

Gauthier-Clerc | Mesléard  
Blondel

# Sciences de la conservation





# Sciences de la conservation

## **Chez le même éditeur**

RAVEN, HEICHHORN, EVERT, Biologie végétale

GAUTHIER-CLERC, THOMAS, Écologie de la santé et biodiversité

RAVEN, JOHNSON, MASON, LOSOS, SINGER, Biologie

RAVEN, BERG, HASSENZAHL, Environnement

MARSHAK, Terre, portrait d'une planète

Sous la direction de  
Michel Gauthier-Clerc | François Mesléard | Jacques Blondel

# Sciences de la conservation

Pour toute information sur notre fonds et les nouveautés dans votre domaine de spécialisation, consultez notre site web: **[www.deboeck.com](http://www.deboeck.com)**

© De Boeck Supérieur s.a., 2014  
Fond Jean Pâques, 4 – 1348 Louvain-la-Neuve

1<sup>re</sup> édition

Tous droits réservés pour tous pays.

Il est interdit, sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, de reproduire (notamment par photocopie) partiellement ou totalement le présent ouvrage, de le stocker dans une banque de données ou de le communiquer au public, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit.

Dépôt légal:  
Bibliothèque nationale, Paris: mai 2014  
Bibliothèque royale de Belgique, Bruxelles: 2014/0074/056

ISBN 978-2-8041-8490-2

# Les auteurs

- Affre Laurence. Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale, Aix-Marseille Université, UMR CNRS IRD Univ. Avignon, Faculté de St Jérôme, F-13397 Marseille cedex 20, France. [laurence.affre@imbe.fr](mailto:laurence.affre@imbe.fr)
- Alard Didier. UMR 1202 BIOGECO. Equipe Ecologie des Communautés. Université Bordeaux 1. Avenue des Facultés. 33405 Talence. France. [d.alard@ecologie.u-bordeaux1.fr](mailto:d.alard@ecologie.u-bordeaux1.fr)
- Alignan Jean-François. Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie. UMR CNRS-IRD, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, IUT, Site Agroparc BP 61207, 84 911 Avignon Cedex 09. France. [jeanfrancois.alignan@hotmail.fr](mailto:jeanfrancois.alignan@hotmail.fr)
- Antona Martine. TA C-47 / F. Campus international de Baillarguet. 34398 Montpellier Cedex 5, France. [martine.antona@cirad.fr](mailto:martine.antona@cirad.fr)
- Arnould Jacques. Direction de la communication externe, de l'éducation et des affaires publiques – Centre national d'études spatiales. 2 place Maurice Quentin. 75039 Paris cedex 01, France. [jacques.arnould@cnes.fr](mailto:jacques.arnould@cnes.fr)
- Aubertin Catherine. Institut de recherche pour le développement IRD - UMR GRED, [catherine.aubertin@ird.fr](mailto:catherine.aubertin@ird.fr)
- Baguette Michel. Muséum National d'Histoire Naturelle. Département Ecologie et Gestion de la Biodiversité. UMR CNRS MNHN UPMC 7204 55, Rue Buffon – 75321 Paris Cedex 5 et Station d'Ecologie Expérimentale du CNRS à Moulis USR CNRS 2936. 2 Route du CNRS. 09200 Moulis, France. [baguette@mnhn.fr](mailto:baguette@mnhn.fr)
- Baron Jean-Pierre. CNRS/UPMC/ENS – UMR 7625, Laboratoire Écologie & Évolution, Université Pierre et Marie Curie, Case 237, 7 Quai St Bernard, 75005, Paris, France. [aldebertb@yahoo.fr](mailto:aldebertb@yahoo.fr)
- Baumberger Teddy. Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie. UMR CNRS-IRD, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, IUT, Site Agroparc BP 61207, 84 911 Avignon Cedex 09 et Centre de recherche de la Tour du Valat. Le Sambuc. 13200 Arles. France. [t.baumberger@ecomed.fr](mailto:t.baumberger@ecomed.fr)
- Béchet Arnaud. Centre de recherche de la Tour du Valat. Le Sambuc. 13200 Arles. France. [bechet@tourduvalat.org](mailto:bechet@tourduvalat.org)
- Beltrame Coralie. Centre de recherche de la Tour du Valat. Le Sambuc. 13200 Arles. France. [beltrame@tourduvalat.org](mailto:beltrame@tourduvalat.org)
- Blondel Jacques. Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, UMR 5175 CNRS, 1919 Route de Mende, 34293 Montpellier cedex. France. [jacques.blondel@cefe.cnrs.fr](mailto:jacques.blondel@cefe.cnrs.fr)
- Bonnaud Elsa. Université Paris-Sud, Laboratoire ESE, UMR CNRS 8079, F-91405 Orsay Cedex, France. [elsa.bonnaud@u-psud.fr](mailto:elsa.bonnaud@u-psud.fr)
- Bonis Anne. UMR 6553 ECOBIO CNRS-Université Rennes I, Campus de Beaulieu. 35042 Rennes cedex. France. [anne.bonis@univ-rennes1.fr](mailto:anne.bonis@univ-rennes1.fr)
- Bousquet François. CIRAD Campus Baillarguet, TA 60/15 73, rue Jean François Breton 34398 Montpellier Cedex 5, France. [francois.bousquet@cirad.fr](mailto:francois.bousquet@cirad.fr)
- Bretagnolle Vincent. Centre d'Etudes Biologiques de Chizé – CNRS. 79360 Villiers-en-Bois, France. [breta@cebc.cnrs.fr](mailto:breta@cebc.cnrs.fr)
- Buisson Elise. Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie. UMR CNRS-IRD, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, IUT, Site Agroparc BP 61207, 84 911 Avignon Cedex 09. France. [elise.buisson@imbe.fr](mailto:elise.buisson@imbe.fr)
- Bulot Adeline. Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie. UMR CNRS-IRD, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, IUT, Site Agroparc BP 61207, 84 911 Avignon Cedex 09. France. [adeline.bulot@imbe.fr](mailto:adeline.bulot@imbe.fr)
- Caizergues Alain. Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage. CNERA Avifaune Migratrice. 39, Boulevard Einstein, CS 42355, 44323 Nantes Cedex 3, France. [alain.caizergues@oncfcs.gouv.fr](mailto:alain.caizergues@oncfcs.gouv.fr)

## VI Les auteurs

- Carré Gabriel. INRA/UAPV Écologie des Invertébrés (UMR 406), Domaine Saint-Paul, Site Agroparc. 84914 Avignon cedex 9. France. gabriel.carre@avignon.inra.fr
- Champagnon Jocelyn. Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage. CNERA Avifaune Migratrice et Centre de Recherche de la Tour du Valat. Le Sambuc. 13200 Arles, France. jchampagnon@gmail.com
- Charmantier Anne. UMR 5175 Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, C.N.R.S., 1919 Route de Mende, 34293 Montpellier cedex 5, France. anne.charmantier@cefe.cnrs.fr
- Clobert Jean. Station d'Ecologie Expérimentale du CNRS à Moulis, USR CNRS 2936. 09200 Moulis, France. jean.clobert@ecoex-moulis.cnrs.fr
- Cormier-Salem Marie-Christine. UMR 208 Patrimoines Locaux IRD-MNHN. LMI PATEO Patrimoines et Territoires de l'eau Campus International de recherche UCAD/IRD-Hann Route des Pères Maristes IRD BP 1386 CP 18524 Dakar, Sénégal. marie-christine.cormier-salem@ird.fr
- Courchamp Franck. Université Paris-Sud, Laboratoire ESE, UMR CNRS 8079, F-91405 Orsay Cedex, France. franck.courchamp@u-psud.fr
- Delanoë Olivia. Ingénieurs – Conseil Nature Environnement Aménagements, 1 rue Abbé Fabre, 30250 Sommières, France. delanoe@inea.fr
- Desmet Jean-François. Groupe de Recherches et d'Information sur la Faune dans les Ecosystèmes de Montagne, 159 Place du Criou. 74340 Samoens. France. jfdesmet@wanadoo.fr
- Dutoit Thierry. Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie. CNRS- IUT Avignon. Site Agroparc. BP 61207, 84 911 Avignon cedex 09. France. thierry.dutoit@imbe.fr
- Ernoul Lisa. Centre de recherche de la Tour du Valat. Le Sambuc. 13200 Arles. France. ernoul@tourduvalat.org
- Feh Claudia. Association pour le cheval de Przewalski / TAKH. Tour du Valat. Le Sambuc 13200 Arles. France. claudia.feh@gmail.com
- Fonderflick Jocelyn. Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, UMR 5175 CNRS, 1919 Route de Mende, 34293 Montpellier Cedex, France et Montpellier SupAgro, antenne de Florac, 9 rue Celestin Freinet, 48400 Florac, France. jocelyn.fonderflick@cefe.cnrs.fr
- Galewski Thomas. Centre de recherche de la Tour du Valat. Le Sambuc. 13200 Arles. France. galewski@tourduvalat.org
- Garde Laurent. Centre d'Etudes et de Réalisations Pastorales Alpes-Méditerranée. Route de la Durance, 04100 Manosque, France. lgarde@cerpam.fr
- Garnier Eric. CNRS, Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (UMR 5175), 1919 route de Mende, 34293 Montpellier cedex 5. France. eric.garnier@cefe.cnrs.fr
- Gauthier-Clerc Michel. Fondation du parc zoologique La Garenne. CH-1261 Le Vaud, Suisse. Centre de recherche de la Tour du Valat. Le Sambuc. 13200 Arles, France. Laboratoire Chrono-environnement. La Bouloie - UFR Sciences et Techniques 16 route de Gray 25030 Besançon cedex, France. gauthierclerc.lagarenne@gmail.com
- Génot Jean-Claude. Parc naturel régional des Vosges du Nord. 19 rue du Schneeberg 67700 Savernegenot, France. jean-claude@orange.fr
- Gourlay-Larour M.-L. Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage. CNERA Avifaune Migratrice. 39, Boulevard Einstein, CS 42355, 44323 Nantes Cedex 3, France. marie-lucile.gourlay@oncfs.gouv.fr
- Goyet Sylvie. Fondation Internationale du Banc d'Arguin. Tour du Valat. Le Sambuc. 13200 Arles, France. goyet@lafiba.org
- Gremillet David. CNRS, Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (UMR 5175), 1919 route de Mende, 34293 Montpellier cedex 5. France. david.gremillet@cefe.cnrs.fr
- Greth Arnaud. Président de Noé Conservation, 44, rue Liancourt, 75014 Paris. agreth@noeconservation.org
- Guillemain Matthieu. Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage. CNERA Avifaune Migratrice. Tour du Valat. Le Sambuc. 13200 Arles, France. matthieu.guillemain@oncfs.gouv.fr
- Guillet Fanny. AgroParisTech - Gestion Environnementale des Ecosystèmes et Forêts Tropicales. 648 rue J-F Breton BP 7355. 34086 Montpellier Cedex 4, France. guilletfanny@yahoo.fr
- Hoffmann André. WWF international, Avenue du Mont-Blanc 27, 1196 Gland, Suisse et Fondation Tour du Valat. Le Sambuc. 13200 Arles. France. andre@massellaz.ch
- Jalbert Jean. Fondation Tour du Valat. Le Sambuc. 13200 Arles. France. jalbert@tourduvalat.org
- Jaunatre Renaud. Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie. UMR CNRS-IRD, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, IUT, Site Agroparc BP 61207, 84 911 Avignon Cedex 09. France. renaud.jaunatre@imbe.fr
- Joly Frédéric. Association pour le cheval de Przewalski / TAKH. Tour du Valat. Le Sambuc 13200 Arles. France. frederic.jly@gmail.com
- Landrieu Gilles. Parcs Nationaux de France, Château de la Valette, 1037 rue Jean-François Breton, 34090 Montpellier. France. gilles.landrieu@parcnational.fr



- Le Galliard Jean François. CNRS/ENS – UMS 3194, CEREEP – Ecotron IleDeFrance, École normale supérieure, 78 rue du Château, 77140, St-Pierre-lès-Nemours, France et CNRS/UPMC/ENS – UMR 7625, Laboratoire Écologie et Évolution, Université Pierre et Marie Curie, Case 237, 7 Quai St Bernard, 75005, Paris, France. galliard@biologie.ens.fr
- Le Page Christophe. UPR Green. CIRAD Campus Baillarguet, TA 60/15 73, rue Jean François Breton 34398 Montpellier Cedex 5, France. christophe.le\_page@cirad.fr
- Lebreton Jean-Dominique. Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, UMR 5175 CNRS, 1919 Route de Mende, 34293 Montpellier cedex. jean-dominique.lebreton@cefe.cnrs.fr
- Lepart Jacques. Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, UMR 5175 CNRS, 1919 Route de Mende, 34293 Montpellier Cedex, France. jacques.lepart@cefe.cnrs.fr
- Lifran Robert. CNRS, UMR5474 LAMETA, 2 place Viala, 34060 Montpellier cedex 01, France. lifran@supagro.inra.fr
- Malo Jaffré. CNRS/UPMC/ENS – UMR 7625, Laboratoire Écologie et Évolution, Université Pierre et Marie Curie, Case 237, 7 Quai St Bernard, 75005, Paris, France. malo.jaffre@normalesup.org
- Maris Virginie. Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (CEFE – UMR 5175). 1919 Route de Mende. 34293 Montpellier cedex 5. France. virginie.maris@cefe.cnrs.fr
- Martin Jean-Louis. Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (CEFE – UMR 5175). 1919 Route de Mende. 34293 Montpellier cedex 5. France. jean-louis.martin@cefe.cnrs.fr
- Marty Pascal. Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, UMR 5175 CNRS, 1919 Route de Mende, 34293 Montpellier Cedex, France et UMR 6250 LIENSs, CNRS - Université de La Rochelle, bât. ILE, 2, rue Olympe de Gouges, 17 000 La Rochelle. France. pascal.marty@cefe.cnrs.fr
- Mathevet Raphael. UMR 5175 Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, C.N.R.S., 1919 Route de Mende, 34293 Montpellier cedex 5, France. raphael.mathevet@cefe.cnrs.fr
- Médail Frédéric. Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie. UMR CNRS 7263. Université Aix-Marseille Université. Europôle méditerranéen de l'Arbois, BP 80, 13545 Aix-en-Provence cedex 04. France. frederic.medail@imbe.fr
- Meineri Eric. Ecology, Environment and Plant Sciences. Université de Stockholm Department of Ecology, Environment and Plant Sciences. Stockholm University/ Lilla Frescati. SE-106 91 Stockholm, Sweden. eric.meineri@su.se
- Marion Benoit. UMR 6553 ECOBIO CNRS-Université Rennes I, Campus de Beaulieu. 35042 Rennes cedex, France. marionb56@yahoo.fr
- Merlin Amandine. UMR 6553 ECOBIO CNRS-Université Rennes I, Campus de Beaulieu. Avenue du Général Leclerc. CS74205. 35042 Rennes cedex, France. merlin.amandine@gmail.com
- Mermet Laurent. AgroParisTech-ENGREF. 19 avenue du Maine. 75015 Paris. France. laurent.mermet@engref.agroparistech.fr
- Mesléard François. Centre de recherche de la Tour du Valat. Le Sambuc. 13200 Arles, France, et Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie. Université d'Avignon et des pays du vaucluse. UMR CNRS 7263 / IRD 237. IUT, Site Agroparc, BP 1207. 84 911 Avignon Cedex 9, France. mesleard@tourduvalat.org
- Montadert Marc. ONCFS, CNERA Faune de Montagne, BP 41, Route de leschaux, 74 320 Sévrier, France. marc.montadert@oncfs.gouv.fr
- Moutou François. Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères. 42 rue de l'est, 92100 Boulogne-Billancourt, France. francoismoutou@orange.fr
- Plaige Véronique. Parc national de la Vanoise. 135 rue du Docteur Julliard. Boîte postale 705. 73007 Chambéry Cedex, France. veronique.plaige@parcnational-vanoise.fr
- Prola Timo. Université de Bretagne Occidentale. Département de Géoarchitecture, CS93837, 29238 Brest, Cedex 9, France. timoprola@gmail.com
- Rodary Estienne. Institut de recherche pour le développement UMR GRED BP 64501. 34394 Montpellier cedex 5. France. estienne.rodary@ird.fr
- Rodríguez-Pérez Hector. Centre de recherche de la Tour du Valat. Le Sambuc. 13200 Arles. France. hector.hrp@gmail.com
- Salles Jean-Michel. CNRS, UMR5474 LAMETA, 2 place Viala, 34060 Montpellier cedex 01, France. jean-michel.salles@supagro.inra.fr
- Sarrazin Jean-François. CESCO Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation. UMR7204 MNHN-CNRS-UPMC. 61 rue Buffon 75005 Paris. sarrazin@mnhn.fr
- Sarthou Jean-Pierre. École nationale supérieure agronomique de Toulouse (l'UMR AGIR), BP 32607 Auzeville-Tolosane 31326 Castanet-Tolosan cedex. France. sarthou@ensat.fr
- Schtickzelle Nicolas. Université de Louvain, Earth and Life Institute Biodiversity Research Centre. ELIB – Croix du

## VIII Les auteurs

- sud 4-5 bte L7.07.04, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique.  
nicolas.schtickzelle@uclouvain.be
- Simberloff Daniel. Ecology and Evolutionary Biology. 569  
Dabney Hall. University of Tennessee. Knoxville, TN  
37996-1610, USA. dsimberloff@utk.edu
- Stevens Virginie M. Station d'Ecologie Expérimentale du  
CNRS à Moulis, USR CNRS 2936 09200 Moulis et  
F.R.S. FNRS, Université de Liège, Unité de biologie  
du comportement. Quai Van Beneden, 22. 4020 Liège,  
Belgique. virginie.stevens@ecoex-moulis.cnrs.fr
- Thomas Frédéric. MIVEGEC – Centre IRD de Montpellier.  
911 Avenue Agropolis. BP 64501. 34394 Montpellier  
cedex 5. France. frederic.thomas2@ird.fr
- Thompson John D. UMR 5175 Centre d'Ecologie  
Fonctionnelle et Evolutive, C.N.R.S., 1919 Route de  
Mende, 34293 Montpellier cedex 5, France.  
john.thompson@cefe.cnrs.fr
- Till-Bottraud Irène. Laboratoire d'Ecologie Alpine. UMR  
5553 CNRS - Université Joseph Fourier Grenoble1  
– Université de Savoie. Université Joseph Fourier. BP  
53 X. 38041 Grenoble cedex, France.  
irene.till@ujf-grenoble.fr
- Tully Thomas. ESPE de l'académie de Paris, Université  
Paris-Sorbonne, 10, rue Molitor – 75016 Paris et  
CNRS/UPMC/ENS – UMR 7625, Laboratoire  
Écologie & Évolution, Université Pierre et Marie Curie,  
Case 237, 7 Quai St Bernard, 75005, Paris, France.  
thomas.tully@espe-paris.fr
- Vittecoq Marion. Centre de recherche de la Tour du Valat. Le  
Sambuc. 13200 Arles. France et MIVEGEC – Centre  
IRD de Montpellier. 911 Avenue Agropolis. BP 64501.  
34394 Montpellier cedex 5. France.  
vittecoq@tourduvalat.org
- Willm Loïc. Centre de recherche de la Tour du Valat. Le  
Sambuc. 13200 Arles. France. willm@tourduvalat.org
- Yavercovski Nicole. Centre de recherche de la Tour du  
Valat. Le Sambuc. 13200 Arles. France.  
yavercovski@tourduvalat.org

# Préfaces

O n sait désormais que l'impact de l'homme sur le monde vivant se manifeste depuis plus de dix mille ans, depuis que les peuples chasseurs d'Amérique du Nord et d'Europe ont accéléré l'extinction de toute une communauté de grands mammifères. Mais l'ampleur et l'accélération actuelles de l'érosion de la biodiversité en font désormais un problème de société. Alors que la surexploitation des stocks des poissons marins reste malheureusement un exemple emblématique, les changements d'usage des terres, qu'il s'agisse de déforestation, d'urbanisation ou de fragmentation des habitats par les infrastructures de transport, ont d'ores et déjà un impact considérable, et les effets des changements climatiques sur les aires de répartition deviennent chaque jour plus marqué.

Par leur sensibilité démographique, les Vertébrés sont de véritables sentinelles de l'érosion de la biodiversité : nous avons perdu plus d'une espèce par an depuis plus de cinq siècles, et une foule d'espèces emblématiques – Grand Panda, Ours blanc, Tigre, plusieurs espèces de Cétacés, grands Perroquets... - voient leurs aires de répartition réduites, fragmentées, leurs effectifs érodés, et leurs chances de survie compromises. Mais il ne s'agit que de la partie visible d'un iceberg : la « biodiversité ordinaire », celle des milieux agricoles par exemple - y compris la biodiversité microbienne de leurs sols - s'érode et s'homogénéise à une vitesse accélérée. L'homogénéisation, par le transport de plantes, d'animaux, d'agents pathogènes d'origines les plus diverses, dont l'installation pérenne est facilitée par les changements climatiques, ne fait d'ailleurs souvent qu'accélérer l'érosion. En retour cette érosion ouvre souvent la voie à de nouvelles espèces envahissantes. Érosion et homogénéisation se nourrissent donc mutuellement, comme c'est le cas aussi pour la diversité culturelle, qu'il s'agisse des aliments, des films ou des langues... Sur les quelque 7 000 langues parlées dans le monde, 250 ont disparu au cours des dix dernières années. Mais la plupart des conséquences de l'érosion de la biodiversité ne se font sentir qu'à terme, ou n'ont pas d'effet sensible isolément. Ce caractère à la fois inéluctable mais discret des conséquences de l'érosion de la biodiversité n'a nulle part été mieux dit que dans l'allégorie des « arracheurs de rivets » de Paul et Anne Ehrlich (dans la préface

de leur ouvrage publié en 1981 « *Extinction: The Causes and Consequences of the Disappearance of Species* ») : un employé d'une compagnie aérienne arrache paisiblement des rivets de l'aile d'un avion, et explique à un passager étonné que cela n'aura pas de conséquences, que l'avion est solide, et d'ailleurs que lui-même va prendre le vol... Cet avion c'est bien sûr la planète Terre. Conséquences à terme plutôt qu'immédiates donc, dans un monde où le « court-termisme » de l'économie n'a jamais été aussi fort, dans une réaction bien compréhensible en période de crise.

L'émergence des « Sciences de la conservation » est donc une réponse à la fois ferme et logique de la part des scientifiques, face à ce constat patent et alarmant et à cette inertie de la société entretenue par des groupes de pression de toute sorte ainsi que par l'écart abyssal entre le temps de la nature et le temps du politique. Le pluriel de « sciences » est de mise, car aucune discipline ne saurait apporter à elle seule une réponse. Le mot « conservation » répond quant à lui pleinement au constat d'érosion, que bien peu osent encore nier.

La construction pluridisciplinaire que constituent les « Sciences de la conservation », alliant notamment sciences de la nature et sciences de l'homme et de la société, est donc en pleine effervescence, et on doit savoir gré à Michel Gauthier-Clerc, François Mesléard et Jacques Blondel d'avoir, en coordonnant cet ouvrage et en ayant choisi ce titre, donné de l'ordre et du sens à un domaine en plein développement.

Le brillant ensemble d'auteurs nous donne ainsi un ouvrage qui illustre – le cas des îles... qui assemble des idées – le rôle des traits... qui provoque la réflexion – sur l'anthropocentrisme et l'éthique... et qui débouche sur l'action – notamment avec toute une série de textes autour de la sociologie, de la socio-économie de l'environnement. L'étudiant ou le chercheur pourra donc ainsi, grâce à cet ouvrage très complet, très ouvert, et superbement articulé, développer non seulement un « pourquoi » mais un « comment faire des sciences de la conservation » pleinement pluridisciplinaire.

---

*Jean-Dominique Lebreton, de l'Institut*

---

La biodiversité influe sur la fonction des écosystèmes, pourvoyeurs de ressources naturelles et d'autres services dont dépend l'humanité. Dans un monde parfait, les écosystèmes, y compris les êtres humains qui y vivent et en vivent, fonctionnent de façon durable et équilibrée. Malheureusement, cette représentation parfaite ne correspond généralement pas à la réalité actuelle : d'une part, les impacts des populations humaines sont devenus suffisamment importants pour avoir une influence négative sur les facteurs externes, dont l'un d'eux, crucial, est le climat. Ceci a conduit à de multiples cas de déséquilibres dans des écosystèmes de grande valeur. D'autre part, sur une année, l'humanité utilise l'équivalent de 1,5 planète pour produire les ressources qu'elle consomme, et absorber ses déchets. Les ressources sont donc transformées en déchets à un rythme beaucoup plus élevé que les déchets ne sont recyclés en nouvelles ressources, causant l'actuel déficit écologique mondial.

Par conséquent, les changements environnementaux et les contraintes des populations humaines pour accéder à l'eau, à la nourriture et à l'énergie ainsi qu'aux autres ressources naturelles vitales sont aujourd'hui la source de nouveaux défis géophysiques, politiques, économiques et sociaux, qui conduisent souvent à des instabilités locales difficiles à gérer. En outre, et compte tenu du rythme rapide du développement au niveau mondial, y compris l'accroissement très débattu des économies émergentes comme la Chine, l'Inde, le Brésil et la Russie, d'autres conséquences induites par le changement climatique sont attendues à l'avenir. Tous ces changements auront un impact important sur la politique économique mondiale ; des questions se poseront

«L'avenir est un présent que nous fait le passé » disait Malraux. Or, le présent offert par l'action de l'homme a modifié la trajectoire du futur. Changements globaux dont les dérèglements climatiques et leurs multiples conséquences, sixième crise d'extinction des espèces... Nous sommes entrés de plain-pied dans l'anthropocène, cette nouvelle ère géologique où une seule espèce - *Homo sapiens* - est devenue une force majeure dans l'évolution de la planète, bouleversant les équilibres fondamentaux, enclenchant des phénomènes à la cinétique puissante, qui le dépassent et lui échappent.

Dans ce contexte, la conservation de la nature, préoccupation récente et longtemps confinée dans le registre des occupations de loisirs, est aujourd'hui devenue un enjeu fondamental de nos sociétés. À la fois objet à préserver pour ses valeurs intrinsèques et ressource sur laquelle l'homme a bâti son développement, la perception de la nature par nos sociétés est en pleine évolution. On observe l'érosion de la biodiversité, l'effritement du tissu vivant de la planète en même temps que l'on réalise qu'il est la base du développement humain, l'assurance-vie de l'humanité.

Pour relever ce défi, il n'y a pas de solution simple, univoque, mais de multiples réponses à construire à l'interface fertile entre de nombreuses disciplines, au carrefour des

autour de la gestion des systèmes internationaux existants et des accords internationaux juridiquement contraignants ; la concurrence mondiale pour l'accès aux ressources naturelles limitées deviendra encore plus acharnée. En résumé, les pressions environnementales se surajoutent à la complexité d'un monde déjà mouvementé.

Il y a aujourd'hui, de toute évidence, un besoin pressant d'un *leadership* fort pour faire avancer l'agenda mondial de lutte contre les changements et la dégradation de l'environnement. Afin d'être capable de repenser en profondeur ses stratégies et de dicter des solutions plus durables et responsables, une nouvelle génération de dirigeants, qu'il s'agisse d'individus, d'ONG, d'entreprises ou de gouvernements, doit être éduquée, informée et formée avec la connaissance de pointe et basée sur la preuve scientifique ou des faits évidents. Compte tenu de la complexité et du caractère mondial des défis auxquels l'humanité est confrontée, je crois qu'une approche multidisciplinaire, qui prend en compte notre monde interconnecté, est un effort indispensable pour atteindre les objectifs environnementaux mondiaux. Peut-être qu'avec une compréhension commune des faits, des défis et des outils disponibles pour y faire face, des collaborations nouvelles et plus efficaces pourraient se créer entre les acteurs clés, qui pourraient amener à un véritable changement mondial en profondeur.

---

André Hoffmann  
Vice-Président du WWF International et  
Vice-Président de la Fondation Tour du Valat

---

sciences de la nature et des sciences de l'homme et de la société. Les sciences de la conservation se construisent, les dialogues transdisciplinaires se structurent, les réponses s'élaborent en commun.

Michel Gauthier-Clerc, François Mesléard et Jacques Blondel, contributeurs de ce dialogue, nous offrent ici un ouvrage plus qu'utile, nécessaire. Une mise en perspective de ce nouveau champ foisonnant, en plein développement. Un assemblage parfaitement articulé des apports les plus récents de sciences telles que l'écologie évolutive, la philosophie, la sociologie ou l'économie.

Étudiants, gestionnaires d'espaces naturels, chercheurs ou simplement citoyens soucieux de comprendre les dynamiques en jeu et de contribuer à réconcilier l'homme avec la nature, tous trouveront dans cet ouvrage des clés pour comprendre, pour briser les barrières trop longtemps érigées entre les disciplines, pour analyser les enjeux de façon systémique, holistique, et pour construire ensemble des réponses pertinentes.

---

Jean Jalbert  
Directeur de la Fondation Tour du Valat

---

# Table des matières

|  |            |
|--|------------|
| <b>Les auteurs</b>   | <b>V</b>   |
| <b>Préfaces</b>  | <b>IX</b>  |
| <i>Jean-Dominique Lebreton, de l'Institut</i>  |            |
| <i>André Hoffmann, Vice-Président du WWF International et Vice-Président de la Fondation Tour du Valat</i> |            |
| <i>Jean Jalbert, Directeur de la Fondation Tour du Valat</i>   |            |
| <b>Table des matières</b>  | <b>XI</b>  |
| <b>Introduction</b>  | <b>XXI</b> |
| <i>M. Gauthier-Clerc, F. Mesléard et J. Blondel</i>  |            |

## *Partie 1 Biodiversité et extinction* **1**

### **Chapitre 1** **La biodiversité est aussi fonctionnelle : traits des organismes, fonctionnement et dynamique des écosystèmes** **3** *É. Garnier, J.-P. Sarthou, G. Carré et J. Blondel*

---

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Productivité primaire et caractéristiques fonctionnelles des végétaux</b>                                      | <b>4</b>  |
| <b>1.1. La productivité primaire, processus écologique et service écosystémique</b>                                  | <b>4</b>  |
| <b>1.2. Structure fonctionnelle des communautés et traits des espèces</b>  | <b>4</b>  |
| <b>1.3. Productivité primaire et structure fonctionnelle des communautés</b>   | <b>5</b>  |
| <b>1.4. Conclusions</b>  | <b>6</b>  |
| <b>2. Pollinisation entomophile : interactions entre caractéristiques fonctionnelles des insectes et des plantes</b> | <b>6</b>  |
| <b>2.1. La pollinisation, processus écologique et service écosystémique</b>  | <b>6</b>  |
| <b>2.2. Pollinisation et traits</b>  | <b>7</b>  |
| <b>2.3. Relations fonctionnelles entre plantes et pollinisateurs</b>   | <b>7</b>  |
| <b>2.4. Plantes, pollinisateurs et changements planétaires : les traits fonctionnels sous contrainte</b>             | <b>8</b>  |
| <b>3. Dispersion des végétaux et dynamique des écosystèmes</b>   | <b>8</b>  |
| <b>3.1. Traits des diaspores végétales et de leurs vecteurs de dispersion</b>  | <b>9</b>  |
| <b>3.2. Dispersion des végétaux et dynamique des écosystèmes</b>   | <b>11</b> |
| <b>4. Conclusions</b>  | <b>12</b> |

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| Encadré 1.1. | Les différents systèmes de dispersion des diaspores végétales<br><i>J. Blondel</i>                 | 9  |
| Encadré 1.2. | Qualité de l'environnement, plasticité phénotypique et potentiel évolutif<br><i>A. Charmantier</i> | 13 |
| Encadré 1.3. | Quand les parasites influencent la biodiversité locale<br><i>F. Thomas</i>                         | 14 |
| Encadré 1.4. | Physiologie de la conservation<br><i>J. Blondel</i>  | 16 |
| Encadré 1.5. | Paléobiologie et conservation<br><i>J. Blondel</i>   | 17 |

## Chapitre 2 Populations locales, dispersion et métapopulations 19

*M. Baguette, J. Clobert, N. Schtickzelle et V. M. Stevens*

---

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| 1.           | Dynamique d'une population locale  | 20 |
| 2.           | Dynamique d'une métapopulation : le modèle de Levins   | 20 |
| 3.           | Le syndrome des petites populations isolées  | 21 |
| 4.           | Sélection naturelle, adaptation et plasticité phénotypique   | 22 |
| 5.           | Métapopulation et dispersion   | 23 |
| 6.           | Différents modèles de dynamique des métapopulations  | 25 |
| 7.           | Études de cas  | 26 |
| 7.1.         | Analyse de viabilité pour le Nacré de la Bistorte  | 26 |
| 7.2.         | Analyse de viabilité du Crapaud calamite   | 29 |
| 8.           | Conclusions  | 32 |
| Encadré 2.1. | Héritabilité de la <i>fitness</i><br><i>M. Baguette, J. Clobert, N. Schtickzelle et V. M. Stevens</i>                            | 22 |
| Encadré 2.2. | Détection des événements de dispersion<br><i>M. Baguette, J. Clobert, N. Schtickzelle et V. M. Stevens</i>                       | 24 |
| Encadré 2.3. | La dispersion : un comportement omnibus ?<br><i>M. Baguette, J. Clobert, N. Schtickzelle et V. M. Stevens</i>                    | 25 |
| Encadré 2.4. | Estimation du risque d'extinction : le cas de la Vipère d'Orsini<br><i>J.-F. Le Galliard, J.-P. Baron, M. Jaffré et T. Tully</i> | 33 |
| Encadré 2.5. | Quelle biodiversité dans un monde sans carnivores ?<br><i>J.L. Martin</i>  | 34 |
| Encadré 2.6. | Interactions entre différentes composantes du changement global : le cas de la barge à queue noire<br><i>J. Blondel</i>          | 37 |

## Chapitre 3 Conservation des biotas insulaires 39

*E. Bonnaud et F. Courchamp*

---

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1.   | Contexte biogéographique                         | 39 |
| 2.   | Supports géologiques                             | 40 |
| 3.   | Particularités évolutives des espèces insulaires | 40 |
| 3.1. | Un endémisme important                           | 41 |
| 3.2. | Une évolution caractéristique                    | 41 |
| 4.   | Caractéristiques écologiques                     | 42 |
| 5.   | Conservation prioritaire                         | 44 |
| 5.1. | Les îles : des points chauds de la biodiversité  | 44 |
| 5.2. | Des menaces spécifiques                          | 44 |



|  |           |
|--|-----------|
| <b>6. Restauration active</b>  | <b>47</b> |
| <b>6.1. La gestion des espèces envahissantes</b>   | <b>47</b> |
| <b>6.2. La restauration par la réintroduction</b>  | <b>48</b> |
| <b>7. Application à la conservation en milieu continental</b>  | <b>49</b> |
| Encadré 3.1. Les îles, modèles d'étude<br><i>E. Bonnaud et F. Courchamp</i>                              | 42        |
| Encadré 3.2. Génétique de la conservation, le cas de la Pie-grièche à poitrine rose<br><i>J. Blondel</i> | 49        |

## Chapitre 4 Invasions biologiques et hybridation 51

*D. Simberloff*

---

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Impacts</b>  | <b>52</b> |
| <b>2. Hybridation et introgression</b>   | <b>56</b> |
| <b>3. Réactions en chaîne, « vortex d'invasion » et temps de réponse</b>   | <b>57</b> |
| <b>4. La gestion des espèces envahissantes</b>   | <b>60</b> |
| Encadré 4.1. L'Écrevisse de Louisiane : un paradoxe pour la conservation de la biodiversité<br><i>H. Rodríguez-Pérez, E. Meineri et T. Prola</i> | 62        |
| Encadré 4.2. Les indicateurs de biodiversité<br><i>T. Galewski</i>   | 64        |

## Partie 2 Bases historiques, philosophiques et sociologiques de la conservation 67

### Chapitre 1 Une brève histoire de la conservation 69

*F. Mesléard et D. Alard*

---

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Conscience et éthique</b>  | <b>69</b> |
| <b>1.1. Un mouvement qui transcende les continents</b>   | <b>70</b> |
| <b>1.2. L'apathie des années de reconstruction</b>   | <b>70</b> |
| <b>1.3. La fin des illusions</b>   | <b>71</b> |
| <b>2. Gouvernance et outils</b>  | <b>72</b> |
| <b>2.1. La structuration des mouvements de protection de la nature : les organisations internationales</b> | <b>72</b> |
| <b>2.2. Gestion conservatoire et politiques publiques</b>  | <b>73</b> |
| <b>3. Approche scientifique</b>  | <b>78</b> |
| <b>3.1. La structuration</b>   | <b>78</b> |
| <b>3.2. De l'auberge espagnole à la reconnaissance</b>   | <b>79</b> |
| <b>4. Et maintenant</b>  | <b>80</b> |
| <b>4.1. La conservation : un bilan flatteur, des controverses et des menaces</b>                           | <b>80</b> |
| <b>4.2. La conservation : un néocolonialisme qui ne dirait pas son nom</b>                                 | <b>81</b> |
| <b>4.3. Le temps des décideurs et le temps de la conservation</b>  | <b>81</b> |
| <b>4.4. Nouveau paradigme et fondamentaux</b>  | <b>81</b> |

## Chapitre 2 Quelle éthique pour la biodiversité ? 83

*V. Maris*

---

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Sciences de la conservation et valeurs non scientifiques</b> | <b>83</b> |
| 1.1. Les valeurs dans les sciences                                 | 83        |
| 1.2. Une médecine de la Terre                                      | 84        |
| 1.3. Dimension normative des sciences de la conservation           | 85        |
| <b>2. Éthique et biodiversité</b>                                  | <b>85</b> |
| 2.1. Valeur instrumentale et valeur intrinsèque                    | 86        |
| 2.2. Les approches anthropocentrées                                | 86        |
| 2.3. Les approches non anthropocentrées                            | 87        |
| <b>3. Une approche pluraliste des valeurs de la biodiversité</b>   | <b>89</b> |
| 3.1. Pluralisme intrapersonnel                                     | 89        |
| 3.2. Pluralisme interpersonnel                                     | 90        |
| Encadré 2.1. Qu'est ce qu'un nuisible ?                            | 91        |
| <i>F. Moutou</i>   |           |
| Encadré 2.2. La souffrance animale                                 | 92        |
| <i>F. Moutou</i>   |           |

## Chapitre 3 Représentations sociales de la biodiversité et implications pour la gestion et la conservation 95

*M.-C. Cormier-Salem*

---

|   |            |
|---|------------|
| <b>1. Conserver : pour qui, comment et pour quoi ?</b>  | <b>95</b>  |
| <b>2. « La nature des uns n'est pas celle des autres »</b>  | <b>97</b>  |
| <b>3. La mise en patrimoine de la nature : contradictions et conflits</b>                           | <b>103</b> |
| <b>4. Les aires protégées ne sont pas des îles (Janzen, 1983)</b>                                   | <b>104</b> |
| Encadré 3.1. La mangrove : de marais fétide à jardin sublime  | 97         |
| <i>M.-C. Cormier-Salem</i>  |            |
| Encadré 3.2. La perception de la Camargue au début du XIX <sup>e</sup> siècle                       | 101        |
| <i>J. Blondel</i>   |            |
| Encadré 3.3. Contradictions inhérentes des politiques de patrimonialisation : exemple des mangroves | 104        |
| <i>M.-C. Cormier-Salem</i>  |            |

## Chapitre 4 Naturalité et biologie de la conservation 107

*J.-C. Génot*

---

|   |            |
|---|------------|
| <b>1. La naturalité : un concept plus difficile à définir qu'à appliquer</b>                                  | <b>107</b> |
| <b>2. Passer de la recherche de l'état de référence à celle de processus dynamiques</b>                       | <b>109</b> |
| <b>3. Le concept de naturalité appliqué à la biologie de la conservation</b>                                  | <b>110</b> |
| 3.1. La non intervention : créer un vaste réseau d'écosystèmes en libre évolution                             | 110        |
| 3.2. La restauration : supprimer les aménagements artificiels qui pénalisent la naturalité                    | 111        |
| 3.3. La gestion conservatoire : laisser de la place aux friches, aux arbres morts et aux boisements spontanés | 112        |
| 3.4. Conclusion   | 112        |



## Chapitre 5 Religions, nature et conservation 115

*J. Arnould*

|   |     |
|---|-----|
| 1. Frère soleil   | 115 |
| 2. Qui a peur de la nature ?  | 116 |
| 3. Le nombril d'Adam  | 116 |
| 4. Le retour en grâce des sanctuaires de la nature  | 116 |
| 5. Le mea culpa des chrétiens   | 117 |
| 6. Dialogue au chevet de la terre   | 118 |
| Encadré 5.1. Les sciences de la conservation sont aussi une affaire de psychologie<br><i>J. Blondel</i> | 119 |

## Partie 3 Conservation, restauration et gestion de la biodiversité 121

### Chapitre 1 Géographie de la biodiversité et points-chauds 123

*F. Médail*

|  |     |
|--|-----|
| 1. Une biodiversité mondiale inégalement répartie  | 124 |
| 1.1. Principaux facteurs actuels structurant la biodiversité mondiale  | 124 |
| 1.2. Gradients de diversité spécifique   | 126 |
| 2. La distribution du vivant, fruit d'histoires biogéographiques complexes   | 127 |
| 2.1. Notion d'endémisme  | 127 |
| 2.2. Importance des zones refuges  | 129 |
| 3. Points-chauds de biodiversité spécifique  | 130 |
| 3.1. Notion de point-chaud de biodiversité : des zones à préserver en priorité   | 130 |
| 3.2. Avantages et limites du concept de points-chauds de diversité taxinomique   | 133 |
| 3.3. Autres initiatives globales   | 134 |
| 4. Analyse des congruences de biodiversité   | 135 |
| 5. Pour une conservation multi-facette de la biodiversité  | 137 |
| Encadré 1.1. Comment s'explique le gradient latitudinal de biodiversité ?<br><i>F. Médail</i>  | 126 |
| Encadré 1.2. Quantifier la taille de la distribution géographique et l'abondance des espèces (d'après Lavergne, 2003)<br><i>F. Médail</i>                                | 128 |
| Encadré 1.3. Les très anciens refuges de palmiers en Nouvelle-Calédonie<br><i>F. Médail</i>  | 130 |
| Encadré 1.4. Les dix points-chauds régionaux de diversité végétale du bassin méditerranéen<br><i>F. Médail</i>   | 132 |
| Encadré 1.5. Quand diversité taxinomique et diversité phylogénétique ne coïncident pas : le cas du point-chaud de la région du Cap en Afrique du Sud<br><i>F. Médail</i> | 135 |
| Encadré 1.6. Le déclin des amphibiens<br><i>J. Blondel</i>   | 137 |

|  |  |            |
|--|--|------------|
| <b>Chapitre 2</b>                            | <b>Conservation, gestion et restauration de populations</b>  | <b>139</b> |
|  | <i>V. Bretagnolle, M. Gauthier-Clerc et J.-F. Sarrazin</i>   |            |
| <b>1.</b>                                    | <b>Approches théoriques : dynamique des populations, comportement et conservation</b>  | <b>139</b> |
| <b>2.</b>                                    | <b>Conservation de populations à petits effectifs : le cas de la truite marbrée</b>  | <b>141</b> |
| <b>3.</b>                                    | <b>Conservation et gestion de populations exploitées</b>   | <b>141</b> |
| <b>4.</b>                                    | <b>Mesures de gestion pour une espèce exploitée : l'exemple de l'anguille européenne</b>   | <b>142</b> |
| <b>5.</b>                                    | <b>Restauration de populations</b>   | <b>142</b> |
| Encadré 2.1.                                 | <b>La conservation de l'outarde canepetière</b><br><i>V. Bretagnolle</i>   | <b>144</b> |
| Encadré 2.2.                                 | <b>La conservation des Pétrels</b><br><i>V. Bretagnolle</i>  | <b>145</b> |
| Encadré 2.3.                                 | <b>De l'instantané au dynamique : la conservation des zones humides doit considérer les flux d'oiseaux et pas uniquement le résultat des comptages</b><br><i>M. Guillemain, A. Caizergues et M. -L. Gourlay-Larour</i> | <b>146</b> |
| Encadré 2.4.                                 | <b>Gestion conservatoire du Grand Tétrás dans le massif jurassien : le souhaitable, le réalisable et le réalisé</b><br><i>M. Montadert</i>   | <b>148</b> |
| <b>Regards croisés sur le loup en France</b> |  |            |
| Encadré 2.5.                                 | <b>Biologie de la conservation du loup en France : vers la résolution d'enjeux antinomiques ?</b><br><i>E. Marboutin</i>   | <b>151</b> |
| Encadré 2.6.                                 | <b>Crier au loup</b><br><i>F. Moutou</i>   | <b>154</b> |
| Encadré 2.7.                                 | <b>Le loup, une contrainte majeure sur l'espace d'alimentation des ovins</b><br><i>L. Garde</i>  | <b>155</b> |
| Encadré 2.8.                                 | <b>Réintroductions des populations de Vautours fauves en France</b><br><i>F. Sarrazin</i>  | <b>157</b> |
| Encadré 2.9.                                 | <b>La réintroduction du cheval de Przewalski en Mongolie : la population de Khomyn Tal - zone tampon du Parc national de Khar Us Nuur</b><br><i>F. Joly, F. Mesléard et C. Feh</i>                                     | <b>158</b> |
| Encadré 2.10.                                | <b>Conséquences des renforcements massifs de population : le cas des lâchers de canards colverts</b><br><i>J. Champagnon, M. Guillemain et M. Gauthier-Clerc</i>   | <b>161</b> |
| Encadré 2.11.                                | <b>Santé et conservation</b><br><i>M. Gauthier-Clerc et M. Vittecoq</i>  | <b>163</b> |
| Encadré 2.12.                                | <b>Agents pathogènes et conservation : l'exemple du lycaon (<i>Lycaon pictus</i>) et du virus de la rage</b><br><i>M. Vittecoq et M. Gauthier-Clerc</i>  | <b>165</b> |
| <b>Chapitre 3</b>                            | <b>L'écologie de la restauration a 80 ans ! Espoirs et limites d'une discipline scientifique controversée</b>  | <b>167</b> |
|  | <i>T. Dutoit, E. Buisson et F. Mesléard</i>  |            |
| <b>1.</b>                                    | <b>Quelques définitions préliminaires</b>  | <b>168</b> |
| <b>2.</b>                                    | <b>Seuils d'irréversibilité et écosystèmes de référence</b>  | <b>169</b> |
| <b>3.</b>                                    | <b>Restaurer activement ou laisser faire la nature ?</b>   | <b>169</b> |
| <b>4.</b>                                    | <b>L'ingénierie écologique ou comment restaurer pour et par la biodiversité</b>  | <b>171</b> |
| <b>5.</b>                                    | <b>Évaluer les opérations de restauration écologique</b>   | <b>173</b> |
| <b>6.</b>                                    | <b>Histoire de l'écologie de la restauration en France</b>   | <b>174</b> |
| <b>7.</b>                                    | <b>Conclusion</b>  | <b>176</b> |
| Encadré 3.1.                                 | <b>Restauration écologique après un accident technologique : de l'ingénierie civile à l'ingénierie écologique</b><br><i>T. Dutoit et A. Bulot</i>  | <b>171</b> |
| Encadré 3.2.                                 | <b>Écologie de la restauration et compensation écologique : le cas de la réserve d'actifs naturels de Cossure dans les Bouches-du-Rhône</b><br><i>T. Dutoit, R. Jaunatre et J.-F. Alignan</i>                          | <b>174</b> |
| Encadré 3.3.                                 | <b>Restaurer la biodiversité ordinaire, le défi environnemental du XXI<sup>e</sup> siècle ?</b><br><i>A. Greth</i>   | <b>176</b> |

## Chapitre 4 Histoire des interactions entre les changements d'usage des terres et la biodiversité 179

*J. Lepar, J. Fonderflick et P. Marty*

|              |   |     |
|--------------|---|-----|
| 1.           | Le Languedoc, un territoire représentatif du nord de la Méditerranée ?  | 180 |
| 2.           | Une brève histoire de l'anthropisation des paysages du Languedoc  | 181 |
| 2.1.         | Le début de l'Holocène : premières traces de l'agriculture et de l'élevage  | 181 |
| 2.2.         | De l'époque gallo-romaine au début du XIV <sup>e</sup> siècle : structuration et diversification des paysages méditerranéens  | 182 |
| 2.3.         | Du milieu du XIV <sup>e</sup> siècle à la fin du XV <sup>e</sup> : déclin démographique et progression forestière   | 183 |
| 2.4.         | De la fin du Moyen Âge à la Révolution française : la reprise démographique   | 184 |
| 2.5.         | De la Révolution à la première moitié du XX <sup>e</sup> siècle : développement des échanges, intensifications et crises agricoles  | 184 |
| 2.6.         | Depuis 1950 : simplification des mosaïques et accentuation des contrastes   | 185 |
| 3.           | Une histoire et des sources lacunaires  | 188 |
| 4.           | Une histoire non linéaire des interactions humains/non humains  | 188 |
| 5.           | Comprendre les différentes modalités des interactions sociétés/nature   | 189 |
| 6.           | Un environnement dégradé par les sociétés humaines ?  | 190 |
| 7.           | Une vision renouvelée par la prise en compte de la biodiversité   | 191 |
| 8.           | Conclusion  | 192 |
| Encadré 4.1. | Le pâturage domestique comme outil de gestion de la biodiversité. L'exemple des pelouses sèches de Camargue<br><i>F. Mesléard, N. Yavercovski et L. Willm</i>   | 193 |
| Encadré 4.2. | La conservation d'espèces rares : l'exemple d'une plante endémique, la Saladelle de Girard ( <i>Limonium girardianum</i> )<br><i>T. Baumberger, L. Affre et F. Mesléard</i>                           | 195 |
| Encadré 4.3. | L'hétérogénéité environnementale est-elle un déterminant essentiel de la diversité de la végétation des prairies naturelles ? L'exemple du marais poitevin<br><i>A. Merlin, B. Marion et A. Bonis</i> | 197 |

## Chapitre 5 La solidarité écologique : un nouveau concept pour la territorialisation de la conservation de la biodiversité 199

*J.D. Thompson, R. Mathevet, O. Delanoë et G. Landrieu*

|              |   |     |
|--------------|---|-----|
| 1.           | L'invention de la solidarité écologique   | 200 |
| 2.           | Des principes écologiques pour la solidarité écologique   | 201 |
| 2.1.         | Les entités paysagères  | 202 |
| 2.2.         | L'aire et la taille minimale des populations  | 203 |
| 2.3.         | La complémentarité  | 203 |
| 2.4.         | Les déplacements des individus  | 204 |
| 2.5.         | La dynamique spatio-temporelle des populations  | 204 |
| 2.6.         | La réponse des espèces aux changements à long terme   | 205 |
| 3.           | La solidarité écologique dans sa dimension sociale  | 205 |
| 3.1.         | Reconnaître pour engager la responsabilité  | 206 |
| 3.2.         | Penser la solidarité écologique   | 207 |
| 4.           | Conclusions   | 208 |
| Encadré 5.1. | Connaissance-gestion-valorisation : un trio gagnant pour la conservation du Chardon bleu ( <i>Eryngium alpinum</i> ) en Vanoise<br><i>V. Plaige et I. Till-Bottraud</i> | 209 |
| Encadré 5.2. | Quel avenir pour le lagopède alpin en France ?<br><i>J. -F. Desmet</i>  | 210 |

## Partie 4 Recherche-action en conservation 213

### Chapitre 1 Les paradigmes contradictoires de l'action organisée en matière de conservation de la biodiversité 215

*L. Mermet*

1. La quête de la « dimension humaine » 216
2. L'action sans l'union : cinq modèles organisationnels de la façon dont « la société » peut « agir pour la biodiversité » 218
3. Discussion 219
  - 3.1. Des perspectives profondément inscrites, incompatibles... et complémentaires 219
  - 3.2. Quelles perspectives pour les recherches sur la « dimension humaine » de la conservation ? 220
  - 3.3. Dans quelles arènes discuter la dimension humaine ? 220

### Chapitre 2 Conserver et restaurer la biodiversité : un problème d'action stratégique 223

*L. Mermet*

1. Enjeux et étapes du développement de l'ASGE 224
2. Les concepts-clés de l'ASGE 225
  - 2.1. La préoccupation de référence 225
  - 2.2. Gestion effective et gestion intentionnelle 225
  - 2.3. L'acteur d'environnement 225
  - 2.4. La gestion stratégique 226
  - 2.5. La dimension sectorielle et multiscale 226
3. Les applications de l'ASGE 226
  - 3.1. Diagnostic de problème concernant un écosystème ou un élément de biodiversité 226
  - 3.2. Analyses organisationnelles 227
  - 3.3. Évaluation de politiques publiques 227
  - 3.4. Ré-examen des doctrines de gestion des systèmes écologiques 228
4. Conclusion 228
  - 4.1. Des discussions pluralistes 228
  - 4.2. Expliciter les objectifs de référence 229
  - 4.3. Prendre en compte ce que l'on sait déjà 229
  - 4.4. L'action du secteur environnemental dans son ensemble 229
  - 4.5. Distinguer l'analyse de l'action 229

Encadré 2.1. Les rôles des scientifiques de la conservation dans la gestion et la conservation des écosystèmes 229  
*F. Guillet*

### Chapitre 3 Modélisation d'accompagnement et modèles multi-agents appliqués à la conservation de la biodiversité 231

*F. Bousquet, R. Mathevet et C. Le Page*

1. Pourquoi la modélisation ? 231
2. Les différentes formes de modélisation et les SMA en particulier 232

|                   |   |            |
|-------------------|---|------------|
| <b>3.</b>         | <b>Quelques utilisations de SMA dans le cadre de la problématique de la conservation</b>  | <b>232</b> |
| 3.1.              | Conservation d'une espèce à partir de la simulation de dynamiques des populations dans un environnement hétérogène et dynamique                                   | 232        |
| 3.2.              | Conservation d'une espèce à partir de la dynamique des populations et simulation des décisions de prélèvements ou de perturbations                                | 233        |
| 3.3.              | La problématique de la conservation à travers les interactions entre de multiples dynamiques écologiques et sociales (simuler les territoires de la biodiversité) | 233        |
| 3.4.              | La simulation multi-agent utilisée pour enseigner les différentes facettes de la conservation de la biodiversité  | 234        |
| 3.5.              | La modélisation d'accompagnement comme usage des SMA pour l'aide à la concertation entre acteurs ; penser collectivement les territoires de la biodiversité       | 235        |
| <br>              |   |            |
| <b>Chapitre 4</b> | <b>Gouvernance, conservation de la biodiversité et développement</b>  | <b>237</b> |
|                   | <i>E. Rodary</i>  |            |
| <hr/>             |   |            |
| <b>1.</b>         | <b>Les aires protégées, critiquées mais jamais dépassées</b>  | <b>237</b> |
| <b>2.</b>         | <b>Les principaux modes de gouvernance des aires protégées</b>  | <b>238</b> |
| 2.1.              | Le modèle de la « réserve cynégétique »   | 238        |
| 2.2.              | Le modèle de la « réserve patrimoniale »  | 239        |
| 2.3.              | Le modèle du « parc national »  | 239        |
| 2.4.              | Le modèle de « gestion intégrée »   | 240        |
| 2.5.              | Le modèle de l'écorégion  | 240        |
| 2.6.              | Gouvernances en devenir   | 241        |
| <b>3.</b>         | <b>Conclusion</b>   | <b>241</b> |
| Encadré 4.1.      | Réinventons un nouveau modèle de gouvernance des aires protégées en Afrique francophone !<br><i>A. Greth</i>  | 242        |
| Encadré 4.2.      | Aires marines protégées<br><i>D. Grémillet</i>  | 244        |
| <br>              |   |            |
| <b>Chapitre 5</b> | <b>Approches contractuelles et conservation de la biodiversité</b>  | <b>245</b> |
|                   | <i>R. Mathevet, M. Antona et R. Lifran</i>  |            |
| <hr/>             |   |            |
| <b>1.</b>         | <b>Les théories du contrat</b>  | <b>246</b> |
| <b>2.</b>         | <b>Différents types de contrats</b>   | <b>246</b> |
| <b>3.</b>         | <b>Quelques exemples d'approche contractuelle en conservation</b>   | <b>248</b> |
| 3.1.              | Les contrats dans les pays émergents ou en développement  | 248        |
| 3.2.              | Les contrats de type charte : l'exemple français des Parcs Naturels Régionaux, des Parcs Nationaux et des sites Natura 2000                                       | 249        |
| 3.3.              | Les contrats de paiements compensatoires : l'exemple des MAE en France et dans l'UE   | 249        |
| <b>4.</b>         | <b>Conclusion</b>   | <b>250</b> |
| Encadré 5.1.      | Des contrats par enchères pour révéler les coûts d'opportunité<br><i>R. Mathevet, M. Antona et R. Lifran</i>  | 248        |
| Encadré 5.2.      | Les incursions de flamants roses dans les rizières de Camargue : limites d'une approche de gestion intégrée<br><i>A. Béchet, L. Ernoul et F. Mesléard</i>         | 250        |

## Partie 5 Économie et conservation 253

### Chapitre 1 La modélisation économique peut-elle aider à préserver la biodiversité ? 255 *J. -M. Salles*

|  |     |
|--|-----|
| 1. Modèles économiques et biodiversité : quelle est la question ?  | 256 |
| 2. Modélisation économique : des approches multiples pour des questions distinctes   | 256 |
| 3. Les approches macroéconomiques : comprendre les tendances pour anticiper les évolutions                                       | 257 |
| 4. Les approches microéconomiques  | 259 |
| 4.1. Quel doit être l'objectif des stratégies de conservation ?  | 260 |
| 4.2. Analyser l'efficacité et la légitimité des instruments de politique   | 261 |
| 5. Articuler plusieurs approches   | 262 |
| 6. Conclusion : faire progresser notre compréhension d'une problématique complexe  | 263 |
| Encadré 1.1. La conservation des Flamants roses face au capitalisme financier et aux changements climatiques<br><i>A. Béchet</i> | 264 |
| Encadré 1.2. Les fonds fiduciaires pour la conservation<br><i>S. Goyet</i>   | 266 |
| Encadré 1.3. Les services écosystémiques et la conservation de la biodiversité<br><i>C. Beltrame et A. Béchet</i>                | 268 |

### Chapitre 2 Biodiversité et développement durable : un couple fusionnel 271 *C. Aubertin*

|  |     |
|--|-----|
| 1. Des actes de naissance communs  | 272 |
| 2. Un monde en transition  | 272 |
| 2.1. L'irrésistible érosion de la biodiversité   | 272 |
| 2.2. Des changements globaux aux changements sociaux   | 273 |
| 3. Les nouveaux habits de la biodiversité et du développement durable                              | 274 |
| 3.1. La biodiversité : du patrimoine commun au « vivant »  | 274 |
| 3.2. Des fonctions écologiques aux services environnementaux                                       | 275 |
| 3.3. Le développement durable entre économie verte et changement climatique                        | 275 |
| 4. Conclusion  | 276 |
| Encadré 2.1. Du bilan carbone des chercheurs en sciences de la conservation<br><i>D. Grémillet</i> | 276 |
| Conclusion<br><i>J. Blondel, F. Mesléard et M. Gauthier-Clerc</i>                                  | 279 |
| Glossaire  | 283 |
| Bibliographie  | 289 |
| Index  | 331 |

# Introduction

*M. Gauthier-Clerc, F. Mesléard et J. Blondel*

**L**a conservation de la nature n'est pas une science en soi, mais se définit par l'action à condition que cette dernière s'appuie sur la science. Elle se situe donc à la croisée de nombreuses disciplines scientifiques, qui essentiellement biologiques dans ses débuts, relèvent désormais tout autant des sciences humaines (économie, sociologie, droit). Cette nécessité d'agir pour conserver la nature n'est pas nécessairement partagée dans toutes les sociétés humaines. Elle répond d'abord et avant tout à des considérations utilitaristes – c'est la nature qui nourrit l'homme – mais aussi philosophiques, éthiques, spirituelles, artistiques, esthétiques ou morales. Pour quoi conserver et quoi conserver restent des choix de société. Les critères fonctionnels et utilitaristes doivent-ils prévaloir ? Attribuer une valeur marchande à une espèce est-il nécessaire ou suffisante pour permettre qu'elle soit préservée ?

Doit-on s'efforcer de faire disparaître une espèce de moustique potentiellement vectrice de maladies pour l'homme ? Doit-on, au contraire, par une sorte de principe d'anticipation, miser sur une éventuelle utilité et donc éviter sa destruction ? Ou bien doit-on s'appuyer sur des principes moraux et philosophiques selon lesquels l'espèce humaine ne peut s'arroger le droit de vie ou de mort d'une autre espèce ?

Face à des points de vue et des intérêts divergents, des contextes sociaux, culturels, sanitaires, économiques nécessitant des compromis de tous ordres, il est vital pour la conservation de construire sa crédibilité sur une approche scientifique tant pour la collecte des données sur le statut des espèces et des milieux que sur les réponses à apporter pour traiter les problèmes qu'ils soulèvent. L'objectif de cet ouvrage est de montrer la multiplicité des connaissances scientifiques qu'il est nécessaire d'acquérir pour répondre à des problématiques de conservation. L'intégration explicite des sciences de l'homme et de la société à celles de la nature dans les problématiques de conservation rend obsolètes les termes « d'écologie de la conservation » ou de « biologie de la conservation ». Il est bien sûr nécessaire de comprendre les mécanismes biologiques qui sous-tendent l'évolution, les réponses des individus, des populations et des milieux aux changements de toutes sortes auxquels ils sont confrontés pour tenter de proposer des solutions à des problématiques de conservation, mais cette compréhension n'est pas suffisante. Lorsqu'une solution biologique a été trouvée et proposée, aussi pertinente soit-elle, son application, donc

la conservation effective ne va pas de soi. Le succès dépendra de l'adéquation de la solution au contexte rencontré. On peut ainsi fixer un niveau de prélèvement d'une espèce par la chasse ou la pêche qui soit compatible avec le maintien durable de ses effectifs, mais la mesure ne sera peut-être pas applicable pour toutes sortes de raisons : raisons sociologiques ou psychologiques liées aux perceptions des populations humaines locales entraînant des incompréhensions, raisons juridiques parce que des termes biologiques n'y auront pas d'équivalent, **ou encore raisons économiques**.

Ce livre se situe donc à l'interface d'un champ très large de disciplines. Il ne prétend nullement à une exhaustivité qui serait de toute façon hors d'accès, car chaque chapitre pourrait faire l'objet de plusieurs livres pour aller plus en avant dans les connaissances actuelles des disciplines scientifiques abordées. Cet ouvrage se veut pour le lecteur francophone un support à l'enseignement mais aussi un portail d'entrée pour un large public (gestionnaires, politiques, professionnels de l'environnement...) à la conservation de la nature. Quel que soit le cursus universitaire suivi, et même s'il ne concerne pas **l'écologie** (communication, économie, droit...), il est désormais possible de travailler en faveur de la conservation. Chacun dans son parcours professionnel peut servir la conservation en aidant à concilier sa propre activité professionnelle ou celle de son entreprise avec les enjeux de conservation.

## LE DÉROULEMENT DU LIVRE

L'ouvrage débute par des notions fondamentales sur la biodiversité, montrant notamment que, loin d'être une somme d'espèces, cette dernière est un système de réseaux d'interactions qui la rend fonctionnelle, et que les caractères fonctionnels des organismes plus que leur identité taxinomique ou leur nombre déterminent le fonctionnement et la dynamique des écosystèmes. Puis il expose comment la compréhension de la dynamique des populations peut contribuer à définir des modèles de gestion des habitats, à la genèse du paradigme des métapopulations et comment les modèles de simulation individu centré sont des aides à la décision en matière de conservation. Le cas des systèmes insulaires, leur taux d'endémisme et les menaces auxquelles ils sont confrontés, permettent d'aborder nombre de notions qui peuvent



être mises à profit pour les écosystèmes continentaux tels par exemple que la dynamique des petites populations, les circulations d'espèces autochtones comme allochtones et leurs interactions. Les invasions biologiques constituent une problématique majeure en conservation, avec des impacts qui peuvent être importants sur les écosystèmes et les espèces par les multiples changements que les taxons envahissants causent à la structure même des communautés ou problèmes comme l'hybridation que peut faciliter la proximité génétique entre l'espèce envahissante et native.

La deuxième partie de l'ouvrage aborde les bases historiques, philosophique et sociologiques de la conservation. Un chapitre sur l'histoire décrit la structuration des mouvements de protection de la nature, les premières politiques publiques et outils législatifs puis l'émergence de la conservation en tant que discipline scientifique.

L'approche philosophique nous rappelle la place des valeurs et des arguments non scientifiques dans l'activité scientifique, en particulier sur un postulat des sciences de la conservation selon lequel la valeur intrinsèque de la biodiversité confère une obligation morale de la respecter. Le chapitre sur les représentations sociales de la biodiversité et leurs implications pour la conservation expose les changements de conception de la biodiversité, de la répulsion à la sublimation, de l'exploitation à la préservation. Ces notions sont notamment illustrées par le cas des mangroves dans les pays du Sud. Le concept de naturalité offre, à travers ses applications, des perspectives économiques, écologiques et éthiques dans les stratégies de conservation de la nature. La très grande majorité des humains croient en une ou plusieurs divinités transcendantes, le livre évoque dans le dernier chapitre leurs relations à la crise environnementale actuelle et souligne que toutes les grandes religions inscrivent la biodiversité dans leur spiritualité.

La troisième partie s'attache à l'action de conservation et de gestion de la biodiversité. Elle débute par une approche géographique de la distribution de la biodiversité, des points chauds, des gradients de diversité biologique, des zones refuges, ... une clé pour toute action cohérente sur le terrain. Sont ensuite abordées la conservation, la restauration et la gestion des populations animales puis l'écologie de la restauration, discipline clé dans la mesure où la Convention sur la Diversité Biologique de la Conférence de Rio (juin 1992) a établi un objectif ambitieux, au risque d'être irréaliste, à savoir restaurer 15 % des écosystèmes dégradés d'ici 2020. Le chapitre suivant illustre au moyen de l'étude de cas d'un territoire méditerranéen, l'histoire des relations homme-nature et décrit les modifications apportées à l'environnement, qu'il s'agisse de diversification ou, au contraire, d'homogénéisation par l'agriculture. Cet exemple souligne le caractère indissociable du dualisme « société-nature » et illustre la nécessité de comprendre comment les activités humaines créent de nouvelles opportunités pour la dynamique de la biodiversité ou au contraire la limitent. Un nouveau concept, la « solidarité écologique », propose notamment de faire évoluer les politiques publiques de conservation en France, en particulier celles qui s'appliquent aux parcs nationaux.

La quatrième partie, « recherche-action », ouvre le propos par une présentation de l'analyse stratégique de la gestion environnementale. On y voit notamment la nécessité, pour espérer obtenir les changements escomptés, de prendre en compte les comportements humains en particulier les

divergences, conflits d'usages, référentiels normatifs et objectifs. Les systèmes multi-agents peuvent, par la modélisation des interactions Homme/Nature et par les approches participatives, faciliter les échanges, en soulignant les interdépendances et ainsi faire accepter voire rapprocher des points de vue et intérêts divergents. Le chapitre suivant traite de gouvernance, de la dimension politique de la conservation et de ses traductions en termes de gestion et d'organisation institutionnelle. On y fera le constat qu'à ce jour la conservation n'a pas réussi à construire des formes de gouvernance capables d'arrêter le processus de destruction de la biodiversité. L'approche contractuelle qui clôt cette quatrième partie est présentée comme un moyen de s'appuyer sur les services environnementaux fournis par les écosystèmes qui permettent de concilier le développement d'activités économiques et la conservation de la biodiversité.

La cinquième partie aborde un sujet en plein développement, celui de la modélisation économique, son utilisation pour la compréhension des enjeux et la définition de moyens d'action. Le chapitre souligne les limites de l'approche pour répondre aux attentes de la conservation notamment parce que les modèles utilisés l'ont souvent été dans le cadre de problématiques trop particulières. L'ouvrage se termine sur le couple fusionnel « biodiversité - développement durable », termes issus de préoccupations communes mais dont les perspectives ont changé au vu de la difficulté à freiner la dégradation de notre environnement.

L'ouvrage est illustré par des encadrés présentant des études de cas, notions particulières et points de vue. Sont présentés, entre autres exemples, la manière dont les parasites influencent la biodiversité, l'estimation des risques d'extinction de la vipère d'Orsini, une discussion sur la notion de « nuisible », la réintroduction des vautours en France, l'évaluation des conséquences des lâchers de canards colverts pour la chasse, la conservation du Grand tétaras ou de la Saladelle de Girard, le pâturage domestique comme outil de gestion de la biodiversité, la proposition d'un nouveau modèle de gouvernance des aires protégées en Afrique francophone, l'utilisation des fonds fiduciaires pour la conservation, les services écosystémiques, ou encore des questions telles que celles-ci : peut-on accepter que les scientifiques de la conservation sillonnent la planète pour porter leur message sans se soucier de leur propre bilan carbone ?

Le livre n'évite pas certains thèmes délicats pouvant être générateurs de polémiques. Un exemple est celui du loup en France. Du point de vue de la conservation, on ne peut que se réjouir qu'une espèce présente depuis des millénaires mais ayant disparu du territoire français au XX<sup>e</sup> siècle en raison des persécutions dont il fut victime, revienne enfin spontanément depuis l'Italie. Pour autant, un regard croisé sur ce sujet nous rappelle que la situation est particulièrement tendue quand, sur le terrain, la conservation de cette espèce se heurte frontalement à des intérêts humains qui peuvent être vitaux pour certaines catégories socioprofessionnelles. Certaines espèces envahissantes peuvent aussi soulever des questionnements divergents mais légitimes. Le lecteur découvrira ainsi dans le livre des avis et interprétations contradictoires ou controversés. Celui-ci n'a d'autre ambition que d'ouvrir des portes et chacun pourra trouver dans la bibliographie les références qui lui permettront d'élargir sa réflexion.



# **BIODIVERSITÉ ET EXTINCTION**

**Partie 1**



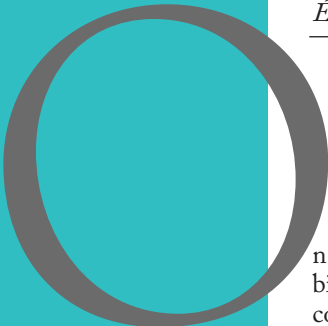
# 1

## La biodiversité est aussi fonctionnelle : traits des organismes, fonctionnement et dynamique des écosystèmes

---

*É. Garnier, J.-P. Sarthou, G. Carré et J. Blondel*

---



n a longtemps privilégié les approches taxinomiques dans l'étude de la diversité biologique en utilisant l'espèce comme « monnaie de biodiversité ». Ces approches consistent à identifier les espèces par des binômes latins (noms de genre et d'espèce). Elles permettent de préciser des caractéristiques telles que la richesse spécifique et la composition en espèces d'une communauté ou d'un territoire (nombre d'espèces présentes) ou l'abondance relative des différentes espèces. Mais une autre manière de concevoir la biodiversité, que l'on qualifie de « fonctionnelle » complète cette approche taxinomique en proposant de décrire les organismes par leurs propriétés fonctionnelles (ou « traits fonctionnels ») telles que la respiration, la transpiration, la reproduction, l'aptitude à la dispersion, la pollinisation, la photosynthèse (pour les plantes), etc. (Chapin *et al.*, 2000 ; Lavorel et Garnier, 2002). Ces propriétés sont plus directement utilisables dans un contexte écologique et agronomique car elles permettent entre autres d'évaluer le rôle de la diversité dans le fonctionnement des écosystèmes ainsi que les services rendus par ces derniers aux sociétés humaines. Dans ce chapitre, nous considérerons qu'un écosystème est un système écologique localisé dans un espace fini, et composé de tous les organismes qui s'y trouvent, ainsi que de l'environnement physique avec lequel ces organismes interagissent (Tansley 1935 ; Chapin *et al.*, 2002).

Le fonctionnement des écosystèmes est contrôlé par deux grandes catégories de variables (Chapin *et al.*, 2002) : (1) les variables de contrôle indépendantes (variables d'état), telles que le climat, la roche-mère, la topographie et le pool d'espèces *potentiellement présentes* à un endroit quelconque de l'espace, et (2) les variables de contrôle interactives, qui sont des facteurs qui à la fois contrôlent et sont contrôlés par les propriétés des écosystèmes : il s'agit des ressources, des conditions du milieu (pH, température), des perturbations, des communautés biotiques locales et des activités humaines. Le lecteur pourra se référer par exemple à Chapin *et al.*, (2002) et Ricklefs et Miller (2005) pour un exposé détaillé de ces différents facteurs de contrôles. Nous nous focaliserons ici sur trois exemples qui démontrent l'importance de différentes composantes biotiques des écosystèmes pour leur fonctionnement. Nous examinerons successivement l'effet des caractéristiques fonctionnelles des végétaux sur la productivité primaire, le rôle des traits des insectes pour la pollinisation et enfin, la façon dont plantes et oiseaux ont co-évolué pour assurer la dispersion des plantes.

## 1. PRODUCTIVITÉ PRIMAIRE ET CARACTÉRISTIQUES FONCTIONNELLES DES VÉGÉTAUX

### 1.1. La productivité primaire, processus écologique et service écosystémique

En tant qu'organismes autotrophes qui convertissent l'énergie lumineuse provenant du soleil en énergie chimique utilisable par les êtres vivants au cours du processus de photosynthèse, les plantes se situent à la base des chaînes trophiques. À ce titre, on les nomme « producteurs primaires ». À l'échelle d'un écosystème, qui peut comprendre un nombre variable d'espèces végétales (d'une seule dans les champs cultivés en agriculture intensive jusqu'à plusieurs dizaines dans les systèmes naturels), l'activité physiologique combinée des individus de différentes espèces situées sur une surface donnée débouche sur l'un des processus fondamentaux du fonctionnement des écosystèmes : la productivité primaire. La productivité primaire est fortement liée à de nombreux autres processus écosystémiques : évapotranspiration, vitesse de circulation des éléments minéraux entre les compartiments de l'écosystème (Chapin *et al.*, 2002 ; Ricklefs et Miller, 2005), production secondaire qui est la biomasse produite à la suite de la consommation des végétaux par les animaux (McNaughton *et al.*, 1989), etc. La productivité primaire est également à la base de la production agricole végétale, l'un des principaux services fournis par ce secteur des activités humaines. Il n'est donc pas étonnant que de très nombreuses études lui ont été et lui sont encore consacrées (*cf.* Chapin *et al.*, 2002 ; Scurlock *et al.*, 2002). Parmi les nombreux facteurs qui contrôlent la productivité primaire, nous présenterons ici ceux qui sont relatifs à la composition et à la structure des communautés végétales. Mais il nous faut tout d'abord introduire la notion de structure fonctionnelle des communautés.

### 1.2. Structure fonctionnelle des communautés et traits des espèces

Au cours des quinze dernières années, un débat très vif a animé la communauté scientifique autour de la question des relations entre le nombre d'espèces dans une communauté végétale et le fonctionnement des écosystèmes, notamment leur productivité primaire (voir les analyses et synthèses de Grime, 1997 ; Loreau *et al.*, 2001 ; Hooper *et al.*, 2005). Il ressort de ces études que plus que le nombre d'espèces dans une communauté, c'est la « structure fonctionnelle »<sup>1</sup> de celle-ci qui conditionne ce fonctionnement (Díaz et Cabido, 2001 ; Lavorel et Garnier, 2002 ; Hooper *et al.*, 2005 ; Garnier et Navas, 2011).

