

## Scénarios de la biodiversité : un état des lieux des publications scientifiques françaises



## **PHOTOGRAPHIES**

Couverture :

© NASA

© CNRS Photothèque/LCMB/Emmanuel PERRIN

© CNRS Photothèque/Thomas VIGNAUD

Page 6 :

© CNRS Photothèque/Frédéric ZUBERER

Page 8 :

© CNRS Photothèque/Hervé THERY

Page 14-15, 30 :

© naturexpose.com/Olivier Dangles, François Nowicki

Page 32 :

© CNRS Photothèque/LRC CMLA-CEA/ENS Cachan/R. PONCET

## **DÉCLINAISON GRAPHIQUE**

Alain Chevallier

## **IMPRIMÉ PAR**

STIPA sur du papier 100% recyclé

Dépôt légal mars 2013

Achévé d'imprimer mars 2013





**Scénarios de la biodiversité :**  
un état des lieux des publications  
scientifiques françaises



## LE PROGRAMME PHARE FRB « MODÉLISATION ET SCÉNARIOS DE LA BIODIVERSITÉ »

Début 2010, la FRB lance le programme phare « Modélisation et scénarios de la biodiversité », thème qui figure parmi les priorités identifiées par la Prospective scientifique sur la recherche française en biodiversité (FRB, 2009). Ce programme est structuré en trois axes complémentaires :

1. **des appels à projets** visant à promouvoir des projets de recherche ambitieux et fédérateurs ;
2. **une animation** visant à favoriser les liens entre chercheurs de différentes disciplines et acteurs de la société et le développement de nouveaux types de scénarios ;
3. **un état des lieux** des scénarios de la biodiversité développés par la communauté scientifique française, complété par une analyse des besoins des acteurs de la société en la matière.

### Le comité de programme

Le programme est piloté par un comité composé de 20 chercheurs, experts du domaine et représentants de différentes disciplines, de 5 membres du Conseil d'Orientation Stratégique (COS) de la FRB, acteurs de la société et de deux membres du Comité Scientifique et Technique (CST) du Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM).

### Président :

Paul Leadley, Université Paris Sud 11 - ESE

### Chercheurs :

Balent Gérard, INRA – DYNAFOR  
Barthelemy Daniel, INRA – AMAP  
Chuine Isabelle, CNRS – CEFE  
Couvet Denis, MNHN – CERSP  
Cury Philippe, IRD – EME  
Doyen Luc, CNRS – CERSP  
Gascuel Didier, Agro Campus Ouest – Pôle halieutique  
Jouvet Pierre-André, Université Paris 10  
Le Page Christophe, CIRAD – Green  
Mermet Laurent, AgroParisTech  
Morand Serge, CNRS – ISEM  
Mullon Christian, IRD – EME  
Oberdorff Thierry, IRD – BOREA  
Pavé Alain, Ex-CNRS  
Rochard Eric, IRSTEA  
Silvain Jean-François, IRD – LEGS  
Theys Jacques, ex-MEDDTL  
Thuiller Wilfried, CNRS – LECA  
Viovy Nicolas, IPSL – LSCE

### Membres du COS :

Carré Hubert, Comité National des Pêches Maritimes et des Elevages marins (CNPMEM)  
Guéméné Daniel, SYndicat des Sélectionneurs Avicoles et Aquacoles Français (SYSAAF)  
Millet Jérôme, Fédération des Conservatoires Botaniques Nationaux (FCBN)  
Peyron Jean-Luc, ECOFOR  
Prin-Cojan Annabelle, Entreprises pour l'Environnement (EpE)

### Comité scientifique et technique du FFEM :

Griffon Michel (Agence Nationale de la Recherche)  
McKey Doyle (CNRS-CEFE)

**AUTEURS :** Laetitia Cuypers, chargée de mission FRB « Programme Modélisation et scénarios de la biodiversité » et Jurgis Sapijanskas, IPEF Doctorant, AgroParisTech & Université Mc Gill, Montréal.

**COMITE DE RELECTURE SCIENTIFIQUE** (constitué de membres du comité de programme FRB « Modélisation et scénarios de la biodiversité ») : Denis Couvet (MNHN-CERSP), Philippe Cury (IRD-EME), Laurent Mermet (AgroParisTech), Alain Pavé (ex-CNRS), Wilfried Thuiller (CNRS-LECA) et Nicolas Viovy (CEA-LSCE).

Nous remercions également Paul Leadley (Université Paris Sud-11-ESE), président du comité de programme FRB « Modélisation et scénarios de la biodiversité », et Audrey Coreau (AgroParisTech) pour leur relecture.

**DIRECTEUR DE PUBLICATION :** Bénédicte Herbinet, directrice de la FRB.

**COORDINATION :** Xavier Le Roux (ex-directeur de la FRB), Flora Pelegrin, responsable du pôle « Stratégie et animation scientifiques », et Marine Le Jars, chargée de mission « communication ».

