transfrontalière s'impose entre les gestionnaires méditerranéens pour la confrontation d'expériences (Kark *et al.* 2009), ainsi que la coopération entre gestionnaires et scientifiques pour la réalisation de ces opérations et pour le transfert de connaissances.

Remerciements

Nous tenons à remercier le Conservatoire du littoral de Corse qui nous a ouvert ses archives et apporté de nombreuses informations sur les opérations de réintroduction conduites sur ses terrains, ainsi que Guilhan Paradis qui a bien voulu mettre à notre disposition le détail des opérations qu'il a été conduit à réaliser. Merci également aux relecteurs pour leurs commentaires constructifs. Nous remercions enfin le D^r Doyle Mc Key pour sa relecture de l'abstract du présent manuscrit.

Références

- Aboucaya A., Guyot I., Piazza C. & Virevaire M., 1999. Plans de gestion conservatoire mis en place en Corse pour cinq espèces végétales endémiques et prioritaires de la Directive Habitats. *Les Plantes menacées de France. Actes du Colloque de Brest 15-17 octobre 1997. Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest, Numéro spécial*, 19 : 251-278.
- Akeroyd J. & Wyse Jackson P., 1995. *A handbook for botanic gardens on the reintroduction of plants to the wild*. Richmond, BGCI, 180 p.
- Allen W.H., 1994. Reintroduction of endangered plants. *BioScience* 44: 65-68.
- Bachetta G., Coppi A., Pontecorvo C. & Selvi F., 2008. Systematics, phylogenetic relationships and conservation of the taxa of *Anchusa* (Boraginaceae) endemic to Sardinia (Italy). *Systematics and Biodiversity* 6: 161-174.
- Blondel J., Aronson J., Bodiou J.Y. & Boeuf G., 2010. *The Mediterranean region: Biological diversity in space and time*. Oxford University Press, Oxford, 376 p.
- Bottin L., Le Cadre S., Quilichini A., Bardin P., Moret J. & Machon N., 2007. Re-establishment trials in endangered plants: a review and the example of *Arenaria grandiflora*, a species on the brink of extinction in the Parisian region (France). *Ecoscience* 14: 410-419.
- Clark C.J., Poulsen J.R., Levey D.J. & Osenberg C.W., 2007. Are plant populations seed limited? A critique and meta-analysis of seed addition experiments. *Am. Nat.* 170: 128-142.
- Clewell A.F. & Aronson J., 2010. *La Restauration écologique*. Actes Sud, Paris, 340 p.
- De Castro O., Cozzolino S., Jury S.L. & Caputo P., 2002. Molecular relationships in *Genista* L. Sect. *Spartocarpus* Spach (Fabaceae) 291: 91-108.
- Deredec A. & Courchamp F., 2007. Importance of the Allee effect for reintroductions. *Ecoscience* 14: 440-451.
- Edmunds S. 2007. Between a rock and a hard place: evaluating the relative risks of inbreeding and outbreeding for conservation and management. *Mol. Ecol.* 16: 463-475.
- Frankham R., Ballou J.D. & Briscoe D.A., 2002. *Introductions to conservation genetics*. Cambridge University Press, Cambridge, 614 p.
- Fridlender A., 1995. *Étude de quelques espèces végétales corse menacées ou de la Directive Habitats*. Laboratoire de biologie végétale, Paris, MNHN.