La structure fonctionnelle d'une communauté peut se subdiviser en plusieurs composantes qui sont la valeur, la gamme de variation et l'abondance des traits des espèces qui la composent (Díaz *et al.*, 2007). Retenons qu'un trait est défini comme tout caractère morphologique, physiologique ou phénologique mesurable sur un individu et ayant un impact sur sa valeur sélective ou « *fitness* » (Violle *et al.*, 2007). Notons que cette définition peut s'appliquer à tous les des organismes, qu'ils soient végétaux ou animaux. Une illustration de structure fonctionnelle des communautés végétales peut être donnée dans le cas bien connu des mélanges de graminées et de légumineuses : ces dernières bénéficient d'une association avec des bactéries symbiotiques qui se développent dans des nodosités racinaires leur permettant de fixer l'azote atmosphérique, alors que les graminées ne peuvent accéder qu'à l'azote présent dans le sol. On peut donc dire que dans de tels mélanges, la gamme de variation des traits liés à l'acquisition de l'azote est plus grande que dans les communautés ou un seul de ces deux groupes d'espèces (ou « groupes fonctionnels » d'espèces) est présent. Cet exemple concerne des traits discontinus qui forment des catégories (fixation atmosphérique ou acquisition dans le sol), mais de nombreux traits sont des variables continues : hauteur de la plante, profondeur racinaire, surface de la feuille, masse des graines, etc. (voir paragraphe suivant).

Deux types de variables sont utilisés pour décrire la structure fonctionnelle des communautés de façon quantitative. Les premiers permettent d'estimer la valeur moyenne des traits dans les communautés, et peuvent s'écrire de la façon suivante :

$$PFC = \sum_{i=1}^n p_i * trait_i \quad (\text{Éq. 1})$$

où *PFC* représente le paramètre fonctionnel de la communauté (Violle *et al.*, 2007),  $p_i$  et  $trait_i$  sont respectivement un facteur de pondération et le trait de l'espèce *i*, et *n* le nombre total d'espèces dans la communauté. Lorsque seules des données de présence/absence des espèces sont disponibles, on fixe tous les  $p_i$  à la même valeur ( $1/n$ ), et les *PFC* calculées sont des moyennes non pondérées. Mais lorsque l'abondance des espèces est connue, une pondération couramment utilisée consiste à prendre des valeurs de  $p_i$  égales à l'abondance relative des espèces : on parle alors de moyenne pondérée

1. Nous préférons cette expression à celle de « diversité fonctionnelle » (Díaz *et al.*, 2007) qui peut prêter à confusion.

à l'échelle de la communauté (Garnier *et al.*, 2004 ; Violle *et al.*, 2007). Les seconds types de variables visent à décrire la dissimilarité fonctionnelle entre les espèces d'une communauté. De nombreux indices ont été proposés pour ce faire (voir Petchey et Gaston, 2006 ; Schleuter *et al.*, 2010) : certains sont fondés sur la somme ou la moyenne des distances fonctionnelles entre paires d'espèces dans un espace multivarié de traits, d'autres sur les distances entre espèces le long de classifications hiérarchiques, ou sur la distribution des abondances sur des axes de traits fonctionnels. Si l'idée sous-jacente est assez intuitive, force est de reconnaître qu'il n'existe pas actuellement de consensus clair sur les métriques à utiliser pour quantifier de façon univoque cette dissimilarité fonctionnelle entre espèces à l'échelle d'une communauté.

Au-delà de la forme précise des métriques utilisées, l'essentiel à retenir est que le fonctionnement des écosystèmes apparaît sous la dépendance de ces deux grands types de variables. La section suivante examine cette hypothèse dans le cas de la productivité primaire.

### 1.3. Productivité primaire et structure fonctionnelle des communautés

Les deux composantes de la structure fonctionnelle des communautés discutées ci-dessus peuvent se rattacher à deux hypothèses complémentaires qui permettant d'expliquer les relations entre diversité et fonctionnement des écosystèmes : (1) l'hypothèse de « contribution spécifique » ou de « dominance » (« mass ratio hypothesis » : Grime, 1998), qui stipule

que l'effet des espèces sur les processus écosystémiques dépend de la valeur des traits et de la contribution des espèces à la biomasse totale des communautés, tel qu'exprimé dans l'Éq. 1 (page précédente). Le mécanisme de sélection qui conduit à la dominance d'espèces ayant des valeurs de traits particulières dans les communautés joue ici un rôle prépondérant, et (2) l'hypothèse de complémentarité, qui postule que la dissimilarité entre espèces en termes de valeur de traits maximise la diversité de stratégies d'utilisation des ressources. La diminution du recouvrement des niches qui en résulterait serait donc favorable au fonctionnement des écosystèmes (Tilman, 1997).

#### 1.3.1 L'hypothèse de contribution spécifique

Lavorel et Garnier (2002) ont proposé une formalisation de cette hypothèse dans le cas de la productivité primaire nette (PPN) des écosystèmes. On peut démontrer que :

$$PPN = \frac{\sum_{i=1}^n N_i * M_{0i} * (e^{VSC_i * (tf - t0)_i} - 1)}{\Delta T} \quad (\text{Éq. 2})$$

où  $n$  est le nombre total d'espèces dans la communauté,  $N_i$  est le nombre d'individus de l'espèce  $i$  par unité de surface de sol,  $M_{0i}$  est la biomasse initiale des individus de l'espèce  $i$ ,  $VSC_i$  et  $(tf - t0)_i$  sont respectivement la vitesse de croissance spécifique (vitesse de croissance par unité de masse de la plante) et la période de croissance active de l'espèce  $i$ , et  $\Delta T$  la période au cours de laquelle la PPN est estimée.

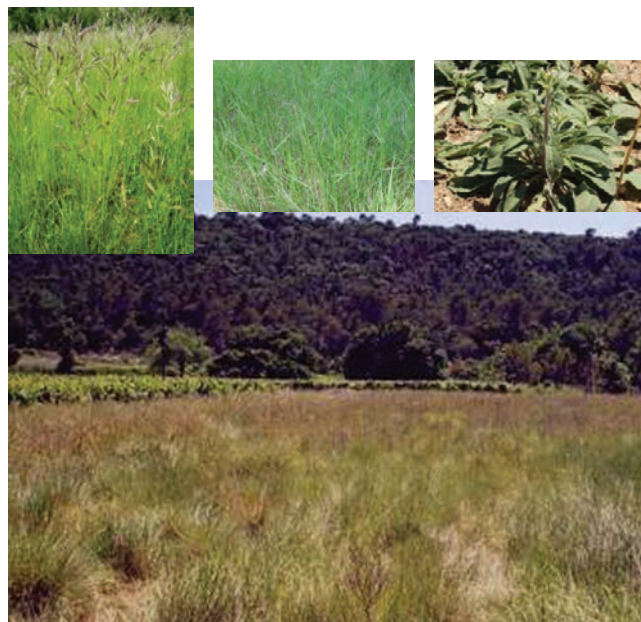
**Figure 1.1.** Friches post-culturales après arrachage de la vigne dans la région de Montpellier (commune de Claret, Hérault).

1.1.A. Parcelle abandonnée depuis 2 ans ; les photos de trois des espèces qui dominent ces friches récemment abandonnées sont celles de (de gauche à droite) *Medicago minima*, *Bromus madritensis* et *Veronica persica* (trois espèces annuelles à vitesse de croissance spécifique élevée) ;



(© E. Garnier)

1.1.B. Parcelle abandonnée depuis 45 ans ; les photos de trois des espèces qui dominent ces friches abandonnées depuis un temps plus long sont celles de (de gauche à droite) *Bromus erectus*, *Brachypodium phoenicoides* et *Inula conyza* (trois espèces pérennes herbacées à vitesse de croissance spécifique faible).



(© E. Garnier)



Dans la mesure où la vitesse de croissance des espèces dans une communauté est particulièrement difficile à mesurer en milieu naturel, Leoni *et al.* (2009) ont testé cette relation en utilisant des données de *VSC* mesurées au laboratoire. Ils ont pu montrer que la *VSC* d'espèces dominantes de parcelles pâturées et non pâturées de prairies uruguayennes était corrélée positivement à la *PPN* des parties aériennes mesurée dans ces parcelles (Altesor *et al.*, 2005). Dans d'autres études, la relation a été testée en utilisant des données de valeurs de traits mesurées au champ et corrélés à la *VSC* (voir par exemple l'étude de Garnier *et al.*, 2004 conduite dans des friches postculturales de la région de Montpellier (Figure 1.1.), et les références données dans Garnier et Navas, 2012). Dans ce cas, différentes relations ont été trouvées entre la *PPN* des parties aériennes et la valeur moyenne pondérée (Éq. 1) de certains traits foliaires tels que l'inclinaison des feuilles par rapport à l'horizontale (Mokany *et al.*, 2008), la surface moyenne des feuilles (Gross *et al.*, 2008) ou une combinaison de densité des tissus foliaires et de traits souterrains (Klumpp et Soussana, 2009). D'autres exemples sont présentés et discutés dans la revue de Garnier et Navas (2012) ; ils montrent que l'hypothèse de dominance est vérifiée dans un certain nombre de situations, lorsque les effets directs des conditions de milieu ne sont pas trop forts.

### 1.3.2 L'hypothèse de complémentarité

Les principaux cas dans lesquels une augmentation de la productivité a pu être reliée à une plus grande dissimilarité fonctionnelle entre espèces concernent des situations dans lesquelles (références dans Le Roux *et al.*, 2009) : (1) des légumineuses sont en mélange avec des espèces non fixatrices d'azote (l'effet fertilisant des légumineuses est connu depuis longtemps des agronomes) (2) les espèces en mélange présentent une séparation marquée en termes d'utilisation des ressources dans l'espace. Ceci peut se produire au niveau de l'appareil aérien ou de l'appareil souterrain : dans le premier cas, des différences de morphologie peuvent permettre une complémentarité verticale dans l'exploitation de la ressource lumineuse ; dans le second, il peut s'agir de différences de profondeur d'enracinement ou plus généralement d'accès et prospection du volume de sol, et (3) les espèces en mélange présentent une séparation marquée en termes d'utilisation des ressources dans le temps, *via* des différences phénologiques.

Dans ces différentes études, la dissimilarité fonctionnelle a été évaluée qualitativement (espèces fixatrices *versus* non fixatrices ; espèces à phénologie précoce *versus* tardive, etc.), mais très peu d'études ont utilisé les indices présentés ci-dessus pour tester quantitativement ses relations potentielles avec la production primaire nette. Une synthèse permettant de dégager des tendances générales serait donc prématurée (voir Garnier et Navas, 2012) d'autant que les conclusions apparaissent à la fois dépendantes du type d'indice et de la procédure statistique utilisée lors du traitement des données (voir notamment Schumacher et Roscher, 2009).

## 1.4. Conclusions

Les études menées jusqu'ici suggèrent que les deux composantes de la structure fonctionnelle des communautés peuvent avoir un effet sur la productivité primaire des écosystèmes, mais l'importance relative de l'une par rapport

à l'autre reste à être établie, notamment dans des conditions différentes de facteurs du milieu. Quoi qu'il en soit, ce sont bien ces composantes fonctionnelles de la diversité qui doivent être prise en compte pour comprendre le rôle des plantes dans le fonctionnement des écosystèmes, davantage que leur nombre ou leur position taxinomique.

## 2. POLLINISATION ENTOMOPHILE : INTERACTIONS ENTRE CARACTÉRISTIQUES FONCTIONNELLES DES INSECTES ET DES PLANTES

### 2.1. La pollinisation, processus écologique et service écosystémique

La pollinisation est le premier des processus successifs assurant la rencontre des gamètes mâle et femelle dans la reproduction des Angiospermes. Il correspond au transfert de pollen depuis l'anthere d'une fleur jusqu'au stigmate de cette même fleur (autogamie) ou d'une autre fleur (allogamie). Les deux principaux agents qui permettent cette pollinisation sont le vent et les animaux. La pollinisation animale est une interaction mutualiste : les animaux visitent les fleurs pour y récolter des ressources nutritives (nectar, pollen, rarement huile) et les plantes bénéficient du transport de pollen réalisé involontairement par les animaux. Cette relation s'est révélée fructueuse puisqu'elle a conduit à l'explosion évolutive de la diversité des Angiospermes au Crétacé car plus de 70 % d'entre elles, sur un total actuel de 300 000 espèces environ, sont pollinisées par des animaux (Buchmann et Nabhan, 1996). Les principaux pollinisateurs sont les insectes, notamment les Hyménoptères apiformes (abeille domestique, abeilles sauvages dont il existe quelque 870 espèces en France dont, entre autres, les bourdons : Figure 1.2.A) et les Syrphidés, Diptères floricoles à pilosité plus ou moins développée, dont on recense environ 520 espèces en France (Figure 1.2.B.). Parmi les pollinisateurs de moindre importance, on compte d'autres Diptères (Muscidés, Pipunculidés, Conopidés, Phoridés et même quelques Chironomidés), mais aussi des papillons Rhopalocères et quelques Coléoptères floricoles dont les plus connus sont les cétoines (Scarabéidés) et les longicornes (Cerambycidés). À noter que certains vertébrés peuvent également polliniser les plantes, notamment des oiseaux et chauves-souris, surtout en milieu tropical.

La pollinisation des plantes par des animaux est tout d'abord un processus écosystémique, défini comme un service écologique lorsque l'homme en tire un bénéfice (Zhang *et al.*, 2007), particulièrement visible dans le processus de production agricole (Klein *et al.*, 2007). En effet, 84 % des espèces végétales cultivées en Europe pour l'alimentation humaine et 65 % au niveau mondial (représentant le tiers du tonnage à cette échelle) dépendent de la pollinisation par les insectes. L'importance de ce service rendu par les insectes pollinisateurs des plantes cultivées a même été évaluée économiquement : la disparition des pollinisateurs représenterait un coût de 15 milliards de dollars pour les États-Unis

et un coût estimé entre 153 et 200 milliards de dollars à l'échelle mondiale (Gallai *et al.*, 2008).

L'importance de ce processus écosystémique repose directement sur les caractéristiques morphologiques et comportementales des insectes floricoles concernés, vecteurs efficaces de pollen de plante à plante.

**Figure 1.2.A.** *Bombus terrestris* (Hyménoptère, Apidé) butinant une fleur d'Althéa et participant activement à sa pollinisation.



(© J.-P. Sarthou.)

**Figure 1.2.B.** Femelle de *Platycyberus albimanus* (Diptère, Syrphidé) en vol stationnaire devant une fleur de Véronique.



(© J. Maurette.)

## 2.2. Pollinisation et traits

### 2.2.1 Traits des insectes et pollinisation

Les quelques travaux qui se sont intéressés aux traits fonctionnels des pollinisateurs ont porté sur l'identification de groupes à caractéristiques écologiques identiques : stratégies de prospection chez les araignées, capacités de dispersion chez les carabiques, taille du corps chez les syrphes et abeilles (Schweiger *et al.*, 2007 ; Greenleaf *et al.*, 2007), mais aussi stratégies de nidification chez ces dernières (Westrich, 1989).

Carré (2008), Hoehn *et al.* (2008) et Moretti *et al.* (2009) ont élargi la gamme des traits fonctionnels appliqués à ces insectes pollinisateurs dans des études portant sur la lecture (diversité des fleurs visitées: Cane et Sipes, 2006), la longueur de la langue, les préférences de hauteur des fleurs visitées, la socialité, le voltinisme (nombre de générations par an), la phénologie de vol circadienne et annuelle, le comportement dans la fleur, le moyen de transport du pollen...

Ainsi, les Hyménoptères Apiformes et les Diptères Syrphidés combinent divers traits fonctionnels selon les espèces ou groupes d'espèces de sorte que les ressources florales d'un même écosystème sont exploitées selon des modalités différentes, notamment dans le temps et dans l'espace (Gibson *et al.*, 2006). Les pollinisateurs de taille importante et à pilosité abondante tels que les bourdons et certains syrphes qui leur sont mimétiques, pourront visiter les fleurs à des périodes où la température est peu élevée (Willmer et Stone, 2004). Chez les Apiformes, le rayon de butinage est lié à la taille de l'insecte, elle-même corrélée avec sa puissance musculaire (Greenleaf *et al.*, 2007), alors que chez les Syrphidés le caractère migrateur, souvent lié à un comportement de polylectie, est fortement associé à l'exploitation de colonies de pucerons par les larves. Le comportement de butinage lui-même influence la qualité de la pollinisation : alors que les abeilles manifestent une constance de butinage sur une espèce souvent abondamment représentée, lui assurant ainsi une très bonne pollinisation, les syrphes ne manifestent pas cette fidélité mais permettent ce faisant, dans les communautés plurispécifiques, la pollinisation des espèces peu abondantes, qui sont délaissées par les Hyménoptères (Gibson *et al.*, 2006).

### 2.2.2 Relations entre traits des insectes et traits des plantes

Même si la plupart des plantes à fleurs des régions tempérées partagent une entomofaune pollinisatrice commune et généraliste (Memmott *et al.*, 2004), tous les insectes pollinisateurs n'ont pas la même aptitude à polliniser une fleur du fait de ses divers traits (Stebbins, 1970). Par exemple, la symétrie et la profondeur d'une fleur peuvent contraindre tel insecte butineur à en effectuer la pollinisation mais interdire la visite de tel autre. D'autres espèces endommagent les fleurs pour en extraire le nectar mais ne participent pas à leur pollinisation car elles n'entrent pas en contact avec leur stigmate (Michener, 2000). Inversement, il y a parfois eu coévolution étroite entre un ou plusieurs taxons de pollinisateurs et un ou plusieurs taxons de plantes (on parle de syndrome de pollinisation : Proctor *et al.*, 1996). De tels syndromes assurent le succès reproducteur de ces dernières et une collecte de nourriture optimisée pour les premiers. Bien que contestée, l'existence de tels syndromes semble corroborée par des données expérimentales montrant qu'une activité de butinage optimale résulte d'une interaction étroite entre des groupes fonctionnels précis de plantes et d'insectes.

### 2.3. Relations fonctionnelles entre plantes et pollinisateurs

Fontaine *et al.* (2006) ont démontré que la structure fonctionnelle des communautés de pollinisateurs (présence ou non de pollinisateurs à langue courte ou longue) a un impact direct

et positif sur la diversité et la pérennité de communautés végétales non cultivées. Inversement, le succès reproducteur des plantes à fleurs, qui est limité quand la quantité de pollen déposé sur les stigmates est insuffisante, diminue lorsque la diversité fonctionnelle des communautés de pollinisateurs est faible (Vamosi *et al.*, 2006). De plus, ce sont les communautés végétales les plus diversifiées qui sont les plus affectées par une diminution de la diversité des pollinisateurs (Vamosi *et al.*, 2006) et par le déclin des pollinisateurs spécialistes qui sont sérieusement touchés par la crise actuelle de la biodiversité (Biesmeijer *et al.*, 2006). Ainsi, l'hypothèse d'une résilience des réseaux de pollinisation qui serait permise par 15 % des espèces les plus généralistes (Olesen *et al.*, 2007) semble n'avoir que peu de chances d'être effectivement vérifiée. Chez les plantes cultivées, quelques études se sont penchées sur la corrélation entre diversité spécifique ou fonctionnelle de communautés de pollinisateurs et efficacité de pollinisation, et ce tant en conditions empiriques (Klein *et al.*, 2003 ; Steffan-Dewenter, 2003 ; Greenleaf et Kremen, 2006 ; Hoehn *et al.*, 2008) qu'expérimentales avec manipulation des niveaux de diversité (Frank et Volkmar, 2006). Toutes ces études montrent que la diversité fonctionnelle des pollinisateurs, bien plus que leur diversité spécifique ou leur abondance, est synonyme d'amélioration de la pollinisation des cultures.

Réciproquement, les communautés végétales, de par leurs traits fonctionnels considérés à diverses échelles d'organisation, influencent les communautés de pollinisateurs. Ainsi, la diversité des paysages et à plus petite échelle celle des communautés végétales, aurait un effet positif sur la pollinisation notamment en raison de la présence d'espèces végétales généralistes qui favorisent les pollinisateurs généralistes qui assurent la pollinisation d'une forte proportion des plantes Angiospermes (Fortuna et Bascombe, 2006). Toutefois, des ressources florales trop attractives et trop uniformes, telles celles offertes par certaines espèces envahissantes, peuvent perturber les réseaux de transfert de pollen et compromettre la reproduction de certaines espèces végétales moins attractives ou indigènes (Lopezaraiza-Mikel *et al.*, 2007). A terme, des groupes pollinisateurs spécifiques-plantes peuvent alors disparaître. L'effet inverse se produit lorsque la diversité fonctionnelle des ressources (diversité des structures florales, de la qualité et de la quantité du pollen et du nectar) se traduit par une attractivité complémentaire entre espèces végétales (Potts *et al.*, 2004 ; Fontaine *et al.*, 2006), élargissant l'abondance et le spectre des pollinisateurs (Potts *et al.*, 2006). Enfin, une récente synthèse bibliographique (Garibaldi *et al.*, 2011b) démontre que l'éloignement de cultures d'habitats (semi-)naturels entraîne une baisse de la stabilité de la richesse des insectes visiteurs des fleurs et de la quantité de fruits formés. Ces résultats doivent être mis en regard de ceux montrant une baisse de la croissance et de la stabilité des rendements agricoles mondiaux en lien avec la dépendance des cultures aux insectes pollinisateurs (Garibaldi *et al.*, 2011a)

#### 2.4. Plantes, pollinisateurs et changements planétaires : les traits fonctionnels sous contrainte

L'uniformisation des paysages agricoles ne permet plus à différentes espèces de pollinisateurs ayant des exigences

variables de coexister (Klein *et al.*, 2003), ce qui altère le fonctionnement des réseaux de pollinisation, allant jusqu'à induire des changements dans la structure des communautés de plantes (Steffan-Dewenter, 2003). Biesmeijer *et al.* (2006), travaillant sur les communautés de pollinisateurs Apiformes (Hyménoptères) et Syrphidés (Diptères) de Grande-Bretagne et des Pays-Bas d'avant et d'après 1980, ont en effet montré que les espèces en déclin ont une niche écologique étroite, et ont en commun plusieurs traits fonctionnels liés à ce caractère : elles sont oligolectes (spectre étroit de plantes visitées), univoltines (un seul cycle reproducteur dans l'année) et non migratrices (faible capacité de dispersion). Parallèlement, les espèces de plantes liées à ces pollinisateurs en déclin sont en plus forte régression que les autres et présentent la particularité d'être allogames. Il semble ainsi qu'au-delà de simples corrélations, il y ait une relation causale entre extinctions locales de pollinisateurs et de plantes fonctionnellement liées (Biesmeijer *et al.*, 2006).

Les changements climatiques sont eux aussi susceptibles d'avoir un impact négatif sur les pollinisateurs en raison d'une modification de la phénologie de floraison des communautés végétales (Warren *et al.*, 2001). Ces changements devraient en effet induire d'importants chevauchements des floraisons spécifiques (Memmott *et al.*, 2007), aboutissant à un allongement des périodes sans floraison, donc des périodes de disette alimentaire pour 17 à 50 % des insectes floricoles. *In fine*, cela se traduirait par l'extinction de nombreuses espèces de pollinisateurs et par conséquent par un effondrement du réseau de pollinisation.

La plupart des travaux de conservation des pollinisateurs repose donc sur la gestion des communautés végétales dans le paysage (Kremen *et al.*, 2007) : bandes fleuries autour des parcelles cultivées, conservation de haies, toutes visant à fournir aux insectes des ressources alimentaires variées en dehors des périodes de floraison des parcelles cultivées. Même si encore peu de travaux se sont penchés sur la question, l'offre en sites de reproduction des pollinisateurs est elle aussi essentielle pour leur conservation. Plus généralement, ceci laisse à penser que la conservation à l'échelle du paysage de zones semi-naturelles offrant les ressources évoquées est une priorité pour augmenter la diversité des pollinisateurs. Enfin, il a été montré qu'une diminution de l'emploi des pesticides permet elle aussi une augmentation de l'abondance et de la diversité des abeilles sauvages (Holzschuh *et al.*, 2007).

### 3. DISPERSION DES VÉGÉTAUX ET DYNAMIQUE DES ÉCOSYSTÈMES

Contrairement à la plupart des animaux, sauf évidemment les organismes sessiles, les plantes sont tributaires de vecteurs mobiles pour disperser leurs propagules (ou diaspores), à savoir cet ensemble formé par l'embryon et les tissus qui l'accompagnent dans son voyage à distance de la plante mère. Cette fonction de dispersion est un processus écologique crucial pour assurer la dynamique des écosystèmes. En effet, aucun système écologique ne reste figé dans l'espace, puisque les diverses composantes de l'habitat changent en permanence sous l'effet de la dynamique des espèces qui



composent ces systèmes, ou de celui de modifications de leur environnement physique. Cette dynamique se manifeste dans le temps, par exemple au cours des successions écologiques, mais aussi dans l'espace dès lors que les changements de climat contraignent les espèces et les communautés dans lesquelles elles s'insèrent à pratiquer une « traque à l'habitat » pour répondre à la modification géographique de l'enveloppe climatique à laquelle elles sont adaptées. Un exemple est celui des contractions puis expansions des aires de distribution des ceintures de végétation et de leurs faunes associées lors de l'alternance de périodes glaciaires et interglaciaires au cours du pléistocène.

La dispersion des diaspores végétales peut être assurée par l'un ou l'autre des deux fluides universels que sont l'eau et le vent, mais les principaux agents de dispersion des graines sont des animaux, plus particulièrement les vertébrés. La dispersion des végétaux offre un bel exemple de la diversité des traits impliqués dans ce processus écologique.

### 3.1. Traits des diaspores végétales et de leurs vecteurs de dispersion

Les plantes dispersées par des vecteurs physiques comme le vent ou l'eau ont développé des traits qui favorisent la prise de la graine par ces fluides. C'est ainsi que les diaspores des plantes *anémochores* (voir encadré 1.1) comme les érables ou les pissenlits sont équipées de structures qui offrent prise au

vent - ailettes, voiles, soies -, et celles qui sont *hydrochores*, la Châtaigne d'eau (*Trapa natans*) par exemple, sont équipées de flotteurs qui les font dériver au fil de l'eau, et d'ancres qui les fixent au fond quand elles se mettent à couler au bout d'un certain temps.

Lorsque le vecteur de dispersion est un animal, chacun des deux partenaires du système tire un bénéfice de leur association (à l'exception de l'épizoochorie qui n'apporte aucun avantage à l'animal) : l'animal transporteur se nourrit de tout ou partie de la diaspora, et la plante bénéficie d'être transportée par l'animal (Molinier et Muller, 1938 ; Snow, 1971 ; Van der Pijl, 1972). Il s'agit alors de systèmes mutualistes, voire de véritables symbioses si les deux partenaires ne peuvent plus se passer l'un de l'autre, l'évolution des traits de l'un entraînant celle des traits de l'autre dans une sorte de course à l'adaptation (Janzen, 1980). Comme dans le processus de pollinisation, le partenariat qui s'est établi entre la plante et l'animal augmente la valeur sélective de l'un et de l'autre. Au cours de la longue évolution de ce type de mutualisme, dont on trouve des traces dès le Jurassique (Ferry, 1985), plantes et animaux ont développé des traits qui favorisent l'efficacité des différents systèmes que l'évolution a développés (voir encadré 1.1) pour assurer le « contrat » passé entre la plante et le vecteur de dispersion.

Les traits des plantes *zoochores* et ceux des animaux qui les dispersent varient selon que la plante concernée est endo- ou syn-zoochore.

## Encadré 1.1.

### Les différents systèmes de dispersion des diaspores végétales

*J. Blondel*

Les plantes peuvent être classées en plusieurs catégories selon la manière dont leurs propagules sont dispersées. Les termes utilisés pour décrire les différents systèmes sont formés du préfixe désignant le vecteur et du suffixe « chore » (du grec *choros*, dispersion) : les plantes sont dites *autochores* quand elles assurent elles-mêmes leur dispersion par des mécanismes variés tel celui de la cardamine dont la gousse, en se desséchant, éclate brusquement et projette ses graines au loin. Elles sont dites *hydrochores* quand leurs diaspores sont véhiculées par l'eau (châtaigne d'eau), *anémochores* quand elles le sont par le vent (pissenlit, érables, pins).

Mais les agents de dispersion de loin les plus répandus sont les animaux, surtout les vertébrés, oiseaux et mammifères. Les plantes utilisant ce mode de dispersion sont dites *zoochores* (myrmécochores, ornithochores, thérochores selon que les agents de dispersion sont des fourmis, des oiseaux ou des mammifères). Elles sont dites *epizoochores*



quand les diaspores s'accrochent au moyen de crochets variés ou se fixent grâce à des substances collantes sur le pelage d'un mammifère ou le plumage d'un oiseau (exemple : *Bidens*). Elles sont dites *endozoochores* quand elles sont emballées dans un mésocarpe riche en éléments nutritifs que l'animal transporteur, généralement un oiseau, avale et dont il régurgitera ou déféquera la graine à une certaine distance. Enfin, les plantes *synzoochores* ont recours à un autre « contrat » avec l'animal qui disséminera leurs diaspores. Le mécanisme repose sur le stockage par l'animal des diaspores dans des caches qui seront exploitées plus tard par leur propriétaire, généralement en hiver. Mais les caches ne sont jamais toutes retrouvées de sorte que le surplus de diaspores intactes, qui ont été cachées mais sont restées inexploitées, représente un stock de graines efficacement « plantées » par l'animal. La zoochorie a donné lieu à des coadaptations parfois très sophistiquées au point de résulter dans des relations symbiotiques étroites.

### 3.1.1 Traits des espèces endozoochores

Les diaspores des espèces endozoochores présentent toujours des caractères qui les rendent attractives et faciles d'accès : exposition à l'extrémité des tiges, taille adaptée à celle du bec des oiseaux, couleurs voyantes (les oiseaux sont des animaux essentiellement visuels), durée de disponibilité correspondant à la période de présence des agents disperseurs (oiseaux migrateurs par exemple). Le contenu nutritif des fruits des espèces endozoochores est généralement riche en eau, en sucres et en carbohydrates qui seront métabolisés en graisse utilisée comme combustible, notamment par les migrants transsahariens qui ont besoin de stocker de grandes quantités d'énergie pour accomplir leur voyage à travers la mer Méditerranée puis le Sahara. Exprimés en calories, les tissus fabriqués par la plante sont en quelque sorte le prix qu'elle paie à l'animal pour que ce dernier transporte ses diaspores. Quant à l'embryon, bien protégé, il sera « semé » par l'animal quand il le déféquera ou le régurgitera à une certaine distance de la plante mère. Sous nos latitudes, des exemples d'oiseaux disperseurs de plantes endozoochores sont les Merles et Grives (*Turdus* pp.), Rouge-gorge (*Erithacus rubecula*), fauvettes (*Sylvia* spp. : Figure 1.3.A.) qui, surtout en automne et au début de l'hiver, dispersent les diaspores de ronces (*Rubus*), sureaux (*Sambucus*), sorbiers (*Sorbus*), cornouillers (*Cornus*), viornes (*Viburnum*), lierres (*Hedera*), filaires (*Phillyrea* : Figure 1.3.B.), etc. (Herrera, 1992 ; Debussche et Isenmann, 1994). Après avoir consommé les fruits visqueux du gui, la Grive draine (*Turdus viscivorus*) défèque les graines qui se collent au tronc des arbres où ils s'enracinent.

Les fruits n'étant disponibles que saisonnièrement sous nos latitudes, les oiseaux doivent utiliser d'autres sources de nourriture quand les fruits sont absents de sorte que les systèmes de coadaptation qui se sont établis entre les plantes et eux ne sont pas très développés (Herrera, 1992). En revanche, dans les régions tropicales où des fruits sont disponibles toute l'année, on trouve des coadaptations beaucoup plus étroites au point que les oiseaux et les plantes qu'ils dispersent ne peuvent plus se passer les uns des autres, les oiseaux ne se nourrissant plus que des fruits des plantes qu'ils dispersent. Snow (1976) décrit comment plusieurs groupes

**Figure 1.3.A.** Fauvette à tête noire : fauvette dispersant les fruits de plantes endozoochores, ici une baie de lierre apportée à ses jeunes.



(© J. Blondel.)

**Figure 1.3.B.** Fruits de filaire (*Phillyrea angustifolia*), l'un des arbustes assurant une grande partie de la nourriture de très nombreuses espèces de passereaux à l'automne et en hiver en région méditerranéenne.



(© J. Blondel.)

**Figure 1.3.C.** Geai : oiseau caractéristique des grandes forêts dont il contribue à assurer la régénération et la mobilité de végétaux synzoochores en dispersant les glands et les faines.



(© P. Perret.)

d'oiseaux tropicaux, tels que les Cotingidés ou les Pipridés, montrent des adaptations complexes à leur régime alimentaire exclusivement basé sur des fruits endozoochores. Les fruits de nombreux arbres (Lauracées, Burseracées, Myrtacées) ont l'allure d'olives pourvues d'un gros noyau qui sera régurgité par l'oiseau. La pulpe est peu épaisse mais très nourrissante, riche en lipides et protéines, fournissant ainsi à l'oiseau un régime équilibré, même pour les jeunes oiseaux



en pleine croissance. C'est au point que beaucoup d'espèces d'oiseaux tropicaux sont frugivores toute l'année et à tous les stades de leur vie.

Lorsque les diaspores sont dispersées par les mammifères, elles ont développé une odeur qui leur permet d'être repérées par l'animal auquel elles sont « destinées » (e.g. framboises). Van der Pijl (1972) a montré que les fruits de plantes adaptées à la dispersion par les chauves-souris présentent des caractères qui les rendent attractives pour ces mammifères : 1) ils sont exposés à l'extérieur de la frondaison des arbres, 2) ils sont odorants, l'odeur ne s'exhalant que la nuit lorsque les chauves-souris sont actives, 3) ils sont de couleur terne, parfois blanche (les chauves-souris ne voient pas les couleurs), 4) ils offrent un jus abondant et nourrissant, facile à digérer, 5) les graines sont dures et assez grosses ; elles seront régurgitées intactes par l'animal.

### 3.1.2 Traits des espèces synzoochores

Chez les espèces synzoochores, les diaspores sont généralement assez grosses et protégées par un péricarpe résistant (e.g. noisette). La plupart d'entre elles sont riches en éléments nutritifs, protéines et lipides. C'est le cas des glands qui sont activement dispersés par les corvidés et les mulots. Le biologiste tchèque Turcek a calculé qu'une population de Geai des chênes (*Garrulus glandarius* : Figure 1.3.C.) « plante », en les enfouissant dans le sol, environ 50 000 glands par hectare et par an, à peu près ce que fait le sylviculteur quand il replante une parcelle forestière (Turcek et Kelso, 1968) ! Plusieurs groupes d'oiseaux, les Paridés, les Sittelles, et les Corvidés, ont développé ces systèmes qui, chez certaines espèces, peuvent atteindre un degré élevé de sophistication et d'efficacité. Mais l'exemple le plus remarquable, sous nos latitudes, de coadaptation entre un oiseau et la plante qu'il disperse est celui du Casse-noix (*Nucifraga caryocatactes*) et du Pin arolle (*Pinus cembra*). Le Casse-noix cache en de multiples sites de son domaine vital toute la production annuelle de graines de pin arolle (jusqu'à 400 000 graines par ha) à raison d'une dizaine de graines par cache. Le Pin arolle a développé des traits adaptés à son mode de dispersion : les graines sont cachées sous les écailles indéhiscents du cône qui doit être arraché de la branche. Après quoi, l'oiseau emporte le cône et le dépose sur une enclume, pierre ou souche d'arbre. Les écailles seront enlevées une à une à l'aide de puissants coups de bec, puis les graines qu'elles protégeaient sont emportées pour être cachées par l'oiseau. Les graines, enveloppées dans une coque dure, doivent être « plantées » pour germer, faute de quoi elles sécheraient. Avec 6 700 calories par gramme (Crocq, 1990) dont un pourcentage élevé de lipides (50 %), elles sont très énergétiques, offrant toute la gamme des éléments nutritifs nécessaires au partenaire disperseur. C'est sur cette récolte que l'oiseau survivra presque toute l'année en consommant une centaine de graines par jour. Environ 30 % des caches ne sont pas exploitées, soit que l'oiseau les ait oubliées, soit que la récolte cachée ait été supérieure aux besoins de l'animal, soit que ce dernier soit mort entre-temps. Le mode de dispersion de cet arbre repose sur ces caches oubliées qui assurent leur régénération. Les petits bouquets de 3 à 10 plantules qu'on rencontre dans les cembraies des Alpes, souvent au pied d'un grand arbre, correspondent à la germination du contenu d'une cache

« oubliée ».

### 3.1.3 Traits des animaux vecteurs

Quant aux traits des animaux disperseurs de diaspores sujets à co-évolution, ils concernent le comportement de recherche de la nourriture, les adaptations anatomo-morphologiques facilitant la préhension puis la manipulation du fruit, enfin les adaptations physiologiques nécessaires à la digestion de ce dernier.

Snow (1976) a montré que la taille des fruits de beaucoup d'espèces de plantes endozoochores tropicales correspond exactement à la largeur de la cavité buccale de l'oiseau qui les disperse. Le casse-noix, qui consomme et disperse les graines de pin arolle, est équipé d'un bec puissant qui lui permet de faire sauter les écailles de la pomme de pin. L'oiseau possède aussi une poche sublinguale particulière qui lui permet d'emmagasiner une quinzaine de graines à la fois, ce nombre correspondant à la quantité que contient une seule cache. Finalement, dans certains cas, le passage par le tractus digestif de l'animal favorise la germination des graines, parce que les sucs digestifs de l'animal éliminent les inhibiteurs de germination (Turcek, 1961).

## 3.2. Dispersion des végétaux et dynamique des écosystèmes

### 3.2.1 Dispersion des végétaux et successions écologiques

Le processus de succession au cours duquel la végétation se reconstitue après une perturbation, comme un incendie ou une tempête, implique que les végétaux puissent se déplacer. Les premières espèces végétales à coloniser l'espace sont surtout des plantes herbacées dont la plupart sont anémochores. Stockées dans la banque de graines qui se trouve dans le sol, elles germent à la première occasion dès lors que la lumière inonde l'espace récemment perturbé. Elles seront peu à peu remplacées par des plantes buissonnantes endozoochores qui, elles-mêmes, céderont la place aux arbres synzoochores. La colonisation par les espèces buissonnantes puis par les arbres est essentiellement fondée sur la zoochorie. On observe en effet que les plantes zoochores augmentent à mesure que la succession se développe pour devenir prédominante dans les vieilles forêts (Blondel, 1995). Ferry (1985) a montré comment ces processus font partie d'une stratégie reproductrice très générale à l'échelle des écosystèmes forestiers. Dans les jeunes stades récemment ouverts par une perturbation, les propagules emportées par le vent sont petites mais très nombreuses, ce qui augmente les chances que quelques-unes soient amenées par hasard dans un milieu lointain où elles pourront attendre, grâce à leurs capacités de dormance au sein d'une banque de graines, que les conditions de leur germination soient remplies, c'est-à-dire qu'une perturbation ouvre le milieu. Puis, au fur et à mesure que la succession progresse, la proportion d'oiseaux frugivores augmente, tout comme celle des plantes ornithochores. Dans la vieille forêt, les propagules, plus grosses et moins nombreuses des plantes synzoochores, comme les glands des chênes ou les faines des hêtres, pourront, grâce à leur dissémination par les oiseaux et les mammifères qui les stockent dans des caches, se retrouver d'emblée dans un milieu favorable. C'est au point qu'il

existe une corrélation hautement significative entre l'abondance des plantes ornithochores et celle des oiseaux frugivores qui les dispersent (Ferry, 1985 ; Blondel, 1995).

Ce phénomène s'observe très bien lors de la reconquête de la forêt, par exemple après abandon des terres cultivées (Debussche et Isenmann, 1994 ; Debussche *et al.*, 1996 ; Herrera, 1995). L'investissement de nouveaux espaces par la forêt se fait schématiquement en trois vagues successives. Dans un premier temps arrivent les plantes anémochores, des herbacées d'abord, mais aussi des bouleaux, le tremble, le frêne et des érables. Ces arbres pionniers serviront de point d'appui aux oiseaux qui conduisent la deuxième vague, celle des plantes endozoochores, surtout des arbustes comme les *Prunus*, les sorbiers, les cornouillers et les genévriers. Sous eux, ce sont encore des oiseaux qui mèneront la troisième vague, celle des végétaux synzoochores comme les chênes et les hêtres. En quelques dizaines d'années, la forêt se sera reformée et abritera les animaux qui en constituent une partie indissociable. Ce processus, qui est spectaculaire au niveau des accrues forestières, se réalise continuellement au sein de la forêt dont il maintient la diversité floristique. Il s'agit d'une fonction essentielle pour la reconquête de la forêt en réponse à la déprise rurale et, de manière encore plus fondamentale, pour assurer la dynamique sylvigénétique consécutive aux perturbations au sein même des espaces forestiers.

### 3.2.2 Le flux et le reflux des ceintures de végétation au cours de l'histoire

Les grandes oscillations climatiques qui se manifestent depuis le Pliocène pour culminer depuis le début du Pléistocène se traduisent par une alternance de périodes dites « glaciaires » et de périodes « interglaciaires ». Ces changements qui se sont répétés une vingtaine de fois au cours des deux derniers millions d'années (ce sont les cycles de Milankovitch dont la périodicité est de l'ordre de 100 000 ans) ont entraîné des migrations de grande ampleur des ceintures de végétation et de leurs faunes associées qui ont dû trouver refuge dans l'espace méditerranéen. En effet, au plus fort des périodes glaciaires dont la mieux connue est la dernière (Würm-Weichsel, 115 000 à 13 000 avant le présent) parce qu'elle oblitère dans une large mesure les effets des précédentes, il n'y avait virtuellement aucune végétation arborée au nord des Alpes, des Pyrénées et des Carpates. Ces crises climatiques ont entraîné des transformations radicales dans les aires de distribution des ceintures de végétation et de leurs faunes associées. Les recherches palynologiques (Pons, 1981) paléoécologiques (Huntley et Birks, 1983) et phylogéographiques (Petit *et al.*, 1997), soulignent toutes une grande dynamique de la couverture végétale de l'Europe en fonction des variations climatiques. Toutes mettent en évidence la rapidité des transformations entre le Tardiglaciaire (début de la déglaciation de l'Europe) et la période historique avec, notamment, une emprise considérable des forêts mésophiles à l'Atlantique (7 500 – 4 000 avant le présent), qu'on appelle aussi « l'optimum climatique », juste avant que l'intervention des humains sur les paysages devienne massive.

Ces témoignages du passé illustrent les capacités de

déplacement des végétaux rendues possibles par la fonction de dispersion des diaspores dont les différentes modalités ont été expliquées ci-dessus. Ces travaux ont en particulier permis de reconstituer le tempo et le mode de recolonisation de l'Europe moyenne et septentrionale après la dernière glaciation. Dès le Tardiglaciaire, il y a quelque 18 000 ans, la chênaie est remontée vers le nord depuis ses refuges méditerranéens à travers l'Europe moyenne et jusqu'à la Scandinavie en moins de 3 000 ans. Si les chênes du genre *Quercus* spp. ont fait ce voyage de quelque 1 000 km à la vitesse de 300 mètres par an, c'est, bien sûr, parce que l'enveloppe thermique appropriée se déplaçait vers le nord, mais aussi parce que les glands étaient continuellement disséminés par les oiseaux et mammifères qui repoussaient vers le nord la « zone de combat » entre forêt et milieux ouverts.

## 4. CONCLUSIONS

Ce chapitre illustre que ce sont les caractéristiques fonctionnelles des organismes plus que leur identité taxinomique ou leur nombre qui ont un impact sur le fonctionnement et la dynamique des écosystèmes. Pour les végétaux, les traits de l'appareil végétatif influent sur le fonctionnement instantané de l'écosystème (*e.g.* productivité primaire), alors que les traits du système reproducteur (fleurs et fruits) conditionnent leurs relations avec les vecteurs de pollinisation et de dispersion. Ceci se répercute sur la production de graines et le remplacement des espèces dans les communautés, et donc a un effet sur le fonctionnement des écosystèmes à plus long terme. Dans ces deux derniers cas, la co-évolution entre traits des plantes et traits des vecteurs de pollinisation et de dispersion apparaît *in fine* comme un mécanisme essentiel pour maintenir l'intégrité de ces processus. Les relations entre traits des organismes et processus écosystémiques ne se limitent pas aux exemples présentés dans ce chapitre : une revue récente montre en effet que de nombreux groupes d'organismes participent à différents aspects du fonctionnement des écosystèmes *via* leurs traits (de Bello *et al.*, 2010).

Il faut bien comprendre que le volet fonctionnel de la diversité biologique implique l'ensemble des organismes d'un écosystème, et pas uniquement la fraction de ces organismes dont la valeur patrimoniale est reconnue. En d'autres termes, ce qui fait la biodiversité est moins un nombre d'espèces ou une quantité d'individus que les relations fonctionnelles qui s'établissent entre eux. Ce constat a conduit à la prise de conscience que la préservation du fonctionnement des écosystèmes et des services que ces derniers rendent aux sociétés humaines devait constituer un aspect important de la conservation de la biodiversité (Millennium Ecosystem Assessment, 2005, Blondel 2012). Il apparaît donc important et urgent que ces actions de conservation prennent en considération cette double perspective, patrimoniale et fonctionnelle, attachée à la biodiversité (voir par exemple Haslett *et al.*, 2010).

Les informations fournies par les archives fossiles sont d'autant plus précieuses qu'on a du mal à s'imaginer que

## Encadré 1.2.



### Qualité de l'environnement, plasticité phénotypique et potentiel évolutif

*A. Charmantier*

Lorsqu'ils sont confrontés à des conditions environnementales nouvelles et contraignantes, les individus d'une population peuvent s'y adapter de plusieurs manières. Trois modalités de réponses possibles ont été illustrées récemment. Leur analyse est rendue possible par l'existence de longues séries temporelles d'observations dans des populations naturelles qui subissent les effets multiples des changements globaux, et notamment des changements climatiques.

La première réponse d'individus soumis à de nouvelles contraintes environnementales est de pratiquer une « traque à l'habitat » en se déplaçant en même temps que leur habitat. Ainsi, les exemples abondent de changements de distribution géographique chez de nombreuses espèces d'animaux et de plantes qui se déplacent en latitude et/ou en altitude (voir la revue de Parmesan, 2006). De tels changements peuvent être décrits en étudiant l'aire de distribution totale d'une espèce ou d'un groupe d'espèces données (par ex. chez les papillons, Parmesan *et al.*, 1999), ou en mesurant le changement de composition d'une communauté d'espèces dans une zone géographique déterminée (Devictor *et al.*, 2008).

Une deuxième réponse consiste à changer de comportement en modifiant sa phénologie, par exemple, les dates de germination, de floraison, de fructification pour les plantes, ou les dates de migration, de reproduction, d'hibernation pour les animaux. Ces modifications de caractères peuvent être le fait d'une plasticité phénotypique (Pigliucci, 2001), c'est-à-dire qu'un génotype donné change d'expression phénotypique en fonction du milieu. Dans ce cas, chaque individu a la possibilité de réajuster son cycle de vie en réponse aux fluctuations de l'environnement : un individu pourra alors se reproduire tôt les années chaudes, et plus tardivement les années froides.

La troisième solution consiste à répondre aux nouveaux régimes de sélection au moyen d'un processus de microévolution (Merilä *et al.*, 2001) : la composition génétique de la population change alors au cours du temps, et évolue sous l'effet de la sélection naturelle, qui défavorise les individus mal adaptés aux nouvelles conditions environnementales. C'est ainsi, par exemple, qu'en réponse au réchauffement climatique, les individus précoces sont favorisés par la sélection (ils bénéficient d'une meilleure survie ou d'une meilleure reproduction), ce qui fait que la population se reproduit de plus en plus tôt au fil des générations.

Les exemples de modification de la phénologie des espèces en réponse au réchauffement du climat sont de plus en plus nombreux (Crick and Sparks 1999), mais il est souvent impossible de distinguer si ces décalages relèvent d'une plasticité individuelle, ou de processus microévolutifs. Pourtant, ces deux mécanismes impliquent des réponses différentes. Il est alors nécessaire de les identifier, notamment pour pouvoir prédire à quelle vitesse peut

se faire l'adaptation. Seuls des suivis individuels à long terme en conditions naturelles permettent d'y parvenir. Une étude sur 47 années de la Mouette scopuline (*Larus novaehollandiae scopulinus*) en Nouvelle-Zélande fournit l'exemple d'une telle approche. Les auteurs de ces travaux ont montré que la dégradation de l'environnement induit une réduction du poids des individus reproducteurs, non pas du fait d'une réponse génétique adaptative, mais du fait d'une plasticité individuelle, qui pourrait être le signe d'un stress subi par ces oiseaux (Teplitsky *et al.*, 2008).

La plasticité individuelle peut parfois être suffisante pour assurer un ajustement au changement. Dans une population de Mésange charbonnière (*Parus major*), un suivi annuel de la reproduction avec marquage individuel de tous les parents et de leur poussin, sur un demi-siècle, a permis de montrer que, depuis 1961, les oiseaux ont avancé leur date de ponte de 14 jours en moyenne (Charmantier *et al.*, 2008). Les oiseaux ont donc réussi à se « recalcr » sur leurs proies principales, les chenilles, dont l'abondance a, elle aussi, été avancée de 14 jours. Le suivi individuel de ces oiseaux a permis de conclure que cette adaptation rapide du comportement de reproduction des mésanges au réchauffement climatique printanier est le résultat d'une plasticité individuelle, chaque femelle ajustant chaque année sa date de reproduction en fonction de la température printanière, plutôt que d'une évolution de la composition génétique de la population. Il est cependant probable que cette étonnante plasticité ne sera pas suffisante pour faire face à l'augmentation prédite des températures au cours du XXI<sup>e</sup> siècle et que ces oiseaux souffriront alors d'un décalage temporel entre leur reproduction et l'abondance de leurs proies. Un tel décalage a déjà été observé chez cette espèce dans d'autres populations européennes (notamment aux Pays-Bas, où les mésanges charbonnières sont en déclin) (Nussey *et al.*, 2005).

Si une réponse plastique n'est pas possible, par exemple du fait de contraintes physiologiques qui empêchent les individus de modifier suffisamment leur phénotype pour s'adapter au changement de l'environnement, l'avenir des populations repose alors sur le potentiel évolutif de la population. Cette capacité à répondre aux contraintes par l'évolution dépend de deux paramètres mesurables : la sélection et l'héritabilité. Le trait d'histoire de vie dont dépend l'adaptation (par exemple les dates de migration, ou la flexibilité dans les dates de migration) évoluera si ce caractère est sélectionné, et s'il est héritable, c'est-à-dire si une part non négligeable de la variance dans ce trait est déterminée par les gènes. L'étude de la sélection et de l'héritabilité relève de la génétique quantitative (Falconer and Mackay, 1996), qui compare les performances entre individus apparentés pour déterminer la part de la variance d'un caractère qui est attribuable aux effets génétiques. Héritabilité et sélection sont des paramètres qui changent entre populations, mais qui peuvent



aussi varier en fonction des conditions environnementales (Charmantier and Garant, 2005). Une étude sur le poids à la naissance des moutons de Soay (*Ovis aries*) sur l'île écosaisse de Hirta a montré que les années caractérisées par une bonne survie des agneaux, la force de la sélection naturelle opérant sur leur poids est faible mais la variance héritable est élevée, l'inverse se produisant les années de mauvaise survie (Wilson *et al.*, 2006). Cette association négative entre héritabilité et sélection, si elle se confirme dans d'autres systèmes, pourrait limiter le taux d'évolution des caractères tout en maintenant leur variance additive génétique.

Il est à noter que l'évolution d'un caractère pour répondre à un changement dans l'environnement ne dépend pas seulement de sa transmission génétique, mais aussi potentiellement de sa transmission culturelle, même si le domaine de nos connaissances sur l'hérédité non génétique reste très restreint (Bonduriansky and Day, 2009). Malheureusement, les études testant une microévolution en réponse aux changements de l'environnement sont encore rares (mais voir par ex. Berthold *et al.*, 1992), ce qui nous empêche aujourd'hui de généraliser sur le potentiel évolutif des populations face aux changements drastiques et rapides de leurs milieux (Pulido and Berthold, 2004).

Dans de nombreux cas d'étude, l'adaptation par plasticité ou microévolution n'est pas possible, et les populations subissent alors d'importants déclin d'effectifs, voire des extinctions. Un cas emblématique est celui des manchots empereurs (*Aptenodytes forsteri*) qui connaissent des déclin dramatiques d'effectifs dans toute leur aire de répartition, et particulièrement dans la Péninsule Antarctique occidentale, du fait du recul de la banquise (Gross, 2005).

C'est aussi le sort de nombreuses espèces qui sont affectées par un décalage croissant des cycles de vie entre prédateur et proie (comme dans le cas des mésanges), entre parasite et hôte, ou entre pollinisateurs et plantes à fleurs (Harrington *et al.*, 1999).

Finalement, une question est récurrente lorsque l'on s'intéresse à l'adaptation des populations face aux changements globaux : les glissements d'aire de distribution des espèces et les décalages dans le cycle annuel seront-ils suffisamment rapides et significatifs pour permettre une adaptation continue des populations (Visser, 2008) ? La plasticité phénotypique observée, par exemple chez la mésange charbonnière avançant sa date de reproduction en moyenne de deux semaines en moins de cinq décennies, permet une réponse rapide, mais limitée. Par ailleurs, cette réponse peut même être mal adaptative si les indices utilisés pour opérer les choix sont eux-mêmes affectés par les changements de l'environnement, et en deviennent trompeurs (Visser *et al.*, 2004).

L'étude de la dynamique éco-évolutive des populations, qui relie l'évolution des traits d'histoire de vie, telle qu'elle fut discutée ici, et la dynamique des populations est une nouvelle approche prometteuse (Pelletier *et al.*, 2007). Ce cadre d'étude permettra d'évaluer les conséquences écologiques des changements de l'environnement sur la viabilité des populations. Cette étape est nécessaire si l'écologie évolutive a l'ambition d'utiliser les scénarios socio-économiques du Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Évolution du Climat (GIEC) pour prédire les tendances d'effectifs des populations en prenant en compte leur taux d'adaptation par microévolution.

## Encadré 1.3.

### Quand les parasites influencent la biodiversité locale

F. Thomas

De nombreux facteurs, dont les interactions entre espèces (compétition, prédation, parasitisme, mutualisme) influencent la structure et la diversité des assemblages d'espèces. Comparées aux interactions impliquant des organismes libres (*i.e.* la compétition, la prédation), celles impliquant des parasites ont longtemps été oubliées par les écologues. Il est à présent établi de façon théorique et expérimentale que les parasites peuvent jouer un rôle majeur sur les processus qui maintiennent la biodiversité locale.

#### Parasitisme et compétition apparente

Lorsque deux espèces A et B sont en compétition pour des ressources identiques de l'écosystème et qu'un parasite affecte principalement la valeur sélective de l'espèce A, cette dernière est désavantagée vis-à-vis de l'espèce B. En fonction



du rapport de force initial entre les espèces concurrentes, et de l'intensité de la variance dans la susceptibilité à l'infection, on peut avoir exclusion de l'espèce dominante ou dominée ou coexistence des deux taxons. Les effets sur la biodiversité peuvent ainsi être positifs ou négatifs (Combes 1996). Il existe de nombreux exemples d'arbitrages parasitaires. L'exemple le plus ancien concerne les travaux de Park en 1948. Le travail de Park portait sur les interactions entre deux espèces de coléoptères ténébrionidés (*Tribolium castaneum* et *T. confusum*). Lorsque ces deux espèces sont maintenues ensemble en captivité *T. confusum* est amené la plupart du temps à l'extinction, suggérant que *T. castaneum* possède un avantage compétitif sur l'autre espèce. Cependant, lorsque le sporozoaire *Adelina tribolii* est ajouté au dispositif, la tendance s'inverse et *T. confusum* apparaît alors comme un meilleur compétiteur. *T. castaneum* est plus vulnérable au parasite que *T. confusum*, et ceci explique l'inversion de

l'issue de la compétition entre les deux coléoptères. Les mécanismes intervenant dans la compétition apparente ne se limitent pas aux phénomènes de mortalité différentielle, ils peuvent aussi se situer au niveau de la fécondité des hôtes (Jaenike, 1992). Les répercussions de l'arbitrage parasitaire sur la biodiversité dans l'écosystème sont d'autant plus importantes que l'espèce la plus affectée par le parasite est compétitive. Pour beaucoup d'écologues, l'arbitrage parasitaire est une interaction d'importance tout aussi majeure dans les écosystèmes que la compétition directe ou la prédation.

### **Parasitisme, stabilité de l'écosystème et effets en cascade**

Lorsqu'un parasite affecte la démographie d'une ou plusieurs espèces, son impact peut se ressentir non seulement sur la communauté des compétiteurs, mais aussi sur celle des proies et des prédateurs. Par exemple, quand une épidémie affecte un prédateur, on peut assister à l'explosion démographique des espèces de proies habituellement régulées par ce prédateur. Ces phénomènes constituent des risques importants de déstabilisation de l'écosystème et conduisent souvent, par des processus en cascade, à des effets négatifs sur la biodiversité locale. La disparition de parasites normalement présents, peut aussi être à l'origine de perturbations spectaculaires dans un écosystème (Plowright, 1982 ; Dobson, 1995a, b).

### **Parasites et organismes ingénieurs des écosystèmes**

Parce que les parasites peuvent modifier les traits phénotypiques de leurs hôtes, ils peuvent aussi directement influencer les fonctions d'ingénieur de ces derniers, ou bien agir eux-mêmes comme ingénieurs (Thomas *et al.*, 1999). Par exemple, beaucoup d'organismes libres ont un rôle d'ingénieur autogène car ils procurent un espace exploitable pour d'autres espèces (arbres, coquilles de mollusques marins, etc.). Les parasites perturbant la croissance de ces espèces auront indirectement des conséquences sur la communauté des épibiontes. Également, une conséquence classique de nombreuses infections est une baisse d'activité comportementale. En réduisant l'activité de son hôte, un parasite peut avoir un impact sur le rôle d'ingénieur de ce dernier. Chez les herbivores les parasites gastro-intestinaux peuvent avoir un effet indirect sur les communautés de végétaux rien qu'en jouant sur l'appétit de leurs hôtes. En modifiant le phénotype comportemental de leurs hôtes, les parasites peuvent créer une nouvelle ressource ou un nouvel habitat pour d'autres espèces. L'association entre la coque *Austrovenus stutchburyi*, le parasite *Curtuteria australis* (trématode) et différents invertébrés se servant de la surface de la coque comme substrat, illustre ce type d'interactions (Thomas *et al.*, 1998 ; Mouritsen et Poulin, 2005) : les coques parasitées à la surface du sédiment sont différenciellement colonisées par les invertébrés comparées aux coques saines sous le sédiment. En modifiant un trait particulier de l'hôte, un parasite peut être aussi responsable de la création d'un habitat, c'est-à-dire qu'il va générer chez l'hôte une fonction d'ingénieur qui n'existait pas auparavant. C'est par exemple le cas dans l'association entre le crabe *Carcinus maenas* et le parasite *Sacculina carcini* (crustacé) : le parasite en stoppant la mue de son hôte transforme ce dernier en un substrat stable permettant à de nombreux organismes de s'y fixer.

Le rôle des parasites dans les processus d'ingénierie est également fondamental pour la structure des communautés parasitaires elles-mêmes. En conditions naturelles, les espèces hôtes sont le plus souvent infectées par plusieurs

espèces de parasites. Tout parasite changeant les caractéristiques (comportementales, physiologiques, etc.) de son hôte, modifie en même temps les propriétés écologiques de l'habitat des autres parasites. Par exemple, les parasites induisant une immuno-suppression contrôlent la disponibilité des ressources pour un grand nombre d'autres espèces parasites (e.g. Virus de l'Immuno-déficience Humaine).

### **Parasitisme et diversité intraspécifique**

Les parasites peuvent influencer la diversité intraspécifique de plusieurs façons. Buckling et Rainey (2002) ont par exemple montré expérimentalement avec des populations de bactéries qu'en absence de bactériophage, on observe une importante diversification sympatrique (intra-réplicat) des bactéries, et par contre, une faible différenciation allopatrique (inter-réplicats). En absence de bactériophages, on observe la tendance inverse. La forte croissance des populations bactériennes en absence de bactériophages se traduit par une forte compétition intraspécifique qui favorise la diversification locale des bactéries dans les microcosmes du dispositif expérimental. Toutefois, comme ceci se produit dans tous les réplicats, la diversification observée entre les réplicats est comparable. En présence de bactériophages, les populations de bactéries sont contrôlées démographiquement, et demeurent en dessous d'un seuil où la compétition a des effets notables. La diversification sympatrique est alors faible. Par contre, entre les réplicats, la diversification s'accroît au cours du temps du fait de la sélection, dans chaque réplicat, de résistances aux bactériophages.

La dispersion des gènes au travers des déplacements d'individus est un facteur influençant de façon majeure le niveau de structuration génétique des populations sauvages. Sachant que de nombreux parasites induisent chez leurs hôtes une baisse d'activité, il existe probablement des relations entre les capacités de dispersion des populations et leurs charges parasitaires moyennes. Ces phénomènes restent toutefois à quantifier.

Le polymorphisme génétique des populations peut aussi être directement influencé par les pressions parasitaires. Par exemple, chez l'homme, la diversité génétique des gènes du système HLA (pour Human Leucocyte Antigen, aussi connu sous le nom de Major Histocompatibility Complex ou MHC ; complexe de gènes jouant un rôle central dans la reconnaissance du non-soi et la présentation de ce non-soi aux cellules effectrices du système immunitaire) est positivement corrélée à la diversité des pathogènes auxquels les populations humaines sont exposées (Prugnolles *et al.*, 2005).

### **Faut-il conserver les parasites ?**

Au vu des effets possibles des parasites sur la biodiversité, leur prise en compte en biologie de la conservation est sur le principe une évidence (Poulin, 1999 ; Torchin *et al.*, 2002 ; Lafferty et Kuris, 2005 ; Kuris *et al.*, 2008). Malgré l'avancée des connaissances sur le rôle des parasites dans les écosystèmes, leur intégration dans des programmes de gestion de milieux naturels et de conservation reste toutefois limitée. Parmi les exceptions, on peut citer la prise en compte du risque parasitaire dans les opérations d'apport artificiel de nourriture aux populations sauvages (Wright et Gompper, 2005), ou dans les opérations de translocations d'animaux. À ce jour, la prise en compte du parasitisme en biologie de la conservation reste une thématique en pleine phase exploratoire (Cleaveland *et al.*, 2002). De nombreuses questions et pistes de recherches sont clairement identifiées mais demeurent sans réponse à l'heure actuelle.

## Encadré 1.4.

### Physiologie de la conservation

*J. Blondel*

Les sciences de la conservation ont pour fonction de fournir au gestionnaire des informations sur les mécanismes qui sont à l'origine des problèmes qu'ils ont à résoudre, par exemple lutter contre le déclin des populations. Très souvent, la solution de ces problèmes passe par des techniques qui relèvent de la physiologie. D'où l'émergence récente d'une physiologie de la conservation (Wikelski et Cooke, 2006) dont l'objectif est de comprendre les réponses physiologiques des organismes aux changements de leur environnement. Un exemple historique est la démonstration d'une relation causale entre le DDT (dichloro-diphenyl-trichloroéthane) et la baisse de fécondité des grands prédateurs, notamment du faucon pèlerin, cette démonstration ayant été nécessaire pour étayer et justifier la prohibition de l'usage des substances à base de DDT presque partout dans le monde. La physiologie de la conservation va au-delà de la constatation des faits, son objectif étant de comprendre les mécanismes causaux des problèmes à résoudre, ces mécanismes relevant du fonctionnement global de l'organisme, de sa fenêtre de réponse à l'environnement thermique, de son métabolisme, de ses réponses endocrines au changement ou des altérations de ses défenses immunitaires.

D'une manière générale, la question revient à comprendre en quoi les activités humaines sont génératrices de stress chez les animaux, l'agent de stress étant un stimulus nocif pour l'organisme et la réponse au stress étant la suite de mécanismes physiologiques, démographiques et comportementaux développés par l'organisme pour y faire face. La plupart des agents de stress altèrent la balance énergétique de l'organisme, affectent ses compétences immunitaires et/ou diminuent ses performances démographiques. De nombreuses techniques permettent aujourd'hui de détecter des symptômes de stress. On peut utiliser la biotélémétrie pour enregistrer en temps réel et de manière non invasive les transformations comportementales et physiologiques, ou réaliser des dosages biochimiques pour détecter des dysfonctionnements endocrines. De tels outils sont applicables chez toutes sortes d'animaux, y compris des insectes, grâce à la miniaturisation des sondes et à leur sophistication qui permet d'enregistrer de nombreux paramètres simultanément (température, rythmes cardiaques, vitesse de respiration, battements d'aile, profondeur de plongée des oiseaux piscivores etc.). Bien d'autres techniques sont utilisables, par exemple l'eau doublement marquée qui, par la quantité de CO<sub>2</sub> produite par la respiration en mesurant le taux de renouvellement des isotopes d'oxygène, permet de mesurer les variations de taux métabolique en fonction des contraintes de l'environnement. Les performances reproductrices d'animaux en réel danger d'extinction de même que les niveaux de stress qu'ils subissent peuvent être évalués à partir de l'examen non invasif des stéroïdes fécaux (Millsbaugh et Washburn, 2004). Des dosages d'hormones



de stress sur des animaux soumis à des altérations de leur habitat ou à des fréquences trop élevées de dérangement sont vulnérables à des pathologies génératrices de troubles physiologiques, comportementaux et démographiques. On a pu démontrer par exemple que le grimpeur des bois, espèce des vieilles forêts mûres, présente des taux de corticostérone plus élevés dans les îlots forestiers isolés que dans la forêt profonde qui est son habitat naturel (Suorsa *et al.*, 2003). Les dosages d'hormones de stress, en particulier les glucocorticoïdes, sont aujourd'hui utilisés comme indices physiologiques de la condition corporelle et de l'état de santé des individus dans la nature. Un exemple classique est celui de la chouette tachetée de Californie dont on a montré que des activités humaines relativement bénignes telles que l'écotourisme, la randonnée ou le trafic routier, sans parler des coupes de bois, déclenchent une augmentation significative des niveaux de glucocorticoïdes (Rich et Romero, 2005). On a démontré par exemple que la pratique des sports de neige hors-piste provoque un stress chronique chez les populations de galliformes d'altitude, tétras-lyres ou grands tétras, avec des conséquences négatives sur leur comportement et leur reproduction (Arlettaz *et al.*, 2007). Bien d'autres exemples pourraient être cités, qui montrent la vulnérabilité des organismes aux facteurs de stress. Passer près d'une colonie de manchots augmente le rythme cardiaque des oiseaux ; la visite, même à distance, d'une colonie de manchots empereurs provoque une augmentation de 10 % du budget énergétique de ces oiseaux ; le dérangement intempestif d'une ronde de mésange et de roitelets peut compromettre la survie de ces petits organismes qui doivent se nourrir de l'aube au crépuscule sans répit pendant les brèves journées de l'hiver scandinave pour boucler leur budget énergétique. Même la capture d'oiseaux aux fins de baguage pour étudier leur migration, qui se pratique depuis plus d'un siècle, entraîne des troubles physiologiquement mesurables, sans parler des multiples systèmes de marques visuelles, plaques colorées, tags divers dont on affuble les animaux pour les reconnaître à distance.

Dans certains cas par contre, les contrôles physiologiques peuvent révéler une absence de réponse, pouvant aller jusqu'à justifier la levée d'une réglementation trop sévère : les célèbres iguanes marins des îles Galapagos sont totalement insensibles à la visite des touristes, tout comme les fous de bassan de l'île Bonaventure, au Canada, qui ne sont séparés du flot ininterrompu de touristes que par une simple barrière en bois. Quant à bien des mammifères marins, ils sont insensibles à la présence humaine et certains, comme de nombreuses espèces de dauphins, semblent même la rechercher. Une étude soignée de l'impact d'études à long terme sur le phoque moine des îles Hawaïi, qui comprenaient même des prises de sang et la pose de sondes radio n'a révélé aucun effet sur un échantillon de 549 individus (Baker et Johanos, 2002).



Bien que l'interprétation des mesures physiologiques soit parfois délicate et pas toujours dépourvue d'ambiguïtés, la physiologie de la conservation peut être un outil précieux pour ajuster les pressions d'origine anthropique au type de réponse qu'elles suscitent de la part des animaux. Sachant aussi l'importance de l'enveloppe thermique des organismes dans la définition de leurs aires de distribution, ce champ disciplinaire doit aussi permettre de prédire les réponses des organismes au glissement de

ces enveloppes consécutif aux dérèglements climatiques. Mais bien d'autres questions pourraient aussi être abordées : comment identifier et mesurer au mieux les facteurs de stress les plus préjudiciables à l'organisme cible, comment construire des programmes de gestion permettant de les éviter ou les éliminer, comment construire une base de données identifiant les questions et problèmes que les gestionnaires pourraient prendre en compte dans leur agenda et programmes d'action.

## Encadré 1.5.

### Paléobiologie et conservation

*J. Blondel*

L'analyse des données géo-historiques joue un rôle croissant dans les sciences de la conservation parce que les archives fossiles peuvent être mises à profit pour comprendre les réponses écologiques et évolutives des organismes aux changements de leur environnement. Les archives d'un passé relativement récent (dizaines à centaines de milliers d'années) ou plus profond (millions à dizaines de millions d'années, voire davantage) peuvent nous aider à identifier les espèces qui risquent d'être les plus vulnérables au changement ainsi que la nature de leurs réponses aux modifications de leur environnement.

Par rapport à la plupart des études sur la conservation qui se situent à des échelles de temps de l'ordre de quelques années à dizaines d'années, les archives fossiles permettent d'identifier des phénomènes et processus qui opèrent à des échelles de temps inaccessibles à l'expérience humaine. L'identification de processus qui ont lieu juste avant ou juste après un événement biotique ou abiotique majeur peut être particulièrement instructive. C'est ainsi par exemple que la démonstration d'une forte intensification des dégâts causés au feuillage des angiospermes (plantes à fleurs) par des insectes défoliateurs lors du maximum thermique de la transition entre le Paléocène et l'Éocène (55,8 millions d'années) est un excellent exemple de ce que peut nous apprendre le passé sur les conséquences possibles du réchauffement climatique en cours sur les interactions plantes-insectes (Currano *et al.*, 2008). Un autre exemple se rapportant à des échelles de temps plus courtes est une démonstration du caractère spontané ou non d'espèces dont on ne sait si elles sont autochtones ou introduites par les humains. Leeuwen et ses collaborateurs (2008) ont démontré à partir de séries palynologiques qu'au moins six espèces de plantes réputées envahissantes étaient en réalité présentes dans l'archipel des Galapagos bien avant l'invasion de ce dernier par les humains. Chercher à les éradiquer sous prétexte que leur présence sur ces îles est d'origine anthropique aurait donc été une erreur. Les données géo-historiques peuvent aussi nous renseigner sur le tempo et le mode par lesquels les organismes pratiquent une traque à l'habitat leur permettant



de répondre au changement climatique. C'est ainsi par exemple que Greenstein et Pandolfi (2008) ont reconstitué la manière dont les récifs coralliens d'Australie occidentale ont répondu aux flexures climatiques qui se sont manifestées depuis le Pléistocène tardif. Ils ont en particulier montré comment plusieurs espèces de coraux ont contracté leurs aires de distribution en direction des tropiques en réponse à une chute de la température de l'eau de 2 °C depuis le dernier interglaciaire (environ 120 000 ans). Le cas du Renard arctique (*Alopex lagopus*) est particulièrement intéressant. À partir d'analyses de génétique moléculaire basées sur l'ADN ancien, Dalén et ses collègues (2007) ont montré que cette espèce fut incapable de suivre le déplacement de son habitat alors que son enveloppe thermique se déplaçait vers le nord, d'où l'extinction de l'espèce sur la plus grande partie de son aire de distribution sauf dans un refuge localisé en Sibérie du Nord-est d'où l'espèce put repartir. Des données de ce genre sur les références historiques ou paléontologiques sont donc cruciales pour acquérir une perspective dans la durée des systèmes actuels permettant de mettre en œuvre des politiques plus efficaces de conservation en prévision d'un futur incertain. Ces données présentent aussi l'avantage unique de fournir des indications sur la gamme des conditions d'environnement à laquelle les organismes ont été soumis et sur la manière dont ils y ont répondu. C'est encore les informations géo-historiques qui ont montré que la Salamandre tigre (*Ambystoma tigrinum*) fut capable de réaliser des histoires de vie très différentes selon les conditions de son environnement, se métamorphosant en adulte à vie terrestre ou conservant une morphologie larvaire avec vie aquatique selon les conditions climatiques (Bruzgul *et al.* 2005). Enfin, l'analyse des extinctions, par exemple celles qui frappèrent les oiseaux des archipels de l'océan Pacifique au cours des 3500 dernières années, permet d'identifier les traits ou complexes de traits (degré d'endémisme, taille, régime alimentaire) qui rendent les espèces vulnérables à l'extinction (Boyer, 2009). Ces « filtres d'extinction » pourraient être particulièrement utiles pour prédire la vulnérabilité des espèces.

l’empreinte humaine était déjà sensible il y a plusieurs siècles. En d’autres termes, nous avons trop tendance à fonder nos stratégies de conservation à partir de repères fournis par des écosystèmes déjà sérieusement dégradés. Il ne fait désormais plus de doute que la disparition de la grande mégafaune de mammifères terrestres à la fin des temps glaciaires, puis, plus

près de nous, de celle des grands prédateurs marins, baleines et requins, ont entraîné/entraînent de profondes transformations dans les interactions entre espèces et dans le fonctionnement des écosystèmes, au point qu’il devient très difficile d’établir des bases de référence sur lesquelles s’appuyer pour établir des politiques de conservation (Dietl et Flessa, 2011).

## Populations locales, dispersion et métapopulations

---

*M. Baguette, J. Clobert, N. Schtickzelle et V. M. Stevens*

---

# E

n quelques décennies, l'emprise exercée par l'espèce humaine sur l'environnement est devenue planétaire. La démographie humaine est encore actuellement dans une phase de croissance exponentielle, l'humanité consommant toujours plus d'espace et de ressources naturelles. L'empreinte de l'homme se traduit par la destruction incessante d'écosystèmes naturels et par de profondes modifications des grands cycles biogéochimiques. Les organismes vivants payent un lourd tribut à ce changement global : beaucoup d'espèces régressent puis disparaissent. Pour inverser cette tendance, nous pouvons tenter d'enrayer l'un des processus d'extinction, la destruction et la fragmentation des habitats, en nous appuyant sur le paradigme des métapopulations. Dans ce chapitre, nous verrons comment la compréhension de la dynamique des populations peut aider à proposer des mesures de gestion de l'espace assurant la persistance d'espèces dont l'habitat se fragmente dans le paysage. Nous aborderons la genèse du paradigme des métapopulations, les différents modèles théoriques qui en découlent et leurs limitations. Nous montrerons comment ces modèles permettent de prendre des décisions quant à la gestion d'espèces menacées (ou le contrôle d'espèces envahissantes), car ils fondent les analyses de viabilité des (méta) populations. Nous détaillerons ensuite deux exemples d'analyse de viabilité illustrant les propriétés prédictives de ces outils. Nous terminerons en proposant

des pistes de réflexion visant à intégrer l'hétérogénéité des comportements individuels dans ces modèles, afin d'améliorer encore leurs performances.