# PRÉAMBULE

Comprendre les effets des changements globaux (climat, utilisation des terres, invasions, pollutions, etc.) sur la biodiversité, les écosystèmes et les services associés - et y faire face - est un enjeu majeur du 21<sup>ème</sup> siècle. La vitesse et l'ampleur de ces phénomènes sont telles qu'un effort important des scientifiques est nécessaire pour proposer des outils permettant d'adapter la gestion de la biodiversité. Parmi ces outils, les scénarios jouent un rôle clé, car ils peuvent avertir décideurs et gestionnaires des trajectoires possibles de la biodiversité, des écosystèmes et des services associés en réponse aux modifications environnementales, qu'elles soient climatiques ou d'habitats. Ils permettent d'anticiper au lieu de réagir dans l'urgence aux crises. À l'image des scénarios climatiques du GIEC, les scénarios de la biodiversité peuvent aussi constituer des outils adaptés à l'information du grand public.

La recherche sur les scénarios de la biodiversité connaît un essor spectaculaire depuis environ cinq ans. Cependant, ces scénarios sont souvent mal connus et leur utilité mal comprise, en partie car la science des scénarios dans le champ de la biodiversité est encore jeune. Avec la création de la plate-forme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES), l'anticipation du devenir de la biodiversité et des services écosystémiques associés devient un défi crucial à toutes les échelles.

Depuis deux ans, le programme « Modélisation et scénarios de la biodiversité » de la FRB œuvre pour renforcer et structurer la communauté scientifique française dans ce domaine. À travers des appels à projets et l'organisation d'une animation nationale associant scientifiques et acteurs de la société de tous horizons, la FRB favorise une meilleure prise en compte des attentes des acteurs dans les scénarios développés par les chercheurs français (souvent en collaboration avec des chercheurs étrangers), ainsi que l'implication des acteurs dans ces recherches. Le présent état des lieux des publications scientifiques françaises sur les scénarios de biodiversité propose un panorama clair et pédagogique de travaux très variés conduits par la recherche française dans ce domaine émergent depuis quinze ans.

Il convient toutefois de préciser le cadre d'interprétation des résultats. Il existe différentes approches en matière de scénarios, toutes visant à explorer les futurs possibles de la biodiversité. Ces approches sont principalement de deux ordres : les projections et la prospective.

Les projections sont généralement basées sur un ou plusieurs scénarios socio-économiques couplés avec des modèles quantitatifs traduisant d'abord les effets de ces scénarios sur les pressions directes qui s'exercent sur la biodiversité (ex : changement climatique, conséquences des politiques publiques, comme la déprise agricole et plus généralement l'aménagement du territoire) et ensuite leurs impacts sur la biodiversité. Ces scénarios de projection sont utilisés pour mieux comprendre ce qui détermine la distribution et la dynamique de la biodiversité et pour explorer les impacts potentiels de différentes options de développement socio-économique sur la biodiversité et les services écosystémiques associés. La présente étude, basée sur une analyse quantitative des publications, rend compte principalement de ce premier type d'approche.

Le second type d'approche, moins présent dans l'analyse, mais néanmoins important, recouvre des démarches prospectives d'ordre plus qualitatif, qui reposent sur la description de déroulés possibles des événements, avec des hypothèses concernant certains déterminants du changement. Souvent ces déroulés sont basés sur un dialogue approfondi entre chercheurs et parties prenantes. Ces approches, plus difficiles à recenser à travers la méthodologie adoptée ici, sont sous-représentées (quoique n'en étant pas exclues). Les résultats ne reflètent que partiellement les connaissances dans ce domaine là.

De manière générale, ce travail présente les forces et faiblesses d'une analyse bibliographique quantitative basée sur un profil de mots-clés. Certains domaines sont probablement sous-évalués du fait de la spécificité de leur vocabulaire. Cette étude permet néanmoins de se faire une idée de la diversité des recherches menées ces dernières années sur les scénarios de la biodiversité. Nous espérons qu'elle ouvrira des pistes de dialogue et de collaboration entre chercheurs, acteurs de la société et décideurs et qu'elle convaincra ses lecteurs de l'intérêt de l'approche par « scénarios » pour penser l'avenir de la biodiversité.

**Denis Couvet, Philippe Cury, Alain Pavé, Wilfried Thuiller, Nicolas Viovy**, membres du comité de lecture scientifique et du comité de programme « Modélisation et scénarios de la biodiversité »

& **Paul Leadley** président du comité de programme « Modélisation et scénarios de la biodiversité »

## RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE

Dans le cadre de son programme phare « Modélisation et scénarios de la biodiversité », la FRB a souhaité réaliser un état des lieux des scénarios de la biodiversité développés par la recherche française afin de mieux identifier les forces, les faiblesses et les synergies potentielles au sein de cette communauté scientifique mais également les pistes de collaboration entre scientifiques et acteurs de la société.