- Fridlender A., 2001. *Naufraga balearica* Constance & Cannon (Apiaceae) ; description, écologie, répartition et projets de conservation en Corse. *J. Bot.* 13 : 7-24.
- Fridlender A. & Boisselier-Dubayle M.-C., 2000. Comparaison de la diversité génétique (RAPD) de collections *ex situ* de populations naturelles de *Naufraga balearica* Constance & Cannon. *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Vie* 323 : 399-406.
- Gamisans J., Moret J., Fridlender A., Deschâtres R. & Dutartre G., 1996. Le *Naufraga balearica* est-il éteint en Corse ? Étude du site originel, recherche de stations comparables, possibilités de réintroduction. *Candollea* 51 : 552-557.
- Godefroid S., Piazza C., Rossi G., Buord S., Stevens A.-D., Aguraiuja R., Cowell C., Weekley C.W., Vogt G., Iriondo J., Johnson I., Dixon B., Gordon D., Magnanon S., Valentin B., Bjureke K., Koopman R., Vicens M., Virevaire M. & Vanderborcht T. 2010. How successful are plant species reintroductions? *Biol. Cons.* 144: 672-682.
- Gorbunov Y.N., Dzybov D.S., Kuzmin Z.E. & Smirnov I.A., 2008. *Methodological recommendations for botanic gardens on the reintroduction of rare and threatened plants*. Tula, Grif & Co.
- Higgs E., 2005. The two-culture problem: ecological restoration and the integration of knowledge. *Restor. Ecol.* 13: 159-164.
- Hoekstra J.M., Boucher T.M., Ricketts T.H. & Roberts C., 2005. Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. *Ecol. Lett.* 8: 23-29.
- Hufford K.M. & Mazer S.J., 2003. Plant ecotypes: genetic differentiation in the age of ecological restoration. *Trends in Ecology and Evolution* 18: 147-155.
- Hutchings M.J., 2010. The population biology of the early spider orchid *Ophrys sphegodes* Mill. III. Demography over three decades. *J. Ecol.* 98: 867-878.
- IPCC 2007. *Climate change 2007: the physical science basis. Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jeanmonod D. & Gamisans J., 2007. *Flora Corsica*. Édisud: 921 p.
- Kark S., Levin N., Grantham H.S. & Possingham H.P., 2009. Between-country collaboration and consideration of costs increase conservation planning efficiency in the Mediterranean Basin. *PNAS* 106: 15368-15373.
- Krauss S.L., Dixon B. & Dixon K.W., 2002. Rapid genetic decline in a translocated population of the endangered plant *Grevillea scapigera*. *Cons. Biol.* 16: 986-994.
- Lavergne S., Thompson J.D., Garnier E. & Debussche M., 2004. The biology and ecology of narrow endemic and widespread plants: a comparative study of trait variation in 20 congeneric pairs. *Oikos* 107: 505-518.
- MacNab J., 1983. Wildlife management as scientific experimentation. *Wildlife Soc. Bull.* 11: 397-401.
- Mauder M., 1992. Plant reintroductions: an overview. *Biodiv. Cons.* 1: 51-61.
- Médail F. & Diadema K., 2009. Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *J. Biogeog.* 36: 1333-1345.
- Médail F. & Myers N. 2004. *Mediterranean Basin. Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions* (ed. by R.A. Mittermeier, P. Robles Gil, M. Hoffmann, J. Pilgrim, T. Brooks, C.G. Mittermeier, J. Lamoreaux and G.A.B. da Fonseca), p. 144-147. CEMEX, Monterrey, Conservation International, Washington and Agrupacio'n Sierra Madre, Mexico.
- Médail F. & Quézel P., 1999. Biodiversity hotspots in the Mediterranean Basin: setting global conservation priorities. *Cons. Biol.* 13: 1510-1513.
- Menges E.S., 2008. Restoration demography and genetics of plants: when is a translocation successful? *Aust. J. Bot.* 56: 187-196.
- Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., da Fonseca G.A.B. & Kent J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Office de l'environnement de la Corse, 1998. Life 1994-97 « Conservation des habitats naturels et des espèces végétales d'intérêt communautaire prioritaire de la Corse » : bilan et prospective. Corte, Office de l'environnement de la Corse/DIREN, 99 p.
- Paradis G., 2008. Résultat d'un essai de création de sous-population de *Linaria flava* subsp. *sardoa*, taxon prioritaire, endémique cyrno-sarde. *Bull. Soc. Bot. Centre-ouest, Nouvelle Série*, 39 : 169-174.
- Parsons L.S. & Zelder J.B., 1997. Factors affecting reestablishment of an endangered annual plant at a California salt marsh. *Ecol. Appl.* 7: 253-267.
- Pavlick B.M., 1996. Defining and measuring success. In: Falk D.A., Millar C.I. & Olwell M. (eds.), *Restoring Diversity: Strategies for the Reintroduction of Endangered Plants*. Island Press, Washington, DC: 127-155.
- Quilichini A., Debussche M. & Thompson J.D., 2001. Evidence for local outbreeding depression in the Mediterranean island endemic *Anchusa crispa* Viv. (Boraginaceae). *Heredity* 87: 190-197.
- Richard F., Kaczmar M., Hugot L. & Schatz B. *First report of successful population transfer of a rare plant: the case of Ophrys eleonorae*. in prep.
- Ricketts T.H., Dinerstein E., Boucher T., Brooks T.M., Butchart S.H.M., Hoffmann M., Lamoreux J.F., Morrison J., Parr M., Pilgrim J.D., Rodrigues A.S.L., Sechrest W., Wallace G.E., Berlin K., Bielby J., Burgess N.D., Church D.R., Cox N., Knox D., Loucks C., Luck G.W., Master L.L., Moore R., Naidoo R., Ridgely R., Schatz G.E., Shire G., Holly Strand H., Wettengel W. & Wikramanayake E., 2005. Pinpointing and preventing imminent extinctions. *PNAS* 102: 18497-18501.
- Rout T.M., Hauser C.E. & Possingham P., 2009. Optimal adaptive management for translocation of a threatened species. *Ecol. Appl.* 19: 515-526.
- Sala O.E., Chapin F.S., Armesto J.J., Berlow E., Bloomfield J., Dirzo R., Huber-Sanwald E., Huenneke L.F., Jackson R.B., Kinzig A., Leemans R., Lodge D.M., Mooney H.A., Oesterheld M., Leroy Poff N., Sykes M.T., Walker B.H., Walker M. & Wall D.H., 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287: 1770-1774.
- Sarrazin F. & Barbault R., 1996. Reintroduction: challenges and lessons for basic ecology. *TREE* 11: 474-478.
- Thompson J.D., 2005. *Plant evolution in the Mediterranean*. Oxford University Press, Oxford, 293 p.
- Thompson K., Bakker J. & Bekker R., 1997. *The Soil Seed Bank of North West Europe: Methodology, Density and Longevity*. Cambridge University Press, Cambridge, 288 p.