## 1. DYNAMIQUE D'UNE POPULATION LOCALE

La distribution d'une espèce consiste classiquement en une série de populations locales circonscrites géographiquement au sein desquelles les individus interagissent par des processus comme la reproduction ou la compétition pour les ressources (nourriture, territoire, partenaire, etc.). L'habitat d'une population est l'ensemble des conditions environnementales et des ressources requises pour que les individus réalisent leur cycle de vie. À une échelle spatiale plus large, les habitats sont séparés les uns des autres par des espaces plus ou moins inhospitaliers (la matrice) qui ne possèdent pas ces ressources. Les chercheurs en écologie sont intéressés depuis toujours par la dynamique des populations, c'est-à-dire par la manière dont l'effectif des populations réagit aux fluctuations des ressources, de leurs prédateurs, compétiteurs ou parasites, et des conditions environnementales (Lack, 1954 ; Lack, 1966 ; Andrewartha et Birch, 1954). Leur objectif est de comprendre pourquoi l'effectif de certaines populations décline jusqu'à l'extinction, alors que d'autres populations restent stables ou encore croissent et agrandissent l'aire de distribution de l'espèce à laquelle elles appartiennent.

Pour décrire la dynamique d'une population locale, c'est-à-dire la variation temporelle de son effectif, nous allons employer un formalisme simple qui nous sera utile tout au long de ce chapitre. Notre objectif est de décomposer les processus qui augmentent ou diminuent le nombre d'individus dans la population entre deux intervalles de temps  $t$  et  $t + 1$ , définis par l'observateur en fonction du cycle de vie de l'espèce, de contraintes pratiques, etc. L'équation de base de la dynamique d'une population locale est :

$$N_{(t+1)} = N_{(t)} + B - D + I - E \quad \text{Éq. 1}$$

Avec

$N_{(t+1)}$  l'effectif de la population au temps  $t + 1$ ,  $N_{(t)}$  l'effectif de la population au temps  $t$ ,  $B^1$  le nombre d'individus nés dans la population entre  $t$  et  $t + 1$ ,  $D^2$  le nombre d'individus morts dans la population entre  $t$  et  $t + 1$ ,  $I$  le nombre d'individus ayant immigré dans la population entre  $t$  et  $t + 1$ ,  $E$  le nombre d'individus ayant émigré depuis la population entre  $t$  et  $t + 1$ .

Selon cette équation, l'effectif d'une population locale est régulé par deux catégories de processus : la démographie locale qui détermine la balance entre natalité et mortalité ( $B$  et  $D$ ), et la dispersion qui conditionne les taux d'immigration et d'émigration ( $I$  et  $E$ ). Durant plusieurs décennies, les chercheurs se sont concentrés sur la démographie locale, en ignorant ou en négligeant la dispersion. La consultation d'anciens manuels destinés à l'enseignement de l'écologie est édifiante : la dispersion y est traitée comme un bruit

qui peut être tout simplement ignoré ou comme un paramètre qui s'annule puisque les taux d'immigration et d'émigration sont considérés comme égaux (voir par exemple Begon et Mortimer, 1981 ; Boughley, 1968). L'importance des échanges d'individus entre populations locales en dynamique des populations (Brown et Kodrick-Brown, 1977 ; Levins, 1969) est restée largement ignorée jusqu'à l'émergence du concept de métapopulation, qui souligne le rôle crucial de l'immigration et de l'émigration dans la persistance à long terme de populations structurées dans l'espace.

Le terme « métapopulation » a été introduit par Richard Levins en 1969 pour décrire un modèle de régulation de populations d'insectes herbivores ravageurs des cultures. L'idée de Levins était qu'il est insuffisant de se focaliser sur le contrôle d'une seule population locale dans un habitat donné, car même si ce contrôle s'avérait efficace et causait la disparition de la population considérée, une nouvelle population pourrait être rapidement recréée dans l'habitat traité par des individus dispersants venus des populations voisines. Même de très faibles taux de dispersion faussent les prévisions démographiques réalisées sur une seule population (voir Legendre *et al.* 2008 pour une étude théorique de cette question). La régulation doit donc viser l'ensemble des populations qui sont en interaction par des mouvements de dispersion, un niveau d'intégration qu'il a appelé la métapopulation.

## 2. DYNAMIQUE D'UNE MÉTAPOPULATION : LE MODÈLE DE LEVINS

Levins (1969) propose un modèle simple pour décrire la dynamique d'une métapopulation, où la fraction des taches d'habitat qui sont occupées par une population locale dépend du nombre d'extinctions de populations existantes et du nombre d'événements de colonisation de taches d'habitats vacantes :

$$\frac{dP}{dt} = cP(1 - P) - eP \quad \text{Éq. 2}$$

Avec

$P$  la fraction des taches d'habitats occupées par une population locale,  $c$  le taux de colonisation des taches d'habitats vacantes,  $e$  le taux d'extinction de populations existantes.

Selon ce modèle, la fraction des taches d'habitats occupées par une population locale va se stabiliser à la valeur, qui correspond à : il y a exactement le même nombre d'extinctions que de colonisation. La valeur de  $P$  à l'équilibre est donc inférieure à 1 : il y a, à l'équilibre, toujours une fraction des habitats favorables non occupés par une population locale.

Le modèle de Levins est basé sur une série de présupposés implicites qui correspondent mal au monde réel :

- les populations locales sont identiques et contribuent de manière équivalente au nombre total d'individus dispersants ;
- la dynamique de chaque population est totalement indépendante de celle des autres ;

1.  $B$  pour *Births*.

2.  $D$  pour *Deaths*.

- la colonisation des taches d'habitats inoccupées se fait en proportion de leur nombre. Le fonctionnement même du modèle suppose que l'extinction des populations locales est un processus déterministe, puisque la fraction d'habitats occupés reste constante au cours du temps, alors qu'en réalité, l'extinction des petites populations dépend principalement de processus aléatoires (Caughley, 1994) ;
- le modèle considère un nombre infini de taches d'habitats, ce qui, en pratique, signifie qu'il n'est applicable que pour des réseaux d'au moins 100 taches (Hanski, 1999) ;
- enfin, les individus qui se dispersent entre taches d'habitat ont la même probabilité d'atteindre chaque tache d'habitat dans la métapopulation, alors que la majorité des études empiriques montrent que le succès de la dispersion est influencé par la distance qui sépare l'habitat de départ et celui d'arrivée.

Le modèle de Levins est cependant extrêmement utile, car il a attiré l'attention des chercheurs en écologie sur l'importance de processus régionaux (l'immigration et l'émigration) dans la persistance des espèces. Son utilité pratique pour prédire la dynamique de populations locales reste cependant bien moindre que sa valeur heuristique : ce modèle spatialement implicite ne pourra jamais capturer efficacement des processus qui sont spatialement explicites. C'est probablement ce manque d'efficacité qui justifie que la notion de métapopulation ait mis près de deux décennies à percer.

En 1988 et 1989, deux réunions de travail rassemblant des chercheurs en écologie et génétique des populations débouchèrent sur la publication d'un numéro spécial de *Biological Journal of the Linnean Society* intitulé « Metapopulation Dynamics » (Hanski et Gilpin, 1991). Dans leur préface, ces deux éditeurs inscrivent ce volume comme un héritier direct de l'article fondateur publié par Levins en 1969, en insistant sur la diversité des études théoriques et empiriques qui en ont découlé. Très vite cependant, les limitations du modèle de Levins ont entraîné son remplacement par d'autres outils (voir plus loin dans ce chapitre).

### 3. LE SYNDROME DES PETITES POPULATIONS ISOLÉES

La biogéographie insulaire s'est intéressée dès les années 1960 à la démographie dans les îles isolées et de faible superficie, sous l'impulsion de MacArthur et Wilson (1963). En bref, le nombre restreint de reproducteurs imposé par la faible superficie d'habitat disponible et la diminution du flux d'individus et du flux de gènes consécutive à l'isolement augmentent la probabilité d'extinction de ces populations insulaires. Cette conclusion ne s'applique pas qu'aux îles au sens strict, mais également à ce qu'on appelle les îles continentales : des taches d'habitat réparties au sein d'une matrice non favorable, qui joue ici le même rôle isolant que la mer véritable en restreignant les événements de dispersion. Le paradigme des petites populations (fondement théorique de la biologie de la conservation : Caughley 1994) décortique la nature des facteurs qui déterminent l'extinction et identifie

trois grandes sources de variation aléatoire agissant sur les petites populations locales.

La première est extérieure à la population et provient des facteurs environnementaux. La variation spatiale et temporelle de la qualité et de la géométrie des habitats générée par les perturbations modifie de manière imprévisible et incessante les conditions de vie des organismes. C'est la **stochasticité environnementale**, qui constitue un puissant moteur de la sélection naturelle car les individus sont confrontés en permanence à de nouvelles conditions de vie imprévisibles, qui empêchent les organismes d'arriver à une adaptation parfaite. Il peut même arriver que tous les individus ne puissent résister à un événement particulier dans un endroit donné (éruption volcanique, inondation, etc.), ce qui mène la population à l'extinction.

La deuxième source de variation est liée au caractère discret de la natalité et de la mortalité : quels que soient les taux de mortalité et de natalité, chaque individu soit meurt soit survit, et ne donne naissance qu'à un nombre entier de descendants ; c'est la **stochasticité démographique**, qui n'est pas corrélée entre individus, et dont l'effet est inversement proportionnel à l'effectif de la population (Akçakaya, 1999). La meilleure façon de comprendre la stochasticité démographique est de faire l'analogie avec un jeu de pile ou face : par exemple trois lancers de pièce ne permettent manifestement pas d'obtenir la distribution théorique attendue (1,5 pile et 1,5 face) et des proportions extrêmes comme 3 piles et 0 face surviennent fréquemment ; lorsque le nombre de lancers augmente, cet effet s'atténue, même s'il reste toujours une part de hasard autour du 50 % - 50 % attendu.

Enfin, la **stochasticité génétique** est due aux changements de fréquences alléliques d'une génération à l'autre. Elle est similaire à la stochasticité démographique en ce sens qu'elle a pour cause le fait que les allèles sont aussi distribués comme des entités discrètes. Ses effets ne se manifestent donc de manière significative que lorsque le nombre de reproducteurs efficaces dans la population est faible. Dans une population qui se réduit, ses effets peuvent dans un premier temps engendrer une perte de potentiel adaptatif, par la perte de certains allèles (dérive aléatoire), et donc limiter la capacité des populations à répondre aux variations environnementales. Si l'effectif de reproducteurs efficaces décroît encore, ses effets peuvent diminuer la valeur sélective (« fitness ») des individus, par augmentation de la dépression de consanguinité, ce qui peut mener la population à l'extinction. La règle empirique dite des 500-50 prédit que la perte de potentiel évolutif et la diminution du fitness se manifestent respectivement lorsque l'effectif passe sous le seuil des 500 et des 50 individus reproducteurs efficaces (Franklin, 1980 ; Gilpin et Soulé, 1986).

Ces trois sources de variation aléatoire (environnementale, démographique et génétique) sont habituellement considérées comme agissant isolément, mais leurs interactions méritent d'être prises en compte car ce sont elles qui déterminent quels sont les individus qui vont survivre et se reproduire, et elles influencent donc le taux de croissance des populations locales en conditionnant le différentiel. Par exemple, dans des populations isolées et à faible effectif, on détecte souvent une relation positive entre le taux de croissance de la population et le nombre d'individus. Donc plus l'effectif est faible, plus le taux de croissance est réduit, ce



qui augmente les probabilités d'extinction de la population. Cette relation appelée « effet Allee » (ou densité-dépendance inversée) est souvent présentée comme la résultante de l'action conjointe des stochasticités démographique et génétique (Courchamp *et al.*, 1999).

La dynamique des populations rejoint donc ici l'écologie évolutive : seuls les individus à fitness élevée, c'est-à-dire les mieux adaptés aux variations, vont arriver à se reproduire.

#### 4. SÉLECTION NATURELLE, ADAPTATION ET PLASTICITÉ PHÉNOTYPIQUE

Les individus au sein d'une population ont généralement des phénotypes différents ; la reproduction sexuée a d'ailleurs comme effet d'amplifier ces différences en recombinant les génomes des deux parents. L'hétérogénéité inter-individuelle est un prérequis indispensable pour que la sélection naturelle agisse de manière à maintenir les phénotypes les plus compétents par rapport aux conditions environnementales du moment. Ces variations phénotypiques, pour pouvoir conférer un avantage sélectif aux individus qui les portent, doivent être au moins partiellement hérissables (Encadré 2.1).

dynamique et de génétique des populations considèrent que l'appariement se fait au hasard entre individus d'une même population et se focalisent sur le nombre moyen de descendants par individu. À partir du moment où l'on accepte l'existence d'hétérogénéité interindividuelle reflétant des différences de *fitness*, on s'attend à observer d'énormes variations de succès reproducteur entre individus appartenant à la même population. Des suivis individuels minutieux ont montré par exemple que dans une population d'un papillon, presque trois quarts des mâles ne se reproduisaient pas alors que certains individus arrivaient à s'accoupler avec 5 femelles différentes (Suzuki et Matsumoto, 1992). L'appariement préférentiel représente en fait une véritable stratégie qui permet une adaptation bien plus rapide que l'accouplement au hasard. Chez une petite cigale où coexistent des individus macroptères à ailes membraneuses fonctionnelles, capables de voler, et des individus brachyptères dont les ailes ne se développent pas et qui sont condamnés à marcher, les mâles macroptères s'accouplent trois fois plus souvent avec des femelles macroptères, alors que les mâles brachyptères obtiennent, eux, plus souvent les faveurs des femelles brachyptères (Langellotto *et al.*, 2000). Ce type de mécanisme appelé homogamie (en anglais « *positive assortative mating* ») permet un maintien du polymorphisme dans des petites populations, là où des modèles évolutifs basés sur des appariements aléatoires prédisent l'extinction rapide de l'une ou de l'autre forme. L'appariement préférentiel peut même

### Encadré 2.1.

#### Héritabilité de la *fitness*

M. Baguette, J. Clobert, N. Schtickzelle et V. M. Stevens

La question de l'héritabilité de la *fitness* a longtemps créé des débats en écologie évolutive. Le théorème fondamental de Fisher sur la sélection naturelle postule que le taux moyen de changement évolutif du *fitness* moyen équivaut à la variance génétique additive de la *fitness* lui-même. Les populations soumises à la sélection naturelle ont été considérées pendant longtemps comme étant à l'équilibre, ce qui implique que les différences de *fitness* doivent approcher zéro et donc purger rapidement la variance génétique additive de la *fitness*. Le fait que tous les traits liés à la *fitness* possèdent une hérissabilité conséquente était même qualifié de paradoxal. Ce paradoxe n'en est pas un : le théorème de Fisher n'est valide qu'en



environnement constant (Roff, 2002), alors que les pressions de sélection changent sans arrêt suivant la fable de la Reine Rouge dans Alice au pays des merveilles de Lewis Carroll (« Ici, vois-tu, on est obligé de courir tant qu'on peut pour rester au même endroit ») (Van Valen, 1973) ; l'adaptation parfaite au monde réel est donc un mythe et les traits liés à la *fitness* sont variables et hérissables. Si certaines études empiriques font état du peu d'héritabilité de traits censés donner un accès direct à la *fitness* (voir par exemple Gustafsson, 1986), ce sont plutôt des compromis (« trade-offs ») entre traits (par exemple d'origine pléiotropique) et/ou des problèmes de protocoles expérimentaux qui seraient la cause de ces résultats.

Plutôt que de se concentrer sur l'individu moyen caractéristique de la population, démarche classique en dynamique et génétique des populations, la prise en compte de cette hétérogénéité interindividuelle va permettre de se rapprocher beaucoup plus de la réalité des processus écologiques et évolutifs qui sont à la manœuvre dans le monde réel sous le couvert de la sélection naturelle. La plupart des modèles de

favoriser la reproduction entre apparentés, ce qui va à l'encontre des prédictions communément admises en génétique des populations. Chez le lézard vivipare, les femelles de certaines classes d'âge ont ainsi une meilleure *fitness* lorsqu'elles s'accouplent avec des mâles avec lesquels elles ont un apparentement du niveau cousin (Richard *et al.*, 2009). Les bénéfices engendrés par le maintien d'adaptations très locales

grâce aux appariements entre proches chez cet organisme très sédentaire semblent largement compenser les risques de dégénérescence liés à la consanguinité.

Si la déclinaison classique des pressions agissant sur les petites populations soumises aux stochasticités environnementale, démographique et génétique a certainement eu une valeur heuristique considérable, il faut dépasser ce cadre rigide et ne plus considérer les populations comme pouvant être représentées par leurs individus moyens. La diversité des individus dans une population donnée représente certainement sa meilleure garantie contre l'extinction. Inventorier, comprendre et prédire la trajectoire évolutive des stratégies individuelles coexistant en un endroit et à un moment donné constituent donc des axes de recherche prioritaires pour les chercheurs en écologie.

## 5. MÉTAPOPULATION ET DISPERSION

Quelles que soient les forces invoquées, le message de la biogéographie insulaire et de la biologie de la conservation est le même : une petite population isolée a une probabilité d'extinction élevée. La meilleure manière d'enrayer l'extinction des populations locales, prémisses de l'extinction définitive de l'espèce (Ceballos et Ehrlich, 2002), serait d'augmenter leurs effectifs. Pour cela, on peut envisager d'augmenter les ressources disponibles, soit en améliorant la qualité des habitats, soit en accroissant leur surface. Manipuler la qualité des habitats est une action de conservation qui n'est possible que pour les quelques espèces dont les exigences écologiques sont connues de manière exhaustive. Ce type d'action nécessite des moyens financiers et humains très élevés, et peut même se révéler délétère pour d'autres espèces de la communauté. L'augmentation de la surface des habitats est rarement possible dans les paysages fortement modelés par les activités humaines.

Une action alternative à cette augmentation de taille des populations locales est de privilégier les contacts entre populations locales par des mouvements de dispersion, afin de limiter leur isolement fonctionnel (Baguette *et al.*, 2013). C'est là la base de la gestion en réseaux de populations interconnectées, devenus par extension « les réseaux écologiques », puis « le réseau écologique », rebaptisé en France « trame verte et bleue » dans le cadre de la mise en œuvre de politiques publiques de gestion de l'espace. Les notions de connectivité des paysages et de métapopulation sont centrales à ces concepts. Pour décrire le réseau écologique favorisant la persistance d'une espèce donnée dans un cadre géographique précis, nous devons répondre à une question délicate : à quelle échelle spatiale et temporelle une métapopulation fonctionne-t-elle ? La réponse est simple en théorie : des populations locales sont organisées en métapopulation lorsqu'elles sont susceptibles d'être en contact les unes avec les autres *via* des mouvements de dispersion.

Dans la pratique, la délimitation géographique d'une métapopulation sur le terrain est par contre souvent compliquée, pour plusieurs raisons. D'abord, qu'appelle-t-on un mouvement de dispersion ? Chez les organismes sessiles la réponse est assez évidente (sans préjuger de la difficulté de la mesure de tels mouvements) car il s'agit souvent des seuls

déplacements observés lors du cycle de vie d'un individu (p. ex. la dispersion d'une graine d'une espèce d'arbre) Chez les organismes non fixés, la situation est manifestement plus complexe en raison des multiples causes qui génèrent la dispersion (Encadré 2.2). Un mouvement de dispersion sera le mieux défini par ses conséquences évolutives : assurer la possibilité d'un flux de gènes (Ronce, 2007). La dispersion peut donc se réaliser soit lors de mouvements de routine destinés à d'autres fonctions, soit par des mouvements spécialisés (Van Dyck et Baguette, 2005). Suivant le grain du paysage, c'est-à-dire la distance qui sépare les populations locales, l'un ou l'autre type de mouvements assurera la dispersion. Si le grain est serré (la distance entre taches d'habitat est courte), il n'y a guère de coûts ou de risques associés à la dispersion, qui peut donc être réalisée par des déplacements aléatoires par l'individu à la recherche de nourriture ou de partenaire au gré de son exploration de l'habitat. Par contre, si le grain est lâche, le trajet à parcourir dans la matrice s'accroît, et on voit se mettre en place des déplacements rapides et dirigés (Baguette et Van Dyck, 2007) spécifiquement destinés à la dispersion, qui minimisent le coût du transit en environnement hostile.

Quel que soit le mode de déplacement utilisé, la mise en évidence de mouvements de dispersion à longue distance représente un véritable défi logistique (Encadré 2.2). L'existence de différentes stratégies d'utilisation de l'espace chez les organismes mobiles (Mueller et Fagan, 2008) ajoute un niveau de complexité à ce défi. Les organismes sédentaires occupent pendant la plus grande partie de leur existence un espace restreint par rapport à la superficie occupée par la population locale à laquelle ils appartiennent et dans laquelle ils trouvent toutes les ressources nécessaires et qu'ils exploitent en la défendant (territoire) ou non (domaine vital). Pour les organismes sédentaires, le seul mouvement à longue distance effectué au cours de la vie est la dispersion natale qui précède l'installation dans le domaine vital ou le territoire. Les organismes nomades, eux, se déplacent tout au long de leur existence à la recherche de ressources réparties de manière imprévisible dans l'espace et/ou dans le temps. Leurs trajectoires spatiales sont donc très variables entre individus, et la position des individus au cours du temps est assez imprévisible. Ces deux stratégies, sédentarisme ou nomadisme, sont des extrêmes entre lesquels de nombreuses situations intermédiaires sont possibles, y compris l'évitement de la déplétion périodique des ressources par la dormance ou par la migration saisonnière. Le travail original de Mueller et Fagan (2008) établissait des différences d'utilisation de l'espace à l'échelle interspécifique. De multiples travaux récents indiquent que ces différences existent aussi de manière consistante entre individus de la même espèce, justifiant l'existence de véritables syndromes de dispersion (voir Cote *et al.*, 2010 ; Ronce et Clobert 2012 pour des revues de ce sujet), qui pourraient se maintenir par exemple par appariement préférentiel.

Cette réalité d'une grande variabilité des mouvements de dispersion complique la définition spatiale d'une métapopulation. Elle sera relativement simple dans le cas des organismes sédentaires : il s'agira d'identifier les populations locales qui échangent des individus, par observations directes ou par traçage génétique (Encadré 2.2). Par contre, l'application de la notion de métapopulation aux organismes complètement nomades est délicate : dans ce cas les populations



## Encadré 2.2.

### Détection des événements de dispersion

*M. Baguette, J. Clobert, N. Schtickzelle et V. M. Stevens*

La mise en évidence d'événements de dispersion est complexe : d'une part les suivis individuels (par exemple par radio-tracking) ne permettent actuellement pas d'accéder à un nombre de données suffisant pour envisager le processus de dispersion dans toute sa diversité ; et d'autre part les études populationnelles multites par capture-marquage-recapture sont souvent trop restreintes dans l'espace pour caractériser toute l'étendue spatiale de la dispersion. Ce dilemme sera résolu par la mise au point d'outils d'acquisition automatique de la position géographique d'un grand nombre d'individus en simultané, technologiquement envisageable dans un futur assez proche. En attendant, il est possible de s'appuyer sur les développements de la génétique du paysage, discipline qui vise à reconstituer l'impact des processus paysagers sur les flux géniques entre populations, eux-mêmes inférés au départ de la structure génétique des populations (Manel *et al.*, 2003 ; Sork et Waits, 2010). La génétique du paysage



repose actuellement principalement sur le polymorphisme de marqueurs neutres hypervariables (microsatellites). Les variations de fréquences alléliques interpopulationnelles permettent sous certaines hypothèses d'inférer les nombres de mouvements de dispersion entre paires de populations, y compris si ces nombres ne sont pas symétriques (voir les revues de Balkenhol *et al.*, 2009, Guillot *et al.*, 2009, Spear *et al.*, 2010 et Storfer *et al.*, 2010 comme introduction à la génétique du paysage et ses méthodes d'analyse). Soulignons cependant que l'image de la dispersion produite par la génétique du paysage n'est pas complète : elle se restreint à la dispersion efficace, c'est-à-dire aux événements de dispersion ayant abouti à la reproduction de l'immigrant dans sa population de destination. Pour cette raison, les méthodes d'analyse de la dispersion reposant sur la mise en évidence de flux génique sont qualifiées d'indirectes, alors que les suivis de mouvement d'individus constituent des méthodes directes.

locales sont des entités plutôt volatiles dans l'espace et dans le temps.

Une difficulté supplémentaire est que le caractère multicausal de la dispersion (Encadré 2.3) rend sa prédiction très complexe. Des études théoriques et empiriques indiquent par exemple que des individus peuvent quitter un habitat très favorable suite à une compétition entre apparentés trop intense. D'autres études démontrent que si le coût de la dispersion devient prohibitif, la dispersion est contre-sélectionnée même lorsque la qualité de l'habitat se dégrade fortement. Réduire la dispersion à un comportement permettant d'équilibrer les densités des populations locales en fonction de la qualité des habitats est donc un raccourci risqué, et ce d'autant plus que les individus d'une population vont utiliser des critères différents pour sélectionner leur habitat, en fonction de leur compétence particulière (voir une revue sur la dispersion individuelle, la connectivité des paysages et les réseaux écologiques dans Baguette *et al.*, 2013).

Une stratégie habituellement utilisée pour définir une métapopulation consiste à utiliser la distance de dispersion d'une espèce donnée, qu'elle soit moyenne ou maximale, pour inférer la dimension spatiale de la métapopulation. Malheureusement, suite à la difficulté de mesurer les événements de dispersion à longue distance, cette stratégie se heurte souvent à la pauvreté des données disponibles, qui force les chercheurs ou les praticiens de la conservation à utiliser des subterfuges. Le plus communément utilisé consiste à définir ces distances de dispersion comme directement proportionnelles à la taille de l'espèce considérée (voir des exemples dans Stevens *et al.*, 2010a). Or la dispersion est

fondamentale dans l'histoire de vie des organismes, et elle est intimement liée à de nombreux autres traits des espèces (Stevens *et al.*, 2012). Stevens *et al.* (2013) montrent qu'en utilisant les relations unissant les capacités de dispersion des papillons de jour à leurs autres traits d'histoire de vie, y compris la taille, il est possible d'augmenter jusqu'à cinq fois la précision de la prédiction des distances de dispersion par rapport aux modèles utilisant seulement la taille du corps. Cette conclusion semble valide chez de nombreux taxons, même si, très logiquement, les relations entre distances de dispersion et traits d'histoire de vie, ainsi que leur relation à la phylogénie, varient d'un groupe à l'autre (Stevens *et al.*, in prep.). Il y a donc là une possibilité de disposer d'une source d'information sur les distances de dispersion pour des espèces chez lesquelles ce paramètre n'est pas mesuré, en ayant à l'esprit d'une part qu'il s'agit de prédictions, et d'autre part que ces paramètres présentent une variation intraspécifique non négligeable (Stevens *et al.*, 2010b) liée à la variation du coût de la dispersion en fonction de la structure des paysages (Schtickzelle *et al.*, 2006 ; Bonte *et al.*, 2012).

Soulignons enfin que les métapopulations ne sont jamais des structures stables dans le temps. Elles varient en fonction des modifications des conditions environnementales, qui elles-mêmes induisent des variations démographiques au sein des populations locales. Le concept de distribution libre idéale (*ideal free distribution*) permet de comprendre comment de tels patrons variables dans l'espace et dans le temps émergent à partir de comportements individuels (Fretwell, 1972 ; Fretwell et Lucas, 1970). La distribution libre idéale a été initialement utilisée pour décrire

## Encadré 2.3.



### La dispersion : un comportement omnibus ?

*M. Baguette, J. Clobert, N. Schtickzelle et V. M. Stevens*

Il existe plusieurs raisons qui peuvent pousser un individu à quitter son lieu de naissance ou de reproduction (Clobert *et al.*, 2001 ; Mathyssen 2012). La première est le risque de compétition entre apparentés : les individus dont la structure génétique est similaire n'ont aucun intérêt à entrer en compétition les uns avec les autres car ils vont exploiter les ressources de manière proche ou identique, et ainsi diminuer leur *fitness* inclusif. La deuxième raison est d'échapper à une dégradation des conditions environnementales locales, susceptibles de diminuer la *fitness* individuel. La troisième raison est de limiter les risques de consanguinité

liés à une reproduction entre apparentés et susceptibles de diminuer la *fitness* des descendants. Identifier laquelle de ces trois grandes motivations pousse un individu donné à se disperser n'est pas aisé : sa réaction dépend de l'interaction entre son état personnel (âge, sexe, mais aussi sa condition sanitaire, sa personnalité) et le contexte environnemental (Clobert *et al.*, 2009). La dispersion est donc considérée comme un comportement omnibus, fournissant une réponse particulière à toute une série de situations différentes, dépendant de l'interaction entre le phénotype de l'individu et les conditions environnementales.

comment des individus se répartissent entre différentes sources de nourriture en fonction de la *fitness* résultant de la décision prise, qui dépend elle-même de l'abondance des ressources alimentaires et de la présence d'individus conspécifiques, compétiteurs potentiels. L'extension de ce concept de distribution libre idéale à la dispersion entre populations locales est récente, et repose sur la découverte que les organismes vivants utilisent toutes sortes d'informations, y compris celles véhiculées par les immigrants, pour se renseigner sur l'état du monde qui les entoure (Clobert *et al.*, 2008). La prise de décision informée quant à la dispersion permet d'optimiser la décision d'émigrer en fonction de l'état de l'individu et des conditions environnementales dans sa population de départ et aux alentours. Plusieurs exemples empiriques fournissent des patrons qui ne peuvent être compris que par les prédictions de la distribution libre idéale (par exemple Baguette *et al.*, 2011 ; Cote et Clobert, 2007). Une validation expérimentale satisfaisante reste toutefois à apporter.

Cette variabilité temporelle de structure des métapopulations, qui s'ajoute à la variation spatiale évoquée plus haut, pose la question de l'évolution de la dispersion en fonction des variations environnementales. Cette évolution est manifeste, que ce soit en fonction des changements climatiques (voir la revue de Le Gaillard *et al.*, 2012) ou suite à la fragmentation des paysages (voir la revue de Baguette *et al.*, 2012), et implique très certainement la prise en compte de la dispersion dans les modèles de dynamique des métapopulations.

(PVA : *Population Viability Analysis*), qui constituent des outils permettant de modéliser et de comparer des scénarios d'aménagement des espèces et des espaces (Boyce, 1992 ; Beissinger et McCullough, 2002 ; Morris et Doak, 2002 ; Schtickzelle et Baguette, 2009). Les modèles de PVA appliqués à des métapopulations se classent en trois grandes familles, qui diffèrent dans la manière dont elles incorporent la dynamique spatiale.

La première famille regroupe des **modèles d'occupation aléatoire des taches d'habitat** (SPOM : *stochastic patch occupancy model*), qui décrit chaque tache d'habitat locale par son état d'occupation : occupée ou inoccupée par une population. La base théorique des SPOM est l'équilibre entre les extinctions locales aléatoires et les recolonisations qui se produisent à chaque génération grâce à la dispersion. Ils ne sont applicables que sous certaines conditions assez strictes et uniquement aux métapopulations conformes au modèle classique de Levins. La structure classique de Levins n'est en effet que l'une des structures de métapopulation définies parmi d'autres (voir Hanski, 1999), qui correspond à des métapopulations dans lesquelles les populations locales sont connectées par des mouvements de dispersion peu fréquents. Ces populations locales sont sujettes à de telles variations d'effectifs qu'il y a extinction d'une proportion non négligeable des populations locales à chaque génération, ces extinctions étant compensées par des (re) colonisations d'habitats vacants, menant à une fraction constante de populations occupées dans le système. L'hypothèse déterminante des SPOM est que la dynamique locale peut être ignorée : seule compte la présence ou l'absence de populations locales dans les taches d'habitat favorable. La métapopulation est également considérée à un état d'équilibre entre extinction et recolonisation (Hanski, 1999). Grâce à cette hypothèse forte, les SPOM peuvent être paramétrés avec un nombre de données assez faible (par exemple un instantané de la distribution des habitats vides et de ceux occupés par une population locale dans le paysage, mais voir Clinchy *et al.*, 2002 pour une critique détaillée de ce procédé). Réduire la dynamique d'une

## 6. DIFFÉRENTS MODÈLES DE DYNAMIQUE DES MÉTAPOPULATIONS

Pour tenter de prédire la dynamique des métapopulations d'espèces menacées, les biologistes de la conservation ont mis au point les analyses de viabilité de (méta)population

population locale à un clignotement « présence-absence » d'une génération à la suivante est une hypothèse qui restreint étroitement l'applicabilité des SPOM à des systèmes où le nombre de taches d'habitat favorable dans le paysage est élevé et où des extinctions locales et (re) colonisations se produisent à chaque génération. Les fonctions d'incidence, qui représentent les SPOM les plus populaires nécessitent au moins 30 taches d'habitat dans le paysage, dont au moins 10 doivent être vides et 10 occupées (Hanski, 1999). Ces conditions sont rarement remplies par les espèces en situation de conservation critique, pour lesquelles les PVA sont pourtant cruciales. Autre limitation de cette famille de modèles, l'habitat d'intérêt ne peut dépasser 20 % de la surface du paysage (Hanski, 1999). Ces contraintes sont imposées par la procédure de modélisation qui simule la présence-absence de populations locales dans les habitats favorables comme une chaîne de Markov, c'est-à-dire un processus où l'état du système au temps  $t + 1$  ne dépend que de son état au temps  $t$ . Ces deux contraintes sont remplies par les systèmes constitués de très petites taches d'habitat dans des paysages très fragmentés, ce qui hypothèque le fait que les métapopulations qui les occupent soient à l'état d'équilibre entre extinction et (re) colonisation à chaque génération, qui constitue la base théorique des SPOM. Une revue du petit nombre d'analyses de viabilité utilisant des SPOM indique d'ailleurs que les populations concernées sont majoritairement en limite d'aire de répartition, et/ou en diminution, et/ou de très faible effectif, ces trois facteurs concourant à les placer hors de cet état d'équilibre (Baguette, 2004). Cependant, les SPOM peuvent être utilisés pour étendre le champ d'application des PVA au-delà des espèces menacées, en traitant de toutes les métapopulations d'espèces « ordinaires » vivant dans des paysages « ordinaires », comme spécifié par Hanski (2002), car « un grand nombre d'espèces actuellement peu menacées pourraient le devenir dans le futur si les tendances actuelles de destruction et de fragmentation des écosystèmes persistent ». En pratique, les SPOM peuvent être implémentés en utilisant les plates-formes META-X (Grimm *et al.*, 2004) et SPOMSIM (Moilanen, 2004), qui sont des routines préprogrammées que l'utilisateur implémente pour construire le modèle répondant à la question qu'il se pose.

Les **modèles de populations structurées** (SPM : *structured population model*) constituent la deuxième famille de modèles (Akçakaya et Sjogren-Gulve, 2000) ; ils décrivent la dynamique de chaque population locale avec des modules démographiques en temps discret (par exemple les matrices de Leslie : Caswell, 2001) et incorporent la dynamique spatiale en simulant la dispersion et la corrélation démographique entre chaque paire de taches d'habitat en fonction de leur localisation. Ces SPM sont donc spatialement réalistes, mais leur implémentation nécessite plus de données que celle des SPOM. Ils peuvent être utilisés dans les cas où la modélisation des colonisations et des extinctions à l'échelle du paysage n'est pas suffisante pour décrire la dynamique de la métapopulation, et que la dynamique locale des populations doit être ajoutée. C'est le cas de nombreuses métapopulations d'espèces menacées. Dans cette famille de modèles, une certaine hétérogénéité interindividuelle peut être simulée en décrivant la valeur des traits d'histoire de vie d'intérêt (dispersion, fécondité) par des distributions correspondant aux valeurs observées sur le terrain. Comme les SPM

sont basés sur une série de techniques communes (équations matricielles, génération de variables aléatoires), il est possible de les implémenter à partir de plates-formes génériques (par exemple ALEX : Possingham et Davies, 1995, ULM : Legendre et Clobert, 1995, RAMAS/GIS : Akçakaya, 2002, voir exemples ci-dessous).

Enfin, la troisième famille de modèles regroupe les **modèles individu-centrés** (IBM : individual-based models). Ils décrivent le fonctionnement de la métapopulation en simulant le comportement et le devenir de chaque individu en fonction de différentes règles de dispersion, de reproduction, etc., et en fonction des questions soulevées. Ces modèles sont extrêmement flexibles et sont bien sûr les meilleurs simulateurs de l'hétérogénéité individuelle (y compris les compromis entre traits), mais ils nécessitent une grande quantité de données pour pouvoir être paramétrés correctement. En outre, ils requièrent de puissants moyens de calculs et leurs résultats sont parfois difficiles à analyser en raison de leur complexité. Si beaucoup d'IBM sont implémentés sur programmes dédiés, des plates-formes comme VORTEX (Lacy, 1993), SELES (Fall et Fall, 2001), ou NETLOGO (Thiele et Grimm, 2010; Wilenski, 1999) offrent des cadres pour leur construction (voir Partie 4, Chapitre 3, Bousquet et Le Page, 2004 ; Railsback, Lytinen et Jackson, 2006).

## 7. ÉTUDES DE CAS

### 7.1. Analyse de viabilité pour le Nacré de la Bistorte

Le Nacré de la Bistorte (*Boloria eunomia*) est un papillon boréo-montagnard, ayant une distribution nord-européenne continue en Fennoscandie et des populations clairsemées plus au sud (sud de la Belgique, nord de la France, ouest de l'Allemagne et Pyrénées). L'avenir des populations reliques du sud de l'aire de distribution est lié au maintien de prairies alluviales - qui dépendent d'une activité de fauche à basse altitude - ou de tourbières où pousse la Renouée bistorte (*Persicaria bistorta*), seule plante-hôte de la chenille et unique source de nectar utilisée par les adultes. Ces caractéristiques écologiques contrastent avec celles des populations du nord de l'aire de répartition, où les chenilles et les adultes sont polyphages et n'utilisent pas la bistorte. D'autres particularités génétiques (nombre de chromosomes différent, faible diversité enzymatique) et morphologiques (patrons alaires) individualisent les populations reliques du sud, ce qui a conduit les systématiciens à leur attribuer un rang de sous-espèce. L'abandon des pratiques agro-pastorales ancestrales au lendemain de la deuxième guerre mondiale et la destruction des tourbières ont entraîné la raréfaction et la fragmentation des habitats de ce papillon. L'originalité des populations reliques a conduit en région wallonne (Belgique) au choix du nacré de la bistorte comme « espèce parapluie » représentant les communautés végétales et animales typiques des prairies alluviales des fonds de vallées. L'idée sous-jacente était de considérer que les mesures de gestion favorables au papillon assureraient la conservation d'autres espèces de la communauté. Comme la fauche des prairies





(© M. Baguette.)

**Figure 2.1.** Nacré de la Bistorte (*Boloria eunomia*).

représente un coût incompatible avec les budgets de l'agence régionale de conservation de la nature, une gestion alternative a été envisagée par pâturage d'herbivores rustiques, en l'occurrence des vaches Galloway maintenues en semi-liberté dans les réserves.

Pour déterminer comment établir le plan de gestion idéal en comparant différents scénarios, une analyse de viabilité a été réalisée en 2002 à l'aide d'un modèle de populations structurées dans l'espace (SPM) construit sur la plate-forme RAMAS-GIS (Akçakaya, 2002) pour un paysage témoin, la vallée de la Lienne (Schtickzelle et Baguette, 2004), abritant plusieurs populations du nacré de la bistorte. La plus importante, une métapopulation située dans la réserve naturelle des Prés de la Lienne, y fait l'objet d'un suivi démographique par capture-marquage-recapture ininterrompu depuis 1992. Une série temporelle des effectifs de 10 générations successives a permis de montrer l'existence d'une régulation densité-dépendante. Le cœur du modèle est donc une fonction décrivant la croissance de la population en fonction de son effectif à la génération précédente, et des conditions climatiques. L'hypothèse a été faite qu'à l'échelle du paysage, ces deux facteurs sont identiques pour toutes les populations. Dans le modèle, le taux de croissance  $R_t$  de la population de l'année  $t$  à l'année  $t + 1$  est dépendant du nombre d'individus adultes l'année d'avant,  $N_t$ , et d'une série de  $n$  paramètres climatiques  $W_{it}$  (Éq. 3).

$$\ln(R_t) = \beta_0 + \beta_1 N_t + \sum_{i=2}^{n+1} \beta_i \ln(W_{it}) \quad \text{Éq. 3}$$

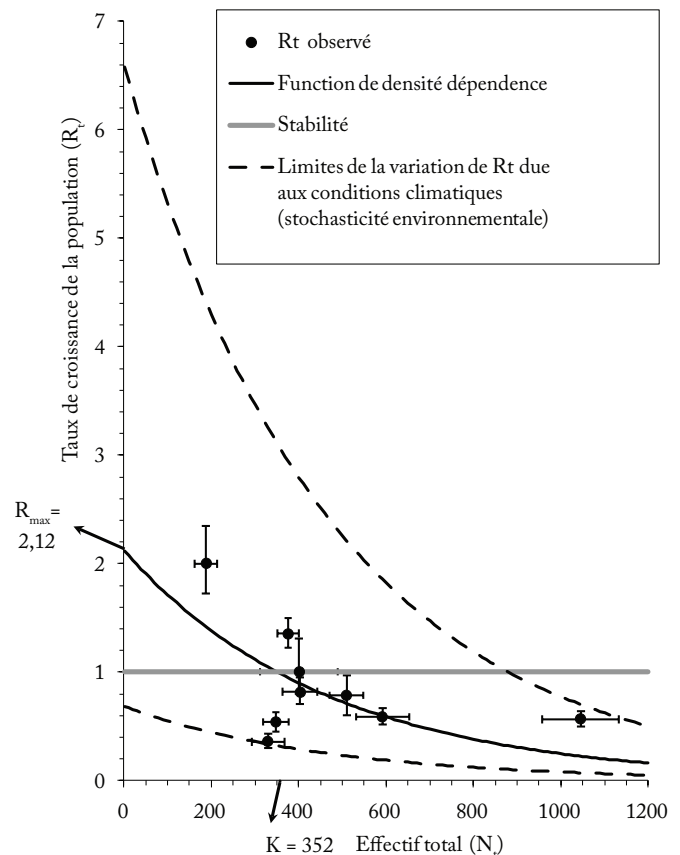
Les relations entre les effectifs et les variables climatiques ont été établies par des analyses de régression, qui ont permis d'établir l'importance respective de la température, de la pluviosité et de l'ensoleillement à différentes phases du cycle de développement annuel. La démographie de la métapopulation a été modélisée en échantillonnant  $R_t$  dans une distribution log-normale, dont la moyenne est fournie par la fonction de densité dépendance, et dont l'écart-type mime la stochasticité environnementale. Sous l'hypothèse que le taux de croissance moyen est seulement dû à la densité dépendance alors que la stochasticité environnementale est due aux variations climatiques annuelles, l'écart type a été estimé à partir des 10 valeurs de  $R_t$  observées mais corrigées comme si



(© M. Baguette.)

**Figure 2.2.** Prairie à Renouée bistorte (*Persicaria bistorta*).

la population avait été à sa capacité de charge  $K$  chaque année (via l'équation 3). Quoique cette procédure soit lourde, à la fois sur le plan logistique et en termes de puissance de calcul, elle fournit une enveloppe autour de la trajectoire démographique qui correspond bien à la dynamique de la métapopulation (Figure 2.3).



**Figure 2.3.** Fonction de densité dépendance donnant le taux de croissance de la population  $R_t$  en fonction de l'effectif de papillons l'année précédente  $N_t$ .

$R_{\max}$  : taux de croissance maximum ;  $K$  : capacité de charge.

La dispersion intervient dans le modèle comme le résultat de deux processus : l'émigration hors de la tache d'habitat  $i$  et la dispersion réussie de  $i$  vers  $j$ . Le premier paramètre, la probabilité d'émigrer, a été estimé en appliquant le modèle de migration virtuelle (VM : "virtual migration model" : Hanski *et al.*, 2000) aux données de capture-marquage-recapture. Dans VM,  $\varepsilon_i$  la probabilité d'émigration hors de la tache  $i$  dépend de la surface de la tache ( $A_i$ ) et de deux paramètres,  $\eta$  et  $\zeta_{em}$ , suivant l'équation

$$\varepsilon_i = \eta A_i^{\zeta_{em}} \quad \text{Éq. 4}$$

$\eta$  représente le taux d'émigration hors d'une tache d'habitat de taille unitaire (ici 1 ha), alors que  $\zeta_{em}$  spécifie son changement en fonction de la taille de la tache d'habitat.

La proportion d'événements de dispersion réussie de  $i$  vers  $j$  est calculée comme

$$p_{ij} = \frac{N_{ij}}{\sum_{k \neq 1} N_{ik}} \quad \text{Éq. 5}$$

avec  $N_{ij}$  le nombre d'événements de dispersion observés entre  $i$  et  $j$ . La probabilité  $p_{ij}$  est estimée pour toutes les paires de taches d'habitat pour chaque année séparément ; pour chaque paire de taches d'habitat, la valeur moyenne sur les 10 générations est utilisée pour décrire la dispersion et l'écart type pour décrire la variation interannuelle autour de cette valeur moyenne de dispersion, due à la stochasticité environnementale.

La synchronisation de la dynamique des populations locales est fonction de la distance entre celles-ci : des populations proches fluctuent de manière plus synchrone que des populations distantes car elles sont soumises à des conditions environnementales plus similaires. Cette relation entre les dynamiques locales dans la métapopulation a été mise en évidence par une analyse de régression des taux de corrélation entre dynamiques locales sur les 10 années de données et se traduit par

$$\rho = ae^{-\frac{b}{d}} \quad \text{Éq. 6}$$

où  $\rho$  est la corrélation entre dynamiques locales,  $d$  est la distance entre les populations locales et  $a$  et  $b$  sont deux constantes. L'estimation des paramètres  $a$  et  $b$  indique une décroissance très rapide de la corrélation avec la distance : elle est de 91 % à 0 m, de 17 % à 1 km et n'est plus que de 3 % à 2 km, ce qui illustre la grande hétérogénéité des conditions environnementale sur de faibles distances.

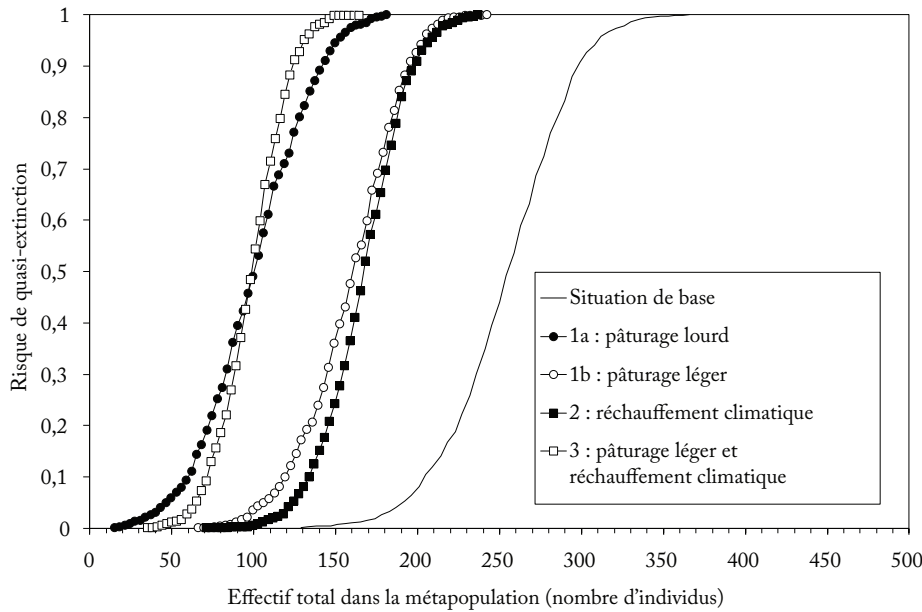
Dans notre modèle démographique, nous faisons l'hypothèse que la fonction de densité dépendance est la même pour toutes les populations locales. Nous faisons également l'hypothèse que la capacité de charge  $K$  de chaque population locale est une fonction linéaire de la surface de l'habitat disponible, ce qui revient à considérer que la qualité de l'habitat est homogène. La taille initiale de chaque population locale est fixée à sa capacité de charge, qui est corrélée à la situation moyenne observée dans le jeu de données de 10 générations. L'horizon temporel des simulations est fixé à 200 ans (1 an correspond à 1 génération et à 1 pas de simulation) et les simulations sont répétées 1 000 fois.

Deux éléments ont permis de valider notre modèle. D'abord, les effectifs mesurés sur le terrain par capture-marquage-recapture sont dans tous les cas dans l'intervalle de confiance à 95 % des effectifs simulés par le modèle. Ensuite, nous notons une forte convergence entre nos observations de terrain et les prédictions du modèle en ce qui concerne la fréquence et la localisation des événements d'extinction de populations locales.

Ces résultats encourageants ont permis d'utiliser ce modèle pour évaluer l'impact du mode de gestion sur la dynamique de la métapopulation. L'effet du pâturage est mimé dans le modèle par une diminution de la capacité de charge des habitats. La valeur de ce paramètre (de -73 % pour un pâturage léger à -100 % pour un pâturage lourd) a été mesurée sur le terrain en évaluant la perte de surface des zones de bistorte générée par l'abroustissement de prairies à bistorte. En introduisant ces diminutions de la capacité de charge dans le modèle, les simulations indiquent une augmentation de la probabilité d'extinction des populations locales et une augmentation de probabilité que l'effectif total de la métapopulation passe sous le seuil des 50 individus (Figure 2.4). Cette dernière prédiction est alarmante si l'on se réfère à la règle des 50-500 évoquée plus haut, même si celle-ci est très peu précise.

Nous avons également évalué les conséquences du réchauffement climatique sur la démographie de ce papillon relique glaciaire. En utilisant l'équation 3, nous pouvons évaluer comment le taux de croissance de la population change si la température moyenne annuelle augmente de 2 °C. D'après cette relation, la valeur du taux de croissance de la population  $R$ , passerait dans ce scénario de 2,12 à 1,80, et la capacité de charge  $K$  passerait de 152 à 119 individus/ha. La métrique utilisée pour comparer ces différents scénarios est le risque de quasi-extinction, c'est-à-dire la probabilité que l'effectif total de la métapopulation passe au moins une fois au cours du temps de la simulation sous un effectif seuil donné. Du fait que les prédictions comportent toujours des incertitudes, on donne cette valeur pour une série de seuils et pas uniquement pour 0 individus (qui correspond à une extinction totale de la métapopulation). Notre analyse indique que les conséquences du réchauffement climatique sont comparables à celles d'un pâturage léger, augmentant le risque d'extinction. Par contre, la conjonction d'un pâturage léger et du réchauffement climatique est aussi dommageable que le pâturage lourd du fait de l'effet additif de ces deux éléments (Figure 2.4). Ce dernier résultat illustre l'importance de la prise en compte du changement climatique sur la trajectoire des écosystèmes (semi-)naturels.

En réponse à ces prédictions d'un impact négatif du pâturage sur la métapopulation du nacré de la bistorte, le plan de gestion implémenté à partir de juillet 2002 a été modifié de manière à garantir le maintien en l'état des trois plus belles parcelles de prairie à bistorte dans la réserve des Prés de la Lienne, grâce à la mise en place d'exclos. En dehors de ces exclos, les pires prévisions du modèle ont été validées : le pâturage préférentiel des vaches Galloway en libre parcours sur les zones à bistorte a entraîné l'extinction quasi complète des populations locales de papillons (Schtickzelle *et al.*, 2007), ce qui a d'ailleurs modifié complètement l'organisation de la dispersion au sein de la métapopulation (Baguette *et al.*, 2011). À partir de l'automne 2007, le pâturage a en conséquence été limité à la période août-décembre



**Figure 2.4.** Impact de divers scénarios sur la viabilité de la métapopulation du Nacré de la bistorte dans la vallée de la Lienne.

Le risque de quasi-extinction mesure la probabilité que l'effectif total descende au moins une fois au cours du temps sous un seuil donné.

sur l'ensemble du site, ce qui a apporté une nette amélioration de la qualité de l'habitat du papillon qui s'est traduite par une augmentation de l'effectif de la métapopulation à partir de l'été suivant.

## 7.2. Analyse de viabilité du Crapaud calamite

Les amphibiens payent un lourd tribut aux changements globaux: la vitesse d'extinction des populations et des espèces est plus rapide dans ce groupe que chez les autres taxons (Houlahan *et al.*, 2000 ; Pounds and Masters, 2009). Ces animaux mal isolés du monde extérieur par une peau fine et perméable sont vulnérables aux pathogènes émergents favorisés par le réchauffement climatique et aux molécules artificielles introduites dans l'environnement et responsables de sa pollution diffuse. Dans les paysages profondément modifiés par l'homme, cette sensibilité organique se conjugue à l'isolement croissant des populations et constitue un « cocktail anthropogène mortel » (Travis, 2003).

Le Crapaud calamite (*Epidalea calamita*) est une espèce particulièrement sensible en Europe occidentale : c'est un amphibien caractéristique des mares pionnières dont les têtards

ne supportent pas la compétition avec d'autres amphibiens. Tributaires de la formation incessante de nouveaux points d'eau peu profonds et dépourvus de prédateurs, ses populations forment donc une mosaïque mouvante dans le paysage. Avant la révolution agricole, des ornières et petites mares temporaires se formaient ou se reformaient régulièrement lors de l'exploitation des champs et de la forêt. Actuellement, les points d'eau temporaire ne se rencontrent plus que dans des milieux marginaux (carrières, pistes de moto-cross, réserves naturelles gérées). En conséquence, les populations de Crapaud calamite sont très isolées dans le paysage. Une analyse de viabilité des populations a été menée pour déterminer comment gérer l'espace dans le sud de la Belgique afin de favoriser cette espèce menacée à l'échelle régionale avec comme questions : (1) la création de sites favorables à proximité d'une population isolée permet-elle de créer une métapopulation viable, tenant compte des contraintes liées à la localisation de ces sites ? (2) un réseau de petites populations peut-il se maintenir sur le long terme ou est-il préférable de conserver une seule grande population ?

Pour répondre à ces questions, un modèle démographique spatialement explicite de populations structurées (SPM) a été construit à partir de la plate-forme



**Figure 2.5.** Crapaud calamite.



Tableau 2.1

Matrice de Lefkovitch utilisée dans l'analyse de viabilité de populations du Crapaud calamite. Chaque case renseigne la probabilité qu'a une femelle de passer d'un stade (colonnes) au suivant (lignes).

T : têtards femelles, J : femelles juvéniles, Ad. : femelles adultes, F : nombre de jeunes femelles (têtards de dernier stade) produit par femelle, M : mortalité des têtards associée à l'assèchement de la mare, S<sub>j</sub> : survie entre la métamorphose et l'âge adulte, S<sub>a</sub> : survie annuelle moyenne d'un adulte.

|             | T   | J              | Ad. 2 ans      | Ad. 3 ans      | Ad. 4 ans      | Ad. 5 ans      | Ad. ≥ 6 ans    |
|-------------|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| T           | 0   | 0              | F              | F              | F              | F              | F              |
| J           | 1-M | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| Ad. 2 ans   | 0   | S <sub>j</sub> | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| Ad. 3 ans   | 0   | 0              | S <sub>a</sub> | 0              | 0              | 0              | 0              |
| Ad. 4 ans   | 0   | 0              | 0              | S <sub>a</sub> | 0              | 0              | 0              |
| Ad. 5 ans   | 0   | 0              | 0              | 0              | S <sub>a</sub> | 0              | 0              |
| Ad. ≥ 6 ans | 0   | 0              | 0              | 0              | 0              | S <sub>a</sub> | S <sub>a</sub> |

RAMAS-GIS (Akçakaya, 2002) alimentée par des données démographiques originales et bibliographiques (Stevens et Baguette, 2008). Le cœur de ce modèle est une matrice démographique de transition entre stades (matrice de Lefkovitch), qui présente la probabilité qu'a un individu de passer d'un stade à l'autre du cycle de vie. Sept stades ont été séparés sur la base de leur importance biologique (Tableau 2.1) : têtards, juvéniles, adultes de 2 à 5 ans, adultes de 6 ans et plus ; seules les femelles ont été incluses dans le modèle, sous l'hypothèse d'un sex-ratio équilibré à tous les stades.

La variation du recrutement dans les populations de Crapaud calamite est due à des causes biotiques (maladies, principalement des infections fongiques, compétition, prédation, échec de la métamorphose) et abiotiques (assèchement du point d'eau avant la métamorphose, responsable à lui seul de la mortalité de 10 à 80 % des œufs et des têtards). La matrice de Lefkovitch utilisée permet de découpler ces deux causes dans la simulation du recrutement des juvéniles. La variation de fécondité liée à la taille, la condition ou l'âge des femelles y est tout simplement ignorée car elle est nettement moindre que la variation dans la survie avant la métamorphose. La fécondité d'une femelle ( $F$ ) est donc modélisée comme le nombre de têtards femelles qu'elle produit chaque année et qui auraient survécu jusqu'à la métamorphose en absence d'assèchement de la mare. La mortalité liée à cet assèchement ( $M$ ) est ensuite appliquée à ces têtards, et seule la fraction survivante ( $1-M$ ) atteint le stade juvénile. Ces juvéniles passent ensuite le filtre d'une survie propre au stade ( $S_j$ ), très faible (moins de 5 %), à la suite de quoi ils atteignent l'âge adulte, au cours duquel environ 50 % des individus survivent d'année en année ( $S_a$ ). La fécondité d'une femelle est donc le recrutement de femelles au dernier stade têtard en l'absence d'assèchement :

$$F = \begin{matrix} \text{participation} \\ \text{annuelle de} \\ \text{la femelle à la} \\ \text{reproduction} \end{matrix} * \begin{matrix} \text{production} \\ \text{moyenne de} \\ \text{têtards viables} \end{matrix} * \text{sexe-ratio} \quad \text{Éq. 7}$$

De 60 à 65 % des femelles présentes dans une population se reproduisent une année donnée ; la participation annuelle est donc fixée à 0,63.

Le taux d'accroissement de la population ( $R_t$ ) de la matrice utilisée est compris entre 0,88 et 1,45, soit un changement annuel d'abondance variant de -12 % à + 45 %. La stochasticité environnementale et la densité-dépendance sont ensuite simulées pour freiner cette croissance. La première est représentée par les écarts-type de la fécondité, de la survie, et de la mortalité résultant de l'assèchement des mares. La seconde est modélisée à partir d'une fonction puissance inverse liant le taux de croissance de la population l'année  $t$  ( $R_t = N_{t+1} / N_t$ ) à la taille de la population l'année  $t$  ( $N_t$ ). La capacité de charge  $K$  est alors déduite de cette fonction ( $N_t = K$  lorsque  $R_t = 1$ ). Dans le cas du crapaud calamite,  $K$  correspond à 9 femelles par ha d'habitat.

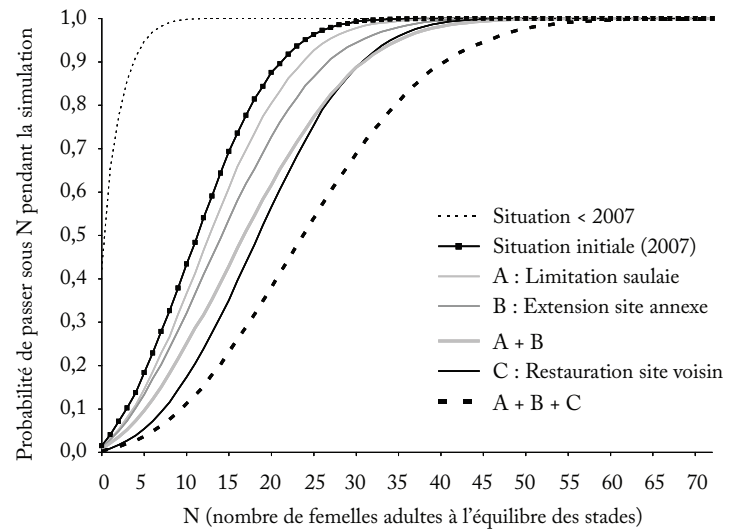
La dispersion entre habitats favorables ou entre populations locales est extrêmement difficile à mesurer directement (par exemple par capture-marquage recapture) car elle est le fait des juvéniles dont la mortalité est très élevée. Pour contourner cette difficulté, la proportion de dispersants est soit (1) implémentée comme une fonction de la capacité de charge de chaque population locale, et varie dans les simulations de 0,01 % à 10 %, soit (2) inférée au départ de données génétiques (voir plus bas, le second cas). La sensibilité des modèles à ces différentes valeurs de taux de dispersion est ensuite évaluée, en comparant les risques de quasi-extinction qu'elles induisent.

Ce modèle général de dynamique des métapopulations du Crapaud calamite a été utilisé pour comparer des scénarios de conservation dans deux situations contrastées. Dans la première série de simulations, il s'agissait d'évaluer des scénarios visant à sécuriser une population complètement isolée localisée dans une ancienne carrière au sein d'un paysage de cultures intensives et d'implantations humaines. Cette population utilisait comme sites d'accouplement et de ponte deux sites de petite taille, un bassin de décantation et une petite frange (< 100 m) de faible profondeur en bordure d'une mare de 7 ha. Cette dernière est menacée par l'extension d'une saulaie dont les arbres provoquent un ombrage défavorable aux têtards du Crapaud calamite et donc diminuent l'attrait du site pour les adultes. Vu l'impossibilité d'élargir les zones d'habitat existant, les gestionnaires d'une réserve naturelle située à 300 m de là ont aménagé 570 m<sup>2</sup> d'habitat favorable organisé en 8 petites



**Figure 2.6.** Risque de quasi-extinction (P de passer sous N) pour une population de Crapaud calamite actuellement isolée.

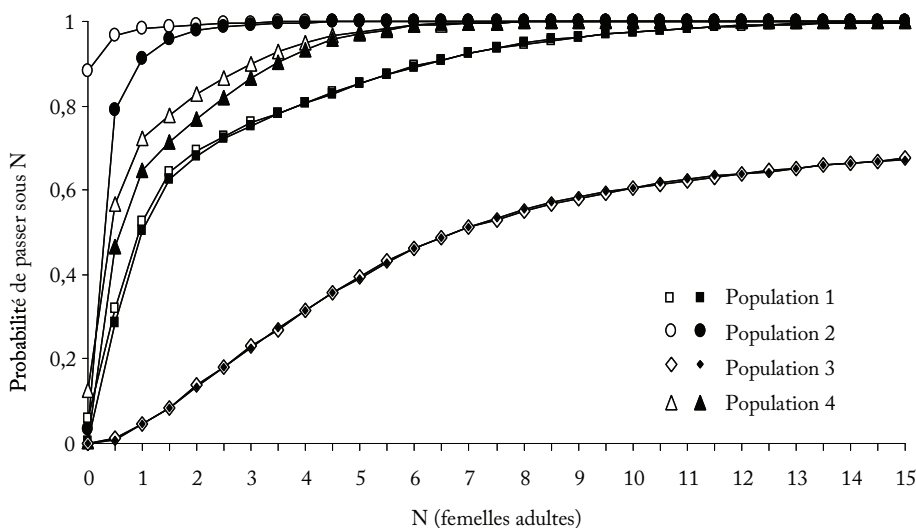
La probabilité que l'effectif passe sous un seuil critique diminue avec l'application de scénarios de gestion. Une première action a été entreprise en 2007 et est considérée dans les autres scénarios (A, B, C).



pièces d'eau peu profonde. Trois scénarios de conservation ont été comparés, en fonction de leurs coûts respectifs : (1) la limitation de l'extension de la saulaie par coupe régulière des rejets (quelques centaines d'€/an) ; (2) l'extension du réseau créé à proximité pour atteindre 5 ha d'habitat favorable (plusieurs milliers d'€) et (3) la restauration d'un site occupé précédemment et localisé à 1,5 km de la population actuelle (plusieurs dizaines de milliers d'€). Les prédictions des différents modèles (Figure 2.6) indiquent que le scénario le plus onéreux est aussi celui qui aura la plus grande chance d'assurer la conservation de l'espèce dans le paysage, tandis que le scénario le plus économique n'apporte qu'une amélioration modeste.

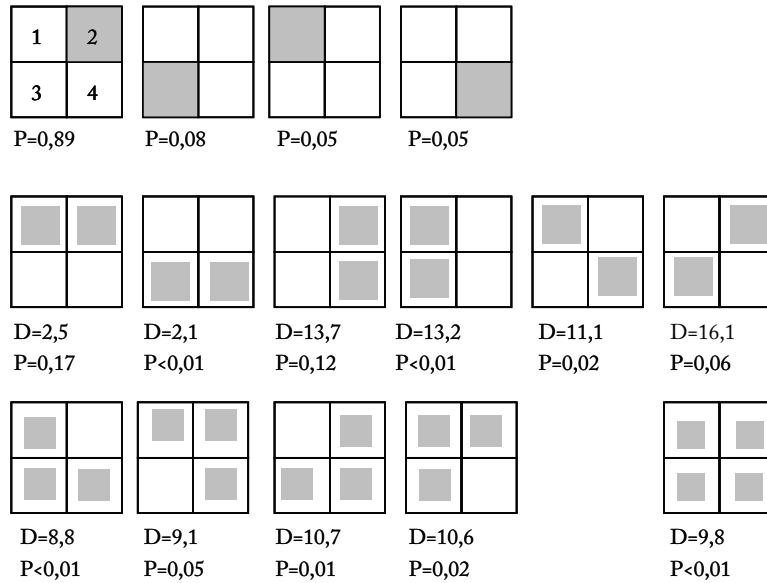
Dans le second cas, il s'agit d'évaluer le maintien d'une métapopulation au sein d'un paysage moins anthropisé. Quatre populations locales, constituées chacune par un réseau de petites mares, séparées par des distances de 2 à 16 km, y occupent des carrières en activité ou abandonnées. Elles sont connectées par des mouvements d'individus dispersant (0,7 contact par génération en moyenne) dont la fréquence ne dépend pas de la distance géographique qui les sépare, mais de leur connectivité *via* un couvert forestier (Stevens

*et al.*, 2006). Le premier couple de simulations vise à évaluer l'importance de ces mouvements de dispersion dans le maintien de cette métapopulation, en comparant le risque de quasi-extinction d'un modèle avec dispersion à celle d'un modèle où les quatre populations locales sont isolées les unes des autres. Les résultats indiquent que deux des quatre populations locales ne peuvent se maintenir s'il n'y a pas d'arrivée d'individus dispersants (Figure 2.7). La deuxième série de simulations a pour but d'évaluer s'il est préférable de répartir les efforts de conservation sur un ou plusieurs sites dans le paysage. Dans ces modèles, la surface totale d'habitat favorable actuellement protégée (6 hectares dans un seul site) est répartie sur une ou plusieurs des populations locales, alors connectées par des mouvements de dispersion. Les probabilités de quasi-extinction (Figure 2.8) sont moindres lorsque les 6 ha sont répartis sur plusieurs populations, illustrant l'importance de l'« effet métapopulation ». En effet, l'arrivée d'individus dispersant dans des populations en déclin, ou la recolonisation d'habitats favorables après un épisode d'extinction locale est une véritable assurance garantissant la persistance du Crapaud calamite dans le système.



**Figure 2.7.** Risque de quasi-extinction pour quatre populations de Crapaud calamite formant une métapopulation en Belgique.

Symboles ouverts : sans dispersion ; symboles pleins : avec dispersion entre populations, correspondant aux flux évalués par une analyse de la structuration génétique. La probabilité que l'effectif passe sous un seuil critique diminue lorsque la dispersion est prise en compte.



**Figure 2.8.** Risque de quasi-extinction (P de passer sous N) pour une métapopulation de crapauds calamites sous 15 scénarios de gestion impliquant la préservation de 6 ha d’habitat au total.

Chaque damier illustre un scénario (une case = une population locale), les zones en grisé correspondent à la

localisation de l’habitat préservé. D : distance moyenne entre les habitats préservés (km); P : probabilité que la simulation (100 ans) se termine avec un effectif total  $\leq 10$  femelles adultes. Le premier scénario correspond à la situation actuelle de gestion : 6 ha sont préservés dans la population 2.

## 8. CONCLUSIONS

Gérer la qualité d’un habitat, augmenter sa surface, accroître la connectivité d’un paysage sont trois questions auxquelles sont fréquemment confrontés les praticiens de la conservation. Nous avons montré qu’il est possible d’y apporter des éléments de réponse grâce à une même plate-forme de modélisation, alors que les organismes concernés et les problèmes auxquels ils étaient confrontés étaient très différents. Grâce au paradigme des métapopulations, l’écologie de la conservation possède donc un cadre théorique unificateur qui transcende les différences taxonomiques et les situations locales.

Mais ces deux cas d’espèce illustrent également la difficulté de passer du paradigme des métapopulations au monde réel. Si la théorie de la dynamique spatiale des métapopulations s’est beaucoup développée en s’appuyant sur des bases mathématiques solides, son application en conservation se heurte à la nécessité de disposer de données biologiques qui ne sont souvent disponibles que grâce au suivi de systèmes populations-environnement sur le très long terme (se comptant en dizaines de générations). Le paramétrage des modèles d’analyse de viabilité de (méta-)populations requiert en effet des données de première main pour les valeurs de différents traits d’histoire de vie et surtout pour leur variation spatio-temporelle dans les populations étudiées. Pour pallier ces difficultés, deux stratégies sont habituellement utilisées : soit employer des données provenant d’autres populations, ou même d’autres espèces, soit utiliser des valeurs estimées comme plausibles. Ces deux stratégies sont acceptables, à condition qu’elles soient soumises à une analyse de sensibilité du modèle visant à quantifier comment les prédictions du modèle sont affectées

par des variations du paramètre en question autour de la valeur utilisée. De telles analyses de sensibilité permettent de relativiser les comparaisons de scénarios en fonction des écarts de prédiction observées en faisant varier le paramètre.

C’est également la difficulté de disposer de données fiables et exhaustives qui limite actuellement la prise en compte de l’hétérogénéité individuelle dans les analyses de viabilité de (méta-)populations. Nous avons longuement insisté sur l’importance des caractéristiques des individus avant de présenter des modèles démographiques qui les effleuraient à peine, par exemple en considérant que la fécondité des femelles dépend de leur âge. En fait, la prise de conscience de l’existence de véritables stratégies individuelles, intégrant par exemple prises de décisions, performances métaboliques et traits d’histoire de vie en un véritable syndrome, est très récente. La compétition ou la coopération entre différentes stratégies individuelles et leurs conséquences en terme de dynamique éco-évolutive permettrait par exemple d’expliquer l’adaptation rapide de certaines petites populations aux pressions sélectives imposées par l’espèce humaine (voir par exemple Kinnison et Hairston, 2007). L’utilisation de modèles de simulation individu-centrés dans lesquels seraient implémentées différentes règles décrivant les stratégies individuelles coexistant dans les populations constitue certainement une approche prometteuse pour explorer comment l’interaction entre démographie et évolution rapide permet à certaines populations confrontées aux changements de leur environnement de se maintenir. L’application de tels modèles à des situations réelles permettrait d’accroître le pouvoir prédictif des analyses de viabilité des (méta-)populations, et constituerait sans aucun doute un ajout bienvenu à la boîte à outils des écologues de la conservation.

## Encadré 2.4.

### Estimation du risque d'extinction : le cas de la Vipère d'Orsini

J.-F. Le Galliard, J.-P. Baron, M. Jaffré et T. Tully

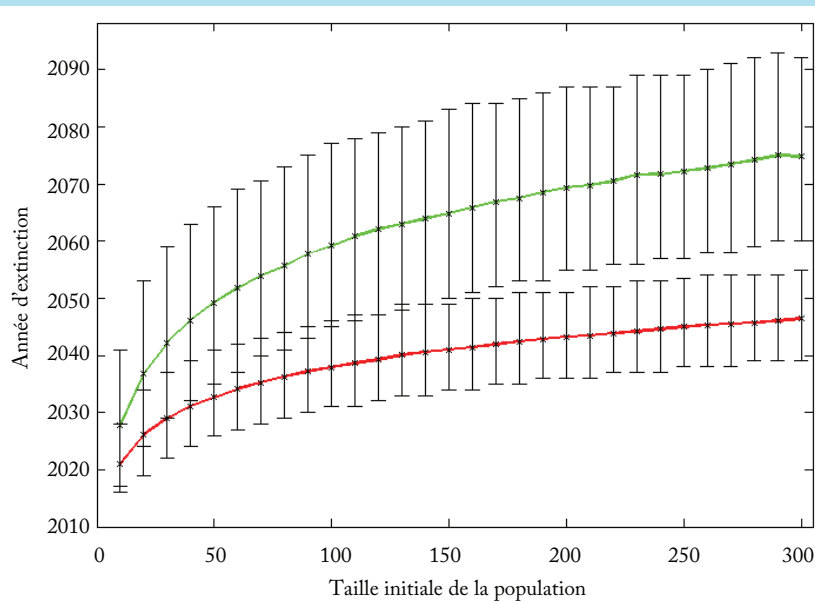
La Vipère d'Orsini (*Vipera ursinii*) est un petit serpent insectivore des steppes méditerranéennes et des plaines d'Europe centrale dont l'aire de distribution, déjà sévèrement fragmentée, a régressé massivement au cours des dernières décennies. Inféodée en France aux pelouses calcaires de l'étage alpin et subalpin du pourtour méditerranéen, on connaît 15 populations isolées qui constituent environ huit unités génétiques indépendantes de la sous-espèce *V. u. ursinii* (Ferchaud *et al.*, 2011). Elle constitue ainsi par sa rareté, sa répartition et son déclin récent l'espèce de serpent la plus menacée de notre pays et est classée vulnérable par l'UICN au niveau européen (Cox and Temple, 2009). À l'extrême ouest de sa répartition, l'espèce est présente sur une surface d'environ une centaine d'hectares de pelouses fortement dégradées autour du Mont Serein. Dans l'objectif de mieux comprendre les patrons démographiques et d'appréhender ainsi les risques d'extinction, un secteur de quatre hectares est prospecté deux fois chaque année par l'un d'entre nous depuis 1979. À chaque printemps et fin d'été, les animaux observés sur le terrain sont capturés, marqués puis relâchés, et des informations sur la morphologie, l'alimentation, ou le comportement sont récoltées. À la fin de l'été, les femelles gravides sont maintenues temporairement en élevage pour documenter leur reproduction et les nouveau-nés sont marqués pour pouvoir par la suite mesurer leur croissance et leur survie (Baron *et al.*, 1996). Les données récoltées patiemment sur les femelles au cours de ce suivi démontrent trois résultats majeurs (Baron *et al.*, 1996, Baron *et al.*, 2010, Baron *et al.*, données non publiées). Premièrement, la Vipère d'Orsini est une espèce dont la démographie est relativement « lente » comparativement à d'autres reptiles. Les vipères mesurent environ 140 mm (taille



museau-anus) à leur naissance et grandissent rapidement jusqu'à la maturité sexuelle entre l'âge de 4 à 7 ans pour les femelles, vers une taille de 300 mm ; la croissance ralentit ensuite mais reste significative pendant toute la vie. La survie juvénile est relativement élevée en général (63 %) tout comme la survie des adultes (69 %), mais l'effort reproducteur est relativement faible. Les femelles produisent en moyenne 3 à 4 œufs par portée et seulement une fois tous les deux ans – une reproduction faible et intermittente qui est la conséquence probable d'un fort coût en croissance de la reproduction. Deuxièmement, les traits démographiques répondent aux variations temporelles de l'environnement de manière contrastée. La survie et l'effort reproducteur sont invariables dans le temps, alors que la qualité des jeunes, leur croissance, et leur survie présentent des variations temporelles importantes dont l'origine reste encore inconnue. Troisièmement, la taille corporelle est un facteur structurant : elle influe positivement sur la survie juvénile, la maturation sexuelle et l'effort reproducteur d'une femelle, mais est liée négativement à la croissance corporelle. Un modèle démographique structuré par la taille sur la base des observations des trente années de suivi permet de prédire la dynamique de cette population et son risque d'extinction. Dans son état actuel, la population présenterait un déclin annuel de l'ordre de 10 à 15 % et un horizon moyen d'extinction à 30 ans. Une amélioration sensible de 10 % de la survie de la survie adulte constitue l'une des actions de conservation les plus efficaces (Figure 2.9). La mise en œuvre de propositions concrètes de gestion des espaces naturels occupés par cette population gravement en danger dépend des autorités locales de la zone protection Natura 2000 et de la Réserve de Biosphère du Mont Ventoux.

**Figure 2.9.** Horizon de quasi-extinction de la population femelle de la Vipère d'Orsini au Mont Serein selon l'effectif initial (environ 200-300 vipères femelles seraient présentes actuellement sur le site).

Le modèle est calibré pour la population de femelles du Mont Serein (courbe rouge) ou en augmentant la survie adulte de 10 % (courbe verte). La figure représente l'année moyenne de quasi-extinction (pour un seuil de deux femelles dans la population) et les quantiles à 10 % de 500 trajectoires stochastiques débutant toutes en 2010.



## Encadré 2.5.

### Quelle biodiversité dans un monde sans carnivores ?

*J.L. Martin*

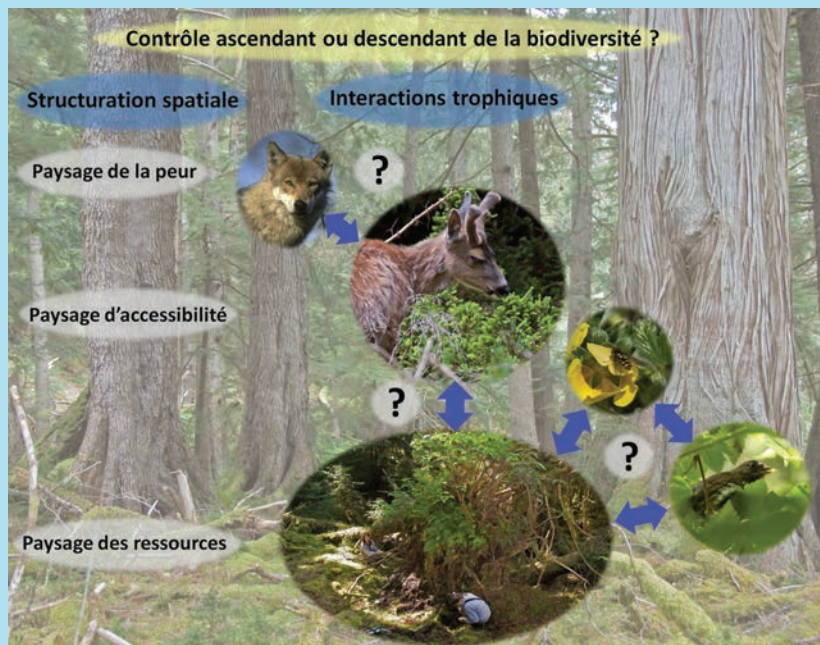
#### Le contrôle de la distribution et de l'abondance des espèces est-il ascendant ou descendant ?

Les interactions trophiques (Elton, 1927), et plus généralement la compétition pour les ressources (Gause 1934) ont été parmi les premiers concepts proposés pour expliquer les assemblages d'espèces au sein des communautés. Mais ce paradigme de compétition (MacArthur et Levins, 1967) commença à être remis en cause par l'exploration des multiples effets indirects à l'œuvre au sein de ces mêmes communautés (Paine 1969, Estes et Palmisano, 1974). En particulier, l'analyse des cascades d'effets exercés par les niveaux trophiques supérieurs ou intermédiaires sur les niveaux inférieurs ou primaires amorça un débat sur le contrôle ascendant ou descendant de l'abondance et de la diversité des espèces présentes dans une communauté donnée (Pace *et al.*, 1999).

Le comportement s'immisça bientôt dans ce débat et devint un élément clé dans l'émergence d'une « écologie de

la peur » (Brown *et al.*, 1999 ; Preisser *et al.*, 2005). L'accent porta en particulier sur la manière dont les réponses comportementales des herbivores à la présence ou à l'absence de leurs prédateurs influençaient la structure et la dynamique de communautés et des paysages (Schmitz *et al.*, 1997).

Le « paysage de la peur » engendré par le risque de prédation fut bientôt perçu comme un élément fort de structuration de la biodiversité à travers son influence sur la répartition spatiale des herbivores dans le paysage des ressources et des opportunités (Figure 2.10). La présence de prédateurs donnerait localement une chance de croître à des plantes qui sinon auraient été consommées. Symétriquement, l'absence de prédateurs, en permettant la perte de peur et de vigilance, serait susceptible d'élargir et d'accentuer la pression des herbivores sur l'ensemble de l'espace accessible, enclenchant des cascades d'effets tant à l'échelle d'un milieu qu'à celle du paysage avec comme résultat une homogénéisation biotique (Rooney *et al.*, 2004).



**Figure 2.10.** Représentation schématique des éléments spatiaux et trophiques potentiellement impliqués dans le contrôle ascendant ou descendant de la biodiversité avec les grands ongulés forestiers comme point focal.

Paysage des ressources = distribution spatiale des ressources que recherche une espèce donnée. Paysage d'accessibilité = portion du paysage des ressources où ces dernières sont physiquement accessibles à une espèce donnée.

Paysage de la peur = attractivité de chaque portion du paysage en fonction du risque de prédation que perçoit une espèce donnée. La probabilité de présence d'une espèce et d'exploitation effective de ses ressources en un endroit donné résultera de l'intersection de ces différents paysages.

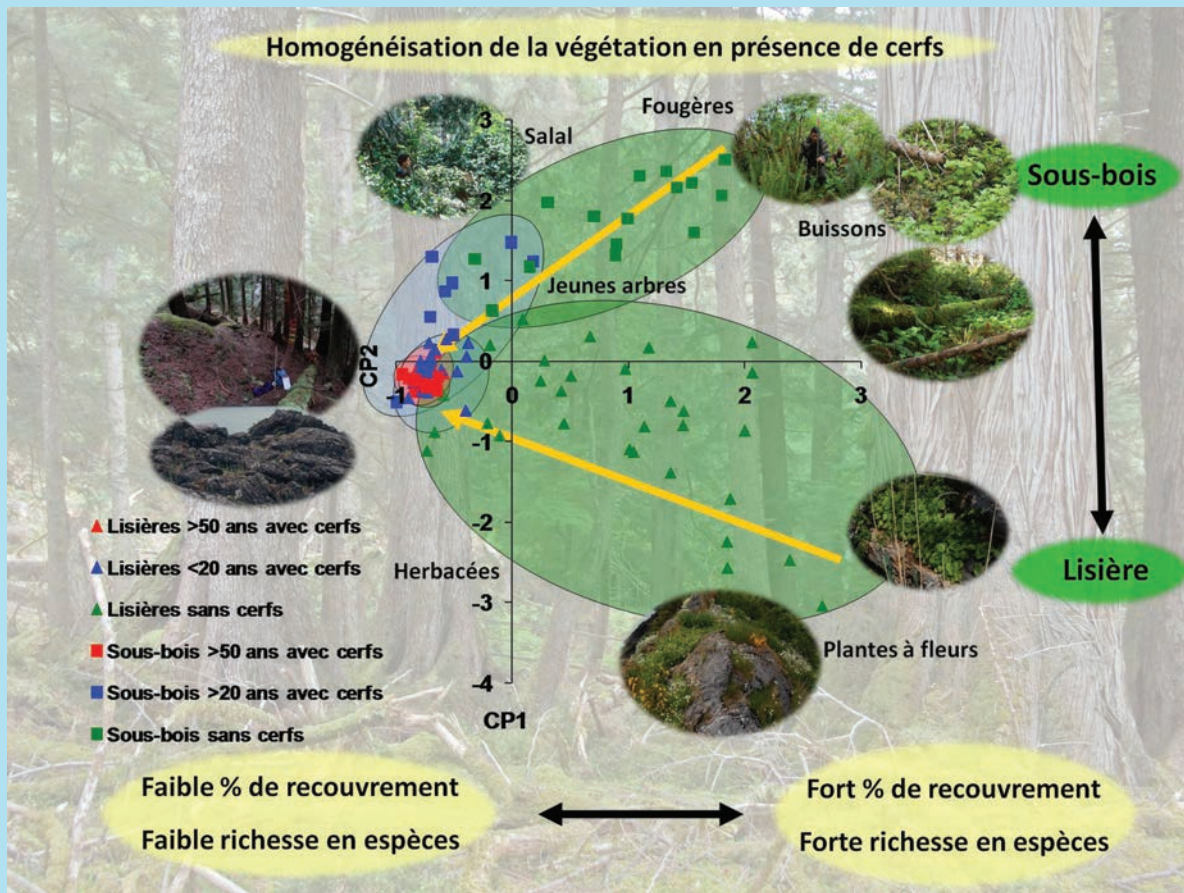
Flèches et points d'interrogation = représentation du sens possible des interactions ascendantes ou descendantes au sein du réseau trophique.



**Conséquences de l'absence de carnivores sur la flore et la faune : une étude de cas**

Dans le cadre d'une étude multidisciplinaire (Martin *et al.*, 2010) nous avons profité d'une situation unique créée par l'introduction d'un cervidé dans un archipel canadien (Haïda Gwaii anciennement Îles de la Reine Charlotte, CB, Canada), archipel à l'origine dépourvu de grands herbivores forestiers. Nous y avons montré, contrairement aux prédictions faites essentiellement sur la base de considérations théoriques (voir par ex. Strong, 1992 ou Polis *et al.*, 2000) : (1) qu'en l'absence de carnivores, les défenses chimiques des plantes étaient incapables de prévenir leur impact sur la végétation (Vourc'h *et al.*, 2001, Martin *et al.*, 2010) ; (2) qu'après 50 ans d'abrutissement incontrôlé on aboutissait à une homogénéisation et à une simplification de la structure et de la richesse des communautés végétales au sein des deux habitats étudiés, le sous bois et les lisères, et à une disparition presque totale des différences initiales entre ces deux habitats (Figure 2.11). (3) Que la grande majorité des plantes, y compris les plus résistantes

aux herbivores, étaient pratiquement éliminées du sous bois (> 90 % du recouvrement végétal perdu) (Fig 2.11). Le type de croissance des plantes influait la cinétique de l'impact de l'herbivore mais pas son résultat ultime (Stockton *et al.*, 2005, Martin *et al.*, 2010) ; (4) que de nombreuses plantes ne remplissaient plus leur fonction écosystémique (Stockton *et al.*, 2005, Allombert *et al.*, 2005a & b) ; (5) que la simplification et la perte de la production primaire se répercutait de proche en proche à travers le réseau trophique pour aboutir à une réduction de plus de 80 % de la diversité et de l'abondance en invertébrés du sous-bois et de plus de 50 % de celle des vertébrés (principalement des oiseaux) (Allombert *et al.*, 2005 a & b)(Figure 2.12) ; et, finalement, (6) qu'il n'émergeait aucune régulation interne (densité dépendante) ou externe (maladie, stress climatique) (Vila *et al.*, 2004a & b sur l'histoire de l'impact des cerfs) capable de contrôler les population de cerfs. La généralité de nos résultats fut confirmée tant dans l'ouest du Canada (notre collaboration avec P. Arcese & T. Martin; Tara Martin *et al.*, subm.) et dans les forêts boréales de l'est du Canada (collaboration avec S. Côté, E. Cardinal).

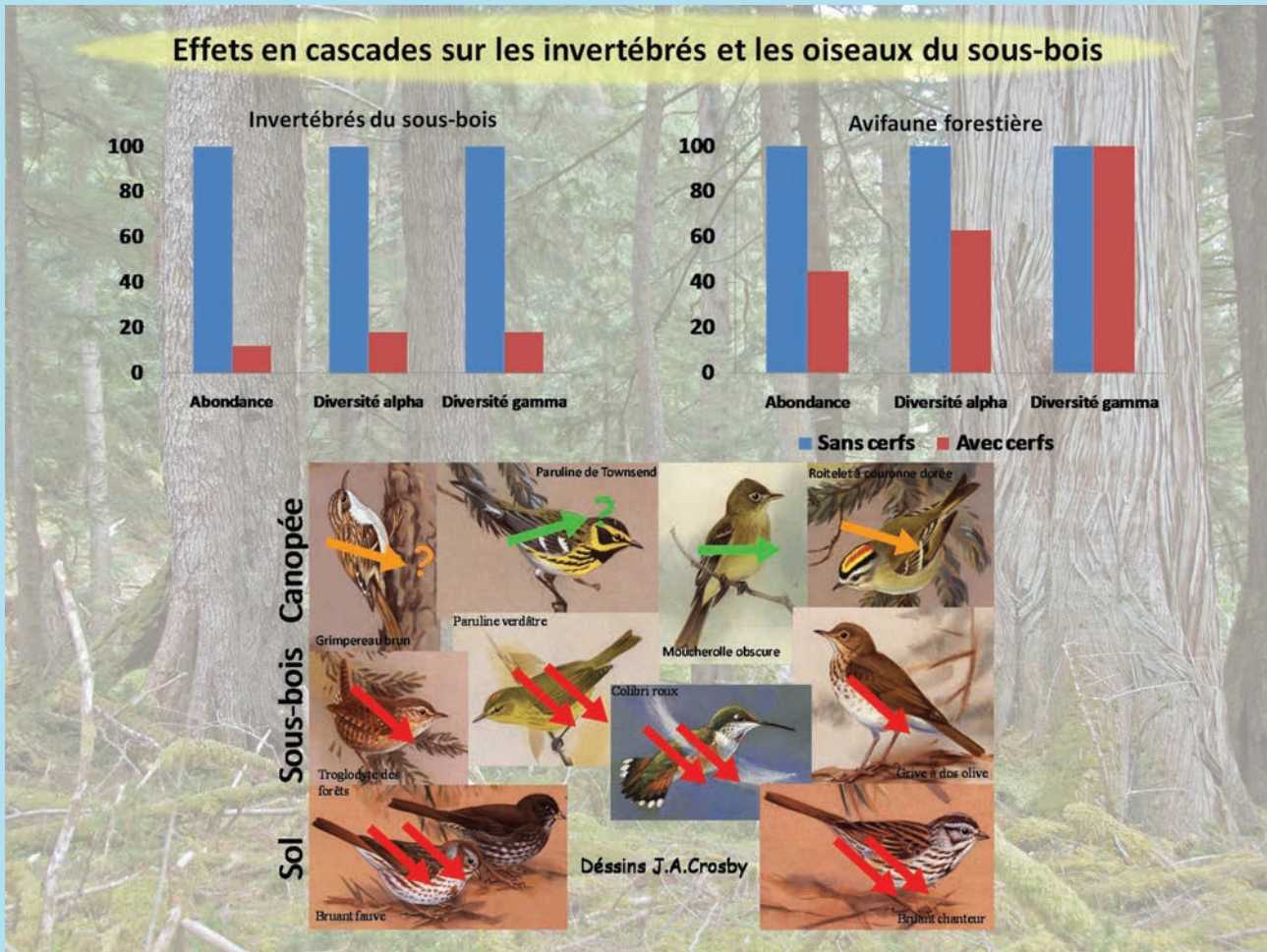


**Figure 2.11.** Simplification et homogénéisation de la végétation du sous bois et de la lisière par les cerfs.

Plan factoriel des axes 1 (horizontal ; 25 % de la variance totale) et 2 (vertical, 21 % de la variance totale) d'une analyse en composante principale portant sur 70 relevés de végétations effectués en lisière (14 variables mesurées ; symbole = triangles) et 30 relevés effectués en sous-bois (12 variables mesurées, symboles= carrés) représentés ici en fonction des 3 différentes histoires de présence de cerfs analysées : cerfs ayant toujours été

absent = couleur verte – les 2 plus grandes enveloppes ; cerfs présents depuis moins de 20 ans, couleur bleue – les 2 enveloppes moyennes ; cerfs présents depuis plus de 50 ans, couleur rouge – les deux plus petites enveloppes. Chacune des enveloppes au sein d'un type d'habitat contient le même nombre de points échantillons. Les triangles rouges et les carrés rouges se superposent sur la même portion du plan factoriel au sein de l'enveloppe rouge. Les flèches jaunes symbolisent la simplification et l'homogénéisation des communautés végétales par le cerf au cours du temps.





**Figure 2.12.** Effets de la présence de cerfs sur l’abondance, la diversité stationnelle (alpha) et la diversité au sein d’une classe d’îles (gamma) pour les invertébrés du sous bois et l’avifaune forestière.

Pour cette dernière la mosaïque d’images représente l’évolution de l’abondance des espèces représentées en passant des îles sans

cerfs aux îles avec des cerfs depuis plus de cinquante ans et ceci en fonction de leurs utilisations de l’habitat (canopée = espèces dépendant de la canopée pour se nourrir ou pour nicher ; sous-bois = espèce dépendant du sous bois pour s’alimenter et/ou nicher ; sol = espèces dépendant du sol pour s’alimenter ou nicher).

**Le défi de la dérive du point de référence**

La force des résultats présentés ci-dessus provient de l’existence d’une situation de référence, la présence d’îles sans ongulés. Il suffit d’imaginer la Figure 2.11 sans les données des sites de référence (en vert) pour se rendre compte que les conclusions auxquelles l’écologue pourrait aboutir avec les données restantes ne pourraient être que très partielles. C’est pourtant la situation à laquelle nous devons faire face dans l’essentiel de nos travaux sur les mécanismes qui structurent les communautés vivantes. Nous nous retrouvons le plus souvent devant un puzzle dont il ne reste qu’une petite portion des pièces d’origine et dont on aurait perdu l’image de référence.

**Déterminisme de la morphologie des grands ongulés : plantes ou carnivores ?**

La question du bon référentiel se pose également pour notre perception de la biologie des ongulés. Tant dans la

dénomination d’herbivore que nous leur attribuons que dans les traités consacrés à leur biologie, notre perception des grands ongulés passe essentiellement par le filtre de leur comportement alimentaire plutôt que par celui de leur comportement d’évitement de leurs prédateurs. Et pourtant les grands traits de la morphologie externe de la plupart d’entre eux (organes de la vue, de l’ouïe, locomoteur) expriment de manière criante la pression évolutive exercée par les carnivores plus que la nécessité de consommer de la matière végétale. Les oreilles, le regard et la fine silhouette d’une biche (Figure 2.13) reflètent l’impérieuse nécessité d’éviter de se faire manger plutôt que celle de manger des plantes. Par contraste chez les carnivores toute la morphologie (organes sensoriels, aptitude à la course) exprime la tension du prédateur vers sa proie.

Cette perception biaisée des ongulés en tant qu’herbivores s’explique probablement, *pro-parte*, par le fait que l’étude de l’écologie et de la biologie de leurs populations se sont développées dans un monde dont nous avons



# Glossaire

**Action 21 (Agenda 21) :** plan d'action pour le XXI<sup>e</sup> siècle, adopté par les États lors de la conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement ou « Sommet de la Terre » de Rio de Janeiro (1992).

**AFD (Agence Française du Développement) :** a pour objectif de lutter contre la pauvreté et aider au développement des pays du Sud.

**Aire protégée :** site bénéficiant d'un statut de conservation et de mesures de protection de la part des autorités gouvernementales. L'IUCN classe les aires protégées en fonction de l'importance des mesures de protection : zone de paysage protégé, réserve à but spécialisé, monument national, parc, réserve naturelle intégrale, Réserve de biosphère.

**AMP (Aire Marine Protégée) :** définie par l'IUCN comme « toute région intertidale ou subtidale, de même que les eaux la recouvrant, ainsi que la flore, la faune et les caractéristiques historiques et culturelles associées, classées par la législation dans le but de protéger partiellement ou intégralement l'environnement inclus ».

**Analyse de sensibilité d'un modèle :** mesure de l'impact de l'incertitude attachée à chaque paramètre d'entrée du modèle sur la solution.

**Autogestion :** système de gestion par lequel une structure ou un groupe d'individus prend les décisions en commun en impliquant l'ensemble du groupe.

**Bilan carbone :** outil de comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre. Le bilan carbone traduit l'ensemble des processus physiques d'un individu ou d'un groupe générateurs en émissions d'équivalent carbone (CO<sub>2</sub>).

**Bioprospection :** recherche et/ou inventaire des éléments/substances constitutifs de la diversité biologique à des fins scientifiques et/ou économiques.

**Biosphère :** niveau planétaire d'intégration de toutes les échelles du vivant. Ensemble comprenant les organismes vivants et les milieux où ils vivent, ainsi que les processus biotiques et abiotiques qui s'y déroulent.

**Biovars :** souches qui se différencient par des moyens biochimiques ou autres, non sérologiques, de la souche type.

**Caryologie :** étude et analyse des variations du nombre, de la forme ou de la taille des chromosomes caractérisant les cellules nucléaires des espèces.

**Caryologie :** étude des éléments composant le noyau des cellules.

**CDB (Convention sur la Diversité Biologique) :** traité international juridiquement contraignant visant à la conservation de la diversité biologique, son utilisation soutenable, le partage équitable des bénéfices découlant de l'utilisation des ressources génétiques. La signature de cette convention a débuté lors du sommet de la Terre (Rio de Janeiro, juin 1992). La CDB est aujourd'hui ratifiée par 193 États (à l'exception notable des États-Unis d'Amérique).

**CITES (« Convention on International Trade in Endangered Species ») :** également appelée Convention de Washington, cette Convention, signée en 1973, est un accord international entre États veillant à ce que le commerce international d'animaux et de plantes ne menace pas la survie des espèces.

**Club de Rome :** groupe ayant pour objectif de réfléchir sur les problèmes

auxquels les sociétés doivent et devront faire face. Il doit son nom au lieu de sa première réunion. Son premier rapport (1972), le rapport Meadows (« The Limits of Growth ») sur l'avenir du modèle de croissance a donné lieu à de nombreux débats et controverses.

**Cogestion :** partage du pouvoir de gestion et/ou de décision d'un groupe social organisé.

**Communauté locale :** entité humaine correspondant à un territoire géographique dont les dimensions et les activités facilitent le développement d'un sentiment d'appartenance et la mise en place de mécanismes de gouvernance.

**Congruence :** en phylogénie, des groupes taxinomiques distincts sont dits « congruents » lorsqu'ils ont coévolué, par exemple des parasites et leurs hôtes.

**Convention de Barcelone pour la Protection de la Mer Méditerranée :** adoptée en 1976 et amendée en 1985, son objectif initial était de réduire les pollutions de toute nature de la mer Méditerranée. L'objectif initial fut par la suite étendu à la protection du milieu marin.

**Convention de Berne (1979) :** convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe, elle est entrée en vigueur le 6 juin 1982. 47 États signataires de la Convention dont les 27 États membres de l'Union européenne s'engagent à mettre en œuvre des politiques nationales de conservation de la faune et de la flore sauvages et des habitats naturels, d'intégrer cette démarche dans leurs politiques d'aménagement et de développer et encourager l'éducation, la recherche et la diffusion d'informations dans le domaine de la conservation.

**Convention internationale pour la protection de la couche d'ozone stratosphérique** : souligne la nécessité d'accroître la coopération internationale afin de limiter l'impact des activités humaines sur la couche d'ozone. La Convention n'a pas de caractère contraignant.

**Convention internationale sur la pollution des mers par les hydrocarbures** : première convention (1954) visant à éviter les catastrophes écologiques maritimes liées aux transports d'hydrocarbures.

**Convention pour la protection des oiseaux utiles à l'agriculture** : première convention internationale (1902) visant la protection d'espèces sauvages.

**Convention relative à la conservation de la faune et de la flore à l'état naturel** : ratifiée par neuf états en 1933, elle concernait 42 espèces gibier africaines.

**Convention relative aux zones humides d'importance internationale, dite Convention de Ramsar** : traité international adopté le 2 février 1971 qui vise à enrayer la dégradation ou la disparition des zones humides d'importance internationale.

**Conversationniste** : se rapporte au conflit qui, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, opposa au sein du mouvement environnementaliste américain, les tenants du *préservationnisme* (par exemple John Muir) qui avaient une vision non utilitariste de la nature et les tenants du *conservationnisme* (par exemple Gifford Pinchot) qui prônaient une conservation par la gestion des ressources. Le mot est abusivement utilisé pour qualifier une personne impliquée dans la conservation.

**Coussouls** : du provençal, « *coussou, coussu* », pâtis, pacage, lieu soumis au parcours des troupeaux, *li coussou de la Crau* : les pâturages de la Crau, pelouse rase couverte de galets, dont la végétation, très particulière, est pâturée par les moutons.

**Décentralisation** : processus d'aménagement de l'État unitaire qui consiste à transférer des compétences administratives de l'État vers des entités ou des collectivités de niveau administratif inférieur (Régions).

**Deep ecology (écologie profonde)** : mouvement philosophique défendant la valeur intrinsèque des êtres vivants indépendamment de leur utilité pour les êtres humains. « Le droit de toute forme de vie à vivre est un droit

universel qui ne peut pas être quantifié » (Naess 1973).

**Dérive génétique (voir stochasticité génétique).**

**Directive des trois 20** : adoptée en 2008 par la Commission Européenne dans le cadre de son plan climat-énergie : réduction d'au moins 20 % des émissions de gaz à effet de serre, amélioration de 20 % de l'efficacité énergétique, contribution d'au moins 20 % des énergies renouvelables à la consommation énergétique.

**Directives « Oiseaux »** (1979) et « Habitats faune flore » (1992) : dans le cadre du programme Natura 2000 les directives « Oiseaux » (1979) et « Habitats faune flore » (1992) définissent la base réglementaire du grand réseau écologique européen.

**Écologie** : science étudiant les interactions entre les êtres vivants, et entre eux et leur milieu.

**Écorégion** : région naturelle définie sur la base de la combinaison de critères biogéographiques et environnementaux (climat notamment) déterminant la présence d'un ensemble d'écosystèmes propres à la région considérée.

**Écosystème** : ensemble constitué d'une biocénose (ensemble d'espèces) et de son biotope (environnement biologique).

**Effet Allee** : ensemble des mécanismes de type démographique ou comportemental qui accélèrent le processus d'extinction de petites populations sur le déclin.

**Effet pléiotropique** : effet d'un gène ou d'une protéine induisant d'autres caractères phénotypiques que ceux pour lesquels il a été sélectionné.

**Efficience écologique (rendement écologique)** : niveau d'efficacité de la transformation de l'énergie consommée par les êtres vivants.

**Empreinte écologique** : estimation de la pression qu'exerce l'homme sur la nature. Son calcul repose sur l'évaluation de la superficie nécessaire à une population pour assurer ses besoins de production de ressources et d'absorption de déchets. Elle s'exprime en équivalent-superficie, généralement en hectares. Proposé par les Américains M. Wackernagel et W Rees en 1995, ce concept est utilisé par le WWF pour calculer son « Indice Planète Vivante ».

**Enfouissement de classe 1** : site d'entrepôt de déchets industriels présentant un caractère dangereux pour l'environnement (milieu et être vivant).

**Épizootie** : maladie qui frappe simultanément un grand nombre d'animaux de la même espèce ou d'espèces différentes.

**Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (voir MEA).**

**FAO (Food and Agriculture Organisation)** : organisation des Nations unies pour la nourriture et l'agriculture.

**FEM/GEF (Fonds pour l'Environnement Mondial/Global Environment Facility Trust Funds)** : créé à la suite de la conférence de Rio, le FEM est un organisme dédié à la coopération internationale ayant pour vocation de financer des initiatives en matière de menaces sur l'environnement. Il est aujourd'hui le premier bailleur dans le monde pour les projets environnementaux.

**FFEM** : Fonds Français pour l'Environnement Mondial.

**Fonds d'adaptation** : créé par les États membres de la Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques afin de financer des projets d'adaptation aux impacts du réchauffement climatique dans les pays du Sud. Il est financé par un prélèvement de 2 % sur la vente des certificats de réduction des émissions de carbone développés dans le cadre du protocole de Kyoto.

**Fréquences alléliques** : taux de présence d'un allèle (locus génétique) dans le génome d'une population.

**GEF (voir FEM).**

**Génie écologique** : opérations d'aménagement et/ou de restauration s'appuyant sur les processus du vivant (flore, faune..., et/ou processus pédologiques).

**Géotextiles** : tissus en matériaux naturels ou synthétiques utilisés notamment lors d'opération de génie civil ou de restauration.

**Gestion intégrée** : modèle de gestion qui repose sur l'implication de tous les acteurs dans les prises de décision par concertation et communication pour l'aménagement d'un territoire.

**GIEC/IPCC (Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat/Intergovernmental Panel on Climate Change)** : fondé

par l'Organisation Météorologique Mondiale et le programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), il a pour objectif d'évaluer de manière indépendante les informations nécessaires à la compréhension du phénomène de changement climatique et des risques qui y sont associés.

**Gouvernance** : processus mis en œuvre lors de l'exercice du pouvoir et des prises de décisions.

**Grenelle de l'Environnement** : approche proposée par le gouvernement français (2007-2008), ainsi nommée par référence aux accords négociés entre les organisations syndicales et le gouvernement rue de Grenelle lors des événements de mai 1968. Cette approche est une première dans le domaine de l'Environnement en associant à la réflexion l'État, les représentants de la société civile, les collectivités locales et des ONG. Le premier volet de la loi (Grenelle I) programmatique « fixe les objectifs, définit le cadre d'action et précise les instruments de la politique mise en œuvre ». Le second volet (Grenelle II) correspond au projet de loi d'application du Grenelle I.

**Guilde** : ensemble d'espèces taxinomiquement proches et utilisant le même type de ressources.

**Hybridation** : croisement naturel ou artificiel de deux individus d'espèces, de races ou de variétés différentes.

**Introgession** : transfert naturel ou artificiel de gènes par interfécondation d'une espèce vers le pool génétique d'une autre espèce génétiquement proche.

**IPBES (International Panel on Biodiversity and Ecosystem Services)** : correspond pour la biodiversité au Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC).

**IPCC (voir GIEC).**

**IUCN (International Union for the Conservation of Nature)** : fondée en 1956, elle constitue l'une des principales organisations non gouvernementales en matière d'environnement (voir IUCN).

**Libéralisme économique** : doctrine économique considérant qu'une liberté absolue est nécessaire en matière économique et que l'intervention de l'État doit être strictement limitée.

**MAB (voir Programme Man and Biosphere).**

**Matorral** : nom générique donné aux formations arbustives méditerranéennes type : maquis, garrigue, chaparral, fynbos...

**MEA (Évaluation des écosystèmes pour le millénaire/Millennium Ecosystems Assessment)** : rapport commandé par le Secrétaire Général de l'ONU (2000) avec la contribution de plus de 1 500 experts originaires de 50 pays. Ce rapport établit un « état des lieux » des écosystèmes mondiaux et définit les actions prioritaires afin d'assurer leur utilisation « durable (*sustainable use*) ».

**Mesures Agri-Environnementales (MAE)** : résultat de la réforme de la Politique Agricole Commune (1992). Déclinées différemment selon les pays, les MAE consistent à verser des contreparties financières aux agriculteurs volontaires afin de les dédommager des manques à gagner qu'ils subissent par la mise en place de pratiques favorables à l'environnement.

**Millennium Ecosystem Assessment (Voir MEA).**

**Mouvements « indigénistes »** : mouvement politique défendant la cause des Indiens d'Amérique du Sud.

**Natura 2000** : programme européen de mise en place d'un réseau de sites écologiques (voir « directives oiseaux » et « habitats faune flore »).

**Naturalisme** : mouvement artistique et littéraire ayant pour objet de décrire objectivement la réalité. Principe philosophique considérant qu'il n'existe rien en dehors de la nature.

**Naturaliste** : personne pratiquant les sciences naturelles comme professionnel ou amateur.

**Néozoaire** : espèce animale non indigène introduite hors de sa zone de répartition naturelle.

**ONG (Organisme Non Gouvernemental)** : organisation d'intérêts publics ne relevant ni de l'État ni d'une institution internationale.

**Parc National** : outil de protection et de conservation de la nature et du patrimoine culturel qui s'applique sur des territoires terrestres ou marins.

**Permis d'émission (crédits-carbone)** : crédits utilisés par les pays signataires du Protocole de Kyoto pour atteindre les objectifs de réduction des émissions établies par ce dernier.

**Phénotype** : ensemble des caractères observables chez un être vivant.

**Physiocrate** : économistes (XVIII<sup>e</sup> siècle) pour qui toute richesse provient de l'agriculture.

**PNUD** : Programme des Nations Unies pour le Développement.

**PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement** : créé en 1972 afin de coordonner les activités des Nations unies dans le domaine de l'environnement.

**Politiques publiques** : stratégies et actions développées par les institutions et administrations publiques visant à modifier une situation structurelle ou conjoncturelle déterminée.

**Polylectie** : organisme (parasite ou non) montrant une préférence pour une large gamme d'hôtes.

**Pratiques extractivistes** : extraction des ressources naturelles renouvelables (voir les réserves extractivistes d'Amazonie), créées pour les Amérindiens qui vivent de la collecte des ressources de la forêt.

**Programme Man et Biosphère** : programme de l'UNESCO né de la conférence intergouvernementale sur l'utilisation rationnelle et la conservation des ressources de la biosphère (1971), il vise à mettre en œuvre le concept de développement durable (*sustainable development*) par une approche écologique, sociale, économique et culturelle. La mise en œuvre de ce programme se fait sur les Réserves de biosphère, qui sont au nombre de 564 dans le monde, dont 11 en France.

**Protectionniste-sanctuariste** : démarche visant à une stricte conservation des milieux, évitant, si possible, toute utilisation et intervention humaine.

**Protocole de Kyoto** : traité international signé en 1997 ayant pour objectif la réduction des émissions de gaz à effet de serre, dans le cadre de la réunion annuelle de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques.

**RAMPAO** : Réseau Régional d'Aires Marines Protégées en Afrique de l'Ouest.

**Ramsar (voir Convention relative aux zones humides d'importance internationale).**

**RAN (Réserve d'Actifs Naturels)** : a pour principe de restaurer ou de créer un milieu à forte valeur écologique dont les coûts inhérents à la restauration sont considérés comme un investissement mesurant la valeur de l'actif.



L'actif correspond alors à des crédits (hectares ou unités de biodiversité) qui peuvent être revendus à des maîtres d'ouvrage ayant un besoin de compenser les impacts négatifs qu'ils génèrent sur l'environnement.

**Rapport Brundtland (voir WCED).**

**RBBB** : Réserve de Biosphère Bolama Bijagos (Guinée Bissau).

**RBDS** : Réserve de Biosphère du Delta du Saloum (Sénégal).

**Relictuel** : se dit d'un taxon (espèce, population) ou d'un habitat subsistant dans un espace isolé et très restreint par rapport à son aire d'origine.

**Réserves extractivistes (voir Pratiques extractivistes).**

**Réservoir** : une ou plusieurs populations connectées au sein desquelles un agent pathogène peut être maintenu de façon permanente et à partir desquelles l'infection peut être transmise à d'autres populations (d'après Haydon *et al.*, 2002).

**Rétrocroisement** : croisement d'un hybride avec l'un de ses parents (ou un individu appartenant au même taxon).

**Romantisme littéraire** : courant apparu au XVIII<sup>e</sup> siècle mettant en exergue les sentiments. On l'oppose souvent au classicisme.

**Séquestration du carbone** : piégeage (stockage) du dioxyde de carbone hors de l'atmosphère.

**Service écosystémique** : résulte de fonctions passées, actuelles ou potentielles d'un écosystème utilisées par les humains (on distingue les services d'appropriation, de régulation et culturels).

**SMC (Stratégie mondiale de la**

**Conservation)** : proposée en 1980 par l'UICN, cette stratégie considère que les problèmes d'environnement ne peuvent être résolus que par un effort à long terme et par la conciliation d'objectifs environnementaux et de développement, élaborés par chaque gouvernement, et pour chaque région du monde.

**Sommet de la Terre de Rio de Janeiro (1992)** : troisième « sommet de la terre », il a réuni 110 chefs d'État et de gouvernement de 178 pays et environ 2500 représentants d'organisations non gouvernementales. Le texte adopté en fin de conférence intitulé « Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement » précise la notion de développement durable

(*sustainable development*), expression qui apparut pour la première fois en 1980 dans un rapport sur la stratégie mondiale de la conservation publié conjointement par l'UICN, le PNUE et le WWF. Mais le concept fut véritablement lancé en 1987 avec la publication du rapport Brundtland, « Notre avenir à tous ».

**Spéciation allopatrique** : mécanisme par lequel deux ou plusieurs populations se différencient en espèces distinctes de l'espèce mère par isolement géographique.

**Spéciation péripatrique** : formation par effet fondateur d'un nouveau taxon dans un isolat périphérique par rapport à l'aire de distribution principale du taxon initial.

**Stochasticité démographique** : variation aléatoire de la cinétique démographique d'une population.

**Stochasticité environnementale** : variation de l'environnement due à des perturbations externes à la population mais pouvant modifier sa cinétique démographique.

**Stochasticité génétique (dérive)** : changement aléatoire des fréquences des allèles au sein et entre les populations d'une espèce.

**Trait d'histoire de vie** : tout caractère morphologique, démographique, comportemental ou physiologique soumis à sélection naturelle et ayant un effet sur la valeur sélective d'un individu.

**Trame verte et bleue** : émanation du « Grenelle de l'environnement » ce dispositif vise à préserver non seulement la nature « remarquable » mais également la nature « ordinaire » par un maillage d'habitats connectés devant offrir un réseau écologique cohérent et fonctionnel, vert pour les milieux terrestres, bleu pour les milieux aquatiques.

**UICN/IUCN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature).**

En 1929, est créé l'Office international pour la protection de la nature, absorbé plus tard par l'Union Internationale de Protection de la Nature (acronyme : UIPN). L'UIPN est créée à Fontainebleau en 1948 et est rebaptisée en 1956 Union Internationale de Conservation de la Nature (UICN). Selon le site officiel de l'UICN ([www.uicn.org](http://www.uicn.org)), l'Union Internationale pour la conservation de la nature et des ressources naturelles porte encore légalement ce nom

aujourd'hui. L'usage du nom « World Conservation Union » ou « Union mondiale pour la Nature » est apparu après 1990, en même temps que celui d'UICN. Depuis le mois de mars 2008, ce nom n'est plus couramment utilisé.

**UNESCO** : organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture.

**Valeur heuristique** : l'heuristique est la discipline qui se propose de dégager les règles de la recherche scientifique.

**Vortex d'extinction** : mécanisme combinant les stochasticités démographique, environnementale et génétique et précipitant les derniers individus d'une population vers l'extinction.

**Vortex d'invasion** : mécanisme par lequel plusieurs espèces envahissantes se favorisent entre elles ou exacerbent leurs impacts respectifs.

**WCED (Commission mondiale sur l'environnement et le développement des Nations Unies)** : mise en place en 1983 par L'Organisation des Nations unies, cette commission de 23 membres provenant de 22 pays dirigés par Gro Harlem Brundtland, a publié en 1987 un rapport intitulé *Our Common future* (rapport Brundtland) précisant la notion de développement durable (*sustainable development*).

**WI (Wetlands International)** : organisation à but non lucratif ayant pour objet la conservation des zones humides.

**Wilderness Act** : loi fédérale des États-Unis d'Amérique, votée en 1964, stipulant qu'un territoire en état de wilderness (wilderness area) est « une étendue sauvage où les processus naturels s'accomplissent en dehors de toute intervention humaine, l'homme ne pouvant y être qu'un visiteur temporaire n'y exerçant aucune fonction ».

**WWF (World Wildlife Fund/Fonds Mondial pour la Nature)** : créé en 1961 par l'UICN, son objectif est la préservation de la diversité biologique.

**ZICO (Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux)** : sites d'intérêt majeur qui hébergent des effectifs d'oiseaux sauvages d'importance européenne. Suivant la désignation d'une ou plusieurs ZICO, l'État doit lui adapter une Zone de Protection Spéciale (ZPS).

**ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Écologique Faunistique et Floristique)** : dans le cadre du

programme national d'inventaire de la faune, de la flore et des milieux naturels (réactualisé en permanence).  
ZNIEFF de type I : secteur d'intérêt remarquable, ZNIEFF de type II : ensemble naturel à fortes potentialités biologiques pouvant englober plusieurs ZNIEFF de type I.

**ZPS (Zones de Protection Spéciale) :** espaces résultant de l'engagement des États membres de l'Union européenne au titre de la directive oiseaux de 1979 en faveur des sites nécessitant des mesures particulières pour conserver les populations d'oiseaux désignées au titre de l'annexe I de la Directive Oiseaux (voir ZICO).

**ZSC (Zones Spéciales de Conservation) :** sites terrestres et marins d'importance communautaire désignés par les états membres de l'Union européenne au titre de la Directive Habitat Faune Flore.





# Bibliographie

- Abbé, J.-L. (2006).** *A la conquête des étangs. L'aménagement de l'espace en Languedoc méditerranéen (XIX-XV<sup>e</sup> siècle)*. Toulouse, Presses de l'Université de Toulouse-le-Mirail.
- Aboucaya, A., Jauzein, P., Vinciguerra, L. et Virevaire, M. (2000).** *Plan national d'action pour la conservation des messicoles*. Paris, Direction de la nature et des paysages, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.
- Acot, P. (1994).** *Histoire de l'écologie. Que sais-je ? n° 2870*. Paris, Presses universitaires de France.
- Adams, W. M. et Hulme, D. (2001).** If community conservation is the answer in Africa, what is the question? *Oryx* **35**: 193-200.
- Adams, W. M., Aveling, R., Brockington, D., Dickson, B., Elliott, J., Hutton, J., Roe, D., Vira, B. et Wolmer, W. (2004).** Biodiversity conservation and the eradication of poverty. *Science* **306**: 1146-1149.
- Afeissa, H.-S. (2010).** *La communauté des êtres de nature*. Paris, Éditions MF.
- Affre, L., Thompson, J. D. et Debussche, M. (1997).** Genetic structure of continental and island populations of the Mediterranean endemic *Cyclamen balearicum* (Primulaceae). *American Journal of Botany* **84**: 437-451.
- Agarwala, D. K., Silander, J. A. Jr., Gelfand, A. E., Deward, R. E. et Mickelson, J. G. Jr. (2005).** Tropical deforestation in Madagascar: analysis using hierarchical, spatially explicit, Bayesian regression models. *Ecological Modelling* **185**: 105-131.
- Agrawal, A. et Ostrom, E. (2006).** Political Science and Conservation Biology: a Dialogue of the Deaf. *Conservation Biology* **20**: 681-682.
- Agrawal, A. et Redford, K. (2009).** Conservation and displacement, an overview. *Conservation and Society* **7**: 1-10.
- Aguirre, A. A., Ostfeld, R. S. et Daszak, P. (2012).** *New directions in conservation medicine: applied cases of ecological health*. New-York, Oxford University Press.
- Aida, S. (ed.) (1984).** *The Science and Praxis of Complexity: contributions to the symposium held at Montpellier, France, 9-11 May, 1984*. Tokyo, United Nations University.
- Akçakaya, H. R. (1999).** Viability analyses with habitat-based metapopulation models. *Population Ecology* **42**: 45-53.
- Akçakaya, H. R. (2002).** *Ramas GIS: Linking spatial data with population viability analysis (Version 4.0)*. Setauket, New-York, Applied Biomathematics.
- Akçakaya, H. R. et Sjogren-Gulve, P. (2000).** Population viability analyses in conservation planning: an overview. *Ecological Bulletins* **48**: 9-21.
- Albertini, L. (2009).** *Agricultures méditerranéennes. Agronomie et paysages des origines à nos jours*. Arles, Actes Sud.
- Alcorlo, P., Geiger, W. et Otero, M. C. (2008).** Reproductive biology and life cycle of the invasive crayfish *Procambarus clarkii* (Crustacea ; Decapoda) in diverse aquatic habitats of South-Western Spain : Implication for population control. *Fundamental and Applied Limnology* **173**: 197-212.
- ALF (2005).** Fostering the land ethic through the legacy of Aldo Leopold. The Aldo Leopold Foundation. <http://www.aldoleopold.org>
- Allen, H. K., Donato, J., Wang, H. H., Cloud-Hansen, K. A., Davies, J. et Handelsman, J. (2010).** Call of the wild: antibiotic resistance genes in natural environments. *Nature Reviews Microbiology* **8**: 251-259.
- Allombert S., Stockton, S.A. et Martin, J. L. (2005a).** A natural experiment on the impact of overabundant deer on forest invertebrates. *Conservation Biology* **19**: 1917-1929.
- Allombert, S., Gaston, A. J. et Martin, J. L. (2005b).** A natural experiment on the impact of overabundant deer on songbird populations. *Biological Conservation* **126**: 1-13.
- Altesor, A., Oesterheld, M., Leoni, E., Lezama, F. et Rodriguez, C. (2005).** Effect of grazing enclosure on community structure and productivity of a Uruguayan grassland. *Plant Ecology* **179**: 83-91.
- Ambrosi, P. et Courtois, P. (2004).** Impacts du changement climatique et modélisation intégrée, la part de l'arbitraire. *Natures Sciences Sociétés* **12**: 375-386.
- Amelin, J.-M. (1827).** *Guide du voyageur dans le département de l'Hérault*. Paris, Gabon et Cie.
- Amiaud, B., Bouzillé, J. B., Tournade, F. et Bonis, A. (1998).** Spatial patterns of soil salinities in old embanked marshlands in western France. *Wetlands* **18**: 482-494.
- Amigues, J. P. et Chevassus-au-Louis, B. (2011).** *Evaluer les services écologiques des milieux aquatiques : enjeux scientifiques, politiques et opérationnels*. Onema, France.

- Amos, W. and Harwood, J. (1998).** Factors affecting levels of genetic diversity in natural populations. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **353**: 177-186.
- Amundson, C. L. (2010).** *The role of predator removal and density-dependence on mallard production in northeastern North Dakota.* Thèse de Doctorat, University of Minnesota.
- An, L., Linderman, M., Qi, J., Shortridge, A et Liu, J. (2005).** Exploring Complexity in a Human-Environment System: An Agent-Based Spatial Model for Multidisciplinary and Multiscale Integration. *Annals of the Association of American Geographers* **95**: 54-79.
- Andersen, T., Folke, C. et Nystrom, S. (1995).** *International trade commercial policy environmental aspects.* London, Earthscan.
- Ando, A., Camm, J., Polasky, S. et Solow, A. (1998).** Species distributions, land values, and efficient conservation. *Science* **279**: 2126-2128.
- Andrieu-Ponel, V., Ponel, P., Beaulieu, J.-L., de Bruneton, H., Leveau, P., Goeur, C., Huttunen, R. L. et Jull, A. J. T. (2000a).** Dix mille ans d'histoire de la végétation de Basse-Provence révélés par l'analyse pollinique de deux nouveaux profils sédimentaires du Marais des Baux. In: *Milieux et Sociétés dans la vallée des Baux. Revue archéologique de la Narbonnaise. suppl. 31.* (ed. P. Leveau and J.-P. Saquet). Montpellier, Editions de l'Association de la Revue Archéologique de Narbonnaise: 39-61.
- Andrieu-Ponel, V., Ponel, P., Bruneton, H., Leveau, P. et Beaulieu, J.-L. de. (2000b).** Paléoenvironnements and cultural landscapes of the last 2000 years reconstructed from pollen and coleopteran records in the lower Rhone Valley, southern France. *The Holocene* **10**: 341-355.
- Angeler, D. G., Sánchez-Carrillo, S., García, G. et Alvarez-Cobelas, M. (2001).** The influence of *Procambarus clarkii* (Cambaridae, Decapoda) on water quality and sediment characteristics in a Spanish floodplain wetland. *Hydrobiologia* **464**: 89-98.
- Angelsen, A. et Kaimowitz, D. (1999).** Rethinking the causes of deforestation: lessons from economic models. *World Bank Research Observer* **14**: 73-98.
- Anselme, B., Bousquet, F., Lyet, A., Etienne, M., Fady, B. et Le Page, C. (2010).** Modelling of spatial dynamics and biodiversity conservation on Lure mountain (France). *Environmental Modelling et Software* **25**: 1385-1398.
- Antona, M., Motte-Bienabe, E., Salles, J. M., Péchard, G., Aubert, S. et Ratsimbarison, R. (2004).** Rights transfers in Madagascar Biodiversity Policies: achievements and significance. *Environment and Development Economics* **9**: 1-25.
- Anwar, S. M., Jeanneret, C. D., Parrott, L et Marceau, D. J. (2007).** Conceptualization and implementation of a multi-agent model to simulate whale-watching tours in the St. Lawrence estuary in Quebec, Canada. *Environmental Modelling and Software* **22**: 1775-1787.
- Aplet, G. H. (1990).** Alteration of earthworm community biomass by the alien *Myrica faya* in Hawaii. *Oecologia* **82**: 411-416.
- Araújo, M. B. (2003).** The coincidence of people and biodiversity in Europe. *Global Ecology and Biogeography* **12**: 5-12.
- Araújo, M. B., Cabeza, M., Thuiller, W., Hannah, L. et Williams, P.H. (2004).** Would climate change drive species out of reserves? An assessment of existing reserve-selection methods. *Global Change Biology* **10**: 1618-1626.
- Arditi, R. et Ginzburg, L. R. (2012).** *How species interact. Altering the standard view on trophic ecology.* Oxford, Oxford University Press.
- Arlettaz, R., Patthey, P., Baltic, M., Leu, T., Schaub, M., Palme, R. et Jenni-Eiermann, S. (2007).** Spreading fee-riding snow sports represent a novel serious threat for wildlife. *Proceedings of the Royal Society, B. Biological Sciences* **274** : 1219-1224.
- Arnauld de Sartre, X. et Taravella, R. (2009).** National sovereignty vs. sustainable development. Lessons from the narrative on the internationalisation of the Brazilian Amazon. *Political Geography* **26**: 406-415.
- Arnould, J. (2007).** *Dieu versus Darwin. Les créationnistes vont-ils triompher de la science ?*, Paris, Albin Michel.
- Aronson, J. (2010).** Restauration, réhabilitation, réaffectation. Ce que cachent les mots. *Espaces naturels* **29**: 22-23.
- Aronson, J., Floret, C., Le Floc'h, E., Ovalle, C. et Pontanier, R. (1993).** Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. I. A view from the South. *Restoration Ecology* **1**: 8-17.
- Arrow, K. J., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C.S., Jansson, B.-O., Levin, S., Mäler, K.-G., Perrings, C. et Pimentel, D. (1995).** Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Science* **268**: 520-521.
- Ashmole, N. P., Ashmole, N. J. et Simmons, K. E. L. (1994).** Threats, Case Studies and Action Plans. In: *Seabirds on Islands* (ed. D. N. Nettleship, J. Burger J. and M. Gochfeld). BirdLife International, Cambridge: 94-121.
- Ashton, P. A. et Abbott, R. J. (1992).** Multiple origins and genetic diversity in the newly arisen allopolyploid species, *Senecio cambrensis* Rosser (Compositae). *Heredity* **68**: 25-32.
- Atkinson, I. A. E. (1985).** The spread of commensal species of *Rattus* to oceanic islands and their effects on island avifaunas. In: *Conservation of island birds.* (ed. P. J. Moors). International Council of Bird Conservation Technical Publication No.3, Cambridge: 35-81.
- Atkinson, I.A.E. (1989).** Introduced animals and extinctions. In: *Conservation for the Twenty-First Century.* (ed. D. Western and M. C. Pearl). Oxford University Press, New York: 54-75.
- Attfield, R. (1994).** *Environment Philosophy: Principles and Prospects.* Avebury, Aldershot.
- Aubertin, C. (2005).** *Représenter la nature ? ONG et biodiversité.* Paris, Éditions de l'IRD.
- Aubertin, C. et Rodary, E. (2008).** *Aires protégées, espaces durables?* Marseille, Éditions de l'IRD.
- Aubertin, C. et Vivien, F.-D. (2010).** *Le développement durable (nouvelle édition).* Paris, La Documentation française.
- Aubertin, C., Pinton, F. et Boisvert, V. (2007).** *Les marchés de la biodiversité.* Paris, Éditions de l'IRD.
- Aubertin, C., Pinton, F. et Rodary, E. (2008).** Introduction. Le développement durable, nouvel âge de la conservation. In: *Aires protégées, espaces durables ?* (ed. C. Aubertin and

- E. Rodary). Marseille, Éditions de l'IRD: 17-27.
- Aubry, S., Magnin, F., Bonnet, V. et Preece, R. C. (2005).** Multi-scale altitudinal patterns in species richness of land snail communities in south-eastern France. *Journal of Biogeography* **32**: 985-998.
- Aviron, S., Jeanneret, P., Schüpbach, B. et Herzog, F. (2007).** Effects of agri-environmental measures, site and landscape conditions on butterfly diversity of Swiss grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **122**: 295-304.
- Avise, J.C. (2000).** *Phylogeography: the history and formation of species*. Cambridge, Harvard University Press.
- Aymonin, G., (1962).** Les Messicoles vont-elles disparaître ? *Science et Nature* **49**: 1-9.
- Bacha, S. (2002).** Etude de l'impact des prédateurs causées par les loups auprès des élevages ovins de Provence-Alpes-Côte d'Azur. *Ethnozootecnie* **69**: 3-10.
- Baguette, M. (2004).** The classical metapopulation theory and the real, natural world: a critical appraisal. *Basic and Applied Ecology* **5**: 213-224.
- Baguette, M. et Van Dyck, H. (2007).** Landscape connectivity and animal behavior: functional grain as a key determinant for dispersal. *Landscape Ecology* **22**: 1117-1129.
- Baguette, M., Blanchet, S., Legrand, D., Stevens, V.M. et Turlure, C. (2013).** Individual dispersal, landscape connectivity and ecological networks. *Biological Reviews* **88**: 310-326.
- Baguette, M., Clobert, J. et Schtickzelle, N. (2011).** Metapopulation dynamics of the bog fritillary butterfly: experimental changes in habitat quality induced negative density-dependent dispersal. *Ecography* **34**: 170-176.
- Baguette, M., Legrand, D., Freville, H., Van Dyck, H. et Ducatez, S. (2012).** Evolutionary ecology of dispersal in fragmented landscape. In: *Dispersal ecology and evolution* (ed. J. Clobert, M. Baguette, T. G. Benton and J. M. Bullock). Oxford University Press, Oxford: 381-391.
- Baker, J. D. et Johanos, T.C. (2002).** Effects of research handling on the endangered Hawaiian monk seal. *Marine Mammal Science* **18**: 500-512.
- Bakker, J. P. (1998).** The impact of grazing on plant communities. In: *Grazing and Conservation Management*. (ed. M. F. Wallis DeVries, J.-P. Bakker and S. E. Van Wieren. Kluwer Academic, Dordrecht: 137-184.
- Balkenhol, N., Waits, L. P. et Dezzani, R. J. (2009).** Statistical approaches in landscape genetics: an evaluation of methods for linking landscape and genetic data. *Ecography* **32**: 818-830.
- Balmford, A., Gaston, K. J. et Rodrigues, A.S.L. (2000).** Integrating costs of conservation into international priority setting. *Conservation Biology* **14**: 597-605.
- Barbault, R. et Atramentowicz, M. (2010).** *Les invasions biologiques, une question de natures et de sociétés*. Versailles, Editions Quae.
- Barbault, R. et Chevassus-au-Louis, B. (2004).** *Biodiversité et changements globaux. Enjeux de société et défis pour la recherche*. Paris, ADPF et Ministère des Affaires Etrangères.
- Barbier, E. B. (2000).** Biodiversity, trade and international agreements. *Journal of Economic Studies* **27**: 55-74.
- Barbier, E. B. et Shogren, J. F. (2004).** Growth with endogenous risk of biological invasion. *Economic Inquiry* **42**: 587-601.
- Barbier, E. B., Acreman, M. et Knowler, D. (1996).** *Economic Valuation of Wetlands: a guide for policy makers and planners*. Gland, Ramsar Convention Bureau.
- Barbraud, C. et Mathevet, R. (2000).** Is commercial reed harvesting compatible with breeding purple herons *Ardea purpurea* in the Camargue, Southern France? *Environmental Conservation* **24**: 334-340.
- Baret, S., Rouget, M., Richardson, D.M., Lavergne, C., Egoh, B., Dupont, J. et Strasberg, D. (2006).** Current distribution and potential extent of the most invasive alien plant species on La Réunion (Indian Ocean, Mascarene islands). *Austral Ecology* **31**: 747-758.
- Barnaud, C. (2008).** *Équité, jeux de pouvoir et légitimité : les dilemmes d'une gestion concertée des ressources renouvelables. Mise à l'épreuve d'une posture d'accompagnement critique dans deux systèmes agraires des hautes terres du Nord de la Thaïlande*. Géographie humaine, économique et régionale. Paris X Nanterre, Thèse de doctorat.
- Barnaud, G. (1995).** A l'interface de la pratique et de la théorie : l'écologie de la restauration. *Natures, Sciences Sociétés* **3**: 36-50.
- Baron, J. P., Ferrière, R., Clobert, J. et Saint Girons, H. (1996).** Stratégie démographique de *Vipera ursinii* au Mont-Ventoux. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **319**: 57-69.
- Baron, J.-P., Le Galliard, J.-F., Tully, T. et Ferrière, R. (2010).** Cohort variation in offspring growth and survival: prenatal and postnatal factors in a late-maturing viviparous snake. *Journal of Animal Ecology* **79**: 640-649.
- Barrau, J. et Montbrun, C. (1978).** La mangrove et l'insertion humaine dans les écosystèmes insulaires des Petites Antilles : Le cas de la Martinique et de la Guadeloupe. *Social Science Information (SAGE, London and Beverly Hills)* **17**: 897-919.
- Barrau, J., Gilloire, A., Le van Duc, A. C., Montbrun, C. et Plonquet, C. (1978).** *Action concertée "mangrove et sa zone côtière" aux Petites Antilles. Aspects socio-économiques et ethno-écologiques*. Paris, Museum National d'Histoire Naturelle, Rapports préliminaires du groupe "Ecologie et Sciences de l'homme".
- Barreteau O., Antona, M., d'Aquino, P., Aubert, S., Boissau, S., Bousquet, F., Daré, W., Etienne, M., Le Page, C., Mathevet, R., Trébuil, G. et Weber, J. (2003).** Our companion modelling approach. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* **6**: 1.
- Barrett S., (1994).** The biodiversity supergame. *Environmental and resource economics* **4**: 111-122.
- Barthod, C. (2010).** Le retour du débat sur la wilderness. *Revue Forestière Française* **LXII**: 57-70.
- Bartrip, P. W. J. (2008).** *Myxomatosis: A history of pest control and the rabbit*. London, Macmillan
- Bateman, I. J., Mace, G.M., Fezzi, C., Atkinson, G. et Turner, K. (2011).** Economic analysis for ecosystem service assessments. *Environmental and Resource Economics* **48**: 177-218.
- Batiste, M. (1986).** Developing and focusing the Biosphere Reserve concept. *Nature and Resources* **22**: 2-11.



- Baumberger, T., Affre, L., Croze, T. et Mesléard, F. (2012a).** Habitat requirements and population structure of the rare endangered limonium girardianum in mediterranean salt marshes. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* **207**: 283-293.
- Baumberger, T., Croze, T., Affre, L. et Mesléard, F. (2012b).** Co-occurring species indicate habitats of the rare species limonium girardianum. *Plant Ecology and Evolution* **145**: 31-37.
- Baumberger, T., Mesléard, F., Croze, T. et Affre, L. (2012c).** Effects of experimental submersion on survival, growth, and biomass allocation of the rare salt marsh plant limonium girardianum. *Aquatic Botany* **102**: 65-70.
- Baumgärtner, S., Becker, C., Frank, K. et Quaas, M. (2008).** Relating the philosophy and practice of ecological economics: The role of concepts, models, and case studies in inter- and trans-disciplinary sustainability research. *Ecological Economics* **67**: 384-393.
- Baylis, K., Peplow, S., Rausser, G. et Simon, L. (2008).** Agri-environmental policies in the EU and United States: A comparison. *Ecological Economics* **65**: 753-764.
- Bazile, D. et Abrami, G. (2008).** Des modèles pour analyser ensemble les dynamiques variétales du sorgho dans un village malien. *Cahiers Agricultures* **17**: 203-209.
- Beaufort de, F. (1988).** Ecologie historique du loup *Canis lupus* L. 1758 en France. Thèse de doctorat, Université de Rennes.
- Beaulieu, J. L. de et Pons, A. (1979).** Recherches pollen-analytiques sur l'histoire de l'action humaine dans la région du Parc national des Cévennes. *Annales du Parc National des Cévennes* **1**: 101-126.
- Beaulieu, J. L. de, Miras, Y., Andrieu-Ponel, V. et Guitet, F. (2005).** Vegetation dynamics in north-western Mediterranean regions: instability of the Mediterranean bioclimate. *Plant Biosystems* **139**: 114-126.
- Becerra, J. X. et Venable, D. L. (2008).** Sources and sinks of diversification and conservation priorities for the Mexican tropical dry forest. *PLoS One* **3**: e3436. doi:10.1371/journal.pone.0003436.
- Beck, U. (1999).** *World Risk Society*. Cambridge, Polity Press.
- Begon, M. et Mortimer, M. (1981).** *Population ecology: A unified study of animals and plants*. Sunderland, Sinauer Associates.
- Beissinger, S. R. et McCullough, D. R. (2002).** *Population Viability Analysis*. Chicago, the University of Chicago Press.
- Bemelmans-Videc, M.-L. Rist, R. C. et Vedung, E. (1998).** *Carrots, Sticks and Sermons. Policy Instruments and Their Evaluation*. London, Transaction Publishers.
- Béné, C., Doyen, L. et Gabay, D. (2001).** A viability analysis for a bio-economic model. *Ecological Economics* **36**: 385-396.
- Benhammou, F. (2007).** *Crier au loup pour avoir la peau de l'ours - une géopolitique locale de l'environnement à travers la gestion et la conservation des grands prédateurs en France*. Paris, AgroParisTech-ENGREF, Thèse de doctorat en sciences de l'environnement.
- Benhammou, F. et Mermet, L. (2003).** Stratégie et géopolitique de l'opposition à la conservation de la nature : le cas de l'ours des Pyrénées. *Natures, Sciences, Sociétés* **11**: 381-394.
- Bennett, A. F. (1990).** Habitat corridors and the conservation of small mammals in a fragmented forest environment. *Landscape Ecology* **4**: 109-122.
- Benot, M. L., Bonis, A., Rossignol, N. et Mony, C. (2011).** Spatial patterns in defoliation and the expression of clonal traits in grazed meadows. *Botany* **89**: 43-54.
- Benot, M. L., Mony, C. et Bonis, A. (2008).** Impact de l'hétérogénéité de la défoliation sur les formes de croissance clonale en prairies pâturées. In: *Actualité de la recherche en écologie des communautés végétales* (ed A. Bonis). Editions TEC et DOC. Lavoisier, Paris.
- Bentham, J. (1789).** *An Introduction to the Principles of Morals and Legislation, édité par Hart, H. L. A. (1996)*. Alderley, Clarendon Press.
- Berger, L., Speare, R., Daszak, P., Green, D. E., Cunningham, A. A., Goggin, C. R., Slocombe, R., Ragan, M. A., Hyatt, A. D. McDonald, K. R., Hines, H. B., Lips, K. R., Marantelli, G., Parkes, H. (1998).** Chytridiomycosis in the rain forest of Australia and Central America. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* **95**: 9031-9036.
- Bergersen, E. P. et Anderson, D. E. (1997).** The distribution and spread of *Myxobolus cerebralis* in the United States. *Fisheries* **22**: 6-7.
- Berglund, B. E., Persson, T. et Björkman, L. (2008).** Late Quaternary landscape and vegetation diversity in a North European perspective. *Quaternary International* **184**: 187-194.
- Berkes, F. (2007).** Community-based conservation in a globalized world. *Proceedings of the National Academy of Science USA* **104**: 15188-15193.
- Berkes, F. et Folke, C. (1998).** *Linking social and ecological systems for resilience and sustainability*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Berthold, P., Helbig, A. J., Mohr, G. et Querner, U. (1992).** Rapid Microevolution of Migratory Behavior in a Wild Bird Species. *Nature* **360**: 668-670.
- Bertolino, S. et Genovese, P. (2003).** Spread and attempted eradication of the grey squirrel (*Sciurus carolinensis*) in Italy, and consequences for the red squirrel (*Sciurus vulgaris*) in Eurasia. *Biological Conservation* **109**: 351-358.
- Bertolino, S., Lurz, P. W. W., Sanderson, R. et Rushton, S. P. (2008).** Predicting the spread of the American grey squirrel (*Sciurus carolinensis*) in Europe: A call for a co-ordinated European approach. *Biological Conservation* **141**: 2564-2575.
- Bertzky, B., Corrigan, C., Kemsey, J., Kenney, S., Ravilious, C., Besançon, C. et Burgess, N. (2012).** Protected Planet Report 2012: Tracking progress towards global targets for protected areas. Cambridge, IUCN, Gland, and UNEP-WCMC.
- Biesmeijer, J. C., Roberts, S. P. M., Reemer, M., Ohlemüller, R., Edwards, M., Peeters, T., Schaffers, A. P., Potts, S. G., Kleukers, R., Thomas, C. D., Settele, J. et Kunin, W. E. (2006).** Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science* **313**: 351-354.
- Billé, R. (2007).** A dual-level framework for evaluating integrated coastal management beyond labels. *Ocean and Coastal Management* **50**: 796-807.



- Billé, R. (2007).** Gestion intégrée des zones côtières : quatre illusions bien ancrées. *Vertigo* 7: [http://www.vertigo.uqam.ca/vol7no3/art3vol7no3/vertigo-vol7no3\\_bille.pdf](http://www.vertigo.uqam.ca/vol7no3/art3vol7no3/vertigo-vol7no3_bille.pdf).
- Bille, R. et Chabasson, L. (2008).** Biodiversité nature et développement. In: *Regards sur la Terre*. (ed. P. Jacquet and L. Tubiana). Presses de Sciences Po, Paris: 113-130.
- Bille, R. et Pirard, R. (2007).** *La conservation de la biodiversité dans le cadre de l'aide au développement. Une synthèse critique*. Paris, Collection Analyse IDRI.
- Billé, R., Laurans, Y., Mermet, L., Pirard, R. et Rankovic, A. (2012).** Valuation without action? On the use of economic valuations of ecosystem services. *Policy in brief* n°07/12, IDDRI.
- Binimelis, R., Spangenberg, J. et Martinez-Alier, J. (2009).** The DPSIR framework for biodiversity assessment. *Ecological Economics* 69: 1-210.
- Biodiversity, (2011).** *Global biodiversity outlook 3*. Convention on Biological Biodiversity: <http://www.cbd.int/gbo3>
- BirdLife International (2004).** *Threatened birds of the world*. Cambridge, BirdLife International.
- Bishop, I. et Gimblett, R. (2000).** Management of recreational areas: GIS, autonomous agents, and virtual reality. *Environment and Planning B: Planning and Design* 27: 423-435.
- Blackburn, T. M., Cassey, P., Duncan, R. P., Evans, K. L. et Gaston, K. J. (2004).** Avian extinction and mammalian introductions on oceanic islands. *Science* 305: 1955-1958.
- Blais, M.-C. (2008).** Solidarité. Une doctrine pour la République sociale. In: *Leon Bourgeois. Solidarité. L'idée de solidarité et ses conséquences sociales*. (ed. : S. Blais). Le bord de l'eau, Paris: 7-45.
- Blanchemanche, P. (1990).** *Bâtisseurs de paysages : terrasses, épierrement et petite hydraulique agricoles en Europe, XVII<sup>e</sup>-XIX<sup>e</sup> siècles*. Paris, Editions de la M.S.H.
- Blanchemanche, P., Berger, J.-F., Chabal, L., Jorda, C., Jung, C. et Raynaud, C. (2003).** Le littoral languedocien durant l'Holocène : milieu et peuplement entre Lez et Vidourle (Hérault, Gard). In: *Des milieux et des hommes : fragments d'histoires croisées, Bilan du Programme PEVS/SEDD*. (ed. T. Muxart, F.-D. Vivien, B. Villalba and J. Burnouf). Elsevier, Collection Environnement, Paris: 79-92.
- Blandin, P. (2009).** *De la protection de la nature au pilotage de la biodiversité*. Versailles, Editions Quæ.
- Blomqvist, M. M., Tamis, W. M. et de Snoo, G. R. (2009).** No improvement of plant biodiversity in ditch banks after a decade of agri-environment schemes. *Basic and Applied Ecology* 10: 368-378.
- Blondel, J. (1995).** *Biogéographie : Approche écologique et évolutive*. Paris, Editions Masson Collection Écologie.
- Blondel, J. (2000).** Evolution and ecology of birds on islands: trends and prospects. *Vie et Milieu* 50: 205-220.
- Blondel, J. (2006).** The 'design' of Mediterranean landscapes: a millennial story of humans and ecological systems during the historic period. *Human Ecology* 34: 713-729.
- Blondel, J. (2008).** On humans and wildlife in Mediterranean Islands. *Journal of Biogeography* 35: 509-518.
- Blondel, J. (2010).** La naturalité dans les sciences de la nature. In: *Biodiversité, naturalité, humanité. Pour inspirer la gestion des forêts*. (ed. D. Vallauri, J. André, J.-C. Génot, J.-P. Palma, and R. Eynard-Machet). Editions TEC et DOC. Lavoisier, Paris: 21-28.
- Blondel, J. (2012).** *L'Archipel de la vie. Essai sur la diversité biologique et une éthique de sa pratique*. Paris, Editions Buchet-Chastel.
- Blondel, J. et Aronson, J. (1999).** *Biology and Wildlife of the Mediterranean region*. Oxford, Oxford University press.
- Blondel, J. et Médail, F. (2009).** Biodiversity and conservation. In: *The physical geography of the Mediterranean*. (ed. J. C. Woodward). Oxford University Press, Oxford: 615-650.
- Boisson, B. (2008).** *Nature primordiale. Des forêts sauvages au secours de l'homme*. Rennes, Editions Apogée.
- Boitani, L., Falcucci, A., Maiorano, L. et Rondinini, C. (2007).** Ecological networks as conceptual frameworks or operational tools in conservation. *Conservation Biology* 21: 1414-1422.
- Boivert, V. et Vivien F.-D. (2010).** Gestion et appropriation de la nature entre le Nord et le Sud. Trente ans de politiques internationales relatives à la biodiversité. *Revue Tiers Monde* 202: 15-32.
- Bonduriansky, R. et Day, T. (2009).** Nongenetic Inheritance and Its Evolutionary Implications. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 40: 103-125.
- Bonis, A., Bouzillé, J.-B., Amiaud, B. et Loucougaray, G. (2005).** Plant community patterns in old embanked grasslands and the survival of halophytic flora. *Flora* 200: 74-87.
- Bonnet, B., Aulong, S., Goyet, S., Lutz, M. et Mathevet, R. (2005).** *Gestion intégrée des zones humides méditerranéennes*. Arles, Conservation des zones humides méditerranéennes 13, Editions Tour du Valat.
- Bonnin, M. (2008a).** Prospective juridique sur la connectivité écologique. *Revue Juridique de l'Environnement Spécial*: 167-178.
- Bonnin, M. (2008b).** *Les corridors biologiques. Vers un troisième temps de la conservation de la nature*. Paris, L'Harmattan.
- Bonnin, M., Bruszk, A., Delbaere, B., Lethier, H., Richard, D., Rientjes, S., van Uden, G. et Terry, A. (2007).** *Le réseau écologique paneuropéen : état d'avancement*. Strasbourg, Conseil de l'Europe.
- Bonte, D., Van Dyck, H., Bullock, J. M., Coulon, A., Delgado, M., Gibbs, M., Lehouck, V., Matthysen, E., Mustin, K., Saastamoinen, M., Schtickzelle, N., Stevens, V. M., Vandewoestijne, S., Baguette, M., Barton, K., Benton, T. G., Chaput-Bardy, A., Clobert, J., Dytham, C., Hovestadt, T., Meier, C. M., Palmer, S. C. F., Turlure, C. et Travis, J. M. J. (2012).** Costs of dispersal. *Biological Reviews* 87: 291-312.
- Booth, R. G., Cross, A. E., Fowler, S. V. et Shaw, R. H. (2001).** Case study 5.24. Biological control of an insect to save an endemic tree on St. Helena. In: *Invasive alien species: A toolkit of best prevention and management practices*. (ed. R. Wittenberg and M. J. W. Cock. CAB International, Wallingford: 192
- Borchtchevski, V. G., Hjeljord, O., Wegge, P. et Sivkov, A. V. (2003).** Does fragmentation by logging reduce grouse reproductive success in boreal forests? *Wildlife Biology* 9: 275-282.
- Borgherhoff Mulder, M. et Coppolillo, P. (2005).** *Conservation : Linking ecology, economics, and culture*. Princeton, Princeton University press.

- Born W., Rauschmayer, F. et Bräuer, I. (2005).** Economic evaluation of biological invasions: a survey. *Ecological Economics* 55: 321-336.
- Borrini-Feyerabend, G., Pimbert, M., Farvar, M. T., Kothari, A. et Renard, Y. (2009).** *Partager le pouvoir : cogestion des ressources naturelles et gouvernance partagée de par le monde*. Cenesta, Téhéran, IIUED et IUCN/CEESP/TGER.
- Bossuyt, B. et Hermy, M. (2001).** Influence of land use history on seed banks in European temperate forest ecosystems : a review. *Ecography* 24: 225-238.
- Boughley, A. S. (1968).** *Ecology of populations*. New York, The MacMillan Company.
- Bourin-Derruau, M. (1987).** *Villages médiévaux en Bas-Languedoc : Genèse d'une sociabilité (X-XI siècles), Tome 1 : Du château au village, Tome 2 : La démocratie au village*. Paris, L'Harmattan.
- Bourne, J. (2000).** *A history of rat control in Alberta*. Edmonton, Alberta Agriculture, Food and Rural Development.
- Bousquet, F. et Le Page, C. (2004).** Multi-agent simulations and ecosystem management: a review. *Ecological Modelling* 176: 313-332.
- Bousquet, F., Bakam, I., Proton, H. et Le Page, C. (1998).** Cormas: Common-pool Resources and Multi-Agent Systems. *Lecture Notes in Artificial Intelligence* 1416: 826-837.
- Bousquet, F., Le Page, C., Bakam, I. et Takforyan, A. (2001).** Multiagent simulations of hunting wild meat in a village in eastern Cameroon. *Ecological Modelling* 138: 331-346.
- Bousquet, G. et Daycard, D. (1993).** *Atlas Biogéographique des oiseaux nicheurs du Gard : enquête 1985-1993*. Nîmes, Centre Ornithologique du Gard.
- Boyce, M. S. (1992).** Population viability analysis. *Annual Review of Ecology and Systematics* 23: 481-508.
- Boyd, J. et Banzhaf, S. (2007).** What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics* 63: 616-626.
- Boyd, L. et Houpt, K. A. (1994).** Przewalski's Horse: The history and biology of an endangered species. Albany, New York, State University of New York Press.
- Boyd, L. et King, S. R. B. (2011).** *Equus ferus*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. <www.iucnredlist.org>. Téléchargé le 10 septembre 2013.
- Boyer, A. G. (2009).** Consistent ecological selectivity through time in Pacific island avian extinctions. *Conservation Biology* 24: 511-519.
- Boyer, F., Prévost, J. P. and Sevin M. (2001).** *La Bible. Nouvelle traduction*. Montrouge, Editions Bayard.
- Braat, L. et ten Brink, P. (2008).** *The Cost of Policy Inaction (COPI)- The Case of not Meeting the 2010 Biodiversity Target*. Brussels, Report to the European Commission.
- Bradshaw, A. D. (1987).** Restoration: an acid test for ecology. In: *Restoration ecology. A synthetic approach to ecological research*. (ed. W. R Jordan III, M. E. Gilpin and J. D. Aber). Cambridge University Press, Cambridge: 23-30.
- Bradshaw, R. H. W., Hannon, G. E. et Lister, A. M. (2003).** A long-term perspective on ungulate-vegetation interactions. *Forest Ecology and Management* 181: 267-280.
- Brand, F. (2009).** Critical natural capital revisited: Ecological resilience and sustainable development. *Ecological Economics* 68: 605-612.
- Brandon, K. E. et Wells, M. (1992).** Planning for People and Parks: Design Dilemmas. *World Development* 20: 557-570.
- Brandon, K., Redford, K. et Sanderson, S. (1998).** *Parks in peril: People, Politics, and Protected Areas*. Washington D.C., Island Press.
- Braudel, F. (1949).** *La Méditerranée et le monde méditerranéen à l'époque de Philippe II. Deuxième édition révisée, 1966*. Paris, Armand Colin.
- Bravard, J.-P. (2003).** Dynamiques à long terme des systèmes écologiques ou de l'Eden impossible à la gestion de la variabilité. In: *Quelles natures voulons-nous ? Pour une approche socio-écologique du champ de l'environnement*. (ed. C. Lévêque and S. Van der Leeuw). Elsevier Masson, Paris : 133-139.
- Breeuwer, A., Berendse, F., Willems, F., Foppen, R., Teunissen, W., Schekkerman, H. et Goedhart, P. (2009).** Do meadow birds profit from agri-environment schemes in Dutch agricultural landscapes? *Biological Conservation* 142: 2949-2953.
- Brenot, J. F., Catusse, M. et Ménoni, E. (1996).** Effets de la station de ski de fond du plateau de Beille (Ariège) sur une importante population de Grand Tétràs. *Alauda* 64: 247-258.
- Bretagnolle, V. et Shirihai, H. (2010).** A new taxon of Collared Petrel *Pterodroma brevipes* from the Banks Islands, Vanuatu. *Bulletin of the British Ornithologists' Club* 130: 286-301.
- Bricq, N. (2008).** **La gestion de l'épizootie de fièvre catarrhale ovine (FCO) : tirer des enseignements pour l'avenir. Paris, Rapport d'information n° 460 (2007-2008).**
- Briot, J. P., Sordini, A., Eurico, V., Irving, M., Melo, G., Patto, S. et Alvarez, I. (2009).** Design of a decision maker agent for a distributed role playing game- Experience of the SimParc Project. *Lectures Notes in Artificial Intelligence* 5920: 119-134.
- Britton, C., Chabal, L., Pagès, G. et Schneider, L. (2007).** Approche interdisciplinaire d'un bois méditerranéen entre la fin de l'antiquité et la fin du Moyen Âge, Saugras et Aniane, Valène et Montpellier. *Médiévales* 53: 65-80.
- Brock, W. A. et Xepapadeas, A. (2003).** Valuing biodiversity from an economic perspective: A unified economic, ecological, and genetic approach. *American Economic Review* 93: 1597-1614.
- Brockington, D. (2002).** *Fortress Conservation. The preservation of the Mkomazi Game Reserve, Tanzania*. Oxford, James Currey.
- Brockington, D., Duffy, R. et Igoe, J. (2008).** *Nature unbound: conservation, capitalism and the future of protected areas*. Londres, Earthscan.
- Brooks, T. et Smith, M. L. (2001).** Caribbean Catastrophes. *Science*, 294, 1469-1471.
- Brooks, T. M., Mittermeier, R. A., da Fonseca, G. A. B., Gerlach, J., Hoffmann, M., Lamoreux, J. F., Mittermeier, C. G., Pilgrim, J. D. et Rodrigues, A. S. L. (2006).** Global biodiversity conservation priorities. *Science* 313: 58-61.
- Brookshire, D., Brown, G.M. Jr., Coursey, D. Inne, R. Meyer, S.M. et Polasky, S. (1999).** Why economics matters for endangered species protection. *Conservation Biology* 13: 1257-1261.
- Brosius, J. P. (2006).** Common Ground between Anthropology and

- Conservation Biology. *Conservation Biology* 20: 683-685.
- Brousseau, E. et Glachant, J. M. (2002).** The Economics of Contracts. Theories and Application. Cambridge, Cambridge University Press.
- Brown, J. A. et Kodrick-Brown, A. (1977).** Turnover rates in insular biogeography: effect of immigration on extinction. *Ecology* 58: 445-449.
- Brown, J. H. (1995).** *Macroecology*. Chicago, The University of Chicago Press.
- Brown, J. S., Laundré, J. W. et Gurung, M. (1999).** The Ecology of Fear: Optimal Foraging, Game Theory, and Trophic Interactions *Journal of Mammalogy* 80: 385-399
- Brown, J. W. et Opler, P. A. (1990).** Patterns of butterfly species density in peninsular Florida. *Journal of Biogeography* 17: 615-622.
- Brown, K. et Pearce, D. W. (1994).** *The causes of tropical deforestation: the economic and statistical analysis of factors giving rise to the loss of the tropical forests*. Vancouver, University of British Columbia Press.
- Brundtland, H. G. (1987).** *What is Sustainable Development ? Towards Sustainable Development, Nordic Conference on Environment and Development, Saltsjöbaden, Stockholm, Sweden*. London, The Panos Institute.
- Brunel, S. (2005).** Les ambiguïtés du développement durable. Hors-série. Les enjeux sociaux de l'environnement. *Sciences Humaines* 49: 83-87.
- Brunschweiler, C. N. et Bulte, E. H. (2008).** The resource curse revisited and revised: A tale of paradoxes and red herrings. *Journal of Environmental Economics and Management* 55: 248-264.
- Brussard, P. (1985).** The current status of conservation biology. *Bulletin of the Ecological Society of America* 66: 9-11.
- Brustel, H., Corriol, G., Harel, M., Larrieu, L., Savoie, J.-M. et Valladares L. (2010).** Le « Groupe d'étude des vieilles forêts pyrénéennes ». In: *Biodiversité, naturalité, humanité. Pour inspirer la gestion des forêts*. (ed. D. Vallauri, J. André, J.-C. Génot, J.-P. De Palma et R. Eynard-Machet). Editions TEC et DOC. Lavoisier, Paris: 425-426.
- Buchanan, J. (1964).** What should economists do? *Southern Economic Journal* 30: 213-222.
- Buchmann, S. L. et Nabhan, G. P. (1996).** *The forgotten pollinators*. Washington D. C., Island Press.
- Buckling, A. et Rainey, P. B. (2002).** The role of parasites in sympatric and allopatric host diversification. *Nature* 420: 496-499.
- Buffon, G. (1756).** *Histoire naturelle, générale et particulière, avec la description du Cabinet du Roy. De la nature. Première vue. Tome XII*. Paris, Imprimerie royale.
- Buffon, G. (1780).** *Les Époques de la nature*. Paris, Imprimerie royale.
- Buhle, E. R., Margolis, M. et Ruesink, J. L. (2005).** Bang for buck: cost-effective control of invasive species with different life histories. *Ecological Economics* 52: 355-366.
- Bullock, J. M., Aronson, J., Newton, A. C., Pywell, R. F. et Rey-Benayas, J. M. (2011).** Restoration of ecosystem services and biodiversity: conflicts and opportunities. *Trends in Ecology and Evolution* 26: 541-549.
- Bulte, E. H., Lipper, L., Stringer, R. et Zilberman, D. (2008).** Payments for ecosystem services and poverty reduction: concept, issues, and empirical perspectives. *Environment and Development Economics* 13: 245-245.
- Bulte, E.H. et Horan, R. D. (2003).** Habitat conservation, wildlife extraction and agricultural expansion. *Journal of Environmental Economics and Management* 45: 109-127.
- Bunzel-Drüke, M. (2001).** *Ecological substitutes for Wild horse and Aurochs*. Höxter/Jena, Natur- und Kulturlandschaft, 4.
- Burnett, K. M., (2006).** Introductions of invasive species: Failure of the weaker link. *Agricultural and Resource Economics Review* 35: 21-28.
- Burnett, K. M., Kaiser, B., Pitafi, B. A. et Roumasset, J. (2006).** Prevention, eradication, and containment of invasive species: Illustrations from Hawaii. *Agricultural and Resource Economics Review* 35: 63-77.
- Burney, D. A. et Flannery, T. F. (2005).** Fifty millennia of catastrophic extinctions after human contact. *Trends in Ecology et Evolution* 20: 395-401.
- Buschs, W. (2003).** Biodiversity and agri-environmental indicators—general scopes and skills with special reference to the habitat level. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98: 35-78.
- Butchart S. H. M., et al. (2010).** Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science* 328: 1164-1168.
- Cadotte, M. W. et Davies, T. J. (2010).** Rarest of the rare: advances in combining evolutionary distinctiveness and scarcity to inform conservation at biogeographical scales. *Diversity and Distributions* 16: 376-385.
- Caizergues, A., Guillemain, M. Arzel, C., Devineau, O., Leray, G., Pilvin, D., Lepley, M., Massez, G. et Schricke, V. (2011).** Emigration rates and population turnover of Teal (*Anas crecca*) in two major wetlands of Western Europe. *Wildlife Biology* 17: 373-382.
- Calder, I. R. (2002).** Eucalyptus, water and the environment. In: *Eucalyptus. The genus Eucalyptus*. (ed. J. J. W. Coppen). Taylor and Francis, New York: 36-51.
- Callaway, R. M. et Ridenour, W. M. (2004).** Novel weapons: Invasive success and the evolution of increased competitive ability. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2: 436-443.
- Callaway, R. M., Cipollini, D., Barto, K., Thelen, G. C., Hallett, S. G., Prati, D., Stinson, K. et Klironomos, J. (2008).** Novel weapons: invasive plant suppresses fungal mutualisms in America but not in its native Europe. *Ecology* 89: 1043-1055.
- Callicott, J. B. (1999).** *Beyond the Land Ethics*. New York, Suny Press.
- Callicott, J. B. (2010).** *Ethique de la Terre*. Wildproject, <http://www.wildproject.org/journal/>.
- Callicott, J.B. (1995).** Intrinsic value in nature: a metaethical analysis. *The Electronic Journal of Analytic Philosophy* 3: <http://ejap.louisiana.edu>.
- Callicott, J. B. et Nelson, M. P. (1998).** *The Great New Wilderness Debate*. Athens, the University of Georgia Press.
- Campbell, L. M. (2005).** Overcoming Obstacles to Interdisciplinary Research. *Conservation Biology* 19: 574-577.
- Cane, J. et Sipes, S. (2006).** Characterizing floral specialization among bees: analytical methods and a revised lexicon for oligolecty. In: *Plant-pollinator interactions: from*



- specialization to generalization.* (ed. N. M. Waser et J. Ollerton). University of Chicago Press, Chicago: 99-122.
- Caplat, P., Lepart, J. et Marty, P. (2006).** Landscape patterns and agriculture: modelling the long-term effects of human practices on *Pinus sylvestris* spatial dynamics (Causse Mejean, France). *Landscape Ecology* **21**: 657-670.
- Caramel, L. (2013).** La biodiversité a désormais son groupe d'experts. *Le Monde* 29.01.2013 [http://www.lemonde.fr/cgi-bin/ACHATS/acheter.cgi?offre=ARCHIVES&type\\_item=ART\\_ARCH\\_30J&objet\\_id=1222288](http://www.lemonde.fr/cgi-bin/ACHATS/acheter.cgi?offre=ARCHIVES&type_item=ART_ARCH_30J&objet_id=1222288)
- Carbiener, D. (1998).** La gestion des réserves à l'épreuve des principes de conservation. *La lettre des réserves naturelles* **46**: 17-29.
- Carpenter, S. R., Mooney, H. A., Agard, J., Capistrano, D., DeFries, R. S., Diaz, S., Dietz, T., Duraïappah, A. K., Oteng-Yeboah, A., Pereira, H. M., Perrings, C., Reid, W. V., Sarukhan, J., Scholes, R. J. et Whyte, A. (2009).** Science for managing ecosystem services: Beyond the Millennium Ecosystem Assessment. *PNAS* **106**: 1305-1312.
- Carpenter, S. R., Pingali, P. L., Bennett, E. M. et Zurek, M. B. (2005).** *Ecosystems and human well-being: scenarios. Millenium Ecosystem Assessment.* Washington D.C., Island Press.
- Carré, G. (2008).** *Biodiversité, paysages et conservation de la communauté d'abeilles dans les agroécosystèmes.* Thèse de Doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.
- Carrière, S. M., Rodary, E., Méral, P., Serpantié, G., Boisvert, V., Kull, C. A., Lestrelin, G., Lhoutellier, L., Moizo, B., Smektala, G. et Vandeveld, J. -C. (2013).** Rio+20, biodiversity marginalized. *Conservation Letters* **6**: 6-11.
- Cars, O., Högberg, L. D., Murray, M., Nordberg, O., Sivaraman, S., Lundborg, C. S., So, A. D. et Tomson, G. (2008).** Meeting the challenge of antibiotic resistance. *British Medical Journal* **337**: 726-728.
- Carson, E. (2009).** *Printemps silencieux.* Marseille, Editions Wildproject.
- Carson, R. (1962).** *Silent Spring.* Boston, Houghton Mifflin.
- Caswell, H. (2001).** Matrix population models: Construction, analysis and interpretation, 2<sup>nd</sup> Edition. Sunderland, Sinauer Associates.
- Cattan, A., Dubien, I., Laurans, Y. et Mermet, L. (1996).** *Elaboration d'un plan d'utilisation des espaces inondables et d'un plan de gestion du Val de Saône.* Paris, ASca/Syndicat Mixte d'Etudes pour l'Aménagement du Bassin de la Saône et du Doubs.
- Caughley, G. (1994).** Directions in Conservation Biology. *Journal of Animal Ecology* **63**: 215-244.
- Caut, S., Angulo, E. et Courchamp, F. (2009).** Avoiding surprise effects on Surprise Island: alien species control in a multi-trophic level perspective. *Biological Invasions* **11**: 1689-1703.
- Cazalis De Fondouce, P., (1898).** Contribution à une faune historique du Bas-Languedoc. *Bulletin de la Société Languedocienne de Géographie XXI et XXII*: 435-458, 9-29.
- Ceballos, G. et Ehrlich, P. R. (2002).** Mammal population losses and the extinction. **296**: 904-907.
- Center, T. D., Frank, J. H. et Dray, F.A. Jr. (1997).** *Biological control.* In: *Strangers in paradise. Impact and management of nonindigenous species in Florida* (ed. D. Simberloff, D. C. Schmitz, and T. C. Brown). Island Press, Washington DC: 245-263.
- Centre d'Analyse Stratégique (2009).** *Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes, Contribution à la décision publique. Rapport de la mission présidée par B. Chevassus-au-Louis. Rapport N° 18-2009.* Paris, La Documentation française.
- Cernea, M. M et Schmidt-Soltau, K (2003).** The end of forced resettlements for conservation: Conservation must not impoverish people. *Policy Matters* **12**: 42-51.
- CERPAM, OIER-SUAMME, ADEM 26, DDT/M 04, 05, 06, 38, 73. (2012).** *Protection des troupeaux contre la prédation.* Cardère, Edition CERPAM.
- Chabal, L., (1991).** *L'homme et l'évolution de la végétation méditerranéenne, des âges des métaux à la période romaine : recherches anthracologiques théoriques, appliquées principalement à des sites du Bas-Languedoc.* Montpellier, Thèse de l'Université de Montpellier 2, Montpellier.
- Champagnon, J. (2011).** *Conséquences des introductions d'individus dans les populations d'oiseaux d'eau exploitées : l'exemple du canard colvert Anas platyrhynchos.* Thèse de Doctorat, Montpellier 2.
- Champagnon, J., Crochet, P.-A., Kreisinger, J., Čížková, D., Gauthier-Clerc, M., Massez, G., Söderquist, P., Albrecht, T. et Guillemain, M. (2013).** Assessing the genetic impact of massive restocking on wild mallard. *Animal Conservation* doi:10.1111/j.1469-1795.2012.00600.x
- Champagnon, J., Guillemain, M., Elmberg, J., Folkesson, K. et Gauthier-Clerc, M. (2010).** Changes in Mallard *Anas platyrhynchos* bill morphology after thirty years of supplemental stocking. *Bird Study* **57**: 344-351.
- Champagnon, J., Guillemain, M., Elmberg, J., Massez, G., Cavallo, F. et Gauthier-Clerc, M. (2012).** Low survival after release into the wild: assessing "the burden of captivity" on Mallard physiology and behaviour. *European Journal of Wildlife Research* **58**: 255-267.
- Chapin, F. S. III, Matson, P. A. et Mooney, H. A. (2002).** *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology.* New-York, Springer-Verlag.
- Chapin, F. S., Zavaleta, E. S., Eviner, V. T., Naylor, R. L., Vitousek, P. M., Reynolds, H. L., Hooper, D. U., Lavorel, S., Sala, O. E., Hobbie, S. E., Mack, M. C. et Díaz, S. (2000).** Consequences of changing biodiversity. *Nature* **405**: 234-242.
- Chapuis, J.-L., Boussès, P. et Barnaud, G. (1994).** Alien mammals, impact and management in the french subantarctic islands. *Biological Conservation* **67**: 97-104.
- Chapuis, J.-L., Décamps, H., Barnaud, G. et Barre, V. (2002).** *Programme national de recherche « Recréer la Nature ». Réhabilitation, restauration et création d'écosystèmes,* Paris, Revue d'Écologie La Terre et la Vie.
- Charmantier, A. et Garant, D. (2005).** Environmental quality and evolutionary potential: lessons from wild populations. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* **272**: 1415-1425.
- Charmantier, A., McCleery, R. H., Cole, L. R., Perrins, C. M., Kruuk, L. E. B. et Sheldon, B. C. (2008).** Adaptive phenotypic plasticity in response to climate change in a wild bird population. *Science* **320**: 800-803.

- Checkland, P. (1989).** Soft Systems Methodology. In: *Rational Analysis for a Problematic World- problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict.* (ed.: J. Rosenhead). John Wiley and sons, Hoboken: 71-100.
- Chetkiewicz, C.-L. B., St. Clair, C. C. et Boyce, M. S. (2006).** Corridors for conservation: integrating pattern and process. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* **37**: 317-342.
- Chevassus-au-Louis, B., Barbault, R. et Blandin, P. (2009).** *Biodiversité, changements globaux et développement durable : De nouveaux concepts pour de nouvelles approches.* Ligue ROC, <http://www.biodiversite2012.org>.
- Chevassus-au-Louis, B., Bielsa, S., Martin, G., Pujol, J.-L., Richard, D. et Salles, J.-M. (2009).** *Évaluation économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes : contribution à la décision publique. Rapport du CAS ex Commissariat Général du Plan, n°18-2009.* Paris, La Documentation française.
- Chevassus-au-Louis, B., Salles, J.-M. et Pujol, J.-L. (2009).** Une approche économique de la biodiversité et des services écologiques. Paris, Centre d'analyse stratégique.
- Cheyland, M. et Grillet, P. (2005).** Statut passé et actuel du Lézard ocellé (*Lacerta lepida*, Sauriens, Lacertidés) en France. Implication en termes de conservation. *Vie et Milieu* **55**: 15-30.
- Chichilnisky, G. et Heal, G. (1998).** Economic returns from the biosphere. *Nature* **391**:629-630.
- Child, M. F. (2009).** The Thoreau ideal as unifying thread in the conservation movement. *Conservation Biology* **23**: 241-243.
- Chmitelin, I. et Moutou, F. (2002).** Foot-and-mouth disease: lessons to be learned from the experience of France. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties* **21**: 731-737.
- Choi, Y. D. (2007).** Restoration ecology to the future: a call for new paradigm. *Restoration Ecology* **15**: 351-353.
- Chomel, B. B., Belotto, A. et Meslin, F. X. (2007).** Wildlife, exotic pets, and emerging zoonoses. *Emerging Infectious Diseases* **13**: 6-11.
- Chomitz, K. M., Alger, K., Thomas, T. S., Orlando, H. et Vila Nova, P. (2005).** Opportunity costs of conservation in a biodiversity hotspot: the case of Southern Bahia. *Environment and Development Economics* **10**: 293-312.
- Church, R. L., Stoms, D. M. et Davis, F. W. (1996).** Reserve selection as a maximal coverage problem. *Biological Conservation* **76**: 105-112.
- CIME (1994).** *Les Zones Humides, Rapport de l'Instance d'Évaluation.* Paris, La documentation française.
- Čížková, D., Javůrková, V., Champagnon, J. et Kreisinger, J. (2012).** Duck's not dead: Does restocking with captive bred individuals affect the genetic integrity of wild mallard (*Anas platyrhynchos*) population? *Biological Conservation* **152**: 231-240.
- Claassen, R., Cattaneo, A. et Johansson, R. (2008).** Cost-effective design of agri-environmental payment programs: U.S. experience in theory and practice. *Ecological Economics* **65**: 737-752.
- Clausewitz, C. V. (1955).** *De la guerre.* Paris, Les éditions de Minuit.
- Clavel-Levêque, M. (1989).** Les paysages antiques : le territoire d'Agde et les sédimentations cadastrales. *Études sur l'Hérault* **5-6**: 27-34.
- Cleaveland, S., Hess, G. R., Dobson, A. P., Laurenson, M. K., McCallum, H. I., Roberts, M. G. et Woodroffe, R. (2002).** The role of pathogens in biological conservation. In: *The Ecology of Wildlife Diseases.* (ed. P. J. Hudson, A. Rizzoli, B. T. Grenfell, H. Heesterbeek and A. P. Dobson). Oxford: Oxford University Press, Oxford: 139-150.
- Cleaveland, S., Laurenson, M. K. et Taylor, L. H. (2001).** Diseases of humans and their domestic mammals: pathogen characteristics, host range and the risk of emergency. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **356**: 991-999.
- Clewell, A. F. et Aronson, J. (2010).** *Restauration écologique: Principes, valeurs, et structure d'une profession émergente.* Arles, Actes Sud.
- Clinchy, M., Haydon, D. T. et Smith, A. T. (2002).** Pattern does not equal process: What does patch occupancy really tell us about metapopulation dynamics? *American Naturalist* **159**: 351-362.
- Clobert, J., Danchin, E., Dhondt, A. A. et Nichols, J. D. (2001).** *Dispersal.* Oxford, Oxford University Press.
- Clobert, J., De Fraipont, M. et Danchin, E. (2008).** Evolution of dispersal. In: *Behavioural Ecology* (ed. E. Danchin, J. M. Angibault and F. Cezilly). Oxford University Press, Oxford: 323-359.
- Clobert, J., Le Galliard, J. F., Cote, J., Meylan, S. et Massot, M. (2009).** Informed dispersal, heterogeneity in animal dispersal syndromes and the dynamics of spatially structured populations. *Ecology Letters* **12**: 197-209.
- Clout, M. N. et Craig, J. L. (1995).** The conservation of critically endangered flightless birds in New Zealand. *Ibis* **137**: S181-S190.
- CMED (1987).** *Notre avenir à tous.* PNUE. Montréal, Editions du Fleuve.
- Coase, R. (1960).** The problem of social cost. *Journal of Law and Economy* **3**:1-44.
- Cochet, G. (2008).** Le retour des lamproies. *Naturalité. La Lettre de Forêts Sauvages* **4**: 4.
- Coiffait-Gombault, C., Buisson, C. et Dutoit T. (2011).** Hay transfer promotes establishment of Mediterranean steppe vegetation on soils disturbed by pipeline construction. *Restoration Ecology* **19**: 214-222.
- Coiffait-Gombault, C., Buisson, E. et Dutoit, T. (2012).** Are old grasslands resilient to human disturbance? *Acta Oecologica* **43**: 86-94.
- Coiffait-Gombault, C., Buisson, E. et Dutoit, T. (2012).** Using a two-phase sowing approach in restoration- sowing foundation species to restore and subordinate species to evaluate restoration success. *Applied Vegetation Science* **15**: 277-289.
- Cointat, M. (1954).** La dégradation des forêts dans le département du Gard. *Revue des Eaux et Forêts* **92**: 99-113.
- Cole, R. A. et Friend, M. (1999).** Miscellaneous parasitic diseases. In: *Field manual of wildlife diseases.* (ed. M. Friend and J. C. Franson). U.S. Geological Survey, Biological Resources Division, National Wildlife Health Center, Madison: 249-262.
- Collectif ComMod (2005).** La modélisation comme outil d'accompagnement. *Natures Sciences Sociétés* **13**: 165-168.
- Collectif ComMod (2006).** Modélisation d'accompagnement. In: *Modélisation et simulation multi-agents: applications aux sciences de l'homme et de la société.* (ed. F. Amblard and D. Phan). Hermes Sciences, Londres: 217-228.
- Collins, J. P. et Crump, M. L. (2009).** Extinction in our times: global



- amphibian decline. Oxford, Oxford University Press.
- Columeau, P. (2002).** *Alimentation carnée en Gaule du sud (VII<sup>e</sup> s. av. J.-C.-XIV<sup>e</sup> s.)*. Aix-en-Provence, Université de Provence.
- Combes, C. (1996).** Parasites, biodiversity and ecosystem stability. *Biodiversity and Conservation* 5: 953-962.
- ComMod (2003).** Our Companion Modelling Approach. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 6: 1 <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/1.html>.
- Condé, M. (1989).** *La traversée de la mangrove*. Paris, Folio.
- Connor, E.F. et Simberloff, D. (1979).** The assembly of species community: chance or competition? *Ecology* 60: 1132-1140.
- Connor, J. D., Ward, J. R. et Bryan, B. (2008).** Exploring the cost effectiveness of land conservation auctions and payment policies. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 52: 303-319.
- Convention sur La Biodiversité Biologique (2011).** *Plan stratégique pour la diversité biologique 2011-2020 et les objectifs d'Aichi « vivre en harmonie avec la nature »*. Montréal, Secrétariat de la Convention sur la Diversité Biologique.
- Coote, T. et Loeve, E. (2003).** From 61 species to five: endemic tree snails of the Society Islands fall prey to an ill-judged biological control programme. *Oryx* 37: 91-96.
- Corbin, A. (2001).** L'homme dans le paysage. Entretien avec Jean Lebrun. Paris, Textuel.
- Cormier-Salem, M. C et Roussel, B. (2002).** Mettre en patrimoine la nature tropicale. Une histoire ancienne, des enjeux nouveaux. In: *Patrimonialiser la nature tropicale. Dynamiques locales, enjeux internationaux*. (ed. M.-C. Cormier-Salem, D. Juhé-Beaulaton, J. Boutrais and B. Roussel). Éditions de l'IRD, Paris: 15-27.
- Cormier-Salem, M. C. (1999).** *Rivières du Sud. Sociétés et mangroves ouest-africaines*. Paris, Éditions de l'IRD.
- Cormier-Salem, M. C. (2006).** Vers de nouveaux territoires de la conservation. Exemple des littoraux ouest-africains. *Annales de géographie « Les territoires de la biodiversité »* 651: 597-617.
- Cormier-Salem, M. C. (2007).** Enjeux du développement durable dans les pays du Sud : du discours à la pratique. In : *Le développement durable*. (ed. Y. Veyret). Paris, SEDES: 367-385.
- Cormier-Salem, M. C. et Bassett, T. (2007).** Nature as Local Heritage in Africa: Longstanding Concerns, New Challenges. *Africa* 77: 1-17.
- Cormier-Salem, M. C. et Roussel, B. (2000).** Patrimoines naturels : la surenchère. *La Recherche* 333: 106-110.
- Cormier-Salem, M. C. et Roussel, B. (2009).** Localiser les produits et valoriser les spécialités locales. Une dynamique générale et foisonnante. *Autrepart* 50: 3-16.
- Cormier-Salem, M.-C., Juhé-Beaulaton, D., Boutrais, J. et Roussel, B. (2002).** *Patrimonialiser la nature. Dynamiques locales, enjeux internationaux*. Paris, Éditions de l'IRD.
- Cormier-Salem, M. C., Juhé-Beaulaton, D., Boutrais, J. et Roussel, B. (2005).** *Patrimoines naturels au Sud. Territoires, identités et stratégies locales*. Éditions IRD, Paris.
- Cormier-Salem, M. C., Juhé-Beaulaton, D., Boutrais, J. et Roussel, B. (2002).** *Patrimonialiser la nature tropicale. Dynamiques locales, enjeux internationaux*. Paris, Éditions de l'IRD.
- Correia, A. M. (2001).** Seasonal and interspecific evaluation of predation by mammals and birds on the introduced red swamp crayfish *Procambarus clarkii* in a freshwater marsh (Portugal). *Journal of Zoology* 255: 533-541.
- Costanza, R. (2006).** Nature: ecosystems without commodifying them. *Nature* 443: 749.
- Costanza, R. et Daly, H. E. (1992).** *Natural capital and sustainable development*. *Conservation Biology* 6: 37-46.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K. Naeem, S., V. O'Neill, R., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, S. et van den Belt, M. (1997).** The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature* 387: 253-260.
- Costanza, R., Wainger, L., Folke, C., et Mäler, K.-G. (1993).** Modelling complex ecological economic systems. *Bioscience* 43: 545-555.
- Costello, C. et Polasky, S. (2004).** Dynamic reserve site selection. *Resource and Energy Economics* 26: 157-174.
- Costello, C., Gaines, S.D. et Lynham, J. (2008).** Can catch shares prevent fisheries collapse? *Science* 321: 1678-1681.
- Cote, J. et Clobert, J. (2007).** Social information and emigration: lessons from immigrants. *Ecology Letters* 10: 411-417.
- Cote, J., Clobert, J., Brodin, T., Fogarty, S. et Sih, A. (2010).** Personality dependent dispersal: characterization, ontogeny and consequences for spatially structured populations. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365: 4065-4076.
- Courchamp, F., Angulo, E., Rivalan, P., Hall, R. J., Signoret, L., Bull, L. et Meinard, Y. (2006).** Rarity value and species extinction: the anthropogenic Allee effect. *PLoS Biology* 4: (12), e415.
- Courchamp, F., Berec, L. et Gascoigne, J. (2008).** Allee effects in ecology and conservation. *Environmental Conservation* 36: 80-85.
- Courchamp, F., Chapuis, J.-L. et Pascal, M. (2003).** Mammal invaders on islands: impact, control and control impact. *Biological Reviews* 78: 347-383.
- Courchamp, F., Clutton-Brock, T. et Grenfell, B. (1999).** Inverse density-dependence and the Allee effect. *Trends in Ecology and Evolution* 14: 405-410.
- Courtois, P., Mullier, C. et Salles, J.-M. (2012).** *Managing biological invasions: the good, the bad and the ambivalent. 14<sup>th</sup> BioECon Conference*. Cambridge, Kings College.
- Couvet, D. et Teysseïre-Couvet, A. (2010).** *Ecologie et biodiversité*. Paris, Belin.
- Cowie, R. H. (2002).** Invertebrate invasions on Pacific islands and the replacement of unique native faunas: a synthesis of the land and freshwater snails. *Biological Invasions* 3: 119-136.
- Cowling, R. M., Ojeda, F., Lamont, B. B., Rundel, P. W. et Lechmere-Oertel, R. (2005).** Rainfall reliability, a neglected factor in explaining convergence and divergence of plant traits in fire-prone mediterranean-climate ecosystems. *Global Ecology and Biogeography* 14: 509-519.
- Cowling, R. M., Proches, S. et Partridge, T. C. (2009).** Explaining the uniqueness of the Cape flora: incorporating geomorphic evolution as a factor for explaining its diversification.

- Molecular Phylogenetics and Evolution* **51**: 64-74.
- Cox, N. A. et Temple, H. J. (2009).** *European Red List of Reptiles*. Luxembourg, Office for Official publications of the European Communities.
- Cozic, P. et Boisseau, B. (2004).** *Ingénierie écologique. Des recherches pour l'action, sur les systèmes écologiques*. Antony, Ingénieries EAT.
- Crespon, J. (1844).** *La faune méridionale. Tome I et II*. Nîmes, Camariguo Nîmes.
- Creuzé de Lesser, H. (1824).** *Statistiques du département de l'Hérault*. Montpellier, Imprimerie Claude Ricard.
- Crisp, M. D., Arroyo, M. T. K., Cook, L. G., Gandolfo, M. A., Jordan, G. J., McGlone, M. S., Weston, P. H., Westoby, M., Wilf, P. et Linder, H. P. (2009).** Phylogenetic biome conservatism on a global scale. *Nature* **458**: 754-756.
- Cristofoli, S. et Mahy, G. (2010).** Colonisation credit in recent wet heathland butterfly communities. *Insect Conservation and Diversity* **3**: 83-91.
- Crocq, C. (1990).** *Le Casse-noix moucheté. Monographies ornithologiques*. Paray, Lechevalier-Chaubaud.
- Cronk, Q. C. B. (1989).** The past and present vegetation of St Helena. *Journal of Biogeography* **16**: 47-64.
- Crozier, M. et Friedberg, E. (1977).** *L'acteur et le Système*. Paris, Seuil.
- Cruz, F., Donlan, C. J., Campbell, K. et Carrion, V. (2005).** Conservation action in the Galápagos: Feral pig (*Sus scrofa*) eradication from Santiago Island. *Biological Conservation* **121**: 473-478.
- Cruz, M. J., Segurado, P., Sousa, M. et Rebelo, R. (2008).** Collapse of the amphibian community of the Paul do Boquilobo Natural Reserve (central Portugal) after the arrival of the exotic American crayfish *Procambarus clarkii*. *The Herpetological Journal* **18**: 197-204.
- CSE (1996).** *Petit guide d'évaluation des politiques publiques*. Paris, La Documentation Française.
- Cubizolle, H. et Sacca, C. (2004).** Quel mode de gestion conservatoire pour les tourbières ? L'approche interventionniste en question. *Géocarrefour* **79**: 285-302.
- Cuisin, J. et Vigne, J.-D. (1998).** Présence de la grande outarde (*Otis tarda*) au Boréal dans la région de Bonifacio (Corse-du-Sud, France; 8<sup>ème</sup> millénaire av. J.-C.). *Géobios* **31**: 831-837.
- Cuisin, M. (1994).** Pic noir *Dryocopus martius*. In: *Nouvel atlas des Oiseaux nicheurs de France*. (ed. D. Yeatman-Berthelot and G. Jarry). Société Ornithologique de France, Paris: 434-435.
- Currano, E. D., Wilf, P., Wing S. L., Labandeira, C. C., Lovelock, E. C. et Royer, D. L. (2008).** Sharply increased insect herbivory during the Paleocene-Eocene thermal maximum. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* **105**: 1960-1964.
- D'Antonio, C. M. et Vitousek, P. M. (1992).** Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. *Annual Review of Ecology and Systematics* **23**: 63-87.
- Daily G., Söderqvist, T., Aniyar, S., Arrow, K., Dasgupta, P., Ehrlich, P. R., Folke, C., Jansson, A., Jansson, B.-O, Kautsky, N., Levin, S., Lubchenco, J., Mäler, K.-G., Simpson, D., Starrett, D., Tilman, D. et Walker, B. (2000).** The value of nature and the nature of value. *Science* **289**: 395-396.
- Daily, G. (1997).** *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington D. C., Island Press.
- Daily, G. C. et Ellison, K. (2002).** *The new economy of nature- The quest to make conservation profitable*. Washington D.C., Island Press.
- Daily, G. C., Polasky, S., Goldstein, J., Kareiva, P. M., Mooney, H. A., Pejchar, L., Ricketts, T. H., Salzman, J., et Shallenberger, R. (2009).** Ecosystem services in decision making: time to deliver. *Frontiers in Ecology and the Environment* **7**: 21-28.
- Daily, G. C. (1997).** *Nature's services. Societal dependence on natural ecosystems*. Washington D.C., Island Press.
- Dalén, L. et al. (2007).** Ancient DNA reveals lack of postglacial habitat tracking in the arctic fox. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* **104**: 6726-6729.
- Daly, H. (1991).** Towards and environmental macroeconomics. *Land Economics* **67**: 255-259.
- Daniel, F. J. et Perraud, D. (2009).** The multifunctionality of agriculture and contractual policies. A comparative analysis of France and the Netherlands. *Journal of Environmental Management* **90**: 132-138.
- Darwin, C. (1842).** *The structure and the distribution of coral reefs. Being the first part of the geology of the voyage of the Beagle, under the command of the Capt. Fitzroy, R.N., during the years 1832-36*. London, Smith, Elder et Compagny.
- Darwin, C. (1859).** On the origin of species by means of natural selection. London, J. Murray.
- Dasgupta, P. (2008).** Nature in economics. *Environmental and Resource Economics* **39**: 1-7.
- Dasgupta, P. (2009).** The welfare economic theory of green national accounts. *Environment and Resource Economics* **42**: 3-38.
- Dasman, R. (1959).** *Environmental conservation*. New-York, John Wiley and sons.
- Dasman, R. (1968).** *A different kind of country*. New-York, MacMillan.
- Dasmann, R. F. (1988).** Biosphere reserves, buffers, and boundaries. *BioScience* **38**: 487-489.
- Daszak, P., Cunningham, A. A. et Hyatt, A. D. (2000).** Emerging infectious diseases of wildlife: threats to biodiversity and human health. *Science* **287**: 443-449.
- Daszkiewicz, P. et Aikhenbaum, J. (1998).** Aurochs, retour d'un animal préhistorique... ou manipulation scientifique ? *Courrier de l'environnement* **33**: 73-79.
- Davies, T. J., Fritz, S. A., Grenyer, R., Orme, C. D. L., Bielby, J., Bininda-Emonds, O. R. P., Cardillo, M., Jones, K. E., Gittleman, J. L., Mace, G. M. et Purvis, A. (2008).** Phylogenetic trees and the future of mammalian biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* **105**: 11556-11563.
- Davis, C. J., Yoshioka, E. et Kageler, D. (1993).** Biological control of lan-tana, prickly pear, and hamakua pama-kane in Hawai'i: a review and update. In: *Alien plant invasions in native ecosystems of Hawaii*. (ed. C. P. Stone, C. W. Smith and J. T. Tunison). University of Hawaii Press, Honolulu: 411-431.
- Davis, J. R. et Garcia, R. (1989).** Malaria mosquito in Brazil. In: *Eradication of exotic pests*. (ed. D. L. Dahlsten and R. Garcia). Yale University Press, New Haven: 274-283.

- Davis, M. (2011). Don't judge species on their origins. *Nature* 474:153-154.
- De Bello, F., Lavorel, S., Díaz, S., Harrington, R., Cornelissen, J. H. C., Bardgett, R. D., Berg, M. P., Cipriotti, P., Feld, C. K., Hering, D., Martins da Silva, P., Potts, S. G., Sandin, L., Sousa, J. P., Storkey, J., Wardle, D. A. et Harrison, P. A. (2010). Towards an assessment of multiple ecosystem processes and services via functional traits. *Biodiversity and Conservation* 19: 2873-2893.
- De Groot, R. S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L. et Willemsen, L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Journal of Ecological Complexity* 7: 260-272.
- De Lara M. et Doyen, L. (2008). *Sustainable management of natural resources: mathematical models and methods*. Berlin et Heidelberg, Springer (Environmental Science and Engineering).
- De Planhol, X. (2004). *Le paysage animal. L'homme et la grande faune : une zoogéographie historique*. Paris, Fayard.
- DeAngelis, D. L. et Gross, L. J. (1992). *Individual-based models and approaches in ecology*. New York, Chapman and Hall.
- Debussche, M. et Isenmann, P. (1994). Bird-dispersed seed rain and seedling establishment in patchy Mediterranean vegetation. *Oikos* 69: 414-426.
- Debussche, M., Escarré, J., Lepart, J., Houssard, C. et Lavorel, S. (1996). Changes in Mediterranean plant succession: old-fields revisited. *Journal of Vegetation Science* 7: 519-526.
- Debussche, M., Lepart, J. et Dervieux A. (1999). Mediterranean landscape changes: evidence from old postcards. *Global Ecology and Biogeography* 8: 3-15.
- Debussche, M., Rambal, S. et Lepart J. (1987). Les changements de l'occupation des terres en région méditerranéenne humide : évaluation des conséquences hydrologiques. *Acta Oecologica, Oecologica Applicata* 8: 317-332
- Defos du Rau, P., Ménoni, E., Sournia, A., Jean, F. et Steinmetz, J. (2005). L'enjeu des habitats ouverts en montagne. L'apport des ORGFH de Midi-Pyrénées. *Faune Sauvage* 270: 71-77.
- DeFries, R., Hansen, A., Turner, B.L., Reid, R. et Liu, J. (2007). Land use change around protected areas: management to balance human needs and ecological function. *Ecological Applications* 17: 1031-1038.
- Delavigne, A. H. (2000). *Les espèces d'intérêt patrimonial et la "patrimonialisation" des espèces. Etude bibliographique*. Paris, MATE-MNHN.
- Delibes-Mateos, M., Delibes, M., Ferreras, P. et Villafuerte, R. (2008). Key role of European rabbits in the conservation of the Western Mediterranean basin hotspot. *Conservation Biology* 22: 1106-1117.
- Demesure, B. et Musch, J. (2001). L'évolution de la forêt française après la dernière glaciation : l'apport de la paléontologie, l'archéologie et de la biologie moléculaire. *Les dossiers de l'environnement de l'INRA* 21: 23-28.
- Demontzey, P. (1878). *Etude sur les travaux de reboisement et de gazonnement des montagnes*. Paris, Imprimerie Nationale.
- Denevan, W. M. (1998). The Pristine Myth. The landscape of the Americas in 1492. In: *The Great New Wilderness Debate*. (ed. J. B. Callicott and M. P. Nelson). The University of Georgia Press, Athens: 414-442.
- Denzin, N. K., et Lincoln Y. S. (2005). *The SAGE book of qualitative research* (3<sup>rd</sup> edition). London, SAGE.
- Derioz, P. (1999). Comment quantifier le phénomène du boisement spontané : inventaire des inventaires à l'échelle nationale. *Ingénieries. Eau-agriculture-territoires* Numéro spécial : 11-23.
- Derraik, J. G. B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin* 44: 842-852.
- Descola, P. (2005). *Par-delà nature et culture*. Paris, Gallimard.
- Despert, Y., Duchamp, L., Garrigue, J., Gilg, O., Magdalou, J.-A. et Pont, B. (2010). Des Réserves Naturelles forestières de composition et de naturalité très différentes, un réseau de référence indispensable pour une stratégie de conservation à long terme. In: *Biodiversité, naturalité, humanité. Pour inspirer la gestion des forêts*. (ed. D. Vallauri, J. André, J.-C. Génot, J.-P. De Palma and R. Eynard-Machet), R.). Editions TEC et DOC. Lavoisier, Paris: 407-414.
- Desprez, M., Crivelli, A. J., Lebel, I., Massez, G. et Gimenez, O. (2013). Demographic assessment of a stocking experiment in European eels. *Ecology of Freshwater Fish* 22: 412-420.
- Destre R., d'Andurain P., Fonderflick J. et Parayre C., (2000). *Faune sauvage de Lozère. Les Vertébrés*. Balsiège, Association Lozérienne pour l'Etude et de Protection de l'Environnement.
- Devall, B. and Session, G. (1985). *Deep Ecology. Living as if Nature Mattered*, Salt Lake City, Peregrine Books.
- Deveze, M. (1961). *La vie de la forêt française au XVI<sup>e</sup> siècle*. Paris, SEVPEN.
- Devictor, V., Julliard, R., Couvet, D. et Jiguet, F. (2008). Birds are tracking climate warming, but not fast enough. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 275: 2743-2748.
- Devictor, V., Mouillot, D., Meynard, C., Jiguet, F., Thuiller, W. et Mouquet, N. (2010). Spatial mismatch and congruence between taxonomic, phylogenetic and functional diversity: the need for integrative conservation strategies in a changing world. *Ecology Letters* 13: 1030-1040.
- Diamond, J. (1997). *Guns, Germs and Steel. The fat of human society*. New-York, Norton.
- Diamond, J. M. (1975). Assembly of speciation communities. In: *Ecology and evolution of communities* (ed. M. L. Cody and J. M. Diamond). Harvard University Press, Cambridge: , 342-444.
- Díaz, S. et Cabido, M. (2001). Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution* 16: 646-655.
- Díaz, S., Lavorel, S., Chapin, F. S., III, Tecco, P. A., Gurvich, D. E. et Grigulis, K. (2007). Functional diversity- at the crossroads between ecosystem functioning and environmental filters. In: *Terrestrial Ecosystems in a Changing World* (ed. J. G. Canadell, D. E. Pataki et L. F. Pitelka). Springer-Verlag, Berlin: 81-91.
- Didham, R. K., Tylianakis, J. M., Hutchinson, M. A., Ewers, R. M. et Gemmill, N. J. (2005). Are Invasive Species the Drivers of the Ecological Change? *Trends in Ecology and Evolution* 20: 470-474.



- Dietl, G. P. et Flessa, K. W. (2011).** Conservation paleobiology: putting the dead to work *Trends in Ecology and Evolution* **26**: 30-37.
- Dietz, S. et Adger, W.N. (2003).** Economic growth, biodiversity loss and conservation effort. *Journal of Environmental Management* **68**: 23-35.
- Dion, R. (1934).** *Essai sur la formation du paysage français. Nouvelle édition 1991.* Paris, Flammarion.
- Dobson, A. P. (1995a).** The ecology and epidemiology of rinderpest virus in Serengeti and Ngorongoro crater conservation area. In: *Serengeti II: research, management and conservation of an ecosystem.* (ed. A. R. E. Sinclair et P. Arcese). The University of Chicago Press, Chicago: 485-505.
- Dobson, A. P., Bradshaw, A. D. et Baker, A. J. M. (1997).** Hopes for the future: restoration Ecology and conservation biology. *Science* **277**: 525-522.
- Dobson, A. P., Rodriguez, J. P., Roberts, W. M. et Wilcove, D. S. (1997).** Geographic distribution of endangered species in the United States. *Science* **275**: 550-553.
- Dobson, A.P. (1995b).** Rinderpest in the Serengeti ecosystem: the ecology and control of a keystone virus. In: *Proceedings of a Joint Conference American Association of Zoo Veterinarians.* (ed. R. E. Junge). Wildlife Disease Association, and American Association of Wildlife Veterinarians: 518-519.
- Donlan, C. J. et Wilcox, W. (2008).** Diversity, invasive species and extinctions in insular ecosystems. *Journal of Applied Ecology* **45**: 1114-1123.
- Donlan, C. J., Tershy, B. R. et Croll, D. A. (2002).** Islands and introduced herbivores: conservation action as ecosystem experimentation. *Journal of Applied Ecology* **39**: 235-226.
- Doremus, H. (2003).** A policy portfolio approach to biodiversity protection on private lands. *Environmental Science and Policy* **6**: 217-232.
- Doutt, R. L. (1964).** The historical development of biological control. In: *Biological control of insect pests and weeds.* (ed. P. DeBach). Chapman and Hall, London: 21-42.
- Drechsler, M. (2011).** Trade-offs in the design of cost-effective habitat networks when conservation costs are variable in space and time. *Biological Conservation* **144**: 479-489.
- Drechsler, M. et Wätzold, F. (2007).** Ecological-economic modelling for the sustainable use and conservation of biodiversity. *Ecological Economics* **62**: 203-206.
- Drechsler, M., Wätzold, F., Johst, K., Bergmann, H. et Settele, J. (2007).** A model-based approach for designing cost-effective compensation payments for conservation of endangered species in real landscapes. *Biological Conservation* **140**: 174-186.
- Driessen, P., Leroy, P. et Vierssen, W. V. (2010).** *From Climate Change to Social Change.* Utrecht, International Books.
- Dudley, N. (2008).** *Guidelines for applying protected area management categories.* Gland, IUCN.
- Dudley, N. (2011).** *Authenticity in Nature. Making choices about the naturalness of ecosystems.* London, Earthscan.
- Dudley, T. L. (2000).** *Arundo donax* L. In: *Invasive plants of California's wildlands.* (ed. C. C. Bossard, J. M. Randall, and M. C. Hoshovsky). University of California Press, Berkeley: 53-58.
- Dufour, S. et Piégay, H. (2009).** From the myth of a lost paradise to targeted river restoration : forget natural references and focus on human benefits. *River Research and Applications* **25**: 568-581.
- Dugast, S. (2002).** Modes d'appréhension de la nature et gestion patrimoniale du milieu. In: *Patrimonialiser la nature tropicale. Dynamiques locales, enjeux internationaux.* (ed. M.-C. Cormier-Salem, D. Juhé-Beaulaton, J. Boutrais and B. Roussel). Éditions de l'IRD, Paris: 31-78.
- Duncan, R. P. et Blackburn, T. M. (2007).** Causes of extinction in island birds. *Animal Conservation* **10**: 149-150.
- Durán, A., Gryzenhout, M., Slippers, B., Ahumada, R., Rotella, A., Flores, F. et Wingfield, B. D. (2008).** *Phytophthora pinifolia* sp. nov. associated with a serious needle disease of *Pinus radiata* in Chile. *Plant Pathology* **57**: 715-727.
- Durand, A. (1998).** *Les paysages médiévaux du Languedoc (X<sup>e</sup>-XII<sup>e</sup> siècles).* Toulouse, Presses de l'Université de Toulouse-le-Mirail, Collection Tempus.
- Durand, A. et Leveau, P. (2004).** **Farming in Mediterranean France and Rural Settlement in the Late Roman and Early Medieval Periods: The Contribution from Archaeology and Environmental Sciences in the Last Twenty Years (1980-2000).** In: *The Transformations of the Roman World. From Roman Possessors to Feudal Lords : The Making of Feudal Agricultures (Vth-Xth centuries).* (ed. M. Barcelo and F. Sigaut). Bos Brill, Leiden, Boston: 177-253.
- Durand, A. et Vernet, J.-L. (1987).** Anthracologie et paysages forestiers médiévaux : à propos de quatre sites languedociens. *Annales du midi* **180**: 397-405.
- Durett, R. et Levin, S. (1994).** The importance of being discrete (and spatial). *Theoretical Population Biology* **46**: 363-394.
- Dutil, L. (1911).** *L'état économique du Languedoc à la fin de l'ancien régime (1750-1789).* Thèse Doc es lettres. Université de Paris, Faculté des Lettres. Hachette.
- Dutoit, T. (2009).** Fuite d'hydrocarbure : un patrimoine biologique incommensurable en péril. *Le Courrier de la Nature* **246**: 6-7.
- Dutoit, T. (2010).** In memoriam, le Coussoul de Crau. *Le Courrier de l'Environnement de l'INRA* **58**: 37-44.
- Dutoit, T. (2010).** Réserve naturelle de Crau, fuite d'hydrocarbures : le chantier enfin en phase de réhabilitation ! *Le Courrier de la Nature* **255**: 6-7.
- Dutoit, T. (2011).** Fuite d'hydrocarbures en Crau : Mesures compensatoires, dernier acte d'une catastrophe patrimoniale ? *Le Courrier de la Nature* **263**: 7-9.
- Dutoit, T. (2011).** La société internationale pour la restauration écologique, une association pour promouvoir la restauration des écosystèmes au niveau mondial. *Sciences, Eaux et Territoires* **5**: 6-9.
- Dutoit, T. (2012).** Espoirs et limites de l'ingénierie écologique. *Le Courrier de la Nature* **170**: 22-29.
- Dutoit, T. et Oberlinkels, M. (2010).** Restauration d'un verger industriel vers une terre de parcours à moutons. *Espaces Naturels* **29**: 26-28.
- Dutoit, T. et Rey, F. (2009).** *Ecologie de la restauration et ingénierie écologique : Enjeux, convergences, applications.* Antony, Ingénieries EAT.

- Dutoit, T., Buisson, E., Fadda, F., Henry, F., Coiffait, C. et Jaunatre, R. (2011).** Dix années de recherche dans une pseudo-steppe méditerranéenne : impact des changements d'usage et restauration écologique. *Sécheresse* **22**: 75-85.
- Ebenhard, T. (1988).** Introduced birds and mammals and their ecological effects. *Swedish Wildlife Research* **13**: 1-107.
- Edelman, M. (1991).** *Pièces et règles du jeu politique*. Paris, Éditions du Seuil.
- Eglise catholique (1992).** *Catéchisme de l'Église Catholique*. Paris, Mame-Librairie Éditrice Vaticane/Plon.
- Ehrllich, P. R. et Ehrllich, A. H. (2013).** Can a collapse of global civilization be avoided?. *Proceedings of the Royal Society, Biological Sciences* <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/280/1754/20122845.full.html#ref-list-1>
- Ehrenfeld, D. W. (1987).** Editorial. *Conservation Biology* **1**: 6-7.
- Ehrenfeld, D.W. (1970).** *Biological conservation*. New-York, Holt, Rinehart et Winston.
- Ehrlich, P. (2002).** Human Natures, Nature Conservation, and Environmental Ethics *BioScience* **52**: 32- 43.
- Ehrlich, P. et Mooney, H. (1983).** Extinction, substitution, and ecosystem services. *BioScience* **33**: 248-254.
- Ehrlich, P. R et Ehrlich, A. (1981).** *Extinction: The Causes and Consequences of the Disappearance of Species*. New York, Random House.
- Ehrlich, P. R. (1968).** *The population bomb*. New-York, Ballantine Books.
- Eichner, T. et Pethig, R. (2005).** Ecosystem and economy: an integrated dynamic general equilibrium approach. *Journal of Economics* **85**: 213-249.
- Eichner, T. et Pethig, R. (2009).** Pricing the ecosystem and taxing ecosystem services: A general equilibrium approach. *Journal of Economic Theory* **144**: 1589-1616.
- Eichner, T. et Tschirhart, J. T. (2007).** Efficient ecosystem services and naturalness in an ecological-economic model. *Environmental and Resource Economics* **37**: 733-755.
- Eiswerth, M. E. et Johnson, W. S. (2002).** Managing nonindigenous invasive species: insights from dynamic analysis. *Environmental and Resource Economics* **23**: 319-342.
- Eiswerth, M. E. et Van Kooten, G. (2002).** Uncertainty, economics, and the spread of invasive plant species. *American Journal of Agricultural Economics* **84**: 1317-1322.
- Elgar, M. A. et Clode, D. (2001).** Inbreeding and extinction in island populations: a cautionary note. *Conservation Biology* **14**: 284-286.
- Eliade, M. (1949).** *Traité d'histoire des religions*. Paris, Payot.
- Ellison, A. M., Bank, M. S., Clinton, B. D., Colburn, E. A., Elliott, K., C. Ford, C. R., Foste, D. R., Kloeppel, B. D., Knoepp, J. D., Lovett, G. M., Mohan, J., Orwig, D. A., Rodenhouse, N. L., Sobczak, W. V., Stinson, K. A. Stone, J. K., Swan, C. M., Thompson, J., von Holle, B. et Webste, J. R. (2005).** Loss of foundation species: consequences for the structure and dynamics of forested ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* **9**: 479-486.
- Ellison, K. (2009).** Ecosystem services-out of the wilderness? *Frontiers in Ecology and the Environment* **7**: 60.
- Elmqvist, T., Fragkias, M., Goodness, J., Güneralp, B., Marcotullio, P. J., McDonald, R. I., Parnell, S., Schewenius, M., Sendstad, M., Seto, K. C., et Wilkinson, C. (2013).** *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities. A Global Assessment*. Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer.
- Elmqvist, T., Maltby, E., Barker, T., Mortimer, M. et Perrings, C. (2010).** In: *Biodiversity, ecosystems and ecosystem services* (ed. P. Kumar). TEEB Ecological and Economic Foundations, Earthscan, London: 41-111.
- Elton, C. (1927).** *Animal Ecology*. London, Sidgwick and Jackson.
- Emberger, L. (1964).** *Rapport sur les sites à protéger au cours de l'aménagement du littoral Languedoc-Roussillon, leur délimitation et sur les mesures à prendre pour leur sauvegarde*. Rapport adressé à la Mission Interministérielle pour l'Aménagement Touristique du Littoral Languedoc-Roussillon,
- Emerit, A. (2007).** *Les aires protégées gérées. Zonage de l'espace et différenciation des rôles des acteurs : conditions d'une gestion intégrée des territoires. Le rôle des équipes des aires protégées alpines dans la gestion du retour du loup et dans la conservation du tétras-lyre*. Thèse de doctorat, Paris, ENGREF-AgroParisTech.
- Engel, S, Pagiola, S. et Wunder, S. (2008).** Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues. *Ecological Economics* **65**: 663-674.
- Eplee, R. E. (2001).** Case study 2.10. Co-ordination of witchweed eradication in the U.S.A. In: *Invasive alien species: A toolkit of best prevention and management practices*. (ed. R. Wittenberg and M. J. W Cock). CAB International, Wallingford: 36.
- Eppink, F. V. et Van den Bergh, J. C. J. M. (2007).** Ecological theories and indicators in economic models of biodiversity loss and conservation: A critical review. *Ecological Economics* **61**: 284-293.
- Eppink, F. V., Van Den Bergh, J. C. J. M. et Rietveld, P. (2004).** Modelling biodiversity and land use: urban growth, agriculture and nature in a wetland area. *Ecological Economics* **51**: 201-216.
- Ernoul, L.; Mesléard, F. et Béchet, A. (2012).** Diagnostique de l'échec de la contractualisation des mesures agri-environnementales pour réduire les incursions de flamants dans les rizières de Camargue. *Vertigo* **12**: <http://vertigo.revues.org/12112>.
- Estes, J; et Palmisano, J. (1974).** Sea otters: their role in structuring nearshore communities. *Science* **185**: 1058-1060.
- Etienne, M., Le Page, C. et Cohen, M. (2003).** A Step-by-step approach to building land management scenarios based on multiple viewpoints on multi-agent system simulations. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* **6(2)**. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/2.html>.
- Evans, E. W. et Snyder, W. E. (2011).** Lady bugs. In: *Encyclopedia of biological invasions* (ed. D. Simberloff and M. Rejmánek). University of California Press, Berkeley: 400-404.
- Fabre, J. A. (1797).** *Essai sur la théorie des torrents et des rivières*. Paris, Bidault libraire.
- Falconer, D.S. et Mackay, T. F. C. (1996).** *Introduction to Quantitative Genetics*. New York: Longman.
- Fall, A. et Fall, J. (2001).** A domain-specific language for models of landscape



- dynamics. *Ecological Modelling* **141**: 1-18.
- Faragher, J. M. (1994).** *Rereading Frederick Jackson Turner: The Significance of the Frontier in American History and Other Essays*. New-York, Holt.
- Farina, A. (2000).** The cultural landscape as a model for the integration of ecology and economics. *BioScience* **50**: 313-320.
- Farley, J., A., Aquino, A., Daniels, A., Moulaert, A. Lee, D. et Krause, A. (2010).** Global mechanisms for sustaining and enhancing PES schemes. *Ecological Economics* **69**: 2075-2084.
- Farmar-Bowers, Q. et Lane, R. (2009).** Understanding farmers' strategic decision-making processes and the implications for biodiversity conservation policy. *Journal of Environmental Management* **90**: 1135-1144.
- Farnham, T. (2007).** *Saving nature's legacy: origins of the idea of biological diversity*. New-Haven, Yale University press.
- Favory, F. (1988).** Le site de Lattes et son environnement, d'après les images et les documents planimétriques. *Lattara* **1**: 15-56.
- Feehan, J., Gillmor, D. A., Culleton, N. (2005).** Effects of an agri-environment scheme on farmland biodiversity in Ireland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **107**: 275-286.
- Feh, C. (2012).** Delayed reversibility of PZP (Porcine Zona Pellucida) in free-ranging Przewalski's horse mares. In: *Proceedings of the International Wild Equid Conference, Vienna*.
- Ferchaud, A. L., Lyet, A., Cheylan, M., Arnal, V., Baron, J. P., Montgelard, C. et Ursenbacher, S. (2011).** High genetic differentiation among French populations of the Orsini's viper (*Vipera ursinii ursinii*) based on mitochondrial and microsatellite data: implications for conservation management. *Journal of Heredity* **102**: 67-78.
- Fernandez, L. (2006).** Marine shipping trade and invasive species management strategies. *International Game Theory Review* **8**: 153-168.
- Fernandez, L. (2008).** NAFTA and member country strategies for maritime trade and marine invasive species. *Journal of Environmental Management* **89**: 308-321.
- Ferraro, P. J. (2004).** Targeting conservation investments in heterogeneous landscapes: a distance function approach and application to watershed management. *American Journal of Agricultural Economics* **86**: 905-918.
- Ferraro, P. J. (2008).** Asymmetric information and contract design for payments for environmental services. *Ecological Economics* **65**: 810-821.
- Ferraro, P. J. et Kiss, A. (2002).** Direct payments to conserve biodiversity. *Science* **298**: 1718-1719.
- Ferraro, P. J. et Pattanayak, S. K. (2006).** Money for nothing? A call for empirical evaluation of biodiversity conservation investments. *Plos Biology* **4**: 482-488.
- Ferraro, P. J. et Simpson, R. D. (2002).** The cost-effectiveness of conservation payments. *Land Economics* **78**: 339-353.
- Ferras, R., Pumain, D. et Saint-Julien, T. (1990).** *France, Europe du Sud*. Géographie universelle. Paris, Hachette/Reclus.
- Ferrier, S., Pressey, R. L. et Barrett, T. W. (2000).** A new predictor of the irreplaceability of areas for achieving a conservation goal, its application to real-world planning, and a research agenda for further refinement. *Biological Conservation* **93**: 303-325.
- Ferry, C. (1985).** Coadaptation des oiseaux et des plantes à la dissémination de ces dernières. In: *La fin et les moyens. Etudes sur la finalité biologique et ses mécanismes* (ed. J.-L. Parrot and Y. Leroy). Maloigne, Paris: 147-165.
- Filoramo, G. (1993).** Métamorphoses d'Hermès : le sacré ésotérique d'Ecologie Profonde. In: *Religion et Ecologie*. (ed. D. Hervieu-Léger). Cerf, Paris: 137-150.
- Fimbert, J. E. (1948).** *Hautes terres*. Paris, Editions Fayard.
- Finoff, D. et Tschirhart, J. T. (2008).** Linking dynamic ecological and economic general equilibrium models. *Resource and Energy Economics* **30**: 91-114.
- Fischer, A.P. et Bliss, J.C. (2008).** Behavioral assumptions of conservation policy: conserving oak habitat on family-forest land in the Willamette Valley, Oregon. *Conservation Biology* **22**: 275-283.
- Fischer-Kowalski, M. et Weisz, H. (1998).** Gesellschaft als Verzahnung materieller und symbolischer Welten. In: *Soziologie und Natur. Theoretische Perspektiven*. (ed. K. W. Brand). Leske et Budrich, Opladen: 145-172.
- Fitzgerald, B. M. et Gibb, J. A. (2001).** Introduced mammals in a New Zealand forest: long-term research in the Orongorongo Valley. *Biological Conservation* **99**: 97-108.
- Flint, E. et Rehkemper, C. (2002).** Control and eradication of the introduced grass, *Cenchrus echintus*, at Laysan Island, Central Pacific Ocean. In *Turning the tide: the eradication of invasive species* (ed. C. R. Veitch and M. N. Clout). IUCN SSC Invasive Species Specialist Group. IUCN, Gland: 110-115.
- Fonderflick, J. (2006).** Analyse écologique et enjeux patrimoniaux de l'avifaune nicheuse des Grands Causses de Lozère (France). *Alauda* **74**: 235-250.
- Fonderflick, J., Caplat, P., Thévenot, M., Lovaty, F. et Prodon, R. (2010a).** Avifauna trends following changes in a Mediterranean upland pastoral system. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **137**: 337-347.
- Fonderflick, J., Lepart, J., Caplat, P., Debussche, M. et Marty, P. (2010b).** Managing agricultural change for biodiversity conservation in a Mediterranean upland. *Biological Conservation* **143**: 737-746.
- Fontaine, C., Dajoz, I., Meriguet, J. et Loreau, M. (2006).** Functional diversity of plant-pollinator interaction webs enhances the persistence of plant communities. *PloS Biology* **4**: 129-135.
- Foreman, D. (2004).** *Rewilding North America. A vision for Conservation in the 21st Century*. Washington DC, Island Press.
- Forest, F., Grenyer, R., Rouget, M., Davies, T. J., Cowling, R. M., Faith, D. P., Balmford, A., Manning, J. C., Proches, S., van der Bank, M., Reeves, G., Hedderson, T. A. J. et Savolainen, V. (2007).** Preserving the evolutionary potential of floras in biodiversity hotspots. *Nature* **445**: 757-760.
- Formenty, P., Hatz, C., Le Guenno, B., Stoll, A., Rogenmoser, P. et Widmer, A. (1999).** Human infection due to Ebola virus, subtype Côte d'Ivoire: clinical and biologic presentation. *Journal of Infectious Diseases* **179**: S48-S53.

- Fortuna, M. A. et Bascompte, J. (2006).** Habitat loss and the structure of plant-animal mutualistic networks. *Ecology Letters* **9**: 281-286.
- Foster, J. B. (1964).** Evolution of mammals on islands. *Nature* **202**: 234-235.
- Fox, H. E., Kareiva, P., Silliman, B., Hitt, J., Lytle, D. A., Halpern, B. S., Hawkes, C. V., Lawler, J., Neel, M., Olden, J. D., Schlaepfer, M. A., Smith, K. et Tallis, H. (2009).** Why do we fly ? Ecologists' sins of omission. *Frontiers in Ecology and the Environment* **7**: 294-296.
- Frank, J. et Volkmar, W. (2006).** *Episyrphus balteatus*: an example of pollination efficiency in hoverflies. In: *Annual Meeting ESA, August 2006*. Memphis, Ecological Society of America.
- Frank, J. H., Van Driesche, R. G., Hoddle, Mark S. et McCoy, E. D. (2011).** Biological control, of animals. In: *Encyclopedia of biological invasions*. (ed. D. Simberloff and M. Rejmánek). University of California Press, Berkeley: 58-63.
- Franklin, I. R. (1980).** Evolutionary change in small populations. In: *Conservation Biology* (ed. M. E. Soule and B. A. Wilcox). Sinauer Associates, Sunderland: 135-150.
- Freinkel, S. (2007).** *American chestnut. The life, death, and rebirth of a perfect tree*. Berkeley, University of California Press.
- Frenot, Y., Gloaguen, J. C., Masse L. et Lebouvier, M. (2001).** Human activities, ecosystem disturbance and plant invasions in subantarctic Crozet, Kerguelen and Amsterdam Islands. *Biological Conservation* **101**: 33-50.
- Fretwell, S. D. (1972).** Populations in a seasonal environment. *Monogr Popul Biol* **5**: 1-217.
- Fretwell, S. D. et Lucas, H. L. (1970).** On territorial behaviour and other factors influencing habitat distribution in birds. *Acta Biotheoretica* **19**: 16-36.
- Freyre, G. (1956).** Terres de sucre. Paris, Gallimard (1st ed. 1937 Nordeste).
- Gallai, N., Salles, J.-M., Settele, J. et Vaissière, B. E. (2008).** Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* **68**: 810-821.
- Galland, P. (1989).** Agriculture et protection des herbages naturels en Suisse, un défi pour les phytosociologues. In : Colloques phytosociologiques Volume XVI- Phytosociologie et pastoralisme. (ed. J.-M. Géhu). Lubrecht et Cramer Ltd., Berlin: 501-514.
- Gallet, S., Buisson, E. et Vécirin-Stablo, M. P. (2011).** Restauration écologique : Nécessité de construire des indicateurs pour un suivi efficace. *Sciences, Eaux et Territoires* **5**: 73
- Garde, L. (2009).** Loup et élevage, quand le présent revisite le passé ; le cas des Alpes du Sud. In: *Le loup en Europe du Moyen Âge à nos jours*. (ed. F. Guizard-Duchamp). Presses Universitaires de Valenciennes, Valenciennes: 135-148.
- Garde, L., Bacha, S. et Bataille, J.-F. (2007).** Les éleveurs résidents en zone à loups : contraintes et organisation de la protection. In : *Loup- Elevage : s'ouvrir à la complexité*. Actes du séminaire d'Aix-en-Provence, 15-16 juin 2006: 180-191.
- Garibaldi, L. A., Aizen, M. A., Klein, A. M., Cunningham, S. A. et Harder, L. D. (2011b).** Global growth and stability of agricultural yield decrease with pollinator dependence. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **108**: 5909-5914.
- Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Kremen, C., Morales, J. M., Bommarco, R., Cunningham, S. A., Carvalheiro, L. G., Chacoff, N. P., Dudenhofer, J. H., Greenleaf, S. S., Holzschuh, A., Isaacs, R., Krewenka, K., Mandelik, Y., Mayfield, M. M., Morandin, L. A., Potts, S. G., Ricketts, T. H., Szentgyorgyi, H., Viana, B. F., Westphal, C., Winfree, R et Klein, A. M. (2011a).** Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters* **14**: 1062-1072.
- Garnett, S. T. et Lindenmayer, D. B. (2011).** Conservation science must engender hope to succeed. *Trends in Ecology and Evolution* **26**: 59-60.
- Garnier, E. et Navas, M.-L. (2012).** A trait-based approach to comparative functional plant ecology: concepts, methods and applications for agroecology. A review. *Agronomy for Sustainable Development* **32**: 365-399.
- Garnier, E., Cortez, J., Billès, G., Navas, M.-L., Roumet, C., Debussche, M., Laurent, G., Blanchard, A., Aubry, D., Bellmann, A., Neill, C. et Toussaint, J.-P. (2004).** Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession. *Ecology* **85**: 2630-2637.
- Gary, R. (1956).** *Les racines du ciel*. Paris, Gallimard.
- Gaskell, J. (2000).** *Who killed the Great Auk ?* Oxford, Oxford University Press.
- Gaston, K. (2000).** Global patterns in biodiversity. *Nature* **405**: 220-227.
- Gaudefroy de Mombyne, T. et Mermet, L. (2003).** La stratégie d'une ONG internationale d'environnement- articuler biologie et management, action publique et concurrence. *Gérer et Comprendre- Annales des Mines* **73**: 14-24.
- Gaudefroy de Mombynes, T. (2007).** *L'entreprise, stratégie et négociateur en matière d'environnement- le cas de la filiale hydroélectrique d'EDF*. Paris, AgroParisTech-ENGREF. Thèse de doctorat.
- Gaudin, J. P. (1999).** *Gouverner par contrat. L'action publique en question*. Paris, Presses de Sciences Po.
- Gause, G. F. (1934).** *The struggle for existence*. Baltimore, Williams et Wilkins.
- Gauthier-Clerc, M. (2011).** *Une mouette est morte à l'Assemblée Nationale*. Paris, Editions Buchet-Chastel.
- Gauthier-Clerc, M. et Thomas, F. (eds). (2010).** *Ecologie de la Santé et Biodiversité*. Bruxelles, Editions De Boeck Université.
- Gauthier-Clerc, M., Lebarbenchon, C. et Thomas, F. (2007).** Recent expansion of highly pathogenic avian influenza H5N1: a critical review. *Ibis* **149**: 202-214.
- GBO3 (2010).** *Perspectives mondiales de la diversité biologique (Global Biodiversity Outlook)*, 3e édition. Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique Montréal, <http://gbo3.cbd.int/>.
- Geddes, D. (1981).** Les débuts de l'élevage dans la vallée de l'Aude. *Bulletin de la Société préhistorique française. Études et Travaux* **78**: 370-378.
- Geist, H.J et Lambin, E. F. (2002).** Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience* **52**: 143-150.
- Génot, J.-C. (1998).** *Ecologiquement correct ou protection contre nature?* Paris, Edisud.

- Génot, J.-C. (2008).** *La nature malade de la gestion*. Paris, Sang de la Terre.
- Génot, J.-C. et Schnitzler, A. (2010).** Empreinte des protecteurs, réserves forestières intégrales et naturalité. In : *Biodiversité, naturalité, humanité. Pour inspirer la gestion des forêts*. (ed. D. Vallauri, J. André, J.-C. Génot, J.-P. De Palma and R. Eynard-Machet). Editions TEC et DOC. Lavoisier, Paris: 319-326.
- Génot, J.-C., Duchamp L. et Cochet P. (2007).** Les forêts sauvages de Roumanie. *Naturalité. La Lettre de Forêts Sauvages* 3: 7-10.
- Génot, J.-C., Duchamp, L. et Morelle, S. (2006).** Laisser faire la nature : exemples dans le parc naturel régional des Vosges du Nord, réserve de biosphère. *Le Courrier de la Nature* 228: 22-28.
- Genovesi, P. (2011).** Are we turning the tide? Eradications in times of crisis: how the global community is responding to biological invasions. In: *Island invasives: eradication and management*. (ed. C. R. Veitch, M. N. Clout and D. R. Towns). Gland, IUCN.
- Ghimire, K.B. et Pimbert, M. P. (1997).** *Social change and conservation*. Londres, Earthscan and UNRISD.
- Ghiselin, M. (1987).** Species Concepts, Individuality, and Objectivity. *Biology and Philosophy* 2: 127-143.
- Gibbons, A. (1992).** Conservation biology in the fast lane. *Science* 255: 20-22.
- Gibson, R. H., Nelson, I. L., Hopkins, G. W., Hamlett, B. J. et Memmott, J. (2006).** Pollinator webs, plant communities and the conservation of rare plants: arable weeds as a case study. *Journal of Applied Ecology* 43: 246-257.
- Gilbert, A. J. et Janssen, R. (1998).** Use of environmental functions to communicate the values of a mangrove ecosystem under different management regimes. *Ecological Economics* 25: 323-346.
- Gilg, O. (2004).** *Forêts à caractère naturel. Caractéristiques, conservation et suivi. Atelier technique des espaces naturels Réserves Naturelles de France. Cahiers Techniques* 74. Paris, ATEN.
- Gillespie, R. et Clague, D. A. (2009).** *Encyclopedia of Islands*. Berkeley, University of California Press.
- Gillon, Y., Chaboud, C., Boutrais, J. et Mullon, C. (2000).** *Du bon usage des ressources renouvelables*. Paris, Editions IRD.
- Gilpin, M. et Soule, M. E. (1986).** Minimum viable populations: processes of species extinction. In: *Conservation biology. The science of scarcity and diversity*. (ed. M. Soulé). Sinauer, Sunderland: 19-34
- Gil-Sánchez, J. M., et Alba-Tercedor, J. (2006).** The decline of the endangered populations of the native freshwater crayfish (*Austropotamobius palipes*) in southern Spain: it is possible to avoid extinction? *Hydrobiologia* 559: 113-122.
- Gimblett, R., (2002).** *Integrating geographic information systems and agent-based modeling techniques for understanding social and ecological processes*. New York, USA, Oxford University Press / Sante Fe Institute.
- Giran, J.-P. (2003).** *Les Parcs Nationaux. Une référence pour la France. Une chance pour ses territoires*. Paris, Rapport au Premier Ministre.
- Giraud, P.- N., (2009).** *Les économes peuvent-ils sauver la planète ? Regards croisés sur l'économie* 6. Paris, La Découverte.
- Glacken, C. J. (1967).** *Traces on the Rhodian shore. Nature and culture in Western thought from ancient times to the end of the eighteenth century*. Berkeley, University of California Press.
- Gobster, P. H., Nassauer, J. I., Daniel, T. C. et Fry, G. (2007).** The shared landscape: what does aesthetics have to do with ecology? *Landscape Ecology* 22: 959-972.
- Goldie, X., Gillman, L., Crisp, M. et Wright, S. (2010).** Evolutionary speed limited by water in arid Australia. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 277: 2645-2653.
- Goldie, X., Gillman, L., Crisp, M. et Wright, S., (2010).** Evolutionary speed limited by water in arid Australia. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 277: 2645-2653.
- Goldman, R. L., Tallis, H. Kareiva, P. et Daily, G. C. (2008).** Field evidence that ecosystem service projects support biodiversity and diversify options. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 105: 9445-9448.
- Goldschmid, T., Witte F. et Wanink, J. (1993).** Cascading Effects of the Introduced Nile Perch on the detritivorous/phytoplanktivorous species in the sublittoral Areas of Lake Victoria. *Conservation Biology* 7: 686-700.
- Gomez-Baggethun, E. et De Groot, R. S. (2010).** Natural Capital and Ecosystem Services: The Ecological Foundation of Human Society. In: *Issues in Environmental Science and Technology n°30. Ecosystem Services*. (ed. R. E. Hester and R. M. Harrison). London, The Royal Society of Chemistry.
- Gomez-Baggethun, E. et Ruiz Perez, M. (2011).** Economic valuation and the commodification of ecosystem services. *Progress in Physical Geography* 35: 613-628.
- Goodall, B. (1987).** *The facts on file. Dictionary of human geography*. Oxford, Facts on file Publications.
- Goodell, K., Parker, I. M. et Gilbert, G. S. (2000).** Biological impacts of species invasions: Implications for policy makers. In: *Incorporating science, economics, and sociology in developing sanitary and phytosanitary standards in international trade*. (ed. National Research Council, US). National Academy Press, Washington: 87-117.
- Goodpaster, K. (1978).** On being morally considerable. *Journal of Philosophy* 75: 308-325.
- Gosh, A. (2004).** *The hungry tide*. New York, Harper Collins (paru en français en 2006: *Le pays des marées*, Robert Laffont).
- Gosselink, J. G., Odum, E. P. et Pope, R. M. (1974).** *The value of the tidal marsh*. Baton-Rouge Louisiana State University, Center for Wetland Resources.
- Gourdin, H. (2002).** *Jean Jacques Audubon 1785-1851*. Arles, Actes Sud.
- Gourlay-Larour, M. L., Pradel, R., Guillemain, M., Santin-Janin, H., L'Hostis, M. et Caizergues, A. (2013).** Individual Turnover in Common Pochards Populations Wintering in Western France. *Journal of Wildlife Management* 44: 477-485.
- Gowdy J., Howarth, R. B. et Tisdell, C. (2010).** Discounting, ethics, and options for maintaining biodiversity and ecosystem integrity. *The Ecological and Economic Foundations*. Geneva, UNEP-TEEB, TEEB Study Reports. <http://www.teebweb.org/>



- Grant, P.R. (1999).** *Ecology and evolution of Darwin's finches*. Princeton, Princeton University Press.
- Greenleaf, S. et Kremen, C. (2006).** Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. *Biological Conservation* **133**: 81-87.
- Greenleaf, S. S., Williams, N. M., Winfree, R. et Kremen, C. (2007).** Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia* **153**: 589-596.
- Greenstein, B. J. et Pandolfi, J. M. (2008).** Escaping the heat: range shifts of reef coral taxa in coastal Western Australia. *Global Change Biology* **14**: 513-528.
- Greger, M. (2007).** The human/animal interface: emergence and resurgence of zoonotic infectious diseases. *Critical Reviews in Microbiology* **33**: 243-299.
- Grémillet, D. (2008).** Paradox of flying to meetings to protect the environment. *Nature* **455**: 1175.
- Grime, J. P. (1997).** Biodiversity and ecosystem function: The debate deepens. *Science* **277**: 1260-1261.
- Grime, J. P. (1998).** Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate, filter and founder effects. *Journal of Ecology* **86**: 902-910.
- Grimm, V. (1999).** Ten years of individual-based modelling in ecology: what have we learned and what could we learn in the future? *Ecological Modelling* **115**: 129-148.
- Grimm, V. et Railsback, S. F. (2005).** *Individual-based modeling and ecology*. Princeton, Princeton University Press.
- Grimm, V. et Storch, I. (2000).** Minimum viable population size of capercaillie *Tetrao urogallus*: results from a stochastic model. *Wildlife Biology* **6**: 219-225.
- Grimm, V., Lorek, H., Finke, J., Koester, F., Malachinski, M., Sonnenschein, M., Moilanen, A., Storch, I., Singer, A., Wissel, C. et Frank, K. (2004).** META-X: generic software for metapopulation viability analysis. *Biodiversity and Conservation* **13**: 165-188.
- Gross, L. (2005).** As the Antarctic ice pack recedes, a fragile ecosystem hangs in the balance. *Plos Biology* **3**: 1147-1147.
- Gross, N., Robson, T. M., Lavorel, S., Albert, C., Le Bagousse-Pinguet, Y. et Guillemain, R. (2008).** Plant response traits mediate the effects of subalpine grasslands on soil moisture. *New Phytologist* **180**: 652-662.
- Grossman G. M. et Krueger, A. B. (1994).** *Economic growth and the environment*. Cambridge, National Bureau of Economic Research 4634.
- Grove, A. T. et Rackham, O. (2001).** *The nature of mediterranean Europe: an ecological history*. New Heaven, Yale University Press.
- Grove, R. H. (1995-1996).** *Green imperialism: colonial expansion, tropical islands Edens, and the origins of environmentalism, 1600-1860*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Grumbine, R. E. (1994).** What is ecosystem management? *Conservation Biology* **8**: 27-38.
- Gueguen-Genest, M.-C. et Gueguen, A. (1987).** Effet du pâturage ovin sur la dynamique de population du criquet de Sibérie *Gomphocerus sibiricus* Finot Orthoptère, acrididae dans une formation pâturée d'altitude. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*: **304**: 443-446.
- Guillemain, M., Arzel, C., Mondain-Monval, J.Y., Schricke, V., Johnson, A. R. et Simon, G. (2006).** Spring migration dates of Teal ringed in the Camargue, Southern France. *Wildlife Biology* **12**: 163-170.
- Guillemain, M., Devineau, O., Brochet, A.-L., Fuster, J., Fritz, H., Green, A. J. et Gauthier-Clerc, M. (2010).** What is the spatial unit for a wintering Teal *Anas crecca*? Weekly day-roost fidelity inferred from nasal saddles in the Camargue, Southern France. *Wildlife Biology* **16**: 215-220.
- Guillemain, M., Fuster, J., Lepley, M., Mouronval, J. B. et Massez, G. (2009).** Winter site fidelity is higher than expected for Eurasian Teal *Anas crecca* in the Camargue, France. *Bird Study* **56**: 272-275.
- Guillet, F. et Leroy, M. (2010).** La gouvernance d'une ONG de conservation de la nature. Perspective stratégique. *Politique et Management Public* **27**: <http://pmp.revues.org/1973>, DOI : 10.4000/pmp.1973
- Guillot, G., Leblois, R., Coulon, A. et Frantz, A. C. (2009).** Statistical methods in spatial genetics. *Molecular Ecology* **18**: 4734-4756.
- Gurnell, J., Wauters, L. A., Lurz, P. W. W. et Tosi, G. (2004).** Alien species and interspecific competition: effects of introduced eastern grey squirrels on red squirrel population dynamics. *Journal of Animal Ecology* **73**: 26-35.
- Gustafsson, L. (1986).** Lifetime reproductive success and heritability-Empirical support for Fisher fundamental theorem. *American Naturalist* **128**: 761-764.
- Gutiérrez-Yurrita, P. J., Sancho, G., Bravo, M. A., Baltanás, A. et Montes, C. (1998).** Diet of the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* in natural ecosystems of the Doñana National Park temporary freshwater marsh (Spain). *Journal of Crustacean Biology* **18**:120-127.
- Haffer, J. (1969).** Speciation in Amazonian forest birds. *Science* **165**: 131-137.
- Hainard, R. (1994).** *Et la nature?* Saint-Claude-de-Diray, Hesse.
- Haines-Young, R. et Potschin, M. (2010).** The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. In: *Ecosystem Ecology: a new synthesis*. (ed. D. Raffaelli et C. Frid). Cambridge University Press, Cambridge: 110-139.
- Hall, A. R., Miller, A. D., Liggett, H. G., Roxburg, H., Bucking, A. et Shea, K. (2012).** Diversity-disturbance relationships: frequency and intensity interact. *Biology Letters* **8**: 768-771.
- Hanley N., Acs, S., Dallimer, M., Gaston, K. J., Graves, A., Morris, J. et Armsworth, P. R. (2012).** Farm-scale ecological and economic impacts of agricultural change in the uplands. *Land Use Policy* **29**: 587-597.
- Hanley, N., Davies, A., Angelopoulos, K., Hamilton, A., Ross, A., Tinch, D. et Watson, F. (2008).** Economic determinants of biodiversity change over a 400-year period in the Scottish uplands. *Journal of Applied Ecology* **45**: 1557-1565.
- Hansen, A. et DeFries, R. (2007).** Ecological mechanisms linking protected areas to surrounding lands. *Ecological Applications* **17**: 974-988.
- Hanski, I. (1999).** Habitat connectivity, habitat continuity and metapopulations in dynamic landscapes. *Oikos* **87**: 209-219.



- Hanski, I. (1999).** *Metapopulation ecology*. Oxford, Oxford University Press.
- Hanski, I. (2002).** In the midst of ecology, conservation, and competing interests in the society. *Annales Zoologici Fennici* **39**: 183-186.
- Hanski, I. et Gilpin, M. (1991).** Metapopulation dynamics- Brief history and conceptual domain. *Biological Journal of the Linnean Society* **42**: 3-16.
- Hanski, I., Alho, J. et Moilanen, A. (2000).** Estimating the parameters of survival and migration of individuals in metapopulations. *Ecology* **81**: 239-251.
- Hardin, G. (1974).** Living on a Lifeboat. *BioScience* **24**: 561-568.
- Harfouche, R. (2005).** Retenir et cultiver le sol sur la longue durée : les terrasses de culture et la place du bétail dans la montagne méditerranéenne. *Anthropozoologica* **40**: 45-80.
- Harrington, R., Woiwod, I. et Sparks, T. (1999).** Climate change and trophic interactions. *Trends in Ecology and Evolution* **14**: 146-150.
- Haslett, J. R., Berry, P. M., Bela, G., Jongman, R. H. G., Pataki, G., Samways, M. J. et Zobel, M. (2010).** Changing conservation strategies in Europe: a framework integrating ecosystem services and dynamics. *Biodiversity and Conservation* **19**: 2963-2977.
- Hayek, F. A. (1989).** The pretence of knowledge. *American Economic Review* **79** (6): 3-7.
- Hays, W. (2011).** Small Indian mongoose. In: *Encyclopedia of biological invasions* (ed. D. Simberloff and M. Rejmánek). University of California Press, Berkeley: 631-634.
- Hélas, J.-C. (1979).** Les Hospitaliers et le monde rural du Mont Lozère au milieu du XV<sup>e</sup> siècle. *Annales du Parc National des Cévennes* **1**: 193-211.
- Helmer, D. et Monchot, H. (2006).** Un site mésolithique de chasse à l'aurochs (La Montagne, Sénas, Bouches-du-Rhône). *Anthropozoologica* **41**: 215-228.
- Helmut, J. G. et Lambin, E. F. (2002).** Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *Bioscience* **52**: 143-150.
- Héritier, S. et Laslaz, L. (2008).** *Les parcs nationaux dans le monde. Protection, gestion et développement durable*. Paris, Ellipses.
- Hermy, M., Honnay, O., Firbank, L., Grashof-Bokdam, R. et Lawesson, J. E. (1999).** An ecological comparison between ancient and other forest plant species of Europe, and the implications for forest conservation. *Biological Conservation* **91**: 9-22.
- Herrera, C. M. (1992).** Interspecific variation in fruit shape: allometry, phylogeny, and adaptation to dispersal agents. *Ecology* **73**: 1832-1841.
- Herrera, C. M. (1995).** Plant-vertebrate seed dispersal systems in the Mediterranean: Ecological, evolutionary, and historical determinants. *Annual Review of Ecology and Systematics* **26**: 705-727.
- Herzon, I. et Mikk, M. (2007).** Farmers' perceptions of biodiversity and their willingness to enhance it through agri-environment schemes: A comparative study from Estonia and Finland. *Journal for Nature Conservation* **15**: 10-25.
- Hestbeck, J. B., Dzubin, A., Gollop, J. B. et Nichols, J. D. (1989).** Mallard survival from local to immature stage in southwestern Saskatchewan. *Journal of Wildlife Management* **53**: 428-431.
- Hewitt, G. M. (2000).** The genetic legacy of the Quaternary ice ages. *Nature* **405**: 907-913.
- Hilty, J. A., Lidicker, W. Z. J. et Merelender, A. M. (2006).** *Corridor Ecology. The science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation*. Washington, Island Press.
- Hobbs, R. J. et Norton, D. A. (1996).** Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology* **4**: 93-110.
- Hobbs, R. J. et Norton, D. A. (2004).** Ecological filters, thresholds and gradients in resistance to ecosystem reassembly. In: *Assembly rules and restoration ecology- bridging the gap between theory and practice* (ed. V. M. Temperton, R. J. Hobbs, T. Nuttle, T. and S. Halle). Island Press, Washington: 72-95.
- Hobbs, R. J., Higgs, E. et Harris, J. A. (2009).** Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. *Trends in Ecology and Evolution* **24**: 599-605.
- Höchtel F., Lehringer, S. et Konold, W. (2005).** "Wilderness": what it means when it becomes a reality- a case study from the southwestern Alps. *Landscape and Urban Planning* **70**: 85-95.
- Hodge, I. et Reader, M. (2010).** The introduction of Entry Level Stewardship in England: Extension or dilution in agri-environment policy? *Land Use Policy* **27**: 270-282.
- Hoehn, P., Tschardtke, T., Tylianakis, J. M. et Steffan-Dewenter, I. (2008).** Functional group diversity of bee pollinators increases crop yield. *Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences* **275**: 2283-2291.
- Hoekstra, J. M., Boucher, T. M., Ricketts, T. H. et Roberts, C. (2005).** Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. *Ecology Letters* **8**: 23-29.
- Holdich, D. M. (2002).** *Biology of freshwater crayfish*. Blackwell Sciences.
- Holdich, D. M., Reynolds, D., Souty-Grosset, C. et Sibley, P. J. (2010).** A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* **11**: 394-395.
- Holling, C. S. (1987).** Simplifying the complex: the paradigms of ecological function and structure. *European Journal of Operational Research* **30**: 139-146.
- Holling, C.S. (1973).** Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecological Systems* **4**: 1-23.
- Holway, D.A. et Suarez, A.V. (2004).** Colony structure variation and interspecific competitive ability in the invasive Argentine ant. *Oecologia* **138**: 216-222.
- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Kleijn, D. et Tschardtke, T. (2007).** Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. *Journal of Applied Ecology* **44**: 41-49.
- Hooper, D. U., Chapin, F. S., III, Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J. H., Lodge, D. M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A. J., Vandermeer, J. et Wardle, D. A. (2005).** Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs* **75**: 3-35.
- Horan R. D., Perrings, C., Lupi, F et Bulte, E. H. (2002).** Biological

- pollution prevention strategies under ignorance: the case of invasive species. *American Journal of Agricultural Economics* **84**: 1303-1310.
- Houlahan, J. E., Findlay, C. S., Schmidt, B. R., Meyer, A. H. et Kuzmin, S. L. (2000).** Quantitative evidence for global amphibian population declines. *Nature* **404**: 752-755.
- Hourcade, J.-C., Jaccard, M., Bataille, C. et Gherzi, F. (2006).** Hybrid modeling: new answers to old challenges. *The Energy Journal* **2**: 1-12
- [http://www.iddri.org/Publications/Collections/Analyses/an\\_0701\\_billetpirard\\_biodivdevpmt.pdf](http://www.iddri.org/Publications/Collections/Analyses/an_0701_billetpirard_biodivdevpmt.pdf)
- [http://www.ser.org/content/ecological\\_restoration\\_primer.asp](http://www.ser.org/content/ecological_restoration_primer.asp) [last checked in July 2012].
- Hubbs, C. et Jensen, B. L. (1984).** Extinction of *Gambusia amistadensis*, an endangered fish. *Copeia* **2**: 529-530.
- Huggett, R. J. (1995).** *Geoecology: an evolutionary approach*. London, Routledge.
- Hughes, A. R., Byrnes, J. E., Kimbro, D. L. et Sachnowicz, J. J. (2007).** Reciprocal Relationships and Potential Feedbacks between Diversity and Disturbance. *Ecology Letters* **10**: 849-864.
- Hugues, A. (1924).** Faune historique du Gard. *Bulletin de la Société d'Etude des Sciences Naturelles de Nîmes XLIII*: 3-24.
- Hull, D. (1978).** A Matter of Individuality. *Philosophy of Science* **45**: 335-360.
- Huntley, B. et Birks, H. J. B. (1983).** *An Atlas of Past and Present Pollen Maps for Europe: 0-13000 years ago*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Hutton, J., Adams, W. M. et Murombedzi, J. C. (2005).** Back to the barriers? Changing Narratives in Biodiversity Conservation. *Forum for Development Studies* **2**: 341-370.
- Ilhéu, M. I., Bernardo, J. M. et Fernandes, S. (2007).** The invasive red swamp crayfish on aquatic vertebrates: the effects of *Procambarus clarkii* on fish assemblage in Mediterranean temporary streams. In: *Biological invaders in inland waters: profiles, distribution and threats*. (ed. F. Gherardi). Springer, Berlin: 543-558.
- Ims, R. A. (1995).** Movement patterns related to spatial structures. In: *Mosaic landscapes and ecological processes*. (ed. L. Hansson, L. Fahrig and G. Merriam). Chapman et Hall, London: 85-109.
- IntraBioDiv Consortium (2013).** Genetic diversity in widespread species is not congruent with species richness in alpine plant communities. *Ecology Letters* doi: 10.1111/ele.12004
- IntraBioDiv Consortium (2013).** Genetic diversity in widespread species is not congruent with species richness in alpine plant communities. *Ecology Letters*, doi: 10.1111/ele.12004
- IUCN (1998).** Lignes directrices de l'IUCN relatives aux réintroductions. Préparées par le Groupe de spécialistes de la réintroduction de la Commission de la sauvegarde des espèces de l'IUCN. Gland, IUCN.
- IUCN Species Survival Committee (2008).** IUCN Red List of Threatened Species. IUCN, Gland, Switzerland.
- Jackson, S. T. et Hobbs, R. J. (2009).** Ecological restoration in the light of ecological history. *Science* **325**: 567-569.
- Jacobson, S. K. (1998).** Training Idiots Savants: The Lack of Human Dimensions in Conservation Biology. *Conservation Biology* **12**: 263-267.
- Jacquot, M., Génot, J.-C. et Schnitzler, A. (2009).** Boisements spontanés du parc naturel régional des Vosges du Nord. *Annales scientifiques de la Réserve de Biosphère transfrontalière Vosges du Nord-Pfälzerwald* **14**: 135-155.
- Jaenike, J. (1992).** Mycophagous Drosophila and their nematode parasites. *American Naturalist* **139**: 893-906.
- Jalut, G., Esteban Amat, A., Riera i Mora, S., Fontugne, M., Mook, R., Bonnet, L. et Gauquelin, T. (1997).** Holocene climatic changes in the western Mediterranean: installation of the Mediterranean climate. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, Earth and Planetary Sciences* **325**: 327-334.
- Jansson, R. (2003).** Global patterns in endemism explained by past climatic change. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* **270**: 583-590.
- Janzen, D. H. (1980).** When is it coevolution? *Evolution* **34**: 611-612.
- Janzen, D.H. (1983).** No park is an island: Increase in interference from outside as park size decreases. *Oikos* **41**: 402-410.
- Jaudon, B., Lepart, J., Marty, P. et Pélaquier, E. (2009).** Hommes et arbres du Causse Méjan : histoire et environnement (XVI<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècle). *Histoire et Sociétés Rurales* **32**: 7-47.
- Jaunatre, R., Buisson, E. et Dutoit, T. (2012).** First year results of a multi-treatment steppe restoration in La Crau (Provence, France). *Plant Ecology and Evolution* **145**: 13-23.
- Jaunatre, R., Dolidon, B., Buisson, E. et Dutoit, T. (2011).** Exemple de restauration de la plaine de La Crau : l'écologie de la restauration face à la restauration écologique. *Sciences, Eaux et Territoires* **5**: 36-39.
- Jeanneret, P., Schüpbach, B., Pfiffner L., Herzog, F. et Walter, T. (2003).** The Swiss agri-environmental programme and its effects on selected biodiversity indicators. *Journal for Nature Conservation* **11**: 213-220.
- Jeschke, J. M. et Strayer, D. L. (2005).** Invasion success of vertebrates in Europe and North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* **102**: 7198-7202.
- Jetz, W., Krefl, H., Ceballos, G. et Mutke, J. (2009).** Global associations between terrestrial producer and vertebrate consumer diversity. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* **276**: 269-278.
- Jeudy, H. (1990).** *Patrimoines en folie*. Paris, Maison des Sciences de l'Homme.
- Johnson, L. E. (2011).** Zebra mussel. In: *Encyclopedia of biological invasions*. (ed. D. Simberloff and M. Rejmánek). University of California Press, Berkeley: 709-713.
- Johnson, P. T. J., Chase, J. M., Dosch, K. L., Hartson, R. B., Gross, J. A., Larson, D. J., Sutherland, D. R. et Carpenter, S. R. (2007).** Aquatic eutrophication promotes pathogenic infection in amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* **104**: 15781-15786.
- Johst, K., Drechsler, M. et Wätzold, F. (2002).** An ecological-economic modelling procedure to design effective and efficient compensation payments for the protection of species. *Ecological Economics* **41**: 37-49.
- Joly, F., Samdanjigmed, T. et Feh, C. (2012).** Ecological constraints and consequences on land-use heterogeneity: a case study in the Gobi eco-region. In : *Steppes of Northern Eurasia, the materials of the sixth international*

- symposium and of the eighth international school-seminar of young scientists.* Orenburg, Russia.
- Jonas, H. (1979).** *Le Principe responsabilité.* Traduction française. Paris, Editions du Cerf.
- Jones, C. G., Lawton, J. H. et Shachak, M. (1994).** Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* **69**: 373-386.
- Jones, H. P. et Schmitz O. J. (2009).** Rapid recovery of damaged ecosystems. *PLoS ONE* **4**: 1-6.
- Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L. et Daszak, P. (2008).** Global trends in emerging infectious diseases. *Nature* **451**: 990-993.
- Jones, T. et Laughlin, T. (2009).** Learning to measure biodiversity: two agent-based models that simulate sampling methods et provide data for calculating diversity indices. *The American Biology Teacher* **71**: 406-410.
- Jorda, C., Chabal, L. et Blanchemanche, P. (2008).** Lattara entre terres et eaux : paléogéographie et paléo-boisements autour du port protohistorique de Lattes (Hérault). In : *Lattara (Lattes, Hérault) : nouveaux acquis, nouvelles questions sur une ville portuaire proto-historique et romaine.* (ed. T. Janin and M. Py). *Gallia* **65**: 12-21.
- Jorgensen, S. E. (1994).** *Fundamentals of Ecological Modelling.* Amsterdam, Elsevier.
- Jouglet, J-P., Ellison, L. et Léonard, P. (1999).** Impact du pâturage ovin estival sur l'habitat et les effectifs du tétras lyre (*Tetrao tetrix*) dans les Hautes-Alpes. *Gibier et Faune Sauvage* **16**: 289-316.
- Juhé-Beaulaton, D. (2010).** *Forêts sacrées et sanctuaires boisés. Des créations culturelles et biologiques (Burkina Faso, Togo, Bénin).* Paris, Karthala.
- Juhé-Beaulaton, D. et Roussel, B. (1994).** Tropiques d'abondance ou Tropiques menacés. Regards européens sur la flore et la végétation de l'Afrique tropicale humide (XVII<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècles). *JATBA, nouvelle série* **36**: 25-38.
- Juhé-Beaulaton, D. et Roussel, B. (2002).** Les sites religieux vodun: des patrimoines en permanente évolution. In : *Patrimonialiser la nature tropicale. Dynamiques locales, enjeux internationaux.* (ed. M. C. Cormier-Salem and B. Roussel). Editions IRD, Paris: 415-438.
- Kaczynski, P. (1996).** *Large carnivore-livestock conflicts in Europe.* München, Wildbiologische Gesellschaft.
- Kaimowitz, D., et Angelsen, A. (1998).** *Economic Models of Tropical Deforestation: A Review.* Bogor, Indonesia CIFOR.
- Kaiser, J. (2001).** Galápagos Takes Aim at Alien Invaders. *Science* **293**: 590-592.
- Kalaora, B. et Konitz, A., (2004).** Le conservatoire du littoral entre patrimonialisation et médiation. *Annales de géographie* **635**: 87-99.
- Kalaora, B. et Savoye, A. (1985).** La protection des régions de montagne au XIX<sup>e</sup> siècle : forestiers sociaux contre forestiers étatistes. In : *Protection de la nature. Histoire et idéologie de la nature à l'environnement.* (ed. A. Cadoret). L'Harmattan, Paris: 6-23.
- Kaljonen, M. (2006).** Co-construction of agency and environmental management. The case of agri-environmental policy implementation at Finnish farms. *Journal of Rural Studies* **22**: 205-216.
- Kareiva, P. et Marvier, M. (2008).** Repenser l'écologie. *Pour La Science* **364**: 39-45.
- Karsenty, A. (2010).** Payer pour les forêts tropicales ? Vers un régime international des forêts fondé sur leur conservation rémunérée. *Futuribles* **361**: 25-42.
- Karsenty, B. (2003).** L'imitation. Retour sur le débat entre Durkheim et Tarde. In : *La régularité. habitude, disposition et savoir-faire dans l'explication de l'action.* (ed. C. Chauviré and A. Ogien). Editions de l'EHESS, Paris: 183-205.
- Kauffman, S., McKey, D. B., Hossaert-McKey, M. et Horvitz, C. C. (1991).** Adaptations for a two-phase seed dispersal system involving vertebrates and ants in a hemiepiphytic fig (*Ficus microcarpa*: Moraceae). *American Journal of Botany* **78**: 971-977.
- Kauhala, K. et Helle, P. (2002).** The impact of predator abundance on grouse populations in Finland- a study based on wildlife monitoring counts. *Ornis Fennica* **79**: 14-25.
- Kawata, M. et Toquenaga, Y. (1994).** From artificial individuals to global patterns. *Trends in Ecology et Evolution* **9**: 417-421.
- Keitt, B., Campbell, K., Saunders, A., Clout, M., Wang, Y., Heinz, R., Newton, K. et Tershy, B. (2011).** The Global Islands Invasive Vertebrate Eradication Database: A tool to improve and facilitate restoration of island ecosystems. In: *Island Invasives: Eradication and Management.* (ed. C. R. Veitch, M. N. Clout and D. R. Towns). *Proceedings of the International Conference on Island Invasives.* IUCN, Gland: 74-77.
- Keitt, B.S. et Tershy, B.R. (2003).** Cat eradication significantly decreases shearwater mortality. *Animal Conservation* **6**: 307-308.
- Keller, I., Korner-Nievergelt, F. et Jenni, L. (2009).** Within-winter movements: a common phenomenon in the common pochard *Aythya ferina*. *Journal of Ornithology* **150**: 483-494.
- Kemper, N. (2008).** Veterinary antibiotics in the aquatic and terrestrial environment. *Ecological Indicators* **8**: 1-13.
- Kier, G., Kreft, H., Leeb, T.M., Jetz, W., Ibisch, P.L., Nowicki, C., Mutke, J. et Barthlott, W. (2009).** A global assessment of endemism and species richness across island and mainland regions. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* **106**: 9322-9327.
- Kilpatrick, A. M., Daszak, P., Goodman, S. J., Rogg H, Kramer, L. D., Cedeno, V. et Cunningham, A. A. (2006).** Predicting pathogen introduction: West Nile virus spread to Galapagos. *Conservation Biology* **20**: 1224-1231.
- Kinnison, M. T. et Hairston, N. G. (2007).** Eco-evolutionary conservation biology: contemporary evolution and the dynamics of persistence. *Functional Ecology* **21**: 444-454.
- Klaus, G et Pauli, D. (2004).** *La Biodiversité en Suisse. Etat, sauvegarde, perspectives.* Berne, Haupt Verlag.
- Kleijn, D. et Sutherland, W. J. (2003).** How effective are European agri-environment schemes in conserving and promoting biodiversity? *Journal of Applied Ecology* **40**: 947-969.
- Kleijn, D., Berendse, F., Smit, R. et Gilissen, N. (2001).** Agri-environment schemes do not effectively protect biodiversity in Dutch agricultural landscapes. *Nature* **413**: 723-725.
- Kleijn, D., Schekkerman, H., Dimmers, W. J., Van Kats, R. J. M., Melman, D. et Teunissen, W. A. (2010).** Adverse effects of agricultural intensification and climate change on breeding



- habitat quality of Black-tailed Godwits *Limosa l. limosa* in the Netherlands. *Ibis* **152**: 475-486.
- Klein, A. M., Steffan-Dewenter, I. et Tschamtko, T. (2003).** Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences* **270**: 955-961.
- Klein, A. M., Vaissière, B., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C. et Tschamtko, T. (2007).** Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences* **274**: 303-313.
- Klump, K. et Soussana, J.-F. (2009).** Using functional traits to predict grassland ecosystem change: a mathematical test of the response-and-effect trait approach. *Global Change Biology* **15**: 2921-2934.
- Knight, A. T., Cowling, R. M., Rouget, M., Balmford, A., Lombard, A. T. et Campbell, B. M. (2008).** Knowing but not doing: Selecting priority conservation areas and the research-implementation gap. *Conservation Biology* **22**: 610-617.
- Kolar, C. S. et Lodge, D. M. (2002).** Ecological predictions and risk assessment for alien fishes in North America. *Science* **298**: 1233-1236.
- Kolbe, J. J., Glor, R. E., Schettino, L. R., Lara, A. C., Larson, A. et Losos, J. B. (2004).** Genetic variation increases during biological invasion by a Cuban lizard. *Nature* **431**: 177-181.
- Köndgen, S., Kuhl, H., N'Goran, P. K., Walsh, P. D., Schenk, S., Ernst, N., Biek, R., Formenty, P., Mätz-Rensing, K., Schweiger, B., Junglen, S., Ellerbrok, H., Nitsche, A., Briese, T., Lipkin, W. I., Pauli, G., Boesch, C. et Leendertz, F. H. (2008).** Pandemic human viruses cause decline of endangered great apes. *Current Biology* **18**: 260-264.
- Kontoleon, A. et Swanson, T. (2003).** The willingness to pay for property rights for the Giant Panda: can a charismatic species be an instrument for nature conservation? *Land Economics* **79**: 483-499.
- Koontz, T.M. et Bodine, J. (2008).** Implementing ecosystem management in public agencies: lessons from the U.S. Bureau of Land Management and the Forest Service. *Conservation Biology* **22**: 60-69.
- Korner-Nievergelt, F., Hofer, J., Sauter, A. et Jenni, L. (2009).** Measuring within-winter movements rates of Tufted Duck *Aythya fuligula* and Common Pochard *A. ferina* based on ring re-encounter data. *Wildfowl Special Issue*: 24-41.
- Kosoy, N. et Corbera, E. (2010).** Payments for ecosystem services as commodity fetishism. *Ecological Economics* **69**: 1228-1236.
- Kovel, J. (2002).** *The Enemy of Nature: The End of Capitalism or the End of the World?* London, Zed Books.
- Kowarik, I. (2005).** *Wild urban woodlands: towards a conceptual framework. In: Wild Urban Woodlands. New perspectives for Urban Forestry.* (ed. I. Kowarik and S. Körner). Springer, Berlin: 1-32.
- Kremen, C., Williams, N. M., Aizen, M. A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., Packer, L., Potts, S. G., Roulston, T. A., Steffan-Dewenter, I., Vazquez, D. P., Winfree, R., Adams, L., Crone, E. E., Greenleaf, S. S., Keitt, T. H., Klein, A.-M., Regetz, J. et Ricketts, T. H. (2007).** Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land use change. *Ecology Letters* **10**: 299-314.
- Krzywinski, K., O'Connell, M. et Küster, H. (2009).** *Cultural landscapes in Europe: Fields of Demeter, Haunts of Pan.* Bremen, Aschenbeck Media.
- Kuhnholz-Lordat, G. (1956).** Influence des feux pastoraux dans la région méditerranéenne. *Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée* **3**: 785-791.
- Kümmerer, K. (2003).** Significance of antibiotics in the environment. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* **52**: 3-7.
- Kuris, A. M., Hechinger, R. F., Shaw, J. C., Whitney, K., Aguirre-Macedo, L., Boch, C., Dobson, A., Dunham, E. J., Fredensborg, B. L., Huspeni, T. C., Lorda, J., Mababa, L., Mancini, F., Mora, A., Pickering, M., Talhouk, N., Torchin, M. E. et Lafferty, K. D. (2008).** Ecosystem energetic implications of parasite and free-living biomass in three estuaries. *Nature* **454**: 515-518.
- Kurki, S., Helle, P., Linden, H. et Nikula, A. (1997a).** Breeding success of black grouse and capercaillie in relation to mammalian predator densities on two spatial scales. *Oikos* **79**: 301-310.
- Kurki, S., Nikula, A., Helle, P. et Linden, H. (1997b).** Landscape-dependent breeding success of forest grouse in Fennoscandia. *Wildlife Biology* **3**: 295.
- Kvist, L., Giralt, D., Valera, F., Hoi, H., Kristin, A., Darchiashvili, G. et Lovaszi, P. (2011).** Population decline is accompanied by loss of genetic diversity in the Lesser Grey Shrike *Lanius minor*. *Ibis* **153**: 98-109.
- Labat, J. B. (1742).** *Nouveau voyage aux Isles d'Amérique, contenant l'histoire naturelle de ces pays, l'origine, les moeurs, la religion et le gouvernement des habitants anciens et modernes.* Paris, Ch. J.B. Delespine.
- Lacroix, V. et Zaccai, E. (2010).** Quarante ans de politique environnementale en France : évolutions, avancées, constantes. *Revue française d'administration publique* **134**: 205-232.
- Lacy, R. C. (1993).** VORTEX- A computer-simulation model for population viability analysis. *Wildlife Research* **20**: 45-65.
- Ladle, R. J. et Whittaker, R. J. (2011).** *Conservation biogeography.* London, Wiley-Blackwell.
- Lafferty, K. D. et Kuris, A. M. (2005).** Parasitism and environmental disturbances. In: *Parasitism and Ecosystems.* (ed. F. Thomas, F. Renaud and J.-F. Guégan). Oxford University Press, Oxford: 113-123.
- Lagabriele, E., Botta, A., Daré, W., David, D., Aubert, S. et Fabricius, C. (2010).** Modelling with stakeholders to integrate biodiversity into land-use planning-Lessons learned in Réunion Island (Western Indian Ocean). *Environmental Modelling and Software* **25**: 1413-1427.
- Laguna, E., Deltora, V.I., Pérez-Botella, J., Pérez-Rovira, P., Serra, L.I., Olivares, A. et Fabregat, C. (2004).** The role of small reserves in plant conservation in a region of high diversity in eastern Spain. *Biological Conservation* **119**: 421-426.
- Lamarck, J. B. (1820).** *Système analytique des connaissances positives de l'homme, restreintes à celles qui proviennent directement ou indirectement de l'observation.* Paris, Belin.



- Landell-Mills, N. et Porras, I. T. (2002).** Silver bullet or fools' gold? A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor. London, International Institute for Environment and Development. <http://www.iied.org/pubs/pdf/full/9066IIED.pdf>
- Landmann, G. (1985).** Sylviculture et grand tétras dans le massif vosgien. Un constat- des perspectives. *Revue Forestière Française* 37: 135-152.
- Langelotto, G. A., Denno, R. F. et Ott, J. R. (2000).** A trade-off between flight capability and reproduction in males of a wing-dimorphic insect. *Ecology* 81: 865-875.
- Larrère, C. (1997).** *Les philosophies de l'environnement*. Paris, Presses Universitaires de France.
- Larrère, C. et Larrère, R. (1997).** *Du bon usage de la nature. Pour une philosophie de l'Environnement*. Paris, Aubier.
- Larrère, R., Brun, A., Kalaora, B., Nougarede, O. et Poupardin, D. (1981).** Forestiers et paysans. Les reboisements en montagne depuis l'Empire. In: Collectif. Tant qu'il y aura des arbres. Pratiques et politiques de la nature 1870-1960. *Recherches* 45: 57-84.
- Larrère, R., Lizet, B., et Berlan-Darqué, M. (2009).** *Histoire des parcs nationaux. Comment prendre soin de la nature*. Versailles, Editions Quae.
- Lasseur, J., Garde, L. et Gouty, A. L. (2007).** La réorganisation des activités d'élevage en Vésubie-Roya face au loup. In : *Loup- Elevage : s'ouvrir à la complexité*. Actes du séminaire d'Aix-en-Provence, 15-16 juin 2006: 192-201.
- Latacz-Lohmann, U. et Van der Hamsvoort, C. (1997).** Auctioning conservation contracts: a theoretical analysis and an application. *American Journal of Agricultural Economics* 79: 407-418.
- Latour, B. (1999).** *Politiques de la Nature. Comment faire entrer les sciences en démocratie?* Paris, La Découverte.
- Laurans, Y. et Aoubid, S. (2012).** L'économie au secours de la biodiversité? La légende des Catskills revisitée. *Idées pour le débat, IDDRI-SciencesPo* 14: 1-18
- Lavergne, S. (2003).** *Les espèces végétales rares ont-elles des caractéristiques écologiques et biologiques qui leur sont propres ?* Thèse de Doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, Montpellier.
- Lavergne, S., Molina, J. et Debussche, M. (2006).** Fingerprints of environmental change on the rare Mediterranean flora: a 115-year study. *Global Change Biology* 12: 1466-1478.
- Lavergne, S., Thuiller, W., Molina, J. et Debussche, M. (2005).** Environmental and human factors influencing rare plant local occurrence, extinction and persistence: a 115 years study in the Mediterranean region. *Journal of Biogeography* 32: 799-811.
- Lavoie, C., Donlan, C. J., Campbell, K., Cruz, F. et Carrion, G. V. (2007).** Geographic tools for eradication programs of insular non-native mammals. *Biological Invasions* 9: 139-148.
- Lavorel, S. et Garnier, E. (2002).** Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology* 16: 545-556.
- Le Gaillard, J. F., Massot, M. et Clobert, J. (2012).** Dispersal and range dynamics in changing climates: a review. In: *Dispersal ecology and evolution* (ed. J. Clobert, M. Baguette, T. G. Benton and J. M. Bullock). Oxford University Press, Oxford.
- Le Roux, X., Barbault, R., Baudry, J., Burel, F., Doussan, I., Garnier, E., Herzog, F., Lavorel, S., Lifran, R., Roger-Estrade, J., Sarthou, J.-P. et Trommetter, M. (2009).** *Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies*. Versailles, Editions Quae.
- Le Roy Ladurie, E. (1966).** *Les paysans de Languedoc. Tome 1 et 2*. Paris, S.E.V.P.E.N.
- Lebarbenchon, C., Brown S. P., Poulin R., Gauthier-Clerc, M. et Thomas, F. (2008).** Evolution of pathogens in a man-made world. *Molecular Ecology* 17: 475-484.
- Lebarbenchon, C., Feare, C. J., Renaud, F., Thomas, F. et Gauthier-Clerc, M. (2010).** Persistence of highly pathogenic avian influenza viruses in natural ecosystems. *Emerging Infectious Diseases* 16: 1057-1062.
- Leclerc, E. (1970).** *Le Cantique des créatures ou les symboles de l'union. Une analyse de saint François d'Assise*. Paris, Fayard.
- Leclercq, B. (1985).** Influence des routes et voies de pénétration humaine sur les comportements de grands tétras et de gélinottes dans le Haut-Jura français. In : *Actes du colloque "Routes et faune sauvage"*, Strasbourg: 197-203.
- Leclercq, B. (2008).** Le Grand Tétrás *Tetrao urogallus* dans le Jura français. historique et statut actuel. *Ornithos* 15: 256-265.
- Lecomte, J. (1999).** Réflexions sur la naturalité. *Le Courrier de l'Environnement de l'INRA* 37: 6-10.
- Lecomte, J., Lagay, J.M., Barre, V. et Berlan-Darqué, M. (1995).** Recréer la Nature. *Natures, Sciences, Sociétés*, hors série 3: 1-92.
- Lecomte, R. et Gouty, A. L. (2012).** Diagnostic pastoral vulnérabilité du groupement pastoral. Rapport technique CERPAM.
- Lee, T., Burch, J.B., Coote, T., Fontaine, B., Gargominy, O., Pearce-Kelly, P. et Foighil, D.O. (2007).** Prehistoric inter-archipelago trading of Polynesian tree snails leaves a conservation legacy. *Proceedings of the Royal Society of London B*. 274: 2907-2914.
- Lefebvre, F. et Crivelli, A. J. (2012).** Salinity effects on anguillicolosis in Atlantic eels: a natural tool for disease control. *Marine Ecology Progress Series* 471: 193-202.
- Lefranc, N. et Preiss, F. (2008).** Le Grand Tétrás *Tetrao urogallus* dans les Vosges: historique et statut actuel. *Ornithos* 15: 244-255.
- Legendre, S. et Clobert, J. (1995).** ULM, a software for conservation and evolutionary biologists. *Journal of Applied Statistics* 22: 817-834.
- Legendre, S., Schoener, T. W., Clobert, J. et Spiller, D.A. (2008).** How is extinction risk related to population-size variability over time? A family of models for species with repeated extinction and immigration. *American Naturalist* 172: 282-298.
- Leoni, E., Altesor, A. et Paruelo, J. M. (2009).** Explaining patterns of primary production from individual level traits. *Journal of Vegetation Science* 20: 612-619.
- Leopold, A. (1949).** *Almanach d'un conté des sables*. GH Flammarion, Paris.
- Leopold, A. (1949).** *A Sand County Almanach and sketches here and there*. New-York, Oxford University press.
- Leopold, A. (1991).** The River of the Mother of God and Other Essays.

- Edited by S.L. Flader et J. B. Callicott. The University of Wisconsin Press.
- Lepart, J., Marty, P. et Kleczewski, M. (2007).** Faut-il prendre au sérieux les effets des changements du paysage sur la biodiversité ? In: *Paysages : de la connaissance à l'action* (ed. M. Berlan-Darqué, Y Luginbühl and D. Terrasson). Editions Quae, Versailles: 29-40.
- Leroy, E. M., Rouquet, P., Formenty, P., Souquière, S., Kilbourne, A., Froment, J. M., Bermejo, M., Smit, S., Karesh, W., Swanepoel, R., Zaki, S. R. et Rollin, P. E. (2004).** Multiple Ebola virus transmission events and rapid decline of central African wildlife. *Science* **303**: 387-390.
- Leroy, H. (2011).** *Les systèmes d'élevage ovins du Büech face à l'arrivée de loups : risques, contraintes et capacités d'adaptation*. Mémoire Master supAgro / CIRAd Montpellier.
- Leroy, M. (2006).** *Gestion stratégique des écosystèmes du fleuve Sénégal : action et inaction publiques internationales*. Paris, L'Harmattan.
- Leroy, P. (2004).** Sciences environnementales et interdisciplinarité : une réflexion partant des débats aux Pays-Bas. *Natures Sciences Sociétés* **12**: 274-284.
- Leung, B., Lodge, D. M., Finnoff, D., Shogren, J. F., Lewis, M. A. et Lamberti, G. (2002).** An ounce of prevention or a pound of cure: bioeconomic risk analysis of invasive species. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* **269**: 2407-2413.
- Leveau, P. (2004).** Transhumance et estivage en Occident des origines aux enjeux actuels. In: *Actes des XXVT Journées internationales d'Histoire de l'Abbaye de Flassan, 9-11 sept. 2004*. Editions Laffont, Presses Universitaires du Mirail: 83-96.
- Levins, R. (1969).** Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. *Bulletin of the Entomological Society of America* **15**: 237-240.
- Limburg, K. E., O'Neill, R. V., Costanza, R. et Farber, S. (2002).** Complex system and valuation. *Ecological Economics* **41**:409-420.
- Linder, H. P. (2003).** The radiation of the Cape flora, southern Africa. *Biological Reviews* **78**: 597-638.
- Lindström, J. (1994).** Tetraonid population studies- state of the art. *Annales Zoologici Fennici* **31**: 347-364.
- Lippmann, W. (2008).** *Le public fantôme*. Paris, Démopolis.
- Lizarralde, M., Escobar, J. et Deferrari, G. (2004).** Invader species in Argentina: A review about the beaver (*Castor canadensis*) population situation on Tierra del Fuego ecosystem. *Interciencia* **29**: 352-356.
- Lockwood, J. L., Hoopes, M. F. et Marchetti, M. P. (2007).** *Invasion ecology*. Malden, Blackwell.
- Lombard, A. T. (1995).** The problem with multi-species conservation: do hotspots, ideal reserves and existing reserves coincide? *South African Journal of Zoology* **30**: 145-163.
- Lombard, M. (1970).** *L'Islam dans sa première grandeur*. Paris, Flammarion.
- Lombard, M. (1972).** *Espaces et réseaux du haut moyen-âge*. Paris, Mouton.
- Lomolino, M. V. (2005).** Body size evolution in insular vertebrates: generality of the island rule. *Journal of Biogeography* **32**: 1683-1699.
- Lomolino, M. V., Riddle, B. R., Whittaker, R. J. et Brown J. H. (2010).** *Biogeography* (Fourth edition). Sunderland, Sinauer Associates Inc.
- Longino, H. H. (1990).** *Science as Social Knowledge: Values and Objectivity in Scientific Inquiry*. Princeton, Princeton University Press.
- Lopezaraiza-Mikel, M. E., Hayes, R. B., Whalley, M. R. et Memmott, J. (2007).** The impact of an alien plant on a native plant-pollinator network: an experimental approach. *Ecology Letters* **10**: 539-550.
- Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J. P., Hector, A., Hooper, D. U., Huston, M. A., Raffaelli, D., Schmid, B., Tilman, D. et Wardle, D. A. (2001).** Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. *Science* **294**: 804-808.
- Lovegrove, T. G. (1996).** Island Releases of Saddlebacks *Philesturnus carunculatus* in New Zealand. *Biological Conservation* **77**: 151-157.
- Lovelock, J. E. (1990).** *La Terre est un être vivant. L'hypothèse Gaïa*. Paris, Editions du Rocher.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. et DePoorter, M. (2000).** *100 of the World's Worst Invasive Alien Species, a selection from the Global Invasive Species Database*. Auckland, UICN-ISSG.
- Ludwig, G. X. (2007).** Mechanisms of population declines in boreal forest grouse. Jyväskylä, University of Jyväskylä.
- Ludwig, G. X., Alatalo, R. V., Helle, P., Linden, H., Lindström, E. et Siitari, H. (2006).** Short- and long term population dynamical consequences of asymmetric climate change in black grouse. *Proceedings of the Royal Society B* **273**: 2009-2016.
- Lundholm, C. E. (1997).** *DDE-Induced eggshell thinning in birds. Comparative biochemistry and physiology Part C: Pharmacology, toxicology and endocrinology* **118**: 113-128.
- Lupp, G., Höchtl, F. et Wende, W. (2011).** Wilderness- A designation for Central European landscapes? *Land Use Policy* **28**: 594-603.
- Luxereau, A. (2004).** Des animaux ni sauvages, ni domestiques, les "girafes des Blancs" au Niger. *Anthropozoologica* **39**: 289-300.
- Mabry, K. E. et Barrett, G. W. (2002).** Effects of corridors on home range sizes and interpatch movements of three small mammal species. *Landscape Ecology* **17**: 629-636.
- MacArthur, R. et Levins, R. (1967).** The limiting similarity, convergence and divergence of coexisting species. *American Naturalist* **101**: 377-385.
- MacArthur, R. H. et Levins, R. (1967).** The limiting similarity, convergence and divergence of coexisting species. *American Naturalist* **101**: 594-598.
- MacArthur, R. H. et Wilson, E. O. (1963).** An equilibrium theory of insular zoogeography. *Evolution* **17**: 373-387.
- MacArthur, R. H. et Wilson, E. O. (1967).** *The theory of island biogeography*. Princeton, Princeton University Press.
- MacDonald, D. W., Collins, N. M. et Wrangham, R. (2007).** Principles, practice and priorities: the quest for "alignment". In: *Key Topics in Conservation Biology* (ed. D. MacDonald and K. Service). Blackwell, Oxford: 271-290.
- Mace, G. M., Gittleman, J. L. et Purvis, A. (2003).** Preserving the Tree of Life. *Science* **300**: 1707-1709.

- Machado, A. (2004).** An index of naturalness. *Journal for Nature Conservation* **12**: 95-110
- MacIsaac, H. J. (2011).** *Lakes*. In: *Encyclopedia of biological invasions* (ed. D. Simberloff and M. Rejmánek). University of California Press, Berkeley: 410-422.
- MacKenzie, J. M. (1988).** *The empire of nature. Hunting, conservation and British imperialism*. Manchester, Manchester University Press.
- Manel, S., Schwartz, M. K., Luikart, G. et Taberlet, P. (2003).** Landscape genetics: combining landscape ecology and population genetics. *Trends in Ecology and Evolution* **18**: 189-197.
- Maran, T. et Henttonen, H. (1995).** Why is the European mink (*Mustela lutreola*) disappearing?—A review of the process and hypotheses. *Annales Zoologici Fennici* **32**: 47-54.
- Margolous, R. et Salafsky, N. (1998).** *Measures of success: designing, managing, and monitoring conservation and development projects*. Washington D.C., Island Press.
- Maris V., Mathevet R. et Béchet, A. (2010).** Figures de style sur la destruction de la biodiversité. *Espaces naturels* **29**: 32.
- Maris, V. (2010).** *Philosophie de la biodiversité—petite éthique pour une nature en péril*. Paris, Buchet-Chastel.
- Maris, V. et Béchet, A. (2010).** From adaptive management to adjustive management: a pragmatic account of biodiversity values. *Conservation Biology* **24**: 966-973.
- Maris, V. et Revêrêt, J.-P. (2008).** *Les valeurs de la biodiversité—les limites de l'évaluation économique*. Montréal, les ateliers de l'éthique, 3.
- Marres, P. (1944).** La garrigue. Son exploitation à travers les âges. *Revue historique et Littéraire du Languedoc*, **2**: 178-189, **4**: 380-392.
- Marris, E. (2009).** Ragamuffin earth. *Nature* **460**: 450-451.
- Marris, E. (2011).** *Rambunctious Garden. Saving Nature in a Post-Wild World*. Bloomsbury.
- Marsat, J.-B. (2007).** *Valorisation et gestion des aménités naturelles : pour des stratégies d'alliance entre acteurs d'environnement et acteurs du tourisme*. Paris, AgroParisTech-ENGREF. Thèse de doctorat.
- Marsh, G. P. (1864).** *Man and Nature or Physical geography as modified by Human action*. New York, Charles Scribner and Co.
- Marshall, R. (1998).** The problem of the Wilderness. In: *The Great New Wilderness Debate*. (ed. Callicott, J. B. and Nelson, M.P.). The University of Georgia Press, Athens: 85-96.
- Martin, J. L., Stockton, S. A., Allombert, S. et Gaston, A. J. (2010).** Top-down and bottom-up consequences of unchecked ungulate browsing on plant and animal diversity in temperate forests: lessons from a deer introduction. *Biological Invasions* **12**: 353-371.
- Martin, J. Y. (2002).** *Développement durable ? Doctrines, pratiques, évaluations*. Paris, Editions de l'IRD.
- Martin, P. S. (1984).** Prehistoric overkill: the global model. In: *Quaternary Extinctions: A Prehistoric Revolution* (ed. P.S. Martin and R. G. Klein). University of Arizona Press, Tucson: 354-403
- Martinet, V., Thebaud, O. et Doyen, L. (2007).** Defining viable recovery paths toward sustainable fisheries. *Ecological Economics* **64**: 411-422.
- Martino, A., Syväranta, J, Crivelli, A., Cereghino, R. et Santoul F. (2011).** Is European catfish a threat to eels in shallow France? *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **21**: 276-281.
- Mascia, M. B., Brosius, J. P., Dobson, T. A., Forbes, B. C., Horowitz, L., McKean, M. A. et Turner, N. J. (2003).** Conservation and the Social Sciences. *Conservation Biology* **17**: 649-650.
- Mathevet, R. (2012).** *La solidarité écologique. Ce lien qui nous oblige*. Arles, Actes Sud.
- Mathevet, R., Bousquet, F., Le Page, C. et Antona, M. (2003a).** Agent-based simulations of interactions between duck population, farming decisions and leasing of hunting rights in the Camargue (Southern France). *Ecological Modelling* **165**: 107-126.
- Mathevet, R., Desnouhes, L., Mesléard, F., Duverdier, N. et Vianet, R. (2005).** Les mesures agri-environnementales au péril de la multifonctionnalité de l'agriculture : exemples camarguais. In: *Actes du Colloque Parcs et Recherche Agri-Environnementale : favoriser les synergies*. Fédération des parcs naturels régionaux de France, Vézanne: 45-49.
- Mathevet, R., Le Page, C., Etienne, M., Lefebvre, G. et Poulin, B. (2007).** ButorStar: a Role-Playing Game for Collective Awareness of Reedbed Wise Use. *Simulation and Gaming* **38**: 233-262.
- Mathevet, R., Le Page, C., Etienne, M., Poulin, B., Lefebvre, G. et Ruffay, G. (2008).** Des roselières et des hommes. ButorStar : un jeu de rôles pour l'aide à la gestion collective. *Revue Internationale de Géomatique* **18**: 375-395.
- Mathevet, R., Mauchamp, A., Lifran, R., Poulin, B. et Lefebvre, G. (2003b).** ReedSim: Simulating Ecological and Economical Dynamics of Mediterranean Reedbeds. In: *Integrative Modelling of Biophysical, Social and Economic Systems for Resource Management Solution* (ed. D. Post). Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand Inc., Townsville: 1007-1012.
- Mathevet, R. et Poulin, B. (2006).** De la biologie à la géographie de la conservation. *Bulletin de l'Association des Géographes Français* **3**: 341-354.
- Mathevet, R., Thompson, J. D. et Bonnin, M. (2012).** La solidarité écologique : prémices d'une pensée écologique pour le XXI<sup>e</sup> siècle ? *Ecologie et Politique* **44**: 127-138.
- Mathevet, R., Thompson, J. D., Delanoë, O., Cheylan, M., Gil-Fourrier, C. et Bonnin, M. (2010).** La solidarité écologique : un nouveau concept pour une gestion intégrée des parcs nationaux et des territoires. *Nature Sciences Society* **18**: 424-433.
- Matthews, S. et Brand, K. (2004a).** *Africa invaded*. Cape Town, Global Invasive Species Programme.
- Matthews, S. et Brand, K. (2004b).** *Tropical Asia invaded*. Cape Town, Global Invasive Species Programme.
- Matthysen, E. (2012).** Multicausality of dispersal. In *Dispersal ecology and evolution* (ed. J. Clobert, M. Baguette, T. G. Benton and J. M. Bullock). Oxford, Oxford University Press.
- Matzdorf, B. et Loren, J. (2010).** How cost-effective are result-oriented agri-environmental measures? An empirical analysis in Germany. *Land Use Policy* **27**: 535-544.



- Maurin, Y. (1973).** *L'élevage ovin en Languedoc dans la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle.* Montpellier, Thèse Université Paul Valéry
- Maxim, L., Spangenberg, J. H. et O'Connor, M. (2009).** An analysis of risks for biodiversity under the DPSIR framework. *Ecological Economics* **69**: 12-23.
- Mayaud, N. (1934).** Coup d'oeil sur l'avifaune des Causses. *Alauda* **6**: 222-259.
- Mayr, E. (1954).** Change of the genetic environment and evolution. In: *Evolution as a process* (ed. J. S. Huxley, A. C. Hardy and E. B. Ford) Allen et Unwin, London: 156-180.
- Mayr, E. (1963).** *Animal species and evolution.* Harvard University press, Cambridge: 156-180.
- Mayr, E. (1982).** *The growth of biological thought: diversity evolution and inheritance.* Cambridge, Harvard University Press.
- Mazzoleni, S., Pasquale, G. D., Mulligan, M., Martino, P. D. et Rego F. (2004).** *Recent dynamics of the mediterranean vegetation and landscape.* Chichester, John Wiley et Sons.
- McAusland, C. et Costello, C. (2004).** Avoiding invasives: trade-related policies for controlling unintentional exotic species introductions. *Journal of Environmental Economics and Management* **48**: 954-977.
- McCauley, D. J. (2006).** Selling out on nature. *Nature* **443**: 27-28.
- McDaniel, K. C., DiTomaso, J. M. et Duncan, C. A. (2005).** Tamarisk or saltcedar, *Tamarix* spp. In: *Assessing the economic, environmental and societal losses from invasive plants on rangeland and wildlands* (ed. J. K. Clark and C. L. Duncan). Weed Science Society of America, Champaign: 198-222.
- McDonald, A. D., Little, R. D., Gray, R. Fulton, E., Sainsbury, K et Lyne, V. D. (2008).** An agent-based modelling approach to evaluation of multiple-use management strategies for coastal marine ecosystems. *Mathematics and Computers in Simulation* **78**: 401-411.
- McDonald, D. B., Parchman, T. L., Bower, M. R., Hubert, W. A. et Rahel, F. J. (2008).** An introduced and a native vertebrate hybridize to form a genetic bridge to a second native species. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* **105**: 10837-10842.
- McGeoch, M. A., Butchart, S. H. M., Spear, D., Marais, E., Kleyhans, E. J., Symes, A., Chanson, J. et Hoffmann, M. (2010).** Global indicators of biological invasion: species numbers, biodiversity impact and policy responses. *Diversity and distribution* **16**: 95-108.
- McNaughton, S. J., Oesterheld, M., Frank, D. A. et Williams, K. J. (1989).** Ecosystem-level patterns of primary productivity and herbivory in terrestrial habitats. *Nature* **341**: 142-144.
- McNeill, J. R. et Merchant C. (2004).** *Encyclopedia of world environmental history. Vol 2* Great Barrington, Routledge Berkshire Publishing group.
- McPhee, P. (2001).** "The Misguided Greed of Peasants"? Popular Attitudes to the Environment in the Revolution of 1789. *French Historical Studies* **24**: 247-269.
- McPherson, M. A. et Nieswiadomy, M. L. (2005).** Environmental Kuznets curve: threatened species and spatial effects. *Ecological Economics* **55**: 395-407.
- MEA (2005).** *Millennium Ecosystem Assessment Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.* Washington D.C., Island Press.
- Meadows, D., Meadows, D., Randers J. et Behrens, W. (1972).** *The Limits to Growth* traduction française *Halte à la croissance. Rapport sur les limites de la croissance.* Paris, Edition Fayard.
- Médail, F. et Diadema, K. (2006).** Biodiversité végétale méditerranéenne et anthropisation : approches macro et micro-régionales. *Annales de Géographie, les territoires de la biodiversité* **651**: 618-649.
- Médail, F. et Diadema, K. (2009).** Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *Journal of Biogeography* **36**: 1333-1345.
- Médail, F. et Myers, N. (2004).** Mediterranean Basin. In: *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions.* (ed. R. A. Mittermeier, P. Robles Gil, M. Hoffmann, J. Pilgrim, T. Brooks, C. G. Mittermeier, J. Lamoreaux and G. A. B. da Fonseca). CEMEX, Conservation International, Washington and Agrupación Sierra Madre, Monterrey: 144-147.
- Médail, F. et Quézel, P. (1997).** Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean basin. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **84**: 112-127.
- Meffe, G. K. (2006).** Conservation Biology at Twenty. *Conservation Biology* **20**: 595-596.
- Meffe, G. K. et Carroll, C.R. (1997).** *Principles of Conservation Biology.* Second Edition. Sunderland, Sinauer Associates.
- Meiggs, R. (1984).** *Trees and timber in the ancient Mediterranean world.* Oxford, The Clarendon Press.
- Meine, C. (2010).** *Conservation biology: past and present.* Oxford, Oxford University press.
- Meine, C., Soulé, M. et Noss, R. F. (1996).** A mission-driven discipline: the growth of conservation biology. *Conservation Biology* **20**: 631-651.
- Meinesz, A. (1999).** *Killer algae.* Chicago, University of Chicago Press.
- Meiri, S., Cooper, N. et Purvis, A. (2008).** The island rule: made to be broken? *Proceedings of the Royal Society B* **275**: 141-148.
- Memmott, J., Craze, P. G., Waser, N. M. et Price, M. V. (2007).** Global warming and the disruption of plant-pollinator interactions. *Ecology Letters* **10**: 710-717.
- Memmott, J., Waser, N. M. et Price, M. V. (2004).** Tolerance of pollination networks to species extinctions. *Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences* **271**: 2605-2611.
- Menges, E.S. (2008).** Restoration demography and genetics of plants: When is a translocation successful? *Australian Journal of Botany* **56**: 187-196
- Ménoni, E. (1991).** Ecologie et dynamique des populations du Grand tétras dans les Pyrénées, avec des références spatiales à la biologie de la reproduction chez les poules- quelques applications à sa conservation. Toulouse, Université Paul Sabatier.
- Ménoni, E., Montadert, M., Leclercq, B., Hurstel, A. et Dillet, K. (2012).** Change in mating and breeding time of the Capercaillie in France, in relation to change of the phenology of spring vegetation. In: *Communication abstracts of the 12th International Grouse Symposium, Matsumoto, Japan*: 39.
- Méral, P. (2012).** Le concept de service écosystémique en économie : origine et tendances récentes. *Natures Sciences Sociétés* **20**: 3-15.



- Merilä, J., Sheldon, B. C. et Kruuk, L. E. B. (2001).** Explaining stasis: microevolutionary studies in natural populations. *Genetica* **112-113**: 199-222.
- Mermet, L. (1991).** Dans quel sens pouvons-nous gérer l'environnement? *Gérer et Comprendre- Annales des Mines* **22**: 68-81.
- Mermet, L. (1992).** *Stratégies pour la gestion de l'environnement- La nature comme jeu de société?* Paris, L'Harmattan.
- Mermet, L. (1996).** Les études d'évaluation entre stratégie et méthodologie- l'exemple des politiques publiques en matière de zones humides. *Gérer et Comprendre- Annales des Mines* **46**: 55-64.
- Mermet, L. (2001).** L'Institution Patrimoniale du Haut-Béarn : gestion intégrée de l'environnement ou réaction anti-environnementale? *Responsabilité et Environnement- Annales des Mines* **21**: 9-21.
- Mermet, L. (2002).** Homme ou vie sauvage? Société locale ou bureaucratie centrale? Faux dilemmes et vrais rapports de force. *Responsabilité et Environnement- Annales des Mines* **28**: 13-20.
- Mermet, L. (2006 [1998]).** *L'analyse stratégique de la gestion environnementale- illustrée par les tribulations d'un noyau de population relictuel d'ours bruns (Ursus Arctos) dans les Pyrénées Occidentales Françaises.* Paris, Editions de l'ENGREF.
- Mermet, L. (2007a).** Quand un principe cosmopolitique, hypostasié en institution de gestion, devient machine à exclusion : le cas de l'ours dans les Pyrénées. In : *L'émergence des cosmopolitiques.* (ed. J. Lolive and O. Soubeyran). La Découverte, Paris: 259-271.
- Mermet, L. (2007b).** *Recherche Environnementale sur la Société.* Paris, Recherches Exposées en Ligne / REEL-RGTE <http://www.rgte.centre-cired.fr/reel-rgte/>
- Mermet, L. (2009).** La négociation comme mode de composition dans les systèmes d'action complexes. *Négociations* **2**: 119-130.
- Mermet, L. (2010).** L'environnement : concept gestionnaire ou concept critique ? In : *Management, mondialisation, écologie- regards critiques en sciences de gestion.* (ed. F. Palpacuer, M. Leroy and G. Naro). Hermès, Paris: 261-280.
- Mermet, L. et Benhammou, F. (2005).** Assurer l'inaction dans un monde familial : la fabrication stratégique de l'incertitude. *Ecologie et politique* **31**: 121-136.
- Mermet, L., Billé, R. et Leroy, M. (2010).** Concern-focused evaluation for ambiguous and conflicting policies: an approach from the environmental field. *American Journal of Evaluation* **31**: 180-198.
- Mermet, L., Billé, R., Leroy, M., Narcy, J. B. et Poux, X. (2005).** L'analyse stratégique de la gestion environnementale : un cadre théorique pour penser l'efficacité en matière d'environnement. *Natures, Sciences, Sociétés* **13**:127-137.
- Mermet, L., Cattan, A. et Lubault, P. (1993).** *Evaluation des politiques publiques en matière de zones humides- rapport de première phase.* Paris, ASCA/ Commissariat Général du Plan- Instance d'Evaluation des Politiques Publiques.
- Mesléard, F., Mauchamp, A., Pineau, O. et Dutoit, T. (2011).** Rabbit is more effective than cattle to limit shrub colonization in Mediterranean xero-halophitic meadows *Ecoscience* **18**: 37-41.
- Metrick, A. et Weitzman, M. L. (1998).** Conflicts and choices in biodiversity preservation, *Journal of Economic Perspectives* **12**: 21-34.
- Michener, C. D. (2000).** *The bees of the world.* Baltimore, John Hopkins Univ. Press.
- Milchunass, D. G., Sala, O. E. et Lauenroth, W. K. (1988).** A generalized model of vegetation stands dynamics. *American Naturalist* **132**: 87-106.
- Milian, J. et Rodary E. (2010).** La conservation de la biodiversité par les outils de priorisation. Entre souci d'efficacité écologique et marchandisation. *Revue Tiers Monde* **202**: 33-56.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005).** *Ecosystems and human well-being.* Washington DC, Island Press. [www.millenniumassessment.org](http://www.millenniumassessment.org).
- Miller, R. I., Bratton, S. P. et White, P. S. (1987).** A regional strategy for reserve design and placement based on an analysis of rare and endangered species' distribution patterns *Biological Conservation* **39**: 255-268.
- Millspaugh, J. J. et Washburn, B. E. (2011).** Use of fecal glucocorticoid metabolite measures in conservation biology research: considerations for application and interpretation. *General and Comparative Endocrinology* **138**: 189-199.
- Mintzberg, H. (1978).** *The structuring of organizations.* London, Prentice-Hall.
- Mintzberg, H. et Quinn J. B. (1995).** *The Strategy Process.* London, Prentice Hall.
- Mises, L. von (1977).** Comments about the mathematical treatment of economic problems. *Journal of Libertarian Studies* **1**: 97-100.
- Miteva, D. A., Pattanayak, S. K. et Ferraro, J. P. (2012).** Evaluation of biodiversity policy instruments: what works and what doesn't? *Oxford Review of Economic Policy* **28**: 69-92.
- Mitsch, W. J. et Jorgensen, S. E. (2004).** *Ecological engineering and ecosystem restoration.* New York, John Wiley et Sons Inc.
- Mittermeier, R., Robles, A., Gil P., Hoffmann, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C. G., Lamoreaux, J. et da Fonseca, G. A. B. (2004).** *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions.* Mexico, CEMEX, Monterrey, Conservation International.
- Moilanen, A. (2004).** SPOMSIM: software for stochastic patch occupancy models of metapopulation dynamics. *Ecological Modelling* **179**: 533-550.
- Mokany, K., Ash, J. et Roxburgh, S. (2008).** Functional identity is more important than diversity in influencing ecosystem processes in a temperate native grassland. *Journal of Ecology* **96**: 884-893.
- Molinier, R. et Muller, P. (1938).** La dissémination des espèces végétales. *Revue Générale de Botanique* **50**: 1-178.
- Moltmann, J. (1988).** *Dieu dans la création. Traité écologique de la création.* Paris, Cerf.
- Mondain-Monval, J.-Y., Olivier, A. et Le Bihan, A. (2009).** Recent trends in the numbers of hunters and the harvest of wildfowl in the Camargue, France: preliminary results. *Wildfowl Special Issue* **2**: 192-201.
- Monnier, E. (1992).** *Evaluation de l'action des pouvoirs publics.* Paris, Economica.
- Montadert, M. (2013).** Statut actuel et variations d'abondance du Grand Tétras *Tetrao urogallus* dans le massif jurassien français. *Alauda* **81**: 1-18.

- Morand, S. (2010).** Histoires pas si naturelles de trois maladies infectieuses. In: *Ecologie de la Santé et Biodiversité*. (ed. M. Gauthier-Clerc and F. Thomas. Editions De Boeck Université, Bruxelles: 249-258.
- Morand, S. et Pipien, G. (2013).** Notre Santé et la Biodiversité. Paris, Editions Buchet-Chastel.
- Moretti, M., de Bello, F., Roberts, S. P. M. et Potts, S. G. (2009).** Taxonomical vs. functional responses of bee communities to fire in two contrasting climatic regions. *Journal of Animal Ecology* **78**: 98-108.
- Morris, W. F. et Doak, D. F. (2002).** *Quantitative conservation biology. Theory and practice of population viability analysis*. Sunderland, Sinauer Associates press.
- Morueta-Holme N., Enquist B.J., McGill B.J., Boyle B., Jorgensen P.M., Ott J.E. et al. (2013).** Habitat area and climate stability determine geographical variation in plant species range sizes. *Ecology Letters* **16**: 1446-1454.
- Moss, R., Oswald, J. et Baines, D. (2001).** Climate change and breeding success: decline of the capercaillie in Scotland. *Journal of Animal Ecology* **70**: 47-61.
- Mougenot, C. (2003).** *Prendre soin de la nature ordinaire*. Paris, Maison des Sciences de l'Homme.
- Mouquet, N., Devictor, V., Meynard, C. N., Munoz, F., Bersier, L. F., Chave, J., Coutron, P., Dalecky, A., Fontaine, C., Gravel, D., Hardy, O. J., Jabot, F., Lavergne, S., Leibold, M., Mouillot, D., Munkemuller, T., Pavoine, S., Prinzing, A., Rodrigues, A. S. L., Rohr, R. P., Thebault, E. et Thuiller, W. (2012).** Ecophylogenetics: advances and perspectives. *Biological Reviews* **87**: 769-785.
- Mouritsen, K. N. et Poulin, R. (2005).** Parasites boosts biodiversity and changes animal community structure by trait-mediated indirect effects. *Oikos* **108**: 344-350.
- Moutou, F. (2007).** La vengeance de la civette masquée. Paris, Editions Le Pommier.
- Mouysset, L., Doyen, L., Jiguet, F., Allaire, G. et Leger, F. (2011).** Bio economic modeling for a sustainable management of biodiversity in agricultural lands. *Ecological Economics* **70**: 617-626.
- Moyle, P. B. (1993).** *Fish: An enthusiast's guide*. Berkeley, University of California Press.
- Muehlenbein, M. P., Martinez, L. A., Lemke, A. A., Ambu, L., Nathan, S., Alsisto, S., Andau, P. et Sakong, R. (2008).** Perceived vaccination status in ecotourists and risks of anthrozooses. *Ecohealth* **5**: 371-378.
- Mueller, T. et Fagan, W. F. (2008).** Search and navigation in dynamic environments- from individual behaviors to population distributions. *Oikos* **117**: 654-664.
- Muller, S., Dutoit, T., Alard, D. et Gréville, F. (1998).** Restoration and rehabilitation of species-rich grassland ecosystems in France: a review. *Restoration Ecology* **6**: 94-101.
- Muñoz-Fuentes, V., Vilà, C., Green, A. J., Negro, J. et Sorenson, M. D. (2007).** Hybridization between white-headed ducks and introduced ruddy ducks in Spain. *Molecular Ecology* **16**: 629-638.
- Muradian, R., Corbera, U., Pascual, U., Kosoy, N. et May, P. H. (2010).** Reconciling theory and practice: an alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. *Ecological Economics* **69**: 1202-1208.
- Myers, J. H., Simberloff, D., Kuris, A. M. et Carey, J. R. (2000a).** Eradication revisited: dealing with exotic species. *Trends in Ecology and Evolution* **15**: 316-320.
- Myers, N. (1979).** *The Sinking Ark*. Oxford, Pergamon.
- Myers, N. (1988).** Threatened biotas: "Hotspots" in tropical forests *The Environmentalist* **8**: 187-208.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C. G., da Fonseca G. A. B. et Kent, J. (2000b).** Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**: 853-858.
- Næss, A. (1973).** The Shallow and the Deep, Long-Range Ecology Movement. *Inquiry* **16**: 95-100.
- Naess, A. (2009).** *Vers l'écologie profonde*. Marseille, Editions Wildproject.
- Naidoo, R., Balmford, A., Costanza, R., Fisher, B., Green, R. E., Lehner, B., Malcolm, T. R. et Ricketts, T. H. (2008).** Global mapping of ecosystem services and conservation priorities. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **105**: 9495-9500.
- Naidoo, R., Balmford, A., Ferraro, P. J., Polasky, S., Ricketts, T. H. et Rouget, M. (2006).** Integrating economic costs into conservation planning. *Trends in Ecology and Evolution* **21**: 681-687.
- Narcy, J.-B. (2004).** *Pour une gestion spatiale de l'eau- comment sortir du tuyau?* Bruxelles, PIE Peter Lang.
- Nash, R. (1989).** *The rights of nature: a history of environmental ethics*. Madison, University of Wisconsin press.
- Naughton-Treves, L. et Sanderson, S. (1995).** Property, Politics and Wildlife Conservation. *World Development* **23**: 1265-1275.
- Nelson E., Polasky, S., Lewis, D. J., Plantinga, A. J., Lonsdorf, E., White, D., Bael, D. et Lawler, J. J. (2008).** Efficiency of incentives to jointly increase carbon sequestration and species conservation on a landscape. *Proceedings of the National Academy of Science* **105**: 9471-9476.
- Nelson, E., Mendoza, G., Regetz, J., Polasky, S., Tallis, H., Cameron, D., Chan, K. M. A., Daily, G. C., Goldstein, J., Kareiva, P. M., Lonsdorf, E., Naidoo, R., Ricketts, T. H. et Shaw, M. R. (2009).** Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and the Environment* **7**: 4-11.
- Nelson, F., Foley, C., Foley, L.S., Leposo, A., Loure, E., Peterson, D., Peterson, M., Peterson, T., Sachedina, H. et Williams, A. (2010).** Payments for ecosystem services as a framework for community-based conservation in Northern Tanzania. *Conservation Biology* **24**: 78-85.
- Neumann R.P. (1998).** *Imposing wilderness: struggles over livelihood and nature preservation in Africa*. Berkeley, University of California Press.
- Newburn D., Reed, S., Berck, P. et Merenlender, A. (2005).** Economics and land-use change in prioritizing private land conservation. *Conservation Biology* **19**: 1411-1420.
- Newmark, W. D. (1995).** Extinction of mammal populations in western North American national parks. *Conservation Biology* **9**: 512-526.
- Nicholls, R. J. et Cazenave, A. (2010).** Sea-level rise and its impact on coastal zones. *Science*, **328**: 1517-1520.

- Nielsen, E. et Rice, R. (2004).** Sustainable forest management and conservation incentive agreements. *International Forestry Review* **6**: 56-60.
- Nogales, M., Martin, A., Tershy, B. R., Donlan, C. J., Veitch, D., Puerta, N., Wood, B. et Alonso, J. (2004).** A review of feral cat eradication on islands. *Conservation Biology* **18**: 310-319.
- Nora, P. (1997).** *Science et conscience du patrimoine*. Paris, Fayard.
- Norgaard, R. B. (1988).** The biological control of cassava mealybug in Africa. *American Journal of Agricultural Economics* **70**: 366-371.
- Norgaard, R. B. (2009).** Ecosystem services: From eye-opening metaphor to complexity blinder. *Ecological Economics* doi : 10.1016/j.ecolecon.2009.11.009
- Norton, B. (1987).** *Why preserve natural variety*. Princeton, Princeton University Press.
- Noss, R. F. (1999).** Is there a special conservation Biology? *Ecography* **22**: 113-122
- Noss, R. F. (2000).** Science on the bridge. *Conservation biology* **11**: 1267-1269
- Noss, R. F., Carroll, C., Vance-Borland, K. et Wuerthner, G. (2002).** A multicriteria assessment of the irreplacability and vulnerability of sites in the Greater Yellowstone ecosystem. *Conservation Biology* **16**: 895-908.
- Nougarède, O. (1983).** Du seigle, des troupeaux, des hommes en Margeride Lozérienne. In: *La Margeride, les montagnes et les hommes*. INRA, Paris: 93-150.
- Nussey, D. H., Postma, E., Gienapp, P. et Visser, M. E. (2005).** Selection on heritable phenotypic plasticity in a wild bird population. *Science* **310**: 304-306.
- O'Dowd, D. J., Green, P. T. et Lake, P. S. (2003).** Invasional 'meltdown' on an oceanic island. *Ecology Letters* **6**: 812-817.
- Ober, J. (1991).** *Mass and Elite in Democratic Athens: Rhetoric, Ideology, and the Power of the People*. Princeton, Princeton University Press.
- Odum E. P. (1971).** *Fundamental of Ecology*. Philadelphia, Saunders.
- Odum, E. P. (1969).** The Strategy of Ecosystem Development. *Science* **164**: 262-270.
- Office of Technology Assessment (US Congress) (1993).** *Harmful non-indigenous species in the United States*. OTA-F-565. Washington, DC, US Government Printing Office.
- Oldeman, R. A. A. (1990).** *Forests: elements of silvology*. Berlin, Springer-Verlag.
- Olesen, J. M., Bascompte, J., Dupont, Y. L. et Jordano, P. (2007).** The modularity of pollination networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **104**: 19891-19896.
- Ollagnon, H. (1989).** Une approche patrimoniale de la qualité du milieu naturel. In: *Du rural à l'environnement. La question de la nature aujourd'hui*. (ed. N. Mathieu and M. Jollivet). L'Harmattan, Paris: 258-268.
- Olson, D. M. et Dinerstein, E. (2002).** The Global 200: priority ecoregions for global conservation. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **89**: 199-224.
- Olson, S. L. et James, H. F. (1984).** The role of Polynesians in the extinction of the avifauna of the Hawaiian Islands. In: *Quaternary Extinctions, a prehistoric revolution*. (ed. P. S. Martin and R. G. Klein), The University of Arizona Press, Tucson.
- Opler, P.A. (1978).** Insects of American chestnut: possible importance and conservation concern. In: *The American chestnut symposium*. (ed. J. Mc Donald). West Virginia University Press, Morgantown: 83-85.
- Orlando, L., Ginolhac, A., Zhang, G., Froese, D., Albrechtsen, A., Stiller, M., Schubert, M., Cappellini, E. et al. (2013).** Recalibrating Equus evolution using the genome sequence of an early Middle Pleistocene horse. *Nature* **499**: 74-78.
- Osborn, F. (1948).** *Our plundered Planet*. New York, Grosset et Dunlap.
- Ostrom, E. (1986).** An Agenda for the Study of Institutions. *Public Choice* **48**: 3-25.
- Ostrom, E. (1990).** *Governing the commons. The evolution of institutions for collective action*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Ostrom, E. (2005).** *Understanding Institutional Diversity*. Princeton, Princeton University Press.
- Ostrom, E. (2010).** Beyond markets and states: polycentric governance of complex economic systems. *American Economic Review* **100**: 641-672.
- Ostrom, E., Burger, J., Field, C., Norgaard, R. et Policansky, D. (1999).** Revisiting the commons: local lessons, global challenges. *Science* **284**: 278.
- Ostrom, E., Gardner, R. et Walker, J. (1994).** *Rules, games, and common-pool resources*. Ann Harbor, University of Michigan Press.
- Otto, R. (1929).** *Le Sacré. L'élément non-rationnel dans l'idée du divin et sa relation avec le relationnel*. Paris, Payot.
- Ottonello, D., Salvidio, S. et Rosecchi, E. (2005).** Feeding habits of the European pond terrapin *Emys orbicularis* in Camargue (Rhône delta, Southern France). *Amphibia-Reptilia* **26**: 562-565.
- Owens, I. P. F. et Bennett, P. M. (2000).** Ecological basis of extinction risk in birds: habitat loss versus human persecution and introduced predators. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* **97**: 12144-12148.
- Ozouf-Marignier, M. V. (1992).** L'environnement vu par des notables locaux à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle. In: *Du milieu à l'environnement. Pratiques et représentations du rapport homme/nature depuis la Renaissance*. (ed. M.C. Robic). Economica, Paris: 57-88.
- P. N. F. (2007).** *Les parcs nationaux de France, territoires de référence. Principes fondamentaux applicables à l'ensemble des parcs nationaux*. Montpellier, Parcs Nationaux de France.
- Paccalet, Y. (2006).** *L'humanité disparaîtra, bon débarras!* Paris, Arthaud.
- Pace, M. L., Cole, J. J., Carpenter, S. R. et Kitchell, J. F. (1999).** Trophic cascades revealed in diverse ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution* **14**: 483-488.
- Pagiola, S. (2008).** Payments for environmental Services in Costa Rica. *Ecological Economics* **65**: 712-724.
- Pagiola, S., Arcenas, A. et Platais, G. (2005).** Can payments for environmental services help reduce poverty? An exploration of the issues and the evidence to date from Latin America. *World Development* **33**: 237-253.
- Pagiola, S.; Arcenas, A. et Platais, G. (2005).** Can payments for environmental services help reduce poverty? An exploration of the issues and the evidence to date from Latin America. *World Development* **33**: 237-253
- Paine, R. T. (1969).** A note on trophic complexity and community stability. *American Naturalist* **103**: 91-93.



- Palmer, M. A., Falk, D. A. et Zedler, J. B. (2006). Ecological theory and restoration ecology. In: *Foundations of Restoration Ecology*. (ed. D. A. Falk, M. A. Palmer and J. B. Zedler). Island Press, Washington DC: 1-10
- Parde, J.-M. et Camarra, J.-J. (1992). *Encyclopédie des carnivores de France. L'ours des Pyrénées*. Paris, Société Française d'Etude et de Protection des Mammifères, Muséum National d'Histoire Naturelle.
- Park, T. (1948). Experimental studies of interspecies competition. I. Competition between populations of the flour beetles, *Tribolium confusum* Duval and *Tribolium castaneum* Herbst. *Ecological Monographs* 18: 265-308.
- Parker, D., Manson S., Janssen, M., Hoffmann, M. et Deadman, P. (2003). Multi-Agent Systems for the simulation of Land-Use and Land-Cover Change: a Review. *Annals of the Association of American Geographers* 93: 314-337.
- Parker, I. M., Simberloff, D., Lonsdale, W. M., Goodell, K., Wonham, M., Kareiva, P. M., Williamson, M. H., Von Holle, B., Moyle, P. B., Byers, J. E. et Goldwasser, L. (1999). Impact: toward a Framework for understanding the ecological effect of invaders. *Biological Invasions* 1: 3-19.
- Parker, V. T. et Pickett, S. T. A. (1997). Why restoration? In: *Restoration ecology and sustainable development*. (ed. K. M. Urbanska, N. R. Webb, and P. J. Edwards). Cambridge University Press, Cambridge: 17-32
- Parmesan, C. (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 37: 637-669.
- Parmesan, C. (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Systematics and Evolution* 37: 637-669.
- Parmesan, C., Ryrholm, N., Stefanescu, C., Hill, J. K., Thomas, C. D., Descimon, H., Huntley, B., Kaila, L., Kullberg, J., Tammaru, T., Tennent, W. J., Thomas, J.A. et Warren, M. (1999). Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature* 399: 579-583.
- Pascal, M., Lorvelec, O. et Vigne J.-D. (2006). *Invasions biologiques et extinctions: 11.000 ans d'histoire des vertébrés en France*. Versailles, Editions Quae.
- Pascual, U. et Perrings, C. (2007). Developing incentives and economic mechanisms for in situ biodiversity conservation in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121: 256-268.
- Pascual, U., Muradian, R., Rodriguez, L.C et Duraiappah, A. (2010). Exploring the links between equity and efficiency in payments for environmental services: a conceptual approach. *Ecological Economics* 69: 1237-1244.
- Pasquini, L., Cowling, R.M., Twyman, C. et Wainwright, J. (2010). Devising appropriate policies and instruments in support of private conservation areas: lessons learned from the Klein Karoo, South Africa. *Conservation Biology* 24: 470-478.
- Pattanayak, S. K., Wunder, S. et Ferraro, P. J. (2010). Show me the money: Do payments supply environmental services in developing countries? *Review of Environmental Economics and Policy* 4: 254-274.
- Paugam, S. (2007). Introduction. Les fondements de la solidarité. In: *Repenser la solidarité. L'apport des sciences sociales* (ed. S. Paugam). Presses Universitaires de France, Paris: 5-28.
- Pautasso, M. (2007). Scale dependence of the correlation between human population presence and vertebrate and plant species richness. *Ecology Letters* 10: 16-24.
- Pearce, D. W. (2007). Do we really care about biodiversity? *Environmental and Resource Economics* 37: 313-333.
- Pearson, C. (2006). The Age of Wood: Fuel and Fighting in French Forests, 1940-1944. *Environmental History* 11: 775-803.
- Pedler, K. (1979). *The quest for Gaia: a book of changes*. London, Souvenir Press.
- Pelletier, F., Clutton-Brock, T., Pemberton, J., Tuljapurkar, S. et Coulson, T. (2007). The evolutionary demography of ecological change: Linking trait variation and population growth. *Science* 315: 1571-1574.
- Peluso, N. et Watts, M. (2001). *Violent environments*. Ithaca, Cornell University Press.
- Pepper, J. W. et Smuts, B. B. (2000). The evolution of cooperation in an ecological context: an agent-based model. In: *Dynamics in human and primate societies*. (ed. T. A. Kohler and G. J. Gumerman). Oxford University Press / Sante Fe Institute, New York: 45-76.
- Perrin, J.-B., Ducrot, C., Hendriks, P. et Calavas, D. (2012). Surveillance de la mortalité des ruminants en France et en Europe. *Epidémiologie et Santé animale* 62: 145-160.
- Perrings, C. (2005). Economie et valeur de la biodiversité et des services écosystémiques. In : *Actes de la Conférence Internationale. Biodiversité, Science et Gouvernance* (ed. R. Barbault and J.-P. Le Duc). Muséum national d'histoire naturelle, Paris: 118-129.
- Perrings, C. (2005). Mitigation and adaptation strategies for the control of biological invasions. *Ecological economics* 52: 315-325.
- Perrings, C. et Gadgil, M. (2003). Conserving biodiversity, reconciling local and global public benefits. In: *Providing global public goods, managing globalization* (ed. I. Kaul, P. Conceicao, K. Le Goulven and R. U. Mendoza). UNDP, Oxford University Press, New York: 532-555.
- Perrings, C., Baumgärtner, S., Brock, W. A., Chopra, K., Conte, M., Costello, C., Duraiappah, A., Kinzig, A. P., Pascual, U., Polasky, S., Tschirhart, T. et Xepapadeas, A. (2009). The economics of biodiversity and ecosystem services. In: *Biodiversity, Ecosystem Functioning, and Human Wellbeing: An Ecological and Economic Perspective*. (ed. S. Naeem, D. Bunker, A. Hector, M. Loreau and C. Perrings). Oxford University Press, Oxford: 230-247.
- Perrings, C., Dehnen-Schmutz, K., Touza, J. et Williamson, M. (2005). How to manage biological invasions under globalization. *Trends in Ecology et Evolution* 20: 212-215.
- Perrings, C., Duraiappah, A., Larigauderie, A. et Mooney, A. (2011). The biodiversity and ecosystem services science-policy interface. *Science* 331: 1139-1140.
- Perrings, C., Williamson, M., Barbier, E. B, Delfino, D. Dalmazzone, S., Shogren, J., Simmons, P. et Watkinson, A. (2002). Biological invasion risks and the public good: an economic perspective. *Conservation Ecology* 6: 1.
- Perrot-Maitre, D. et Davis, P. (2001). Case Studies of Markets and Innovative Financial Mechanisms



- for Water Services from Forests, Washington, Forest Trends.
- Perry, W. L., Lodge, D. M. et Feder, J. E. (2002).** Importance of hybridization between indigenous and nonindigenous freshwater species: an overlooked threat to North American biodiversity. *Systematic Biology* **51**: 255-275.
- Petchey, O. L. et Gaston, K. J. (2006).** Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters* **9**: 741-758.
- Peterken, G. F. (1996).** *Natural Woodland. Ecology and Conservation in Northern Temperate Regions.* Cambridge, Cambridge University Press.
- Petit, R. J., Pineau, E., Demesure, B., Bacilieri, R., Ducouso, A. et Kremer, A. (1997).** Chloroplast DNA footprints of postglacial recolonization by oaks. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* **94**: 9996-10001.
- Pianka, E. R. (2000).** *Evolutionary ecology.* San Francisco, Sixth Edition. Benjamin-Cummings, Addison-Wesley-Longman.
- Pianka, E. R. (2000).** *Evolutionary ecology. Sixth Edition.* San Francisco, Benjamin-Cummings, Addison-Wesley-Longman.
- Pickett, S. T. A. et White, P. S. (1985).** *Natural disturbance: the patch dynamics perspective.* New-York, Academic press.
- Pigliucci, M. (2001).** Phenotypic plasticity- beyond nature and nurture. Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- Pimbert, M. P. et Pretty, J. (1997).** Parks, People, and Professionals: Putting Participation into Protected Area Management. In: *Social Change and Conservation.* (ed. K. Ghimire and M. P. Pimbert). Earthscan, London: 297-332.
- Pimentel, D., Zuniga, R. et Morrison, D. (2005).** Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics* **52**: 273-288.
- Pimm, S. L. (1984).** The complexity and stability of ecosystems. *Nature* **307**: 321-326.
- Pintaud, J.-C., Jaffré, T. et Puig, H. (2001).** Chronology of New-Caledonian palms and possible evidence of Pleistocene rain forest refugia. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* **324**: 453-463.
- Piqueray, J., Cristofoli, S., Bisteau, E., Palm, R. et Mahy, G. (2011).** Testing coexistence of extinction debt and colonization credit in fragmented calcareous grasslands with complex historical dynamics. *Landscape Ecology* **26**: 823-836.
- Pister, E. P. (1993).** Species in a bucket. *Natural History* **102**: 14-19.
- Pitte, J.-R. (1986).** *Terres de castanide. Hommes et paysages du châtaignier de l'Antiquité à nos jours.* Paris, Fayard
- Plack, N. (2005).** Agrarian reform and ecological change during the Ancien Régime: Land clearance, peasants and viticulture in the Province of Languedoc. *French History* **19**: 189-210.
- Platon (1999).** *Timée suivi du Criticius* (traduction L. Brisson). Paris, Garnier Flammarion Poche.
- Plowright, W. (1982).** The effects of rinderpest and rinderpest control on wildlife in Africa. *Symposia of the Zoological Society of London* **50**: 1-28.
- Polasky, S. et Doremus, H. (1998).** When the truth hurts: endangered species policy on private land with imperfect information. *Journal of Environmental Economics and Management* **35**: 22-47.
- Polasky, S. et Segerson, K. (2009).** Integrating ecology and economics in the study of ecosystem services: Some lessons learned. *Annual Review of Resource Economics* **1**: 409-434.
- Polasky, S., Camm, J. D. et Garber-Yonts, B. (2001).** Selecting biological reserves cost-effectively: An application to terrestrial vertebrate conservation Oregon. *Land Economics* **77**: 68-78.
- Polasky, S., Costello, C. et Solow, A. (2005).** The economics of biodiversity conservation. In: *The Handbook of Environmental Economics* (ed. J. Vincent and K. G. Mäler). Elsevier, New York: 1518-1577.
- Polasky, S., Costello, C. et McAusland, C. (2004).** On trade, land-use, and biodiversity. *Journal of Environmental Economics and Management* **48**: 911-925.
- Polis, G. A., Sears, A. L. W., Huxel, G. R., et al. (2000).** When is a trophic cascade a trophic cascade? *Trends in Ecology et Evolution* **15**: 473-475.
- Polman, N. B. P. et Slangen, L. H. G. (2008).** Institutional design of agri-environmental contracts in the European Union: the role of trust and social capital. *NJAS* **55**: 413-430.
- Pons, A. (1981).** The history of the Mediterranean shrublands. In: *Mediterranean-type shrublands* (ed. F. Di Castri, D. W. Goodall and R. L. Specht). Elsevier, Amsterdam: 131-138.
- Pons, A. et Quézel, P. (1998).** A propos de la mise en place du climat méditerranéen. *Compte Rendus de l'Académie des Sciences* **327**: 755-760.
- Pont, B. (2003).** La longue démarche du gestionnaire qui décide de ne rien faire. *Espaces Naturels* **4**: 15-17.
- Possingham, H. P. et Davies, I. (1995).** ALEX- A model for the viability analysis of spatially structured populations. *Biological Conservation* **73**: 143-150.
- Potts, S. G., Vulliamy, B., Roberts, S., O'Toole, C., Dafni, A., Ne'eman, G. et Willmer, P. G. (2004).** Nectar resource diversity organises flower-visitor community structure. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **113**: 103-107.
- Potts, S., Petanidou, T., Roberts, S., O'Toole, C., Hulbert, A. et Willmer, P. G. (2006).** Plant-pollinator biodiversity and pollination services in a complex Mediterranean landscape. *Biological Conservation* **129**: 519-529.
- Pouget, R. (1990).** *Histoire de la Lutte contre le Phylloxera de la Vigne en France.* Paris, Institut National de la Recherche Agronomique.
- Poulin, B., Lefebvre, G. et Crivelli, A. (2007).** The invasive red swamp crayfish as predictor of Eurasian bittern density in Camargue, France. *Journal of Zoology* **273**: 98-105.
- Poulin, R. (1999).** The functional importance of parasites in animal communities: many roles at many levels ? *International Journal for Parasitology* **29**: 903-914.
- Pounds, A. et Masters, K. (2009).** Extinction in Our Times: Global Amphibian Decline. *Nature* **462**: 38-39.
- Poux, X., Dubien, I. et Servheen, C. (1996).** *Etat des lieux de la population ursine et de son habitat dans le Haut-Béarn; stratégies de conservation et de renforcement éventuel.* Paris,

- ASCA-IUCN-Université du Montana/ IPHB.
- Prach, K., Marrs, R. Pysek, P. et van Diggelen, R. (2007).** Manipulation of succession. In: Linking restoration and ecological succession. (ed. L. R. Walker, J. Walker and R. J. Hobbs). Springer, Berlin: 121-149.
- Pradel, R., Rioux, N., Tamisier, A. et Lebreton, J. D. (1997).** Individual turnover among wintering teal in Camargue: a mark-recapture study. *Journal of Wildlife Management* **61**: 819-821.
- Prager, K. et Freeze, J. (2009).** Stakeholder involvement in agri-environmental policy making- Learning from a local- and a state-level approach in Germany. *Journal of Environmental Management* **90**: 1154-1167.
- Preiss, E., Martin J.-L. et Debussche M. (1997).** Consequences of agricultural abandonment on the vegetation and the avifauna in a mosaic of Mediterranean habitats. *Landscape Ecology* **12**: 51-61.
- Preisser, E. L., Bolnick, D. I. et Benard, M. F. (2005).** Scared to death? The effects of intimidation and consumption in predator-prey interactions. *Ecology* **86**: 501-509.
- Prendergast, J. R., Quinn, R. M., Lawton, J. H., Eversham B. C. et Gibbons D. W. (1993).** Rare species, the coincidence of diversity hotspots and conservation strategies. *Nature* **365**: 335-337.
- Preston, M. J. et Victorine, R. (2011).** Conservation Trust Funds investment survey, Prepared in collaboration with the Conservation Finance Alliance and the Latin American and Caribbean Network of Environmental Funds, www.conservationfinance.org
- Price, R. et Price, S. (1997).** Shadowboxing in the Mangrove. *Cultural Anthropology*, **12**: 3-36.
- Primack, R. (1993).** *Essentials of conservation biology*. Sunderland, Sinauer Associates.
- Primdahl, J., Peco, B., Schramek, J., Andersen, E. et Onate, J. J. (2003).** Environmental effects of agri-environmental schemes in Western Europe. *Journal of Environmental Management* **67**: 129-138.
- Primdahl, J., Vesterager, J. P., Finn, J. A., Vlahos, G., Kristensen, L. et Vejre, H. (2010).** Current use of impact models for agri-environment schemes and potential for improvements of policy design and assessment. *Journal of Environmental Management* **91**: 1245-1254.
- Pringle, R. M. (2011).** Nile perch. In: *Encyclopedia of biological invasions* (ed. D. Simberloff and M. Rejmánek). University of California Press, Berkeley: 484-488
- Pro Natura (1997).** *Manuel de protection de la nature en Suisse*. Paris, Delachaux et Niestlé.
- Proctor, M., Yeo, P. et Lack, A. (1996).** *The natural history of pollination*. London, Collins
- Prodon, R. (1999).** Traquet rieur *Oenanthe leucura*. In: *Oiseaux menacés et à surveiller en France. Listes rouges et recherche de priorités* (ed. G. Rocamora and D. Yeatman-Berthelot). Société d'Etudes Ornithologiques de France, Ligue pour la Protection des Oiseaux, Paris: 486-487.
- Pujolar, J. M., Vincenzi, S., Zane, L., Jesensek, D., De Leo, G. A. et Crivelli, A. J. (2011).** The effect of recurrent floods on genetic composition of marble trout populations. *PLoS ONE* **6**: e23822. doi:10.1371/journal.pone.0023822
- Pulido, F. et Berthold, P. (2004).** Microevolutionary response to climatic change. In: *Birds and Climate Change*. (ed. A. P. Moller, W. Fielder and P. Berthold): 151-183.
- Puri, A., MacDonald, G. E. et Haller, W. T. (2007).** Stability of fluridone-resistant hydrilla (*Hydrilla verticillata*) biotypes over time. *Weed Science* **55**: 12-15.
- Purvis, G., Louwagie, G., Northey, G. et Finn, J. A. (2009).** Conceptual development of a harmonised method for tracking change and evaluating policy in the agri-environment: The Agri-environmental Footprint Index. *Environmental Science et Policy* **12**: 321-337.
- Pyke, G. H. (2008).** Plague minnow or mosquito fish? A review of the biology and impacts of introduced *Gambusia* species. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **39**: 171-191.
- Quilès, D., Rohr V., Joly K., Lhuillier S., Ogereau P., Martin A., Bazile F. et Vernet J.-L. (2002).** Les feux préhistoriques holocènes en montagne sub-méditerranéenne: premiers résultats sur le Causse Mejean (Lozère, France). *Comptes Rendus Palevol* **1**: 59-65.
- Quillet, P. (1926).** *Géographie Universelle. 4 volumes*. Paris, Aristide Quillet.
- Rabenold, K. N., Fauth, P. T., Goodner, B. W., Sadowski, J. A. et Parker, P. G. (1998).** Response of avian communities to disturbance by an exotic insect in spruce-fir forests of the southern Appalachians. *Conservation Biology* **12**: 177-189.
- Rahel, F. J. (2002).** Homogenization of freshwater faunas. *Annual Review of Ecology and Systematics* **33**: 291-315.
- Railsback, S. F., Lytinen, S. L. et Jackson, S. K. (2006).** Agent-based simulation platforms: Review and development recommendations. *Simulation-Transactions of the Society for Modeling and Simulation International* **82**: 609-623.
- Ramakrishnan, P. S., Saxena, K. G. et Chandrashnan, U. M. (1998).** *Conserving the sacred: for biodiversity management*. New Delhi and Oxford, Unesco and IBH Publication.
- Ranius, T., Aguado L. O., Antonsson, K., Audisio, P., Ballerio, A., Carpaneto, G. M., Chobot, K., Gjurašin, B., Hanssen, O., Huijbregts, H., Lakatos, F., Martin, O., Neculiseanu, Z., Nikitsky, N. B., Paill, W., Pirnat, A., Rizun, V., Ruicănescu, A., Stegner, J., Süda, I., Szwalko, P., Tamutis, V., Telnov, D., Tsinkevich, V., Versteirt, V., Vignon, V., Vögeli, M. et Zach P., (2005).** *Osmoderma eremita* (Coleoptera, Scarabaeidae, Cetoniinae) in Europe. *Animal Biodiversity and Conservation* **28**: 1-44.
- Rapoport, E. H. (1982).** *Areography: geographic strategies of species*. Oxford, Pergamon,
- Rapport, D. J., Costanza, R. et McMichael, A. J. (1998).** Assessing ecosystem health. *Trends in Ecology and Evolution* **13**: 397-402.
- Ratcliffe, D. (1979).** The end of the large blue butterfly. *New Scientist* **8**: 457-458.
- Ratcliffe, N., Bell, M., Pelembe, T., Boyle, D., Benjamin, R., White, R., Godley, B., Stevenson, J. et Sanders, S. (2009).** The eradication of feral cats from Ascension Island and its subsequent recolonization by seabirds. *Oryx* **44**: 20-29.

- Raumolin, J. (1984).** L'homme et la destruction des ressources naturelles : la Raubwirtschaft au tournant du siècle. *Annales Histoire Sciences sociales* **39**: 798-819.
- Rayé, G. (2005).** Pastoralisme et biodiversité : la grande confusion. *La Voie du Loup France Nature Environnement* **22**: 18-20.
- Redford, K. H. et Taber, A. (2000).** Writing the Wrongs: Developing a Safe-Fail Culture in Conservation. *Conservation Biology* **14**: 1567-1568.
- Reed, R. N. et Rodda, G. H. (2009).** Giant constrictors: Biological and management profiles and an establishment risk assessment for nine large species of pythons, anacondas, and the boa constrictor. Reston, Virginie, U.S. Geological Survey.
- Regan, T. (1984).** *The Case for Animal Rights*, London, Routledge.
- Reid, W. V. (1998).** Biodiversity hotspots. *Trends in Ecology et Evolution*, **13**: 275-280.
- Rey Benayas, J. M., Newton, A. C., Díaz, A. et Bullock, J. M. (2009).** Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis. *Science* **325**: 1121-1124.
- Rhymer, J. et Simberloff, D. (1996).** Extinction by hybridization and introgression *Annual Review of Ecology and Systematics* **27**: 83-109.
- Ribbe de, C. (1857).** *La Provence au point de vue des bois, des torrents et des inondations*. Paris, Guillaumin et Cie.
- Ricciardi, A., Neves, R. J. et Rasmussen, J. B. (1998).** Impending extinctions of North American freshwater mussels (Unionoidea) following the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) invasion. *Journal of Animal Ecology* **67**: 613-619.
- Rich, E. L. et Romero, L. M. (2005).** Exposure to chronic stress downregulates corticosterone responses to acute stressors. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* **288**: R1628-R1636.
- Richard, M., Losdat, S., Lecomte, J., de Fraipont, M. et Clobert, J. (2009).** Optimal level of inbreeding in the common lizard. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* **276**: 2779-2786.
- Richardson, A. J. et Poloczanska, E. S. (2008).** Ocean Science: Under-resourced, under threat. *Science* **320**: 1294-1295.
- Richmond, R. H. (1993).** Coral Reefs: present problems and future concerns resulting from anthropogenic disturbance. *American Zoologist* **33**: 524-536.
- 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., Strand, H., Wettengel, W. et Wikramanayake, E. (2005).** Pinpointing and preventing imminent extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* **102**: 18497-18501.
- Ricklefs, R. E. (2004).** A comprehensive framework for global patterns in biodiversity. *Ecology Letters* **7**: 1-15.
- Ricklefs, R. E. et Miller, G. L. (2005).** *Ecologie*. Bruxelles, De Boeck et Larquier s.a.
- Ricklefs, R.E. (1987).** Community diversity: relative roles of local and regional processes. *Science* **235**: 167-171.
- Ridder, B. (2007).** The naturalness versus wildness debate : ambiguity, inconsistency, and unattainable objectivity. *Restoration Ecology* **15**: 8-12.
- Ridder, B. (2008).** Questioning the ecosystem services argument for biodiversity conservation. *Biodiversity Conservation* **17**: 781-790.
- Rinaudo, Y. (1980).** Forêt et espace agricole. Exemple du Var au XIX<sup>e</sup> siècle. *Revue Forestière Française* numéro spécial: 136-148.
- Ripple, W. J. et Betscha, R. L. (2005).** Linking wolves and plant. Aldo Leopold on trophic cascades. *BioScience* **55**: 613-621.
- Robic, M. C. (1992).** *Du milieu à l'environnement. Pratiques et représentations du rapport homme/nature depuis la Renaissance*. Paris, Economica.
- Robinson, J. G. (2006).** Conservation Biology and Real-World Conservation. *Conservation Biology* **20**: 658-669.
- Rocamora, G. et Yeatman-Berthelot, D. (1999).** *Oiseaux menacés et à surveiller en France. Listes rouges et recherche de priorités. Populations. Tendances. Menaces. Conservation*. Société d'Etudes Ornithologiques de France. Paris, Ligue pour la Protection des Oiseaux.
- Rodary, E., Castellanet, C. et Rossi, G. (2003).** *Conservation de la nature et développement. L'intégration impossible ?* Collection. Economie et développement, Paris, Gret-Karthala.
- Rodríguez, C. F., Bécarea, E. et Fernández-Aláez C. (2005).** Loss of biodiversity and degradation of wetlands as result of introducing exotic crayfish. *Biological Invasions* **7**:75-85.
- Roe, D. et Elliot, T. J. (2005).** *Poverty-Conservation Linkages: A conceptual framework. Poverty and conservation learning group*. London, International Institute for Environment and Development.
- Roff, D. A. (2002).** *Life history evolution*. Sunderland, Sinauer Associates.
- Rolston III, H. (1985).** Duties to Endangered Species. *BioScience* **35**: 718-726.
- Rolston III, H. (1986).** *Philosophy Gone Wild: essays in environmental ethics*. New-York, Prometheus Books.
- Roman, J. (2006).** Diluting the founder effect: cryptic invasions expand a marine invader's range. *Proceedings of the Royal Society of London B* **273**: 2453-2459.
- Ronce, O. (2007).** How does it feel to be like a rolling stone? Ten questions about dispersal evolution. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* **38**: 231-253.
- Ronce, O. et J. Clobert (2012).** Dispersal syndromes. In: *Dispersal Ecology and Evolution*. (ed. J. Clobert, T. G. Benton and J. M. Bullock). Oxford University Press, Oxford: 119-138.
- Rönnbäck, P. et Primavera, J.H. (2000).** Illuminating the Need for Ecological Knowledge in Economic Valuation of Mangroves under Different Management Regimes. A Critique. *Ecological Economics* **35**: 135-141.
- Rooney, T. P., Wiegmann, S. M., Rogers, D. A. et Waller, D. M. (2004).** Biotic impoverishment and homogenization in unfragmented forest understory communities. *Conservation Biology* **18**: 787-798.
- Roqueplo, P. (1991).** L'expertise scientifique : convergence ou conflit de rationalités ? Introduction générale. In: *Environnement, science et politique. Les experts sont formels*. (ed. J. Theys). Cahier du GERMES: 43-80.



- Rosauer, D., Laffan, S. W., Crisp, M. D., Donnellan, S. C. et Cook, L. G. (2009). Phylogenetic endemism: a new approach for identifying geographical concentrations of evolutionary history. *Molecular Ecology* **18**: 4061-4072.
- Rosenzweig, M. L. (1995). *Species diversity in space and time*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Roth, T., Amrhein, V., Peter, B. et Weber, D. (2008). A Swiss agri-environment scheme effectively enhances species richness for some taxa over time. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **125**: 167-172.
- Rouan, M., Kerbiriou, C., Levrel H. et Etienne, M. (2010). A co-modelling process of social and natural dynamics on the isle of Ouessant: Sheep, turf and bikes. *Environmental Modelling and Software* **25**: 1399-1412.
- Rowell, A. (1996). *Green backlash- global subversion of the environmental movement*. London, Routledge.
- Royer, J. Y. (1988). *Le journal de Noé de Barras. Un entrepreneur de transhumance au XV<sup>e</sup> siècle*. Les Alpes de Lumière.
- Rue, O. (1998). *L'aménagement du littoral de Guinée (1945-1995)*. Mémoires de mangroves. Paris, L'Harmattan.
- Ruiz, G. M. et Carlton, J. T. (2003). *Invasive species. Vectors and management strategies*. Washington DC, Island Press.
- Russell, P. (2007). *The Global Brain: The Awakening Earth in a New Century*. Edinburgh, Floris Books.
- Rykiel, E. J. (1985). Toward a definition of ecological disturbance. *Australian Journal of Ecology* **10**: 361-365.
- Sachs, J. D. et Warner, A. M. (2001). The curse of natural resources. *European Economic Review* **45**: 827-838.
- Sadoul, N., Johnson, A. R., Walmsley, J. G. et Levêque, R. (1996). Changes in the numbers and the distribution of colonial charadriiformes breeding in the Camargue, Southern France. *Colonial Waterbirds* **19**: 46-58.
- Saenger, P., Hegerl, E. J. et Davie, J. D. S. (1983). *Global status of mangrove ecosystems. Commission on Ecology Papers No.3*. Gland, IUCN.
- Saint-Quirin (1904). *Les verriers de Languedoc : 1290-1790. Réédition 1985*. Sète, Presses du Languedoc.
- Sala, O. E., Chapin III, F. S., Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L. F., Jackson, R. B. et Kinzig A. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* **287**: 1770-1774.
- Salafsky, N. et Wollenberg, E. (2000). Linking livelihoods and conservation: a conceptual framework and scale for assessing the integration of human needs and biodiversity. *World Development* **28**: 1421-1438.
- Salafsky, N., Margoulis, R., Redford, K. H. et Robinson, J. G. (2002). Improving the Practice of Conservation: a Conceptual Framework and Research Agenda for Conservation Science. *Conservation Biology* **16**: 1469-1479.
- Sanchez-Azofeifa, G.; Pfaff, A.; Robalino, J. et Boomhower, J. (2007). Costa Rica's payment for environmental services program: intention, implementation, and impact. *Conservation Biology* **21**: 1165-1173
- Sanchirico, J. N et Wilen, J. E. (2001). A bioeconomic model of marine reserve creation. *Journal of Environmental Economics and Management* **42**: 257-276.
- Sanchirico, J. N. et Wilen, J. E (1999). Bioeconomics of spatial exploitation in a patchy environment. *Journal of Environmental Economics and Management* **37**: 129-150.
- Sauer, C.O. (1938). Destructive exploitation in Modern Colonial Expansion. *Compte-Rendu du Congrès International de Géographie, Amsterdam* **2**: 494-499.
- Sauer, J. S., Cole, R. A. et Nissen, J. M. (2007). *Finding the exotic faucet snail (Bithynia tentaculata): Investigation of waterbird die-offs on the upper Mississippi River National Wildlife and Fish Refuge*. Washington, DC, US Geological Survey Open-File Report 2007-1065, US Geological Survey.
- Saunders, A. et Norton, D. A. (2001). Ecological restoration at Mainland Islands in New Zealand. *Biological Conservation* **99**: 109-119.
- Sauquet, H., Weston, P. H., Anderson, C. J., Barker, N. P., Cantrill, D. J., Mast, A. R. et Savolainen, V. (2009). Contrasted patterns of hyperdiversification in Mediterranean hotspots. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* **106**: 221-225.
- Saussol, A. (1970). *L'élevage ovin en Languedoc central et oriental (Gard, Hérault et Lozère)*. Thèse Université de Montpellier, Faculté des Lettres et des Sciences humaines.
- Savini, D., Occhipinti-Ambrogi, A., Marchini, A., Tricario, E., Gherardi, F., Olenin, S. et Glolasch, S. (2010). The top 27 animal alien species introduced into Europe for aquaculture and related activities. *Journal of Applied Ichthyology* **26**: 1-7.
- Sax, D.F. et Gaines, S.D. (2008). Species invasions and extinction: The future of native biodiversity on islands. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* **105**: 11490-11497.
- Schaffer, M. L. (1990). Population Viability Analysis. *Conservation Biology* **4**: 39-40.
- Schardt, J. D. (1997). Maintenance control. In: *Strangers in paradise. Impact and management of nonindigenous species in Florida* (ed. D. Simberloff, D. C. Schmitz, and T. C. Brown). Island Press, Washington DC: 229-243.
- Scheffers, B. R., Joppa, L. N., Pimm, S.L. et Laurance, W. F. (2012). What we know and don't know about Earth's missing biodiversity. *Trends in Ecology and Evolution* **1553**: 712-713.
- Schleuter, D., Daufresne, M., Massol, F. et Argillier, C. (2010). A user's guide to functional diversity indices. *Ecological Monographs* **80**: 469-484.
- Schmitz, D. C., Simberloff, D., Hofstetter, R. H., Haller, W. et Sutton, D. (1997). The ecological impact of nonindigenous plants. In: *Strangers in paradise. Impact and management of nonindigenous species in Florida* (ed. D. C. Simberloff, T. Schmitz and T. C. Brown). Island Press, Washington, D.C.: 39-61.
- Schmitz, O. J., Beckerman, A. P. et O'Brien, K. M. (1997). Behaviorally mediated trophic cascades: effects of predation risk on food web interactions. *Ecology*, **78**: 1388-1399.
- Schnitzler, A. et Génot, J.- C. (2012). *La France des friches. De la ruralité à la féralité*. Versailles, Editions Quae.
- Schnitzler, A., Génot, J.-C. et Wintz, M. (2008a). Espaces protégés : de la gestion conservatoire à la non intervention. *Courrier de l'environnement de l'INRA* **56**: 29-44.
- Schnitzler, A., Génot, J.-C., Wintz, M. et Hale, B. W. (2008b). Naturalness



- and conservation in France. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 21: 423-436.
- Schnitzler-Lenoble, A. (2002).** *Ecologie des forêts naturelles d'Europe. Biodiversité, sylvigénèse, valeur patrimoniale des forêts primaires.* Paris, Editions TEC et DOC, Lavoisier.
- Schnitzler-Lenoble, A. (2007).** *Forêts alluviales d'Europe. Ecologie. Biogéographie. Valeur intrinsèque.* Paris, Editions TEC et DOC. Lavoisier.
- Schroeder, H. W. (2007).** Symbolism, Experience and the Value of Wilderness. *International Journal of Wilderness* 13: 13-18.
- Schtickzelle, N. et Baguette, M. (2004).** Metapopulation viability analysis of the bog fritillary butterfly using RAMAS/GIS. *Oikos* 104: 277-290.
- Schtickzelle, N. et Baguette, M. (2009).** Metapopulation viability analysis: a crystal ball for the conservation of endangered butterflies. In: *Ecology of butterflies in Europe* (ed. J. Settele, T. G. Shreeve, M. Konvicka and H. Van Dyck). Cambridge University Press, Cambridge: 339-352.
- Schtickzelle, N., Mennechez, G. et Baguette, M. (2006).** Dispersal depression with habitat fragmentation in the bog fritillary butterfly. *Ecology* 87: 1057-1065.
- Schtickzelle, N., Turlure, C. et Baguette, M. (2007).** Grazing management impacts on the viability of the threatened bog fritillary butterfly *Proclissiana eunomia*. *Biological Conservation* 136: 651-660.
- Schubert, C. (2011).** Making fuels for the future. *Nature* 474: 531-533.
- Schulz, C. E. et Skonhofs, A. (1996).** Wildlife management, land-use and conflicts. *Environment and Development Economics* 1: 265-280.
- Schumacher, J. et Roscher, C. (2009).** Differential effects of functional traits on aboveground biomass in semi-natural grasslands. *Oikos* 118: 1659-1668.
- Schweiger, O., Musche, M., Bailey, D., Billeter, R., Diekötter, T., Hendrickx, F., Herzog, F., Liira, J., Maelfait, J. P., Speelmanns, M. et Dziöck, F. (2007).** Functional richness of local hoverfly communities (Diptera, Syrphidae) in response to land use across temperate Europe. *Oikos* 116: 461-472.
- Schweitzer, A. (1976).** *La civilisation et l'éthique.* Paris, Alsatia.
- Sclafert, Th. (1959).** *Cultures en Haute provence. Déboisements et pâturages au Moyen-Age.* Paris, S.E.V.P.E.N.
- Scott, M. J., Davis, F., Cusuti, B., Noss, R., Butterfield, B., Groves, C., Anderson, H., Caicco, S., D'Erchia, F., Edwards, T. C., Ulliman, J. et Wright, R. G. (1993).** Gap Analysis a geographic approach to protection of biological diversity. *Wildlife Monographs* 123: 1-141.
- Scurlock, J. M. O., Johnson, K. et Olson, R. J. (2002).** Estimating net primary productivity from grassland biomass dynamics measurements. *Global Change Biology* 8: 736-753.
- Seppelt, R., Dormann, C. F., Eppink, F. V., Lautenbach, S. et Schmidt, S. (2011).** A quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings and the road ahead. *Journal of Applied Ecology* 48: 630-636.
- SER (2004).** *The SER International Primer on Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration International Science et Policy Working Group.* <http://www.ser.org/resources/resources-detail-view/ser-international-primer-on-ecological-restoration>
- Sertillanges, A. G. (1945).** *L'idée de création et ses retentissements en philosophie.* Paris, Aubier.
- Shapiro, E. C. (1996).** *Fad Surfing in the Boardroom- reclaiming the courage to manage in the age of instant answers.* Oxford, Capstone.
- Sheriff, A. (1987).** *Slaves, Spices et Ivory in Zanzibar, Eastern African Studies. James Currey (Oxford), EAEP (Nairobi), Mkuki na Nyota (Dar Es Salaam).* Athens, University Press.
- Shogren, J. F., Parkhurst, G. M. et Settle, C. (2003).** Integrating economics and ecology to protect nature on private lands: models, methods and mindsets. *Environmental Science and Policy* 6: 233-242.
- Shrader-Frechette, K. S. (2002).** *Environmental Justice- Creating Equality, Reclaiming Democracy.* Oxford, Oxford University Press.
- Siipi, H. (2004).** Naturalness in biological conservation. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 17: 457-477.
- Silhol, A., Bataille, J. F., Dureau, R., Garde, L. et Niez, T. (2007).** Evaluation du schéma de protection des troupeaux en alpage : coût, travail, impact territorial. In: *Loup- Elevage : s'ouvrir à la complexité.* Actes du séminaire d'Aix-en-Provence, 15-16 juin 2006: 166-179.
- Silvain, J. F., Le Roux, X., Babin, D., Barbault, R., Bodo, B., Boude, J. P., Boudry, P., Bourgoïn, T., Boyen, C., Cormier-Salem, M. C., Courchamp, F., Couvet, D., David, B., Delay, B., Doussan, I., Jaskulke, E., Lavorel, S., Leadley, P., Lefèvre, H., Leriche, H., Letourneux, F., Los, W., Mesléard, F., Morand, S., Schmidt-Lainé, C., Siclet, F. et Verrier, E. (2009).** *Prospective pour la recherche française en biodiversité.* Paris, Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité.
- Simberloff, D. (1978).** Using island biogeographic distribution to determine if colonization is stochastic. *American Naturalist* 112: 713-726.
- Simberloff, D. (1983).** When is an island community in equilibrium? *Science* 220: 1275-1277.
- Simberloff, D. (2001).** Eradication of island invasives: practical actions and results achieved. *Trends in Ecology and Evolution* 16: 273-274.
- Simberloff, D. (2006).** Invasional meltdown: six years later- Important phenomenon, unfortunate metaphor, or both? *Ecology Letters* 9: 912-919.
- Simberloff, D. et Von Holle, B. (1999).** Positive interactions of nonindigenous species: invasional meltdown? *Biological Invasions* 1: 21-32.
- Simberloff, D., Martin, J.-L. et Genovesi, P., Maris, V., Wardle, D. A., Aronson, J., Courchamp, F., Galil, B., Garcia-Berthou, E., Pascal, M., Pyšek, P., Sousa, R., Tabacchi, E. et Vilà, M. (2013).** Impacts of biological invasions- what's what and the way forward. *Trends in Ecology and Evolution* 28: 58-66.
- Sims, C. et Finnoff, D. (2013).** When is a "wait and see" approach to invasive species justified?. *Resource and Energy Economics* 35: 235-255.
- Singer, P. (1975).** *Animal Liberation.* St. Albans, Paladin.
- Singer, P. (1997).** *Questions d'éthique pratique.* Paris, Bayard
- Sinner, K. F. (2010).** Un espace forestier sans exploitation ni chasse sur 25 000 ha en Europe. In: *Biodiversité, naturalité, humanité. Pour inspirer la gestion des forêts.* (ed. D. Vallauri,

- J. André, J.-C. Génot, J.-P. De Palma, and R. Eynard-Machet). Editions TEC et DOC. Lavoisier, Paris: 403-414.
- Sion, J. (1941).** *La France méditerranéenne*. Paris, Armand Colin.
- Sirami, C., Brotons, L., Burfield, I., Fonderflick, J. et Martin, J. L. (2008).** Is land abandonment having an impact on biodiversity? A meta-analytical approach to bird distribution changes in the north-western Mediterranean. *Biological Conservation*, **141**: 450-459.
- Smith, M. D. et Wilen, J. E. (2003).** Economic impacts of marine reserves: the importance of spatial behavior. *Journal of Environmental Economics and Management* **46**: 183-206.
- Smouts, M.C. (2001).** *Forêts tropicales, jungle internationale. Les revers d'une écopolitique mondiale*. Paris, Presse de la Fondation Nationale des Sciences Politiques.
- Snow, D. W. (1971).** Evolutionary aspects of fruit-eating by birds. *Ibis* **113**: 194-202.
- Snow, D. W. (1976).** *The Web of Adaptation*. London, Collins.
- Solow, A., Polasky, S. et Broadus, J. (1993).** On the measurement of biological diversity. *Journal of Environmental Economics and Management* **24**: 60-68.
- Sommerville, M., Jones, J. P. G., Rahajaharison, M. et Milner-Gulland, E. J. (2010).** The role of fairness and benefit distribution in community-based Payment for Environmental Services interventions: A case study from Menabe, Madagascar. *Ecological Economics* **69**: 1262-1271.
- Sork, V. L. et Waits, L. (2010).** Contributions of landscape genetics approaches, insights, and future potential. *Molecular Ecology* **19**: 3489-3495.
- Sorre, M. et Sion, J. (1934).** *Méditerranée. Péninsules méditerranéennes*. Paris, Armand Colin.
- Soulé, M. E. (1980).** Thresholds for survival: criteria for maintenance of fitness and evolutionary potential. In: *Conservation Biology: an evolutionary-ecological perspective* (ed. M. E. Soulé and B. A. Wilcox). Sinauer Associates, Sunderland: 151-170.
- Soulé, M. E. (1985).** What is conservation biology? *BioScience* **35**: 727-734.
- Soulé, M. E. (1986).** *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sunderland, Sinauer Associates.
- Soulé, M. E. et Terborgh, J. (1999).** *Continental conservation: scientific foundations of regional reserve networks*. Washington DC, Island Press.
- Soulié, J.-C et Thébaud O. (2006).** Modeling fleet response in regulated fisheries: An agent-based approach. *Mathematical and Computer Modelling* **44**: 553-554.
- Spear, S. F., Balkenhol, N., Fortin, M. J., McRae, B. H. et Scribner, K. (2010).** Use of resistance surfaces for landscape genetic studies: considerations for parameterization and analysis. *Molecular Ecology* **19**: 3576-3591.
- Speelman, E. N et García-Barrios, L. E. (2010).** Agrodiversity v.2: An educational simulation tool to address some challenges for sustaining functional agrodiversity in agro-ecosystems. *Ecological Modelling* **221**: 911-918.
- Spencer, C. N., McClelland, B. R. et Stanford, J. A. (1991).** Shrimp stocking, salmon collapse, and eagle displacement. *BioScience* **41**: 14-21.
- Spergel, B. et Taïeb, P. (2008).** *Rapid Review of Conservation Trust Funds*. Conservation Finance Alliance Working Group on Environmental Funds American and Caribbean Network of Environmental Funds, 2011. www.conservationfinance.org
- Stanciu, E. (2008).** Wilderness and Wildlands in Romanian Carpathians. *International Journal of wilderness* **14**: 37-42.
- Steadman, D. W. (2006).** *Extinction and Biogeography of Tropical Pacific Birds*. Chicago, University of Chicago Press.
- Stebbins, G. L. (1970).** Adaptive radiation of reproductive characteristics in angiosperms. I. Pollination mechanisms. *Annual Review of Ecology and Systematics* **1**: 307-326.
- Steed, B. (2007).** Government payments for ecosystem services—Lessons from Costa Rica. *Journal of Land Use and Environmental Law* **23**: 177.
- Steffan-Dewenter, I. (2003).** Seed set of male-sterile and male-fertile oilseed rape (*Brassica napus*) in relation to pollinator density. *Apidologie* **34**: 227-235.
- Sterner, T. (2002).** *Policy Instruments for Environmental and Natural Resources Management*. Washington, Resources for the Future.
- Stevens, V. M. et Baguette, M. (2008).** Importance of Habitat Quality and Landscape Connectivity for the Persistence of Endangered Natterjack Toads. *Conservation Biology* **22**: 1194-1204.
- Stevens, V. M., Pavoine, S. et Baguette, M. (2010b).** Variation within and between closely related species uncovers high intra-specific variability in dispersal. *PLoS One* **5**, e11123.
- Stevens, V. M., Trochet, A., Blanchet, S., Moulherat, S., Clobert, J. et Baguette, M. (2013).** Dispersal syndromes and the use of life-histories to predict dispersal. *Evolutionary Applications* **6**: 630-642.
- Stevens, V. M., Trochet, A., Van Dyck, H., Clobert, J. et Baguette, M. (2012).** How is dispersal integrated in life histories: a quantitative analysis with butterflies. *Ecology Letters* **15**: 74-86.
- Stevens, V. M., Turlure, C. et Baguette, M. (2010a).** A meta-analysis of dispersal in butterflies. *Biological Reviews* **85**: 625-642.
- Stobbeaer, J. D., Groot, J. C. J., Bishop, C., Hall, J. et Pretty, J. (2009).** Internalization of agri-environmental policies and the role of institutions. *Journal of Environmental Management* **90**: 175-184.
- Stockton, S. A., Allombert, S., Gaston, A. J. et Martin, J. L. (2005).** A natural experiment on the effects of high deer densities on the native flora of coastal temperate rain forests. *Biological Conservation* **126**: 118-128.
- Stolzenburg, W. (2008).** *Where the wild things were: life, death, and Ecological wreckage in a land of vanishing predators*. Bloomsbury.
- Stone, C. D. (2004).** Common but differentiated responsibilities in international law. *The American Journal of International Law* **98**: 276-301.
- Stone, C. P. (1985).** Alien animals in Hawaii's native ecosystems: toward controlling the adverse effects of introduced vertebrates. In: *Hawaii's terrestrial ecosystems: Preservation and management*. (ed. C. P. Stone and J. M. Scott). University of Hawaii, Honolulu: 251-297.
- Stone, C. P. et Taylor, D. D. (1984).** Status of feral pig management and research in Hawaii Volcanoes National Park. *Proceedings of the*

- Hawaii Volcanoes, National Park Science Conference 5*: 106-117.
- Stoneham, G., Chaudhri, V., Ha, A. et Strappazon L. (2003).** Auctions for conservation contracts: an empirical examination of Victoria's BushTender trial. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics 47*: 477-500.
- Storaas, T., Kastdalen, L. et Wegge, P. (2001).** Forest fragmentation increases brood mortality of grouse by mammalian predators. *Suomen Riista 47*: 86-93.
- Storch, I. (1993).** Habitat requirements of capercaillie. In: *Proceedings of the International Grouse Symposium*. Udine: 151-154.
- Storch, I., Woitke, E. et Krieger, S. (2005).** Landscape-scale edge effect in predation risk in forest-farmland mosaics of central Europe. *Landscape Ecology 20*: 927-940.
- Storfer, A., Murphy, M. A., Spear, S. F., Holderegger, R. et Waits, L. P. (2010).** Landscape genetics: where are we now? *Molecular Ecology 19*: 3496-3514.
- Stracey, C. M. et Pimm, S. L. (2009).** Testing island biogeography theory with visitation rates of birds to British islands. *Journal of Biogeography 36*: 1532-1539.
- Strong, D. R. (1992).** Are trophic cascades all wet? Differentiation and donor-control in speciose ecosystems. *Ecology 73*: 747-754.
- Suorsa, P., Huhta, E., Nikula, A., Nikinmaa, M., Jäntti, A., Helle, H. et Hakkarainen, H. (2003).** Forest management is associated with physiological stress in an old-growth forest passerine. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences 270*: 963-969.
- Surell, A. (1841).** *Etude sur les torrents des hautes Alpes*. Paris, Carilian-Goëury et Dalmont.
- Sutherland, W. J. and Woodroof, H. J. (2009).** The need for environmental horizon scanning. *Trends in Ecology and Evolution 24*: 523-527.
- Sutherland, W. J. et al. (2013).** A horizon scan of global conservation issues for 2013. *Trends in Ecology and Evolution 28*: in press.
- Sutherland, W. J., Bardsley, S., Bennum, L., Clout, M., Côté, I. M., Depledge, M. H., Dicks, L. V., Dobson, A. P., Fellman, L., Fleishman, E., Gibbons, D. W., Impey, A. J., Lawton, J. H., Lickorish, F., Lindenmayer, D. B., Lovejoy, T. E., Mac Nally, R., Madgwick, J., Peck, L. S., Pretty, J., Prior, S. V., Redford, K. H., Scharleman, J. P. W., Spalding, M. et Watkinson, A. R. (2011).** Horizon scan of global conservation issues for 2011. *Trends in Ecology and Evolution 26*: 10-16.
- Sutherland, W. J., Pullin, A. S., Dolman, P. M. et Knight, T. M. (2004).** The need for evidence-based conservation. *Trends in Ecology and Evolution 19*: 305-308.
- Suzuki, N. et Matsumoto, K. (1992).** Lifetime Mating Success of Males in a Natural-Population of the Papilionid Butterfly, *Atrophaneura-Alcinous (Lepidoptera, Papilionidae)*. *Researches on Population Ecology 34*: 397-407.
- Svenning, J.-C. (2002).** A view of natural vegetation openness in North-Western Europe. *Biological Conservation 104*: 133-148.
- Svenning, J.-C. et Skov, F. (2007).** Ice age legacies in the geographical distribution of tree species richness in Europe. *Global Ecology and Biogeography 16*: 234-245.
- Swanson, T. (1997).** *Global action for biodiversity: an international framework for implementing the convention on biological diversity*. London, Earthscan Publications Ltd.
- Swanson, T. et Göschl, T. (2000).** Property rights issues involving plant genetic resources: implications of ownership for economic efficiency. *Ecological Economics 32*: 75-92.
- Swanson, T. M. (1994).** The economics of extinction revisited and revised: A generalized framework for the analysis of the problems of endangered species and biodiversity losses. *Oxford Economic Papers 46*: 800-821.
- Taberlet, P., Zimmermann, N. E., Englisch, T., Tribsch, A., Holderegger, R., Alvarez, N. And Tablado, Z., Tella, J. L., Sánchez-Zapata, J. et Hiraldo, F. (2010).** The paradox of the long-term positive effects of a North American crayfish on a European community of predators. *Conservation Biology 24*: 1230-1238
- Tamisier, A. et Dehorter, O. (1999).** *Camargue, canards et foulques*. Nîmes, Centre Ornithologique du Gard.
- Tansley, A. G. (1935).** The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology 16*: 284-307.
- Taravella, R. (2008).** *La frontière pionnière amazonienne aujourd'hui : projet socio-environnemental de conservation forestière contre dynamique pastorale de déforestation*. Thèse de doctorat, Paris, AgroParisTech-ENGREF.
- Taubes, G. (2008).** The bacteria fight back. *Science 321*: 356-361.
- Taylor, B. (2005).** *Encyclopedia of Religion and Nature*. London, Bloomsbury Continuum.
- Taylor, M. E. et Morecroft, M. D. (2009).** Effects of agri-environment schemes in a long-term ecological time series. *Agriculture, Ecosystems and Environment 130*: 9-15.
- Taylor, P. (1986).** *Respect for Nature*. Princeton, Princeton University Press.
- TEEB (2010).** *The Economics of Ecosystems and Biodiversity*. London, TEEB Ecological and Economic Foundations, Earthscan. <http://www.teebweb.org/>
- Teplitsky, C., Mills, J. A., Alho, J. S., Yarrall, J. W. et Merila, J. (2008).** Bergmann's rule and climate change revisited: Disentangling environmental and genetic responses in a wild bird population. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 105*: 13492-13496.
- Theys, J. et Kalaora, B. (1992).** *La terre outragée. Les experts sont formels*. Paris, Editions Autrement.
- Thiel, D., Jenni-Eiermann, S., Braunsch, V., Palme, R. et Jenni, L. (2008).** Ski tourism affects habitat use and evokes a physiological stress response in capercaillie Tetrao urogallus: a new methodological approach. *Journal of Applied Ecology 45*: 845-853.
- Thiel, D., Ménoni, E., Brenot, J. F. et Jenni, L. (2007).** Effects of recreation and hunting on flushing distance of capercaillie. *Journal of Wildlife Management 71*: 1784-1792.
- Thiele, J. C. et Grimm, V. (2010).** NetLogo meets R: Linking agent-based models with a toolbox for their analysis. *Environmental Modeling and Software 25*: 972-974.
- Thirgood, J. V. (1981).** *Man and the Mediterranean forest: a history of resource depletion*. London, Academic Press.
- Thomas, F., Poulin, R., de Meeüs, T., Guégan, J.-F. et Renaud, F. (1999).** Parasites and ecosystem engineering:



- what roles could they play ? *Oikos* **84**: 167-171.
- Thomas, F., Renaud, F., De Meeûs, T. et Poulin, R. (1998).** Manipulation of host behaviour by parasites : ecosystem engineering in the intertidal zone ? *Proceeding of the Royal Society of London (B)* **265**: 1091-1096.
- Thomas, W. L. (1956).** *Man's Role in Changing the Face of the Earth*. Chicago, The University of Chicago Press.
- Thompson, H. V et King, C. M. (1994).** *The European rabbit. The history and ecology of a successful colonizer*. Oxford, Oxford University Press.
- Thompson, J. D. (1991).** The biology of an invasive plant: What makes *Spartina anglica* so successful? *BioScience* **41**: 393-401.
- Thompson, J. D., Mathevet, R., Delanoë, O., Gil-Fourrier, C., Bonnin, M. et Cheylan, M. (2011).** Ecological solidarity as a conceptual tool for rethinking ecological and social interdependence in conservation policy for protected areas and their surrounding landscape. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Biologies* **334**: 412-419.
- Thompson, J., Cheylan, M. et Delanoë, O. (2009).** Des fondements scientifiques pour le concept de solidarité écologique. In : *Approfondissement du concept de solidarité écologique*. (ed. INEA). Montpellier: 81-140.
- Thoreau, H. D. (2001).** *Journal 1837-1861*. Paris, Collection Denoël et d'ailleurs, Denoël.
- Thoyer, S. et Said, S., (2007).** Mesures agri environnementales : quels mécanismes d'allocation ? In *Conservation de la biodiversité et Politique Agricole Commune : des mesures agri environnementales à la conditionnalité*. (ed. I. Doussan and J. Dubois). La Documentation Française, Paris: 121-150.
- Tilman, D. (1997).** Distinguishing between the effects of species diversity and species composition. *Oikos* **80**: 185.
- Tilman, D., May, R. M., Lehman, C. L. et Nowak, M. A. (1994).** Habitat destruction and the extinction debt. *Nature* **371**: 65-66.
- Topping, C. J., Hansen, T. S., Jensen, T. S., Jepsen, J. U., Nikolajsen, F. et Odderskær, P. (2003).** ALMaSS, an agent-based model for animals in temperate European landscapes. *Ecological Modelling* **167**: 65-82.
- Torchin, M. E., Lafferty, K. D. et Kuris, A. M. (2002).** Parasite and marine invasions. *Parasitology* **124**: S137-S151.
- Tourenq, C. Aulagnier, S., Durieux, L., Lek, S., Mesléard, F., Johnson, A. et Martin, J.-L. (2001).** Identifying rice fields at risk from damage by the greater flamingo. *Journal of Applied Ecology* **38**: 170-179.
- Tourenq, C., Aulagnier, S., Mesléard, F., Durieux, L., Johnson, A., Gonzalez, G. et Lek, S. (1999).** Use of artificial neural Networks for predicting rice crop damages by greater flamingos in the Camargue, France. In: *Applications of artificial neural networks to ecological modelling*. (ed. S. Lek and J. F. Guegan J. F.). *Ecological Modelling* **120**: 349-358.
- Towns, D. R., de Lange, P. et Clout, M. N. (2011).** New Zealand: invasions. In: *Encyclopedia of biological invasions*, (ed. D. Simberloff and M. Rejmánek). University of California Press, Berkeley: 475-484.
- Trabaud, L. (1967).** Aperçu sur les réserves biologiques du littoral Languedoc-Roussillon. *Courrier de la Nature* n° spec.: 101-104.
- Tran, T. (2006).** Les perturbations anthropiques contemporaines dans les mangroves du Sud Viêt-Nam. Entre nature, civilisations et histoire. Approche par modélisation et analyse spatiales. Paris, Doctorat de l'université Paris IV-Sorbonne.
- Travier, D. (2006).** Que sait-on de l'histoire de la châtaigneraie cévenole ? In: *Le renouveau de la châtaigneraie cévenole* (ed. J.-P. Chassany and C. Crosnier. Parc National des Cévennes, Florac: 23-31.
- Travis, J. M. J. (2003).** Climate change and habitat destruction: a deadly anthropogenic cocktail. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* **270**: 467-473.
- Tricario, E., Vilizzi, L., Gherardi, F. et Copp, G. H. (2010).** Calibration of FI-ISK, an invasiveness screening tool for non-native freshwater invertebrates. *Risk Analysis* **30**: 285-292.
- Tschinkel, W. R. (2006).** *The fire ants*. Cambridge, Harvard University Press.
- Tschirhart, J. (2009).** Integrated ecological-economic models. *Annual Review of Resource Economics* **1**: 381-407.
- Tudez, M. (1934).** *Le développement de la vigne dans la région de Montpellier du XVII<sup>e</sup> à nos jours*. Thèse Faculté de droit Université de Montpellier.
- Turcek, F. J. (1961).** *Okologické Beziehungen der vogel und Geholtze*. Bratislava.
- Turcek, F. J. et Kelso, L. (1968).** Ecological aspects of food transportation and storage in the Corvidae. *Communications in Behavioural Ecology* **1**: 277-297.
- Turner, R. K., Van Den Bergh, J. C., Söderqvist, T., Barendregt, van der Straaten, A. J., Maltby, E. et van Ierland, E. C. (2000).** Ecological-economic analysis of wetlands: scientific integration for management and policy. *Ecological Economics* **35**: 7-23.
- UICN (1980).** *Stratégie mondiale de la conservation - la conservation des ressources vivantes au service du développement durable*. Gland, UICN-PNUE-WWF.
- Valdeyron, G. (2000).** *Charles Flahault, ou le jardinier du Jardin de Dieu*. Camprieu, Maison du bois.
- Vallauri, D. (1998).** Relecture par un écologue des principaux écrits sur la restauration d'espaces érodés dans les Alpes du Sud (1797-1994). *Revue forestière française* **50**: 367-378.
- Vallauri, D. (2007a).** A propos du mot naturalité. *Naturalité. La Lettre de Forêts Sauvages* **2**: 2.
- Vallauri, D. (2007b).** *Biodiversité, naturalité, humanité. Application à l'évaluation des forêts et de la qualité de la gestion*. Paris, Rapport scientifique WWF.
- Vallauri, D. et Baret, J. (2008).** Naturalité et biodiversité à Païolive. *Cahiers de Païolive* **1**: 11-18.
- Vallauri, D., André, J., Dodelin, B., Eynard-Machet, R. et Rambaud, D. (2005).** *Bois mort et à cavités. Une clé pour des forêts vivantes*. Paris, Tec et Doc Lavoisier.
- Vallauri, D., André, J., Génot, J. C., De Palma, J. P. et Eynard-Machet, R. (2010).** *Biodiversité, naturalité, humanité - Pour inspirer la gestion des forêts*. Paris, Tec et Doc Lavoisier.
- Vallender, R., Robertson, R. J., Friesen, V. L. et Lovette, I. J. (2007).** Complex hybridization dynamics between golden-winged and blue-winged warblers (*Vermivora chrysoptera* and *Vermivora pinus*) revealed by AFLP,



- microsatellite, intron and mtDNA markers. *Molecular Ecology* **16**: 2017-2029.
- Vamosi, J. C., Knight, K. M., Steets, J. A., Mazer, S. J., Burd, M. et Ashman, T. I. (2006).** Pollination decays in biodiversity hotspots. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* **103**: 956-961.
- Van der Horst, D. (2007).** Assessing the efficiency gains of improved spatial targeting of policy interventions: the example of an agri-environmental scheme. *Journal of Environmental Management* **85**: 1076-1087.
- Van der Pijl, L. (1972).** *Principles of dispersal in higher plants*. Berlin, Springer.
- Van Dyck, H. et Bagogue, M. (2005).** Dispersal behaviour in fragmented landscapes: Routine or special movements? *Basic and Applied Ecology* **9**: 535-545.
- Van Kooten, G. C. et Bulte, E. H. (2000).** *The economics of nature: managing biological assets*. Oxford, Blackwell.
- Van Riper, C., van Riper, S. G. et Hansen, W. R. (2002).** Epizootiology and effect of avian pox on Hawaiian forest birds. *The Auk* **119**: 929-942.
- Van Riper, C., van Riper, S. G., Goff, M. L. et Laird, M. (1986).** The epizootiology and ecological significance of malaria in Hawaiian land birds. *Ecological Monographs* **56**: 327-344.
- Van Valen, L. M. (1973).** A new evolutionary law. *Evolutionary Theory* **1**: 1-30.
- Van Valen, L.M. (1973).** Pattern and the balance of nature. *Evolutionary Theory* **1**: 31-49.
- Van Vliet, N., Milner-Gulland, E. J., Bousquet, F., Saqalli, M. et Nasi, R. (2010).** Effect of small-scale heterogeneity of prey and hunter distributions on the sustainability of bushmeat hunting. *Conservation Biology* **24**: 1327-1337.
- Vatn, A., (2010).** An institutional analysis of payments for environmental services. *Ecological Economics* **69**: 1245-1252.
- Veitch, C. R. et Clout, M. (2002).** *Turning the Tide: The Eradication of Invasive Species*. Gland, IUCN.
- Veitch, C. R., Clout, M. N. et Towns, D. R. (2011).** Island Invasives: Eradication and Management. *Proceedings of the International Conference on Island Invasives*. Gland, IUCN.
- Véla, E. et Benhouhou, S. (2007).** Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *Comptes-Rendus Biologies* **330**: 589-605.
- Vellend, M. et Geber, M. A. (2005).** Connections between species diversity and genetic diversity. *Ecology Letters* **8**: 767-781.
- Vernet, J.-L. et Thiébaud, S. (1987).** An approach of northwestern Mediterranean recent prehistoric vegetation and ecological implications. *Journal of Biogeography* **14**: 117-127.
- Veyret, Y. (2007).** *Dictionnaire de l'environnement*. Paris, Colin.
- Vidal de la Blache, P. (1886).** Des rapports entre les populations européennes et le climat sur les bords européens de la méditerranée. *Revue de Géographie* **10**: 401-419.
- Vidal de la Blache, P. (1922).** *Principes de géographie humaine*. Paris, Armand Colin, Paris
- Vila, B., Guibal, F., Torre, F. et Martin, J. L. (2004a).** Can we reconstruct browsing history and how far back? Lessons from *Vaccinium parvifolium* Smith in Rees. *Forest Ecology and Management* **201**: 171-185.
- Vila, B., Guibal, F., Torre, F. et Martin, J. L. (2004b).** Assessing spatial variation in browsing history by means of fraying scars. *Journal of Biogeography* **31**: 987-995.
- Vimal, R., Mathevet, R. et Thompson, J. D. (2012).** The changing landscape of ecological networks. *Journal of Nature Conservation* **20**: 49-55
- Vincenzi, S., Crivelli, A. J., Giske, J., Satterthwaite, W. H. et Mangel, M. (2012a).** Selective consequences of catastrophes on growth rates in a stream-dwelling salmonid. *Oecologia* **168**: 393-404.
- Vincenzi, S., Crivelli, A. J., Jesensek, D. et De Leo, G. (2012b).** Translocation of stream-dwelling salmonid in headwaters: insights from a 15-year reintroduction experience. *Review in Fish Biology and Fisheries* **22**: 437-455.
- Violle, C., Navas, M. -L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I. et Garnier, E. (2007).** Let the concept of trait be functional! *Oikos* **116**: 882-892.
- Visser, M E. (2008).** Keeping up with a warming world; assessing the rate of adaptation to climate change. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* **275**: 649-659.
- Visser, M. E., Both, C., Lambrechts, M. M. (2004).** Global climate change leads to mistimed avian reproduction. *Advances in Ecological Research* **35**: 89-110.
- Vitousek, P. (1986).** Biological invasions and ecosystem properties: can species make a difference? In: *Ecology of biological invasions of North America and Hawaii* (ed. H. A. Mooney and J. A. Drake). New York, Springer.
- Vitousek, P. M. (1992).** Global environmental change: an introduction. *Annual Review of Ecology and Systematics* **23**: 1-14.
- Vitousek, P. M. (1994).** Beyond global warming: ecology and global change. *Ecology* **75**: 1861-1876.
- Vitousek, P. M., Loope, L. et Adersen, H. (1995).** *Islands: biological diversity and ecosystem function. Ecological Studies*. Berlin, Springer.
- Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J. et Melillo, J. M. (1997).** Human domination on earth's ecosystems. *Science* **277**: 494-499.
- Vittecoq, M., Grandhomme, V., Champagnon, J., Guillemain, M., Crescenzo-Chaigne, B., Renaud, F., Thomas, F., Gauthier-Clerc, M. et van der Werf, S. (2012).** High Influenza A virus infection rates in Mallards bred for hunting in the Camargue, South of France. *PLoS One* **7**(8): e43974
- Vittecoq, M., Thomas, F., Jourdain, E., Moutou, F., Renaud, F. et Gauthier-Clerc, M. (2012).** Risks of emerging infectious diseases: evolving threats in a changing area, the Mediterranean basin. *Transboundary and Emerging Diseases*. doi: 10.1111/tbed.12012.
- Vivrette, N. J. et Muller, C. H. (1977).** Mechanism of Invasion and Dominance of Coastal Grassland by *Mesembryanthemum crystallinum*. *Ecological Monographs* **47**: 301-318.
- Vourc'h, G., Martin, J. L., Duncan, P., Escarré, J. et Clausen, T. (2001).** Defensive adaptations of *Thuja plicata* to ungulate browsing: a comparative study between mainland and island populations. *Oecologia* **126**: 84-93.
- Wake, D. (1991).** Declining amphibian populations. *Science* **253**: 860.

- Wakefield, S., Knowles, J., Zimmermann, W. et van Dierendonck, M. (2002). Status and action plan for the Przewalski's horse (*Equus ferus przewalskii*). In: *Equids: Zebras, Asses and Horses*. (ed. P.D. Moehlman). IUCN Publication Services Unit, Cambridge: 82-92.
- Walker, L. R. et del Moral, R. (2003). *Primary succession and ecosystem rehabilitation*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Walker, L. R., Walker, J. et Hobbs, R. (2007). *Linking restoration and ecological succession*. Berlin, Springer.
- Wallace A. R. (1902). *Island life* (3rd edn). London, Macmillan Press.
- Wallace, A. R. (1863). On the physical geography of the Malay Archipelago. *Journal of the Royal Geographical Society* 33: 217-234.
- Wallace, A. R. (1880). *Island life, or the phenomena and causes of insular faunas and floras, including a revision and attempted solution of the problem of geological climates*. London, Macmillan Press.
- Wallenberger, M. (2010). *Rapport d'analyse de cas : Flamants-Rizières. Partie 1. Dossier de synthèse*. Paris, IDDRI-Sciences Po.
- Walter, H. S. (2004). The mismeasure of islands: implications for biogeographical theory and the conservation of nature. *Journal of Biogeography* 31: 177-197.
- Watts, C., Stringer, I., Sherley, G., Gibbs, G. et Green, C. (2008). History of weta (*Orthoptera: Anostomatidae*) translocation in New Zealand: lessons learned, islands as sanctuaries and the future. *Journal of Insect Conservation* 12: 359-370.
- Wätzold F. et Schwerdtner, K. (2005). Why be wasteful when preserving a valuable resource? A review article on the cost-effectiveness of European conservation policy. *Biological Conservation* 123: 327-338.
- Wätzold, F. et Drechsler, M. (2005). Spatially uniform versus spatially differentiated compensation payments for biodiversity-enhancing land-use measures. *Environmental and Resource Economics* 31: 73-93.
- Wätzold, F., Drechsler, M., Armstrong, C. W., Baumgärtner, S., Grimm, V., Huth, A., Perrings, C., Possingham, H. P., Shogren, J. F., Skonhofs, A., Verboom-Vasiljev, J. et Wissel, C. (2006). Ecological-economic modeling for biodiversity management: potential, pitfalls, and prospects. *Conservation Biology* 20: 1034-1041.
- Wätzold, F., Drechsler, M., Grimm V. et Myśliak, J. (2005). Ecological-economic models for improving the cost-effectiveness of biodiversity conservation policies. *Applied Research in Environmental Economics, ZEW Economic Studies* 31: 95-113.
- Wätzold, F., Lienhoop, N., Drechsler, M. et Settele, J. (2008). Estimating optimal conservation in the context of agri-environmental schemes. *Ecological Economics* 68: 295-305.
- Weber, J. L. (2007). Implementation of land and ecosystem accounts at the European Environment Agency. *Ecological Economics* 61: 695-707.
- Weber, J. (1995). *Gestion des ressources renouvelables: fondements théoriques d'un programme de recherche*. Paris, CIRAD-Gerdat-Green.
- Wegge, P., Vesteras, T. et Rolstad, E. (2010). Does timing of breeding and subsequent hatching in boreal forest grouse match the phenology of insect food for the chicks? *Annales Zoologici Fennici* 47: 251-260.
- Weikard, H. P. (2002). Diversity functions and the value of biodiversity. *Land Economics* 78: 20-27.
- Weiss, G. (1999). *Multiagent Systems : a Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. Cambridge, the MIT Press.
- Weiss, S. et Ferrand, N. (2007). *Phylogeography of southern European refugia. Evolutionary perspectives on the origins and conservation of European biodiversity*. Berlin, Springer.
- Weitzman, M. L. (1992). On diversity. *Quarterly Journal of Economics* 107: 363-405.
- Weitzman, M. L. (1998). The Noah's Ark problem. *Econometrica* 66: 1279-1298.
- Wells, M., Guggenheim, S., Khan, A., Wardojo, W. et Jepson, P. (1999). *Investing in biodiversity: a review of Indonesia's Integrated Conservation and Development Projects*. Washington D.C., the World Bank.
- Westman, W. (1977). How much are nature's services worth? *Science* 197: 960.
- Westrich, P. (1989). *Die Wildbienen Baden-Württembergs*. Stuttgart, Ulmer.
- White, L. (1967). The Historical Roots of Our Ecologic Crisis. *Science* 155: 1203-1207.
- Whitnant, S. G. (1999). *Repairing damaged wildlands: a process-oriented, landscape-scale approach*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Whittaker R. J. et Fernández-Palacios J. M. (2007). *Island biogeography: ecology, evolution and conservation*. Oxford, Oxford University Press.
- Whittaker, R. J., Triantis, K. A. et Ladle, R. J. (2008). A general dynamic theory of oceanic island biogeography. *Journal of Biogeography* 35: 977-994.
- Whittaker, R. J., Araújo, M. B., Jepson, P., Ladle, R. J., Watson, J. E. M. et Willis, K. J. (2005). Conservation biogeography: assessment and prospect. *Diversity and Distributions* 11: 3-23.
- Wikelski, M. et Cooke, S. J. (2006). Conservation physiology. *Trends in Ecology and Evolution* 21: 38-46.
- Wilenski, U. (1999). *NetLogo. Center for Connected Learning and Computer-Based Modelling*, <http://ccl.northwestern.edu/netlogo>. Evanston, Northwestern University.
- Williamson, M. (1996). *Biological invasions*. London, Chapman and Hall
- Willig, M. R., Kaufman, D. M. et Stevens, R. D. (2003). Latitudinal gradients of biodiversity: pattern, process, scale, and synthesis. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34: 273-309.
- Willmer, P. G. et Stone, G. N. (2004). Behavioral, ecological and physiological determinants of the activity patterns of bees. *Advances in the Study of Behavior* 34: 347-466.
- Wilson, A. J., Pemberton, J. M., Pilkington, J. G., Coltman, D. W., Mifsud, D. V., Clutton-Brock, T. H. et Kruuk, L. E. B. (2006). Environmental coupling of selection and heritability limits evolution. *PLoS Biology* 4: 1270-1275.
- Wilson, E. O. et Peter, F. M. (1988). *Biodiversity*. Washington D.C., National Academic Press.
- Wilson, E. O. (2000). A global biodiversity map. *Science* 289: 2279.
- Wolfe, N. D., Daszak, P., Kilpatrick, A. M. et Burke, D. S. (2005). Bushmeat hunting, deforestation and prediction of zoonotic emergence. *Emerging Infectious Diseases* 11: 1822-1827.

- Woods, M. (1998).** Federal Wilderness Preservation in the United States. In: *The Great New Wilderness Debate. The Preservation of Wilderness?* (ed. J. B. Callicott and M. P. Nelson) The University of Georgia Press, Athens: 131-154.
- Woodward, S. A., Vitousek, P. M., Matson, K., Hughes, F., Benvenuto, K. et Matson, P. (1990).** Use of the exotic tree *Myrica faya* by native and exotic birds in Hawaii Volcanoes National Park. *Pacific Science* **44**: 88-93.
- Woodworth, B. L., Atkinson, C. T., LaPointe, D. A., Hart, P. J., Spiegel C. S., Tweed E. J., Henneman, C., LeBrun, J., Denette, T., DeMots, R., Kozar, K. L., Triglia, D., Lease, D., Gregor, A., Smith, T. et Duffy, D. (2005).** Host population persistence in the face of introduced vector-borne disease: Hawaii amakihi and avian malaria. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the (USA)* **102**: 1531-1536.
- Worboys, G. L., Francis, W. L. et Lockwood, M. (2010).** *Connectivity conservation management. A global guide.* London, Earthscan.
- Worm, B., Hilborn, R., Baum, J. K., Branch, T. A., Collie, J. S. Costello, C. Fogarty, M. J., T.R., Palumbi, S. R., Parma, A.M., Rikard, D., Rosenberg, A., Zeller, D. et Minto, C. (2009).** Rebuilding global fisheries. *Science* **325**: 578-585.
- Woronoff, D. (1988).** La "dévastation révolutionnaire" des forêts. In: *Revolution et espaces forestiers. Colloque du Groupe d'Histoire des Forêts Françaises* (ed. D. Woronoff). L'Harmattan, Paris: 44-52.
- Worrapimphong, K., N. Gajaseeni, Le Page, C. et Bousquet, F. (2010).** A companion modeling approach applied to fishery management. *Environmental Modelling and Software* **25**: 1334-1344.
- Wright, A. N. et Gompper, M. E. (2005).** Altered parasite assemblages in raccoons in response to manipulated resource availability. *Oecologia* **144**: 148-156.
- Wunder, S. (2005).** *Payments for environmental services: some nuts and bolts. Occasional Paper No. 42.* Bogor, Center for International Forestry Research.
- Wunder, S. (2007).** The efficiency of payments for environmental services in tropical conservation. *Conservation Biology* **21**: 48-58.
- Wunder, S. et Engel, S. (2008).** Taking stock: A comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries. *Ecological Economics* **65**: 834-852.
- Zabel, A. et Roe, B. (2009).** Optimal design of pro-conservation incentives. *Ecological Economics* **69**: 126-134.
- Zabel, A., Pittel, K., Bostedt, G. et Engel, S. (2011).** Comparing conventional and new policy approaches for carnivore conservation: theoretical results and application to tiger conservation. *Environmental and Resource Economics* **48**: 287-301.
- Zavaleta, E., Hobbs, R. et Mooney, H. (2001).** Viewing invasive species removal in a whole-ecosystem context. *Trends in Ecology and Evolution* **16**: 454-459.
- Zerner, C. (2000).** *People, Plants, and Justice. The Politics of Nature Conservation.* New York, Columbia University Press.
- Zhang, W., Ricketts, T. H., Kremen, C., Carney, K. et Swinton, S. M. (2007).** Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics* **64**: 253-260.
- Zimmermann, H. G., Moran, V. C. et Hoffmann, J. H. (2001).** The renowned cactus moth, *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae): Its natural history and threat to native *Opuntia* floras in Mexico and the United States of America. *Florida Entomologist* **84**: 465-751.
- Zobel, M. (1997).** The relative role of species pools in determining plant species richness: an alternative explanation of species coexistence? *Trends in Ecology and Evolution* **12**: 266-269.
- Zuanon, J. P. (1995).** *Chronique d'un « parc oublié ». Du parc de la Bérarde au parc national des Ecrins.* Grenoble, *Revue de géographie alpine.*
- Zunino, F. (2007).** A Perspective on Wilderness in Europe. *International Journal of Wilderness* **13**: 40-43.





# Index

## A

- abeille, 7, 177
- abondance, 4
  - relative, 4
- abrutissement, 35
- accords
  - internationaux, X, 261, 262, 274
- acteur, 99, 143, 151, 156, 174, 176, 189, 191, 206, 215, 218, 223, 224, 226, 227, 229, 230, 236, 239, 245, 262, 274
  - coopération, 229
  - d'environnement, 225, 229
  - de la conservation, 277
  - forestiers, 149
  - locaux, 200, 250
  - minoritaires, 219
  - non étatiques, 240
  - publics, 269
  - sociaux, 220
- action, 216, 218, 224, 229
  - anthropique, 181
  - clinique, 220
  - environnementale, 216
  - l'Etat, 152
  - organisée sectorielle, 226
  - publique, 141
  - sociale, 216
  - stratégique, 220, 224, 226
- adaptabilité, 168
- adaptation, 190, 210
  - individuelle, 192
  - microévolutive, 50
  - sociale, 192
  - sociétés, 191
  - locales, 279
- administrations, 243
- ADN
  - ancien, 17
- Aedes, 60
- Afrique, 164
  - francophone, 242
- Afrique du Sud, 133
- Âge du fer, 181
- Agence
  - des Aires Marines Protégées, 244
- Agence européenne de
  - l'environnement, 258
- agents pathogènes, IX
- agrainage, 162
- agréations
  - spatiales, 129
- agriculture, 53, 70, 73, 104, 109, 112, 179, 181, 182, 193, 249
- agro-écosystèmes, 144
- agropastorales, 210
- agro-sylvo-pastoralisme, 191
- aide
  - à la décision, 64, 143, 231
  - réflexion, 231
- Aire
  - de distribution, 13, 14, 17, 123, 129
  - de répartition, 139
  - hivernage, 147
  - marines protégées, 105, 244
  - protégée, 73, 103, 104, 108, 132, 138, 203, 227, 238, 267, 275
  - protégée terrestre, 242
- aires de répartition, IX
- albatros, 46
- Aldo Léopold, 84, 89, 101, 108, 117, 167, 176
- alimentation, 80
- Allemagne, 110
- Alliance for Religions and Conservation, 117
- allocation
  - des budgets, 260
- allogamie, 6
- allotement, 156
- Alouettes
  - calandre, 185
  - calandrelle, 185
- Alpes, 129, 151, 154, 209
- altitude, 125, 210
- Amandier, 184
- Amazonie, 125, 227
- aménagement
  - du territoire, 269
- amphibiens, 29, 124, 137, 166
- analyse
  - de risque, 60, 143
  - organisationnelle, 227
  - stratégique de la gestion environnementale, 223, 229
  - viabilité, 143
- Andes, 125
- anémochores, 9, 11, 12
- angiospermes, 6, 8, 17
- Anguille
  - européenne, 142
- anguillicolose, 142
- animalité, 116
- animaux
  - conscients, 90
  - domestiques, 93, 164
  - marins, 124
  - nuisible, 91
  - sensibilité, 88
  - terrestres, 124
- anole brun des Caraïbes, 59
- Anopheles, 60
- anthropisation, 140, 180, 277
- anthropocène, X
- anthropocentrisme, 86, 92, 95, 117, 208, 270
- anthropomorphisme, 88, 92

- antibiotiques, 165
- Antiquité, 69
- Apiformes, 7
- appariement
  - préférentiel, 22, 23
  - aléatoire, 22
- apprentissage social, 236
- approche
  - biogéographique, 123
  - Centres de diversité végétale, 134
  - conservatrice, 152
  - contractuelle, 246, 248, 250
  - coût-efficacité, 260
  - économique, 256
  - evidence based, 220
  - Global 200, 134
  - globale, 261
  - intégrée, 161
  - locale, 261
  - macroéconomique, 257
  - Megadiversity countries, 134
  - microéconomique, 257, 259
  - Oiseaux nicheurs
    - endémiques, 134
  - par essais-erreurs, 216
  - participative, XXII, 228, 249
  - patrimoniale, 206
  - utilitariste, 269
- approches
  - académiques, 224
  - community-based, 219
  - incitatives, 245
  - normatives, 263
  - positives, 263
  - réglementaires, 248
  - taxinomiques, 3
- aptérisme, 42
- arbitrage parasitaire, 14
- arboriculture, 187
- aridité, 124
- artificialisation, 258
- Assemblée de Camberra, 118
- Assessment, 241
- association
  - de défense de la nature, 70
  - environnementale, 225
- asymétrie
  - d'information, 248, 249
- attracteurs, 232
- aturalistes, 272
- Aurochs, 74, 181
- Australie, 45, 135, 248
- autochores, 9
- autogamie, 6
- autogestion, 240
- azote, 4
- azuré
  - du serpolet, 58
- B**
- bactéries, 15, 163
  - multirésistantes, 165
- bactériophage, 15
- baguage, 162
- bailleurs, 242, 246
  - internationaux, 267
- baleines, 18, 233
- ballasts, 60
- banque de graines, 11, 60
- Banque Mondiale, 76
- banques de compensations, 269
- barge à queue noire, 37
- barrages, 111
- barrières
  - physiologiques, 127
  - géographiques, 40
- bassin
  - méditerranéen, 132, 141, 180
- batraciens, 133
- Behavioural Ecology, 140
- belette, 92
- bénéfices, 240
  - environnementaux, 177
- Benguela, 244
- bergers, 183
- bétail, 165
- Bible, 116
- bien public, 259, 262
- bien-être, 93, 269
- bilan carbone, 276, 277
- biocénose, 169, 171
- biocentrisme, 88, 101
- biodiversité, IX, X, XXII, 3
  - fonctionnelle, XXI, 3
  - locale, 14
  - microbienne, IX
  - ordinaire, IX, 176, 177
- bioéconomie, 280
- biogéographie, 78, 112, 124, 135, 189
  - insulaire, 21, 23, 42
- biomasse, 5
- biome crisis, 132
- bioprospection, 241
- biotélémétrie, 16
- biovars, 154
- bistorte, 28
- bithynie, 56
- blanchiment
  - vert, 81
- blé, 184
- Boiga irregularis, 53
- bois, 183
- bois-énergie, 184
- bourdons, 6
- braconnage, 242, 243
- braconniers, 240
- bulbul orphée, 58
- bureaux d'études, 243
- butinage, 7
- C**
- cactus, 61
- cadre social, 237
- Caisse des dépôts et consignations, 174
- calicivirus, 56
- Camargue, 63, 101, 142, 147, 162, 193, 230, 234, 251, 265
- Cameroun, 243
- campagnols, 91
- canard
  - colvert, 56, 161
  - des Hawaïi, 56
  - gris de Nouvelle-Zélande, 56
- canards, 58, 162
- canne de Provence, 59
- canopée, 36
- capacité de charge, 28
- Cap de Bonne Espérance, 136
- capital
  - financier, 275
  - naturel, 268
- capitalisme, 265
- captage de CO<sub>2</sub>, 275
- captivité, 158, 162
- capture-marquage-recapture, 24, 28
- caractéristiques
  - comportementales, 15
  - physiologiques, 15
- carbone, 104
- carnivores, 34, 35, 36, 92, 93, 151, 165, 186
- Carpathes, 137
- carpe, 56, 57
- carrières, 173
- Casamance, 106
- cascade d'effets, 37
- casse-noix, 11

- castanéculture, 185  
 castor américain, 52  
 catastrophes écologiques, 71  
 Catostomus, 57  
 Caulerpa, 60  
   taxifolia, 52  
 Causse Méjan, 233, 235  
 Causses, 188  
 cembraies, 11  
 Cenchrus, 61  
 Cénozoïque, 129  
 centaurée, 54  
 céphalophes, 233  
 céréales, 236  
 cerf à queue blanche, 37  
 Cerf, 182, 186  
 certification, 241, 250  
 cestode, 56, 57  
 cétoines, 6  
 Cévennes, 189  
 chaînes trophiques, 4, 157  
 chameaux, 161  
 chamois, 154  
 changement  
   climatique, 47, 80, 127, 141, 150,  
     181, 205, 244, 251, 262, 273,  
     276  
   d'usage des sols, 234  
   d'usage des terres, 141  
   global, 19, 141  
   organisationnel, 232  
   d'usages, 169, 173, 189  
 changements  
   globaux, X, 37, 106, 112, 142, 163,  
     164, 167, 173, 271, 275, 279  
   sociaux, 150, 276  
   socio-économiques, 168  
 charançons, 54, 61  
 chardon bleu, 209  
 charge pastorale, 193  
 charognard, 157  
 charte, 249  
 Chartreuse, 210  
 chasse, 92, 141, 157, 161, 181, 182,  
   230, 233, 238, 261  
   de réglementation, 70  
 châtaigne d'eau, 9  
 châtaignier, 183, 184, 189  
   américain, 53  
 chats, 45, 47, 94  
 chauves-souris, 11  
 chênaie, 191  
 Chêne, 12, 183  
 kermès, 185  
 liège, 182  
 pubescent, 181  
 vert, 181  
 cheval, 159, 193  
   de Przewalski, 158, 160  
   domestique, 158, 161  
 chèvres, 48, 54, 60  
 Chevreuil, 92, 182, 184, 186  
 chien, 154, 166  
   de protection, 151, 156  
 chimpanzés, 103  
 Chine, 234  
 choix rationnel, 220  
 chotts, 265  
 Chouette  
   de Tengmalm, 186  
   tachetée de Californie, 16  
 chytridiomycète, 166  
 chytridiomycose, 137  
 Cichlidés, 42, 43, 46, 53  
 cigale, 22  
 Cistude, 63  
   d'Europe, 193  
 CITES, 103  
 citoyenneté, 281  
 clairières, 149  
 climat, 126, 181  
   méditerranéen, 175  
 clonage reproductif, 84  
 Club de Rome, 71  
 CO<sub>2</sub>, 270  
 coadaptations, 9, 10  
 coccinelle, 56, 61  
 cochenille, 53, 54, 61  
 cochons, 47, 59, 60  
 co-construction, 219  
 code  
   de l'Environnement, 92  
   forestier, 183  
   Rural et de la Pêche maritime, 92  
 co-évaluations, 269  
 coévolution, 4, 7, 11, 59, 109, 190  
 cohabitation, 156  
 coléoptères, 6  
   ténébrionidés, 14  
 collectivités territoriales, 104  
 collier émetteur, 48  
 colonies de reproduction, 146  
 colonisation, 11, 21, 41, 143, 172,  
   193  
 Commidendrum, 61  
 commission  
   mondiale pour l'environnement et  
   le développement, 75, 87  
 communauté  
   biotique, 89  
   locale, 103, 105, 240, 243  
   mésophile, 198  
   de pollinisateurs, 8  
   végétale, 8  
 communication, 218  
 community-based management, 206  
 compensation, 174, 175, 177  
   écologique, 261  
 compensations, 248  
 compensatoires, 280  
 compétition, 14, 32, 34, 42, 140  
   apparente, 14, 15  
   interspécifique, 41, 196  
   intraspécifique, 42  
 comportement, 34, 140, 260  
 comportements, 233, 256, 259  
   coopératifs, 233  
   des agents, 261  
   humains, 216, 259  
   individuels, 257  
   sociaux, 250  
   socio-économiques, 256  
 compromis, 22  
 concept de naturalité, 109  
 conceptions coloniales, 98  
 concertation, 260, 267  
 concessions de conservation, 241  
 conférence des parties sur la biodiversité  
   de Nagoya, 77  
   de Stockholm, 75  
   Rio de Janeiro, 104, 118  
 conférences, 277  
 conflit, 102, 116, 163  
 conflits, 103, 165, 229, 264  
   de société, 275  
   d'intérêts, 207  
   Nord-Sud, 274  
   politiques, 191  
   d'usages, XXII  
 congruence, 133, 137, 138  
   spatiale, 135  
 connectivité, 31, 80, 140, 177, 202,  
   232  
   d'un paysage, 32  
   écologique, 208  
 consanguinité, 21, 23, 49, 143  
 conscience, 88, 116, 218  
   citoyenne, 119  
   collective, 103, 207

- politique, 119
  - conservation
    - biogéographique, 124
  - Conservation Finance Alliance, 267
  - Conservation International, 132, 241, 267
  - Conservation Medicine, 165
  - conservatoire du littoral, 188, 265
  - conservatoires botaniques, 143
  - consommation d'animaux, 164
  - construction sociale, 97
  - consultants, 243
  - continents de plastique, 46
  - continuité forestière, 149
  - contraceptif, 160
  - contractualisation, 248, 251
    - agri-environnementale, 155
  - contrat, 246, 250
    - bilatéral, 247
    - naturel, 207
  - contrôle
    - biologique, 45, 47, 53, 54, 56, 61
    - chimique, 61
    - mécanique, 61
    - verticale ascendant, 244
    - verticale descendant, 244
  - convention, 75, 76
    - de Barcelone, 75
    - de Berne, 75
    - de Ramsar, 74, 146, 227, 241
    - de Washington, 241
    - du Patrimoine mondial, culturel et naturel, 101
    - on International Trade in Endangered Species (CITES), 75
    - sur la Biodiversité, 227
    - sur la diversité biologique, 77, 78, 104, 167, 242, 274
  - conventions internationales, 241, 272, 274
  - coopération, 32
  - coque, 15
  - Coran, 116
  - Corneille noire, 148
  - cornouiller, 10, 12
  - coronavirus, 164
  - corridors, 40, 49, 201
    - biologiques, 241, 242
    - écologiques, 173
  - Corse, 110
  - cortège spécifique, 40
  - corvidés, 11, 164
  - Cotingidés, 10
  - courants religieux, 117
  - Courbe de Kuznets
    - Environnementale, 259
  - coussouls, 172
  - coût
    - d'opportunité, 248
    - économique, 173
    - incrémental, 262
  - crabe, 15, 59
  - Crapaud, 193
    - calamite, 29, 30, 31
  - Crau, 171, 174
  - Crave à bec rouge, 234
  - création
    - de réserves, 73
    - divine, 118
  - créationnistes, 85
  - crédit de colonisation, 173
  - Crétacé, 6
  - criquets, 144
  - crise, 132, 164, 170
    - de la biodiversité, 137
    - écologique, 117
    - économique, 81, 167
    - phylloxérique, 185, 186
  - crises, 151, 273
    - sanitaires, 163
    - sociétales, 163
  - croissance
    - démographique, 71, 132
    - résiduelle, 152
    - verte, 276
  - croyances, 116
  - crues, 141, 187
  - Culex, 164
  - culture, 101, 184, 191, 280
  - cultures, 184, 189
    - animistes, 85
    - judéo-chrétiennes, 85
  - cycle de l'azote, 59
    - biogéochimique, 170
    - glaciaire, 137
  - cycles de Milankovitch, 12
  - cynégétique, 111, 142
  - Cyprinodon, 85
- D**
- dauphin, 16, 119
  - DDT, 16, 61
  - déboisement, 184
  - décentralisation, 240, 274
  - décideurs, 218
    - politiques, 218
    - publics, 152
  - décision, 25, 235
    - publique, 270
    - d'acteurs, 233
    - séquentielles, 261
  - déclin, 144
    - démographique, 183, 184
  - décroissance, 277
  - deep ecology, 101, 117
  - défenses chimiques, 35
  - déforestation, IX, 46, 73, 179, 180, 225, 227, 258, 269
  - défrichements, 182, 183, 184
  - dégradation, 170, 190, 191
  - demande sociale, 245
  - démocratie écologique, 77
  - démographie, 33
    - académique, 217
    - de la métapopulation, 27
    - locale, 20
  - démoustication, 230
  - déni de la vérité, 119
  - densité-dépendance, 30
  - dépense énergétique, 210, 277
  - déplacements humains, 45
  - dépression, 21
  - dépression d'exogamie, 143
  - déprise, 192
    - agricole, 112
  - dérangement, 16, 149, 150
  - dérèglements climatiques, 17
  - dérive
    - des plaques continentales, 127
    - génétique, 41, 49
  - dérogation, 152
  - désacralisation, 118
  - désalinisation, 182
  - Descartes, 117
  - déserts, 124
  - dessein intelligent, 84
  - destruction, 19
    - de l'habitat, 46
  - dette, 265
    - écologique, 177, 207
  - développement, 81, 177, 240, 242, 248, 256, 267, 270, 276
    - agricole, 187
    - capitaliste, 273
    - communautaire, 243
    - d'activités économiques, 245
    - durable, 87, 249, 271
    - économique, 196, 258, 259, 262, 272
    - local, 106, 151, 200



- soutenable, 75
  - diagnostics, 226
  - dialogue interdisciplinaire, 217
  - diaspores, 11
    - végétales, 9
  - Dieu, 116, 117, 118
  - dimension
    - humaine de la conservation, 220, 224
    - sociétale, 216
  - Diptères, 6, 7, 8
  - directive
    - des trois 20, 76
    - Habitat Faune Flore, 77, 151, 152
    - oiseaux, 77, 119
  - dispersion, 4, 8, 11, 20, 21, 23, 24, 28, 30, 31, 124, 157, 162, 175, 201
    - des végétaux, 9, 11
  - dissémination, 203
  - dissimilarité
    - fonctionnelle, 6
  - distances fonctionnelles, 5
  - distribution
    - d'une espèce, 20
    - libre idéale, 24, 25
  - diversification, 127, 135, 136
    - biologique, 110
    - locale, 15
    - sympatrique, 15
  - diversité
    - biologique, 78
    - culturelle, IX
    - des paysages, 8
    - des pollinisateurs, 8
    - des prairies, 197
    - évolutive, 136, 137
    - floristique, 12
    - fonctionnelle, 8, 137
    - génétique, 41, 50, 130, 137, 140, 143, 274
    - intraspécifique, 15
    - phylogénétique, 136, 137, 138
    - spécifique, 8, 136
    - taxinomique, 137
    - végétale, 197
  - divinité, 116, 117
  - doctrines néolibérales, 275
  - dodo, 41
  - domaine public, 245
  - domestication, 70, 154, 164
  - dragon de Komodo, 41
  - drainage, 182
  - droit, 87, 174, 276
  - de l'animal, 61
  - de détruire, 269
  - d'émission de CO<sub>2</sub>, 269
  - de propriété, 246, 275
  - d'usage, 191
  - moral, 70
  - drosophiles, 61
  - dynamique
    - de la biodiversité, 79
    - de la métapopulation, 26
    - des écosystèmes, 8, 11, 79
    - des espèces, 8
    - des organisations, 224
    - des paysages, 34, 180
    - des populations, 20, 140, 147, 169, 196, 263
    - d'une population locale, 20, 26, 28
    - naturelle, 110
    - populations, 19, 232
    - source-puits, 233
    - spatiale, 140
    - successionnelle, 111
    - sylvigénétique, 12
  - dynamiques
    - de concurrence, 249
    - sociales, 232, 263
    - successionnelles végétales, 170
- ## E
- échelle locale, 150
  - écocentrisme, 89, 90, 101, 208
  - Ecohealth Alliance, 165
  - écojardinage, 112
  - écologie
    - comportementale, 43, 48
    - des communautés, 43
    - des perturbations, 79
    - évolutive, 22
    - la restauration, 142, 168
    - paysage, 78, 140
    - peur, 34
    - politique, 71
    - profonde, 101
    - théorique, 78
  - économie, 71, 109, 112, 155, 248, 268, 273
    - de pillage, 192
    - des coûts, 246
    - pastorale, 190
    - verte, 177, 270, 275
  - Économie des Écosystèmes et de la Biodiversité (TEEB), 269
  - écorégion, 131, 132, 134, 241
    - méditerranéenne, 128
  - écosystème, 3, 109, 110, 124, 168, 273
    - continentaux, 49
    - de référence, 169, 173
    - émergent, 170
    - forestiers, 11, 170
    - insulaire, 44
    - marins, 234, 244
    - originel, 80
    - pélagique, 244
    - pseudo-steppe, 172
    - relictuel, 170
    - rupicole, 128
    - restauré, 173
    - steppe, 175
  - écotourisme, 105, 145, 164
  - écrevisse, 55, 56, 62
    - de Louisiane, 62
  - Écrins, 204
  - écureuil, 185
    - gris, 56
    - roux, 56
  - effet
    - additif, 142
    - Allee, 22, 143
    - de bordure, 140
    - de serre, 276
    - en cascade, 164
    - fondateur, 41
    - péninsule, 127
  - efficacité, 257, 260, 262
    - énergétique, 76
    - environnementale, 224, 227, 228
  - éléphants, 46, 242, 243
  - élevage, 151, 155, 157, 161, 164, 181, 182, 183, 184, 185, 227, 273
    - ovin, 154
  - embryons humains, 84
  - émigration, 20, 49
    - probabilité, 28
    - taux, 28
  - émission
    - de CO<sub>2</sub>, 76
    - de gaz à effet de serre, 76
  - empreinte, 12
    - anthropique, 182
    - carbonée, 277
    - écologique, 177, 276, 277
  - enchères, 248, 250, 262
  - endémique, 128, 146, 195
  - endémisme, XXI, 41, 127, 128, 129, 131, 133, 134
    - phylogénétique, 138
    - végétal, 128
  - endiguements, 187, 188
  - endozoochores, 9, 10, 11, 12
  - énergie, 10, 124, 126

- énergies fossiles, 71
- engagements
  - internationaux, 227
- enjeu spirituel, 117
- enjeux
  - économiques, 163, 274
  - environnementaux, 227
  - politiques, 274
  - sanitaires, 163
- entomofaune, 172, 175
- enveloppe
  - climatique, 9
  - thermique, 12, 17
- environmental stewardship, 206
- environnement
  - qualité, 140
  - sécurisé, 220
- Éocène, 17
- E. O. Wilson, 140, 272
- épidémie, 164, 165
- épizootie, 9
- épizooties, 102, 137, 154, 162, 166
- époque romaine, 182
- équarrissage, 158
- équilibre, 232
  - biogéochimique, 141
- équité, 87, 248, 262
- équivalent carbone, 277
- érable, 9
- éradication, 60, 61, 89, 90
  - d'espèces envahissantes, 47
- Erica, 136
- érismature, 57
- érosion, 98, 130, 181, 189
  - biodiversité, 272
- escargot, 54, 56, 60, 125
  - carnivore, 46
- ésotérisme, 117
- espace
  - protégé, 49, 104, 140, 176, 193, 199, 204
  - public, 230
- espèce
  - autochtone, 109
  - commensale, 45
  - commune, 109
  - emblématique, 152, 156
  - exotique, 109
  - invasive, 112
  - rare, 109, 195
  - symbolique, 112
- espèces, 188
  - conservation, 195
  - disponibles, 124
- endémiques, 44, 55
- envahissantes, 8, 43, 51, 261
- eurosibériennes, 128
- héliophiles, 112
- insulaires, 54
- introduites, 45, 51
- méditerranéennes, 191
- menacées, 73
- naïves, 42
- patrimoniales, 84, 193
- rare, 195
- relictuelles, 146
- remarquables, 143
- esthétique, 70, 113
- état de référence, 109
- État, 229, 239, 240, 243, 252, 274, 275
- éthique, 80, 86, 90, 93, 94, 96, 111, 113, 117, 248, 279
  - de la biodiversité, 91
  - de la responsabilité, 207
  - environnementale, 85, 86, 109
  - rationaliste, 85
- éthologie, 78
- êtres sensibles, 88
- études
  - paléo-anthracologiques, 181
  - palynologiques, 181
- évaluation
  - des politiques, 227
  - du statut de conservation, 152
  - économique, 80, 256, 270
  - monétaire, 208
  - taxonomique, 143
- évaluations
  - écocentrées, 269
  - socio-centrées, 269
- évapotranspiration, 124
- évolution historique, 238
- exclus, 194
- exode rural, 106, 185
- expertise, 230, 238
  - mondiale, 241
- exploitation, 164, 170, 269, 280
  - économique, 149
  - ressources génétiques, 76
- expropriation, 248
- externalités, 270
- extinction, 17, 28, 45, 51, 56, 137, 139, 141, 143, 146, 166, 173
- F**
- FAO, 75
- fauche, 26, 144, 197
- fauvettes, 10
- fécondité, 16, 30, 32, 160
- fermeture des milieux, 188
- fertilisants, 137
- feux, 135
- fièvre
  - catarrhale ovine, 154
  - Ebola, 164
  - hémorragique du lapin, 56
- figuiers, 58
- filaire, 10, 193
- financiarisation de la nature, 81
- fitness, 196
- Flamants roses, 250, 264, 265
- flavivirus, 164
- flexibilité
  - comportementale, 47
  - physiologique, 47
- flexures
  - climatiques, 17
- floraison, 8
- flore
  - originelle, 130
  - vasculaire, 137
- flux, 141, 146, 147, 203, 275
  - d'énergie, 78, 173
  - d'individus, 147, 148
  - gènes, 21, 173
  - géniques, 128
  - individus, 21
  - nutritifs, 53
- fonction, 98
- fonctionnalité, 108, 109, 112, 170, 176
  - des écosystèmes, 173
- fonctionnement
  - des écosystèmes, 4, 12, 18
  - macro-écologique, 169
  - métapopulation, 49
- fonctions, 280
  - de régulation, 104
  - des écosystèmes, 169
  - d'ingénieur, 15
  - écologiques, 268, 270, 275
- fonds
  - d'adaptation, 76
  - d'Intervention pour les Rapaces, 157
  - d'investissement, 265, 270
  - bruns, 267
  - Fiduciaires pour la Conservation, 266
  - verts, 267
- Fonds pour l'Environnement

- Mondial/Global Environment Facility, 76, 104
- forçages  
environnementaux, 124
- forêts, 108, 109, 149, 182, 239, 258, 273  
domaniales, 110  
naturelles, 110  
primaires, 112, 270  
vierges, 110
- Forum on Religion and Ecology, 118
- fossiles, 17
- fourmi, 58, 135  
d'Argentine, 54  
de feu, 54  
moissonneuse, 172
- fous de bassan, 16
- fragmentation, 46, 140, 141, 148, 149, 210  
des habitats, 140, 203  
des paysages, 170  
habitats, 19, 165  
paysages, 25
- France Nature Environnement, 73
- François d'Assise, 116, 117
- friches, 112, 113, 187
- frigophiles, 210
- frugivores, 11
- fuligule milouin, 147
- futaie jardinée, 149
- G**
- Galapagos, 17, 43, 45
- gambusie, 54, 61
- Gard, 185, 187
- gardiennage, 156
- garrigues, 182
- gastéropodes, 46
- Gaz à effet de serre, 257
- Geai des chênes, 10
- générations futures, 275
- Genèse, 85
- génétique, 141, 209  
de la conservation, 49  
paysage, 24  
populations, 22  
quantitative, 13
- génévriers, 12
- génie écologique, 96, 177
- génotypes, 59
- géographie, 190, 192  
de la biodiversité, 138
- géotextiles biodégradables, 173
- gestion, 80, 106, 140, 149, 191, 200, 227, 235, 237, 242, 244, 246, 275  
adaptative, 152, 171  
administrative, 242  
agricole, 197  
communautaire, 206, 240, 241, 248  
conservatoire, 73, 112, 149, 169, 170, 175, 198, 209  
de la biodiversité, 37, 103  
des aires protégées, 240  
des écosystèmes, 228  
des espaces naturels, 33  
des espèces envahissantes, 60  
des ressources, 232, 235  
durable, 219, 238, 239  
du troupeau, 159  
écosystèmes, 216  
effective, 225, 226  
espèces envahissantes, 47  
financière, 242  
forestière, 149  
intégrée, 228, 239, 241, 251  
intentionnelle, 225  
interventionniste, 80  
multi-usage, 234  
par les communautés, 219  
pastorale, 156  
programme, 195, 196  
stratégique, 226  
sylvicole, 149  
sylvo-pastorale, 235  
systèmes écologiques, 224, 229
- gestion des ressources marines, 244
- gestionnaire de réserve, 62, 63
- gestionnaires, 17, 30, 91, 112, 143, 149, 174, 209, 234  
d'aires protégées, 236  
d'espaces naturels, 162
- gestions intersectorielles, 274
- gibier, 210
- GIEC, 14, 241, 272
- gigantisme, 42
- girafes, 103
- glands, 11, 185
- Global Environment Facility, 240
- glucocorticoïdes, 16
- Goéland, 188
- Gondwana, 130
- goulots d'étranglement, 140
- gouvernance, XXII, 103, 141, 221, 223, 237, 238, 241, 246, 267  
internationale, 276  
partagée, 243
- gouvernement, 219
- gradient  
diversité spécifique, 124  
latitudinal de biodiversité, 126
- graines, 58
- graisse, 162
- graminées, 4
- grand pingouin, 46
- Grands Causses, 157
- grands tétras, 16
- gravières, 170
- Grèce, 141
- greedy algorithm, 260
- Green New Deal, 275
- Greenpeace, 72, 101
- Grenelle, 77, 81, 104, 201, 275  
I et II sur l'Environnement, 78, 174
- grimpereau des bois, 16
- grippe aviaire, 164
- grives, 10
- groupes  
familiaux, 159  
taxinomiques, 134
- Guadeloupe, 204
- guêpe, 56
- Guyane, 106, 270
- Gypaète Barbu, 158
- H**
- habitats, 20, 169, 260  
insulaires, 40  
patrimoniaux, 188  
refuges, 46, 105  
steppiques, 185
- haies, 251
- hasard, 217
- Haute-Savoie, 210
- Hawaii, 45, 55, 59, 61, 164, 244
- Hérault, 128, 182, 185
- herbe à ail, 54
- herbe à alligator, 61
- herbicides, 61
- herbivores, 34, 35, 93, 112, 159, 170, 197  
domestiques, 193  
sauvages, 192
- hérédité non génétique, 14
- héritabilité, 13
- héritage biogéographique, 127
- hermine, 53
- hérons, 63
- hétérogénéité, 197

individuelle, 26, 32  
inter-individuelle, 22  
spatiale, 197, 232, 261  
spatio-temporelle, 124  
hétérogénéités d'habitat, 124  
hêtraie, 191  
hêtre, 12, 117  
austral, 52  
hindouisme  
Hippopotame, 242  
nain, 46  
histoire, 179, 180, 189, 190  
biogéographique, 132  
hivernage, 147, 148  
Holling, 232  
Holocène, 46, 112, 181, 183  
homéostasie, 47  
homogamie, 22  
horizon-scanning, 280  
hormones de stress, 16  
hôtes, 15  
hotspot, 44, 241, 260, 274  
humus, 110  
hybridation, XXII, 56, 57, 141, 143,  
161, 162  
hydrocarbures, 171  
hydrochores, 9  
Hyménoptères, 6, 7, 8, 58  
hypothèse  
contribution spécifique, 5  
de complémentarité, 5, 6  
de dominance, 5  
des contraintes géométriques, 127  
Gaïa, 117  
l'aire géographique, 126  
la règle de Rapoport, 127  
la vitesse évolutive, 127  
l'énergie ambiante, 126  
liée à la productivité, 126  
scientifique, 84

**I**

IBM : individual-based models, 26  
iguanes, 16  
île, 21, 36, 39, 40, 60, 130, 132, 138, 181  
continentale, 40  
corallienne, 46  
Hawaï, 51  
méditerranéenne, 46  
océanique, 40  
tropicale, 44  
Ile de la Réunion, 146, 234  
immigration, 20, 41, 49

immunité, 16  
immuno-suppression, 15  
impérialisme vert, 101, 104  
incendies, 172, 181, 183  
incertitude scientifique, 274  
incitations, 247, 261, 262  
indicateurs, 66, 150, 173, 257, 258,  
260, 263, 280  
indice Planète Vivante, 64  
individualisme, 89  
Indonésie, 248  
industrie nucléaire, 75  
industries, 184  
inégalités environnementales, 86  
informations, 25  
ingénierie  
civile, 171  
écologique, 171, 173, 174, 176  
ingénieur  
autogène, 15  
de l'écosystème, 171  
forestier, 191  
inondation, 102, 182, 185, 188, 196, 198  
insectes, 154  
défoliateurs, 17  
herbivores, 20  
pollinisateurs, 8, 135  
insecticides, 165  
instrumentalisation, 270  
intégrité génétique, 162  
intensification, 180, 188  
agricole, 141  
interactions, 124, 140  
biotiques, 42  
entre espèces, 18, 49  
Homme, 232  
homme-nature, 188  
plantes-insectes, 17  
société/nature, 190  
trophiques, 34  
interdépendances écologiques, 208  
internalisation des externalités, 276  
intrans, 141, 171  
introduction, 146, 164  
d'espèces, 109  
introgession, 56, 57  
invasion biologique, 45, 51  
invertébrés, 35, 135  
xylophages, 184  
Investissements Socialement  
Responsable, 267  
IPBES, 241  
isolation thermique, 210

isolats, 210  
isolement  
fonctionnel, 23  
génétique, 142  
géographique, 128  
reproducteur, 135  
reproductif, 128  
IUCN, 72, 75, 101, 158, 160, 238,  
272  
IUPN, 101  
Ivraie, 188

**J**

jachères apicoles, 177  
jacinthe, 61  
d'eau, 52, 54  
Jacques-Yves Cousteau, 71  
James Lovelock, 117  
Jean Calvin, 118  
jeu  
d'acteurs, 251  
de rôles, 235  
John Muir, 117  
Jura, 149  
jussie, 52  
justice intergénérationnelle, 87

**K**

kakapo, 49  
Kenya, 165, 166  
Kruger, 119

**L**

lâchers, 157, 160  
Lagopède alpin, 210  
Lamarck, 70  
Languedoc-Roussillon, 181, 183,  
185, 188  
Lantana, 61  
lapin, 54, 56, 165, 193  
latitude, 124, 126, 127  
lectie, 7  
légendes, 116  
législation, 244  
légitimité, 106, 218  
légumineuses, 4, 6  
lémuriens, 80  
Leverage buy out, 265  
lézard, 59  
vivipare, 22  
ocellé, 185, 193



- libéralisme économique, 240, 246  
 lierre, 10  
 ligneux, 180, 194  
 limicoles, 105  
 lion, 238  
 listes  
   blanches, 60  
   rouges, 103  
 littoral, 192  
 logique  
   de maximisation, 260  
   de transmission, 246  
   d'éviction, 249  
   fonctionnelle, 226  
   marchande, 274  
   sectorielle, 226  
   structurale, 226  
   structurelle, 226  
 loi, 249  
   de 1976 sur la protection des  
     espèces, 188  
   de protection des animaux, 74  
   sur la protection de la nature, 174  
 loisirs, 149  
 longicorne, 6, 60  
 loup, XXII, 90, 119, 151, 154, 148  
   d'Éthiopie, 166  
 loutres, 46  
 lycaon, 165  
 Lynn White, 118  
 lynx, 92, 182, 185  
   pardelle, 56, 165
- M**
- Macédoine, 141  
 macro-écologie, 124  
 macroinvertébrés, 63  
 Madagascar, 41, 46, 131, 248  
 Major Histocompatibility  
   Complex, 15  
 maladie, 30, 142, 160, 185  
   de Carré, 166  
   du tournis, 55  
   hémorragique virale du lapin, 165  
 malaria aviaire, 45, 55, 164  
 malédiction des ressources, 264  
 mammifères  
   insulaires, 42  
   marins, 16  
 Man and Biosphere, 101, 240, 272  
 manchots, 16  
   empereurs, 14, 16  
 mangouste, 54, 61  
 mangrove, 46, 97, 104  
 maraîchage, 187  
 marais, 97, 101, 102, 105, 119, 174,  
   182, 195, 196  
 marchandisation, 106  
 marché commun, 154  
 marchés  
   de la biodiversité, 270, 275  
   financiers, 266  
 mares, 31  
 marquage individuel, 147, 157  
 marqueurs moléculaires, 162  
 Martin triste, 59  
 mass ratio hypothesis, 5  
 matrice  
   d'habitats, 141  
   Lefkovitch, 30  
   paysagère, 173  
 maximisation de couverture, 260  
 mécanisme  
   biogéographique, 130  
   contractuel, 262  
   de marché, 275  
   évolutif, 130  
   REDD, 266  
 médecine, 84  
 médiatique, 154  
 Méditerranée, 130, 172, 181, 251,  
   265  
 mégadiversité, 274  
 mégafaune, 18, 180, 181  
 Méjean, 159  
 Mercantour, 208  
 mère nourricière, 116  
 merles, 10  
 mérrou, 119  
 mésange, 16  
   charbonnière, 13  
 Mésolithique, 181  
 Mesures  
   Agri-Environnementales, 77, 251,  
     262  
   AgroEnvironnementales (MAE),  
     249  
   AgroEnvironnementales  
     Territorialisées, 249  
   compensatoires, 195  
 mesures agro-environnementales, 38  
 métaphysique créationniste, 84  
 métapopulation, 20, 23, 31, 140, 204  
 méta-réservoir, 166  
 méthodes  
   échantillonnage, 231  
   suivi, 231  
 meutes, 152  
 Michel Serres, 207  
 microévolution, 13, 14  
 microsattellites, 24  
 mieux être, 177  
 migrants, 147  
 migration, 127, 164  
 milieu  
   continental, 49  
   agro-pastoral, 112  
   pionnier, 110, 112  
 militant, 281  
 Millenium Ecosystem Assessment,  
   76, 80, 86, 98, 198, 241, 257,  
   279  
 mission Racine, 188  
 MNHN, 103  
 modèle  
   consument, 70  
   de croissance, 258  
   de « gestion intégrée », 240  
   de gouvernance, 243  
   de l'action minoritaire, 220  
   de la « réserve cynégétique », 238  
   de la « réserve patrimoniale », 239  
   de l'écorégion, 241  
   de Levins, 20, 25  
   démographique, 32, 33  
   développement, 71, 177  
   d'occupation aléatoire des taches  
     d'habitat, 25  
   du « parc national », 239  
   évolutif, 22  
   gouvernemental, 219  
   individu-centré, 26, 141, 233  
   Integrated Valuation of Ecosystem  
     Services and Tradeoffs, 263  
   populations structurées, 26  
   positif, 260  
   Pression-État-Impact-Réponse, 66  
   sensibilité, 30  
   simulation individu centré, XXI  
 modèles, 256  
   basés sur l'individu, 232  
   bottom-up, 262  
   de gestion, 231  
   de l'action, 219  
   de recherche, 145  
   de simulation, 256  
   de viabilité, 263  
   d'optimisation, 256  
   écologiques, 231  
   économétriques, 256  
   économico-écologiques, 264

économique-écologique, 263  
 économiques, 177  
 hybrides, 262  
 intégrés, 263  
 microéconomiques, 256  
 multi-agents, 235, 236  
 normatifs, 260  
 organisationnels contradictoires, 217  
 modélisation, 32  
 CMR, 151  
 d'accompagnement, 235, 260  
 économique, 257, 261, 262, 263  
 économique-écologique, 263  
 individu centré, 233  
 informatique, 231  
 participative, 232, 236  
 risque, 152  
 systémique, 232  
 modernisation, 192  
 mollusques, 54  
 monde académique, 217  
 mondialisation, 45, 154, 274  
 monétarisation, 280  
 Mongolie, 158, 159  
 monothéisme, 118  
 montagne, 155, 157, 183  
 montée des eaux, 47  
 morale, 85, 88, 90  
 moratoires, 233  
 morbillivirus, 165  
 morcellement des populations, 112  
 morphologie, 162  
 mortalité, 30  
 compensatoire, 142  
 différentielle, 15  
 induite, 142  
 mosaïque paysagère, 180, 201  
 motivation morale, 250  
 Mouette scopuline, 13  
 moule zébrée, 54, 59  
 moustique, 55, 56, 164  
 tigre, 60  
 moutons, 183, 193  
 de Soay, 14  
 mouvement  
 de protection de la nature, 72  
 environnementaliste, 71  
 mouvements  
 conservationnistes, 101  
 écologistes, 219  
 Moyen Âge, 69, 95, 182, 191  
 mues, 210  
 multi-usage, 191, 236

mutualisme, 9  
 Myrica des Açores, 53, 59  
 myriophylle, 59  
 myrtille, 148, 149  
 mythe, 116  
 de la croissance, 71  
 de la naturalité, 73  
 myxomatose, 165

## N

Nacré de la Bistorte, 26, 27, 28  
 nappe phréatique, 171  
 Natura 2000, 33, 77, 119, 145, 172, 249, 251  
 naturalisme, 101  
 naturalistes, 73, 96  
 naturalité, XXII, 107, 112, 169, 170, 177, 280  
 anthropique, 108  
 biologique, 108  
 originelle, 108  
 nature vierge, 80, 103  
 nécromasse, 111  
 négociation, 103, 236, 246, 260  
 négociations, 106, 223, 229, 271, 275  
 internationales, 274  
 nématode, 142  
 néocolonialisme, 81  
 néoendémisme, 128  
 néolibérale, 270  
 Néolithique, 164, 181  
 néophytes, 109  
 néozoaires, 109  
 népotisme, 243  
 New Age, 117  
 niaouli australien, 52  
 niche écologique, 5, 8, 42, 134, 142  
 Nielle, 188  
 Niger, 242  
 niveau trophique, 244  
 Noisetier, 181  
 nomades, 23, 161  
 norme  
 collective, 84  
 individuelle, 84  
 morale, 83  
 non scientifique, 84  
 Nouvelle-Calédonie, 46, 130  
 Nouvelle-Zélande, 46, 49  
 Noyer, 184  
 nuisible, 91, 92

## O

objectifs d'Aichi, 77, 78  
 obligations réglementaires, 270  
 occupancy model, 25  
 Océan Austral, 244  
 Océan indien, 131  
 Odum, 78, 171  
 oiseaux, 10, 124, 133, 137, 264  
 de plaine, 183  
 endémiques, 49, 53  
 marins, 45, 46, 145  
 steppiques, 175  
 terrestre, 45  
 oléiculture, 184  
 oligolectes, 8  
 olivier, 182, 184  
 omble chevalier, 208  
 ONG, 72, 77, 143, 144, 224, 227, 240, 241, 248, 267, 274, 275  
 ongulés, 34, 36, 112, 157  
 sauvages, 165  
 optimisation, 263  
 de l'économie, 263  
 optimum climatique, 12  
 Orang-outangs, 164  
 ordres monastiques, 189  
 organisation  
 institutionnelle, 237  
 internationale, 242, 272, 275  
 non gouvernementale, 72, 224  
 sectorialisée, 226  
 organisations internationales, 272  
 organisme public, 224  
 ornithochores, 11  
 orophytes, 128  
 orthoptères, 175  
 Ostrom, 218  
 ouassou, 205  
 Ouessant, 234  
 ours, 184, 185  
 brun, 182, 226, 227, 285  
 grizzli, 58  
 Outarde  
 canepetière, 144, 188  
 Grande, 183  
 outil  
 d'évaluation, 64  
 juridique, 60  
 législatif, 69, 208  
 outils  
 décisionnels, 137  
 législatifs, 69

- ovin, 151, 154, 155, 172, 175, 210  
 ozone, 75
- P**
- paiements  
 de compensation, 263  
 pour Services  
 Environnementaux, 267
- Paléarctique, 129  
 paléobiologie, 17  
 Paléocène, 17  
 paléoendémisme, 128  
 palétuviers, 97, 105  
 palmiers, 130  
 paludisme, 102  
 panda géant, 234  
 pandémie, 164  
 panmictique, 142  
 Paper Parks, 242  
 papillon, 22, 26, 61, 127  
 Rhopalocère, 6
- paradigme, XXI, 216, 218, 220  
 contradictoire, 221  
 de compétition, 34  
 de gouvernement, 218, 220  
 de la coordination, 218  
 de l'action minoritaire de change-  
 ment, 219  
 de la gouvernance, 219  
 de la révolution, 218  
 des métapopulations, 32  
 équilibres dynamiques, 42  
 métapopulations, 19  
 petites populations, 21  
 populations en déclin, 139  
 stochastique des déséquilibres per-  
 manents, 42
- paradoxe de MacArthur, 41  
 paramètres démographiques, 140  
 parasites, 14, 56, 142, 163, 164, 280  
 gastro-intestinaux, 15
- Parc, 101  
 National, 103, 112, 117, 154, 199,  
 200, 209, 240, 249, 250  
 National des Cévennes, 157  
 National des Écrins, 74  
 Naturel Régional, 251  
 zoologique, 143, 157
- parcours, 159, 161, 170, 182  
 Paridés, 11  
 paroisses, 183  
 partage des revenus, 248  
 paruline, 57  
 pasteurs, 154
- pastoralisme, 112, 157, 181  
 pathocentrisme, 90  
 pathogène, 29, 45, 53, 56, 61, 97,  
 137, 154, 162, 163, 164, 166,  
 280  
 introduit, 55
- patous, 156  
 patrimoine, 103, 191, 246  
 patrimonialisation, 103, 106,  
 patrons de biodiversité, 124  
 pâturage, 28, 58, 109, 112, 149, 154,  
 156, 160, 170, 172, 175, 181,  
 183, 185, 190, 194, 197, 198,  
 249  
 extensif, 193, 197
- pâturages, 109, 183  
 pauvreté, 85, 242, 248, 276, 279  
 réduction de, 81
- paysage, 8, 26, 27, 173, 176, 188,  
 189, 190, 193, 201  
 agricole, 8  
 connectivité, 23  
 culturel, 190  
 de la peur, 34  
 des ressources, 34  
 forestier, 191  
 méditerranéen, 190  
 usure, 191
- pêche, 142, 233, 236  
 sportive, 60
- pêcheries, 244, 263, 264  
 pelouses, 193, 210  
 péninsules, 130  
 pensée occidentale, 95  
 perception, 62, 63, 97, 154, 190, 207,  
 216, 246  
 des dynamiques, 232
- perche du Nil, 45, 53  
 Perdrix grise, 188  
 période de croissance active, 5  
 périurbanisation, 187  
 perspective, 218  
 révolutionnaire, 218
- perturbation, 4, 11, 12, 21, 79, 112,  
 124, 169, 170, 172, 181, 185,  
 192, 194, 202, 203, 233, 240
- peste, 183, 184, 189  
 bovine, 55, 165  
 l'écrevisse, 55
- pesticides, 8, 61, 251  
 Peter Scott, 71  
 Peter Singer, 88  
 petit âge glaciaire, 184  
 Pétrel, 145
- à collier du Vanuatu, 146  
 noir de la Réunion, 146
- pétrole, 172  
 peurs, 165  
 phénologie, 13  
 phénotype, 22  
 comportemental, 15
- Philippines, 46  
 philosophie, 117, 279  
 des Lumières, 85
- phoque, 46  
 gris, 89  
 moine, 16  
 moine de méditerranée, 89
- photosynthèse, 4  
 phylloxéra, 53, 185, 189  
 phylogéographie, 130  
 phylopatric, 42  
 physiologie de la conservation, 16  
 phytosanitaires, 188  
 PIB, 258  
 Pic noir, 185  
 pie-grièche  
 à poitrine rose, 49
- pin, 181, 235  
 d'Alep, 185  
 Monterey, 53  
 sylvestre, 233
- pin arolle, 11  
 pinsons de Darwin, 43  
 Pipridés, 10  
 pisciculture, 104  
 pissenlits, 9
- plan  
 d'action, 141, 176  
 de gestion, 142, 176, 236  
 national d'action, 151  
 national de conservation, 230
- plante ornementale, 60  
 plantes alpines, 137  
 plasticité  
 individuelle, 13  
 phénotypique, 13
- plateforme  
 ALMaSS, 233  
 CORMAS, 233
- Pléistocène, 12, 129  
 tardif, 17
- Pliocène, 12  
 pluralisme  
 interpersonnel, 90  
 intrapersonnel, 90
- pluvier doré, 38  
 pluviométrie, 130

- PNUE, 75, 272
- points-chauds, 44, 124, 135, 176
- poisson, 85, 230, 244  
endémique, 141
- politique, 71, 99, 202, 281  
Agricole Commune, 77, 144, 251  
d'aménagement, 176  
de conservation, 97, 117, 123, 134, 137, 140, 148, 149, 157, 240, 258, 262  
de colonisation, 238  
de développement, 269  
d'environnement, 228  
environnementale, 66, 78  
de gestion, 104, 207  
de la chasse, 37  
de patrimonialisation, 104  
de régulation, 156  
des espaces protégés, 176  
économique, X  
incitatives, 261  
publique, 69, 71, 73, 104, 145, 208, 215, 219, 220, 224, 227, 228, 230, 249, 256
- pollen, 6
- pollinisateurs, 8, 14
- pollinisation, 4, 6
- pollution, 46, 47, 71, 75, 81, 165, 171, 244  
atmosphérique, 47  
fluviale, 47  
génétique, 196
- polymorphisme, 22
- Polynésie, 244
- ponte, 150
- population, 141  
d'élevage, 162  
fragmentée, 140, 161, 166  
locale, 23, 72, 210, 240  
petite, 23, 140  
relique, 46  
sauvage, 162  
viable, 142, 148, 161
- porcs, 183
- Port-Cros, 119
- potentiel  
adaptatif, 21, 133  
évolutif, 13, 21, 137
- Poverello, 117
- prairies, 28, 144, 197, 249  
alluviales, 26
- praticiens de la conservation, 215
- pratiques  
agricoles, 37, 144  
agro-pastorales, 26  
communautaires, 188  
locales, 240  
paysannes, 239  
religieuses, 117  
traditionnelles, 84
- précipitations, 125, 265
- prédateurs, 34, 45, 111, 146, 148, 154, 170, 225  
généralistes, 61
- prédation, 42, 53, 140, 151, 172
- pression, 149
- prélèvements, 233  
légaux, 152
- préoccupation  
de référence, 225  
environnementale de référence, 226
- préoccupations sociales, 275
- pression de sélection, 41, 127, 141, 162
- prévention des introductions, 60
- primates, 164
- prime herbagère agri-environnementale (PHAE), 250
- principe  
d'anticipation, XXI  
de naturalité, 78  
moral, XXI  
philosophique, XXI
- priorités  
de conservation, 133, 138  
sociales, 219
- privatisation, 270
- probabilité  
émigration, 147  
quasi-extinction, 31  
survie, 147, 163
- processus  
bureaucratiques, 220  
de décision, 219, 232  
démocratique d'action, 220  
locaux, 124
- production  
agricole, 227  
primaire, 4, 35, 124  
secondaire, 4
- productivisme, 252, 277
- profanum, 116
- programme  
conservation, 140  
gestion, 140  
Man et Biosphère, 74
- Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), 75, 176
- progression forestière, 191
- projet IntraBioDiv, 137
- Projet Génome Humain, 84
- propagules, 9, 11
- propriétaires, 149, 184, 245, 249, 252, 269
- Proteaceae, 135
- protection intégrale, 238
- Protocole de Kyoto, 76
- Prunus, 12
- psychologie, 119
- puceron, 54
- puits  
de carbone, 112  
diversité, 135
- purification, 98
- PVA, 26
- PVA : Population Viability Analysis, 25
- pygargues à tête blanche, 58
- pygmées, 103
- Pyénées, 110, 151, 157, 226
- python de Birmanie, 53
- ## Q
- Qualité de l'environnement, 13
- ## R
- racas, 154
- Rachel Carlson, 71
- racisme, 88
- radiation, 136  
adaptative, 135  
évolutive, 42, 53
- raisonnement stratégique, 229
- Ramsar, 98
- randonneurs, 210
- rapaces, 61, 92, 157
- rapport  
Brundtland, 75, 272, 273  
Stern, 273
- rapports sociaux, 103
- rareté, 128, 256
- rat, 45, 53, 61, 94
- rationalisation des dépenses, 220
- rationalité  
économique, 264  
instrumentale, 86
- raubwirtschaft, 191
- réactions en chaîne, 58
- réaffectation, 168
- réalité du terrain, 243
- reboisement, 73, 174



- recensement, 146, 147  
 réchauffement climatique, 13, 17, 28, 37, 210, 277  
 recherche-action, 224, 279  
 Recherche en Gestion sur les Territoires et l'Environnement, 225  
 récifs coralliens, 17  
 recolonisation, 31, 140  
 réconciliation, 116  
 reconnaissance, 250  
 recrutement, 30, 142, 193  
 réduction des émissions dues au déboisement et à la dégradation forestière (REDD), 269  
 ré-établissement de l'espèce, 158  
 référent identitaire, 103  
 référentiel  
   environnemental, 228  
   marchand, 271  
   normatif, 216  
 réflexion théologique, 118  
 reforestation, 57, 182  
 refuge, 12, 17  
 refuges, XXII, 47  
   glaciaires, 129  
   méridionaux, 130  
 régimes  
   fonciers, 103  
   hydrologiques, 53  
 région  
   biogéographique, 64  
   du Cap, 135  
   méditerranéenne, 131, 135, 138, 193  
   mésophile, 125  
   périphérique, 249  
   tropicale, 124  
 réglementation, 150, 202, 247  
 regroupement nocturne, 156  
 régulateur, 246  
 régulation, 245  
   des écosystèmes, 80  
   densité-dépendante, 27  
 réhabilitation, 98, 168, 279  
   écologique, 175  
 Reine Rouge, 22  
 réintroduction, 48, 111, 142, 157, 158, 170, 279  
 relations  
   fonctionnelles, 12  
   Homme-Nature, 193  
   sociales, 159  
 religion, 85, 103, 115, 116  
 relique glaciaire, 210  
 rémunération, 248  
 Renaissance, 184  
 renard, 91  
   arctique, 17  
   roux, 148, 210  
 rendements, 267  
 renforcement, 143, 162  
   de population, 142  
   des capacités, 243  
 Renouée bistorte, 26  
 rentes informationnelles, 261  
 repeuplement, 92, 142  
 réponse  
   physiologique, 126  
   politique, 66  
 représentation, 233, 256, 262, 270, 271, 275  
   artistique, 70  
   sociale, XXII  
 reproducteurs efficaces, 21  
 reproduction  
   ex-situ, 143  
   sexuée, 22  
 République tchèque, 162  
 requin, 18  
   taupe, 103  
 réseau  
   Conservation and Religion, 118  
   écologique, 23  
   régional, 241  
   sentinelle, 113  
   site, 260  
   sociotechnique, 241  
   trophique, 35, 43  
 réserve, 70, 80  
   de biosphère, 101  
   forestière, 72  
   intégrale, 80  
   naturelle, 98, 101, 162, 175  
   naturelle intégrale, 73  
 Réserve Nationale, 102  
 réserves, 101, 166, 238  
   biosphère, 241  
   cynégétiques, 101  
   de biosphère, 240  
   forestières, 110  
 réservoir, 165, 166  
 résilience, 8, 109, 141, 169, 170, 172, 175, 177, 207, 280  
   des écosystèmes, 258  
   écosystèmes, 47  
 résistances, 15, 61, 165  
 responsabilité, 218, 224  
   légale, 261  
 ressource, 4, 6, 8, 20, 81, 124, 140  
   alimentaire, 8, 25  
   en eau, 185  
   énergétique, 183  
   fossile, 277  
   fourragère, 160  
   génétique, 77, 259  
   naturelle, 103, 182, 192  
   non renouvelable, 75  
   publique, 84  
   renouvelable, 264  
 ressources naturelles, X  
 restauration, 47, 49, 77, 99, 109, 112, 142, 143, 145, 167, 177, 195, 216, 279  
   de population, 144, 196  
   d'ongulés, 37  
   écologique, 80, 111, 168, 172  
   in situ, 143  
 rétrovirus, 164  
 revégétalisation, 168  
 revendication  
   identitaire, 103  
   territoriale, 103  
 reverdissement, 168  
 revues scientifiques, 119  
 Rhinocéros noir, 242  
 Rhône, 102  
 richesse  
   animale, 135  
   des insectes, 8  
   spécifique, 3, 124, 125, 137, 175  
   végétale, 135  
 Rio + 5, 76  
 risque, 259  
   d'extinction, 33, 143, 144  
   infectieux, 166  
   moral, 246  
 rites, 103  
 rizières, 250  
 roitelet, 16  
 romantisme, 101  
 ronces, 10  
 rongeurs introduits, 47  
 roselières, 234  
 rouge-gorge, 10  
 rouille du châtaignier, 53  
 Roumanie, 110  
 ruches, 177  
**S**  
 sacralisation, 116  
   de la biodiversité, 103  
 Saladelle de Girard, 195, 196

- salamandre tigre, 17
- salinité, 142
- salmonidés, 55, 141
- Sanglier, 92, 182, 186
- santé, 77, 119
  - publique, 163
- Sapin, 182
- saproxyls, 110
- sarcelle d'hiver, 147
- saulaie, 31
- saumon rouge, 58
- savoir naturaliste, 238
- savoirs
  - locaux, 240, 276
  - traditionnels, 191
- scénarios, 258
- science
  - de la rareté, 81
  - engagée, 83
  - humaine, 78, 80, 173
  - de gestion, 224
- sciences sociales, 215, 216, 217, 221
- scientifiques, 229
- sécheresse, 190
- sécurité
  - alimentaire, 242
  - aux frontières, 60
- sédentarité, 23, 42
- sédimentation, 182
- sélection, 13, 41
  - de l'habitat, 157
  - naturelle, 14, 22
- semences sélectionnées, 188
- séneçon, 57
  - en arbre, 52
- sensibilisation, 149, 151
- sensibilité
  - d'aménageurs, 96
  - paysagère, 96
- sentinelle, 173
- séquestration du carbone, 241
- séquoias, 73
- Serengeti, 165
- sériciculture, 184, 185
- serpent, 33, 53
- service, 76, 99, 105, 106, 112, 207, 216, 257, 268, 273, 280
  - culturel, 269
  - d'approvisionnement, 268, 270
  - de régulation, 259, 268
  - de soutien, 269
  - écologique, 6, 76, 81, 171, 177, 178, 228, 270
  - économique, 275
- écosystémique, 4, 6, 98, 133, 137, 174, 176, 225, 228, 250, 256, 258, 261, 264, 266, 268, 279
- environnemental, 241, 247, 248, 275
  - marchand, 275
  - non-marchand, 258
- seuils, 280
  - d'irréversibilité, 169, 170
- sexisme, 88
- simulation
  - individu-centrés, 32
  - informatique, 233
- singes, 242
- Sittelle, 11
- ski, 210
- Slovénie, 141
- société, 215, 216, 246, 276
  - civile, 219, 243, 281
- sociétés, 190, 256
  - de consommation, 87
  - humaines, 189, 190
  - méditerranéennes, 180, 190
  - pré-modernes, 191
  - savantes, 73
- Society for Conservation Biology, 79, 80
- Society for Ecological Restoration, 168
- Sociobiologie, 140
- sociologie, 71
  - des organisations, 224
- soft systems analysis, 224
- soins vétérinaires, 159
- solidarité
  - écologique, 104
  - sociale, 207
- sorbiers, 10, 12
- souffrance, 92, 93
- Soulé, 78, 83, 111, 215
- sources archéologiques, 188
- soutien citoyen, 281
- spartine, 52, 59
- spéciation, 41, 127, 135, 140
  - allopatrique, 128
  - péripatrique, 128
- spécisme, 88
- spiritualité, XXII
- SPM : structured population model, 26
- sporozoaire, 14
- sports d'hiver, 210
- SRAS, 164
- stabilité, 232
- stations balnéaires, 187
- statut
  - de conservation, 151
  - de protection, 160
  - juridique, 105
- steppe, 158, 175
- stérilisation aux rayons X, 61
- Sterne, 188
- stochasticité
  - démographique, 21
  - environnementale, 21, 28, 30
  - génétique, 21
- stratégie
  - anti-environnementale, 225
  - d'acteur, 224
  - de conservation, 133, 261
  - de l'État, 152
  - des points-chauds, 133
  - K, 41
  - nationale de conservation, 267
  - nationale pour la biodiversité (SNB), 78, 173, 174
  - opportuniste, 141
  - reproductrice, 11
- stratégies
  - de neutralisation, 226
  - de vaccination, 166
  - individuelles, 32
- stress, 16, 17, 124, 149, 156, 162, 169, 197
- structuration des paysages, 180
- structure
  - génétique, 196
  - sociale, 159
- structure fonctionnelle
  - des communautés, 4
- subventions, 251
- succès de reproduction, 38, 150
- succession, 79, 112
  - écologique, 9, 11
  - forestières secondaire, 174
  - naturelle, 170
  - régressive, 190
- Suisse, 112
- suivi
  - à long terme, 143, 173
  - démographique, 157, 159, 209
  - individuel, 13
- sureaux, 10
- surexploitation, IX, 46, 140, 141, 242, 276
- surmulot, 53
- surpêche, 244

survie, 33, 160, 162  
 d'une espèce, 85  
 sylviculture, 108, 149  
 symbioses, 9  
 symbolique, 151  
 syndrome  
 de dispersion, 23  
 d'insularité, 41  
 populations isolées, 21  
 synzoochores, 9, 10, 11, 12  
 Syrphidés, 6, 7  
 système  
 de gestion, 225  
 d'incitation, 246  
 HLA, 15  
 écologique, 171  
 économique, 269  
 insulaire, 128  
 multi-agents 232  
 mutualiste, 9  
 social, 103  
 System of Integrated Environmental  
 and Economic Accounting, 258

## T

taches d'habitats, 20, 21, 28  
 Tadorne, 188, 193  
 taille corporelle, 33  
 Tamaris, 183  
 Tardiglaciaire, 12  
 taureaux, 193  
 taux  
 d'accroissement de la population, 30  
 de colonisation, 20  
 d'émigration, 147  
 de mutation, 127  
 d'endémisme, 128  
 d'extinction, 20  
 de spéciation, 127  
 de survie, 148  
 d'immigration, 20  
 Tchernobyl, 75  
 technique de l'animal-Judas, 61  
 technologies de substitution, 87  
 TEEB, 275  
 température, 124, 127  
 Terre mère, 116  
 terres australes, 45  
 territoire, 199, 200  
 Tétrás  
 Grand, 148  
 Lyres, 16  
 Thaïlande, 236

théorème  
 de Coase, 270  
 de Fisher, 22  
 théorie  
 biogéographie, 42, 124  
 biogéographie insulaire, 41, 43  
 bulldozer herbivore theory, 112  
 de la croissance, 257  
 de la justice environnementale, 86  
 de MacArthur et Wilson, 41  
 des niches, 41  
 des perturbations, 79  
 du contrat, 246  
 du modèle « nul », 42  
 métabolique de l'écologie, 124  
 morale, 88, 90  
 morale traditionnelle, 86  
 scientifique, 84  
 thon rouge, 103  
 tigres, 261  
 Tocqueville, 70  
 tolérances climatiques, 127  
 torrentialité, 190  
 tortues, 133  
 tourbières, 111  
 Tour du Valat, 230, 265  
 tourisme, 188, 200, 227, 240  
 tradition, 117, 118  
 chrétienne, 117  
 judéo-chrétienne, 118  
 occidentale, 117  
 religieuse, 116, 118  
 traditions, 103  
 tragédie des communs, 270  
 traits, 7  
 animaux disperseurs, 11  
 biodémographiques, 140  
 comportementaux, 42  
 coopératifs, 233  
 démographiques, 33  
 des espèces, 4  
 des insectes, 7  
 des plantes, 7  
 d'histoire, 26  
 discontinus, 4  
 évolutifs, 41  
 foliaires, 6  
 fonctionnels, 7, 8  
 histoire de vie, 13, 24  
 phénotypiques, 15  
 souterrains, 6  
 Trame Verte et Bleue, 77, 104, 119,  
 177, 201  
 transcendance, 118  
 transferts, 144

de gènes, 196  
 de population, 143  
 de populations, 143, 144  
 transhumance, 183, 185, 190  
 translocation, 15, 48, 142, 143  
 transmission culturelle, 14  
 transplantation, 196  
 transports, 164, 165, 187  
 traque à l'habitat, 13, 17, 47, 279  
 Traquet rieur, 186  
 trématode, 15, 58, 137  
 troupeaux, 161  
 Truite  
 de Prespa, 141  
 marbrée, 141  
 commune, 141  
 tuatara, 49  
 turnover, 196

## U

UICN, 73, 238, 272, 273  
 UNESCO, 75  
 unicité phylogénétique, 137  
 Union for the Preservation of Nature  
 (UPN), 72  
 urbanisation, IX, 186, 188, 192  
 usage, 99, 208  
 curatif, 72  
 des terres, 179  
 des ressources naturelles, 205  
 local, 240  
 récréatif, 72  
 usagers, 81, 105, 245  
 utilitarisme, XXI, 81, 96, 270  
 utilité  
 publique, 272  
 sociale, 259

## V

vaccination, 164, 165, 166  
 vaches, 28  
 vagues de froid, 162  
 vairon, 56  
 valeur, 83, 90, 140, 207, 259, 269,  
 275  
 conservative, 117  
 constitutive, 83, 84  
 contextuelle, 83, 84  
 culturelle, 117  
 de la biodiversité, 85, 208, 245  
 des êtres humains, 86  
 écologique, 249  
 économique, 101, 177, 249, 259

fonctionnelle, 167  
 instrumentale, 86, 111  
 interne, 84  
 intrinsèque, 86, 88, 89, 111  
 marchande, 275  
 morale, 89, 90  
 naturelle, 167  
 non scientifique, 84  
 partage, 151  
 patrimoniale, 167  
 pédagogique, 113  
 sélective, 4, 9, 21  
 spirituelle, 113  
 symbolique, 109  
 valorisation  
 de la nature, 270  
 économique, 271  
 monétaire, 216  
 vanneau huppé, 38  
 Vanoise, 209  
 variole aviaire, 164  
 Vautour, 119  
 fauve, 157  
 moine, 158  
 percnoptère, 158  
 vecteur dispersion, 9  
 végétaux, 124, 130  
 endémiques, 130, 132  
 méditerranéens, 128  
 vendanges, 184  
 viabilité, 29, 30  
 de la population, 19, 143  
 (méta-)populations, 32

viande, 154  
 de brousse, 164  
 vigne, 182, 184, 185, 189  
 vignoble, 183, 185  
 viornes, 10  
 vipère d'Orsini, 33, 233  
 virus, 162, 163  
 de la Fièvre du Nil occidental, 164  
 de la myxomatose, 56, 58  
 de la rage, 166  
 influenza aviaires, 162, 163  
 Schmallerberg, 154  
 vision  
 anthropocentrée, 275  
 du monde, 219  
 marchande, 276  
 utilitariste, 276  
 vison, 57  
 d'Amérique du Nord, 57  
 d'Europe, 57  
 vitesse de croissance spécifique, 5  
 vivisection, 84  
 volailles, 164  
 vortex  
 d'extinction, 49  
 d'invasion, 57, 58, 59  
 Vosges, 111, 149  
 vulnérabilité, 134, 139

## W

weka, 49  
 wilderness, 108, 239

Wild Europe, 108  
 World Database on Protected Areas,  
 241  
 WWF, 72, 73, 75, 101, 109, 117,  
 241, 265, 267

## Z

ZNIEFF, 192  
 zone  
 atelier, 145  
 centrale, 249  
 d'endémisme, 138  
 humide, 59, 65, 66, 74, 98, 101,  
 110, 133, 146, 147, 188, 191,  
 225, 228, 230, 236, 251, 254,  
 269  
 importantes pour la Conservation  
 des Oiseaux (ZICO), 77  
 importantes pour les oiseaux  
 (IBAs), 134  
 importantes pour les plantes  
 (IPAs), 134  
 de Protection Spéciale (ZPS), 77,  
 145  
 protégée, 150  
 tampon, 101  
 refuge, 127, 129, 137  
 spéciales de Conservation (ZSC), 77  
 zoo, 158  
 zoochores, 9, 11  
 zoonose, 164  
 Zosterops, 59





# Sciences de la conservation

La conservation de la nature est une préoccupation en pleine croissance. Les sciences de la conservation prennent une importance grandissante et répondent à une forte demande sociétale. Il était alors urgent de proposer un ouvrage de référence dans ce domaine à l'intention des lecteurs francophones.

## Un texte accessible et pédagogique

Présenté sous la forme d'un manuel, ce livre peut servir de support à l'enseignement des sciences de la conservation et également constituer un portail d'entrée pour un large public tel que des gestionnaires, des politiques, ou des professionnels de l'environnement...

Les connaissances scientifiques de base sont illustrées par un grand nombre d'encarts présentant des exemples concrets et des cas pratiques.

## Un livre à l'interface d'un champ très large de disciplines

Les **Sciences de la conservation** abordent entre autres :

- ▶ les causes et les mécanismes de la perte de biodiversité ;
- ▶ les aspects historiques et les concepts philosophiques de la conservation ;
- ▶ les politiques publiques ;
- ▶ les décisions partagées et la gestion des conflits ;
- ▶ les valeurs économiques de la biodiversité.

- Une œuvre collective de plus de 80 auteurs
- De nombreuses illustrations en couleurs
- Un glossaire complet
- De multiples focus présentant des études de cas, des notions particulières et différents points de vue scientifiques

## Des auteurs de référence

Michel Gauthier-Clerc : Directeur du parc zoologique la Garenne en Suisse, chercheur associé à la Fondation Tour du Valat et à l'UMR 6249 Chrono-Environnement à Besançon.

François Mesléard : Directeur de recherche à la Fondation Tour du Valat et professeur associé à l'Université d'Avignon.

Jacques Blondel : Directeur de recherche émérite au CNRS.

ISBN : 978-2-8041-8490-2



SCICONS



[www.deboeck.com](http://www.deboeck.com)