Une étude de profils *Web of Science* souligne l'expansion forte et récente de ce champ d'étude dans lequel la France participe à près de 7 % des publications internationales : la recherche française se situe ainsi au 6<sup>e</sup> rang mondial et au 3<sup>e</sup> rang européen en termes de nombre de publications sur les scénarios de la biodiversité.

Au-delà de cette étude de profils, une bibliographie fine de l'ensemble des travaux publiés ces quinze dernières années par la communauté scientifique française en matière de scénarios de la biodiversité – entendus comme « descriptions quantitatives ou qualitatives des devenir possibles de la biodiversité et/ou des services écosystémiques associés » - est ici proposée.

L'analyse des 111 publications répondant strictement à cette définition révèle que les chercheurs français qui travaillent sur ce thème publient majoritairement des articles fréquemment cités, et ce, dans des revues à fort facteur d'impact. Ces publications sont pour la plupart le fruit de collaborations internationales. Une analyse détaillée des articles indique une **forte représentation (1) des scénarios exploratoires, (2) des travaux prenant l'espèce comme niveau d'étude de la biodiversité, (3) du climat comme facteur de changement, (4) des milieux forestiers, agricoles et montagnards européens et français (4), de l'échelle spatiale locale ou régionale, et (5) des approches quantitatives basées sur de la modélisation, avec une prédominance des modèles de niche**. A l'inverse, les scénarios concernant les micro-organismes et le niveau infraspécifique de la biodiversité sont très peu représentés. Les services écosystémiques dépendant de la biodiversité sont également relativement peu étudiés. Enfin, une très large majorité de publications n'associe aucun acteur de la société. Cependant, l'étude permet d'identifier des formes de collaborations « science-société » à la fois innovantes et pertinentes pour la co-construction de scénarios.

# SOMMAIRE

---

## A. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTAT DES LIEUX « SCÉNARIOS DE LA BIODIVERSITÉ »

## B. LES SCÉNARIOS DE LA BIODIVERSITÉ DANS LES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES : CROISSANCE DU THÈME À L'INTERNATIONAL ET PLACE DE LA RECHERCHE FRANÇAISE SUR LA BASE DES MOTS CLÉS

<b>B.1 Un thème de recherche en plein essor aux plans international et européen</b>	<b>9</b>
<b>B.2 Un thème porteur pour la recherche française</b>	<b>10</b>
<i>Au niveau mondial</i>	10
<i>Au niveau européen</i>	11

## C. ANALYSE DE LA PRODUCTION SCIENTIFIQUE FRANÇAISE DE « SCÉNARIOS DE LA BIODIVERSITÉ »

<b>C.1 Recherche et identification des scénarios de la biodiversité produits par la recherche française</b>	<b>13</b>
<b>C.2 Analyse globale des publications sélectionnées</b>	<b>15</b>
<b>C.3 Analyse détaillée des publications sélectionnées</b>	<b>18</b>
1) <i>Types de scénarios</i>	18
2) <i>Types de biodiversité</i>	21
3) <i>Types de services écosystémiques</i>	22
4) <i>Facteurs de changements</i>	24
5) <i>Terrains d'étude / Aires géographiques</i>	26
6) <i>Echelles spatiales</i>	27
7) <i>Horizons temporels</i>	27
8) <i>Types de méthodologies/modèles utilisés</i>	28
9) <i>Implication et prise en compte des acteurs de la société</i>	30

## D. CONCLUSIONS DE L'ÉTUDE **31**

## E. ANNEXES **33**



6

CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTAT DES LIEUX  
SCÉNARIOS DE LA BIODIVERSITÉ

# A ] CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTAT DES LIEUX « SCÉNARIOS DE LA BIODIVERSITÉ »

Dans le cadre de son programme phare « Modélisation et scénarios de la biodiversité » lancé en juillet 2010, la FRB a souhaité réaliser un état des lieux des scénarios de la biodiversité développés par la recherche française.

Cet état des lieux a pour objectifs :

- ▶ d'éclairer les orientations du programme phare FRB « Modélisation et scénarios de la biodiversité » ;
- ▶ de mieux expliquer les différents types de scénarios développés par la recherche et de renforcer la visibilité de la communauté scientifique française travaillant sur les scénarios. Il s'agit de proposer à la communauté scientifique française mais également aux acteurs de la société une vision d'ensemble des travaux passés et récents sur les scénarios de la biodiversité ;
- ▶ de favoriser la diffusion des connaissances et outils développés par la communauté recherche française mais également de mieux connaître les pratiques des acteurs de la société dans ce domaine ;
- ▶ de faciliter et de promouvoir la collaboration entre acteurs de la recherche et de la société sur les scénarios de la biodiversité.

Ce travail s'appuie notamment sur :

- ▶ une analyse bibliographique réalisée sur la base des questions suivantes :
  - ▶ Quels sont les types de scénarios développés ?
  - ▶ Quels sont les niveaux de biodiversité étudiés et les services écosystémiques associés ?
  - ▶ Quels sont les principaux facteurs de changement pris en compte/combinés ?
  - ▶ Quels sont les grands types de modèles utilisés ? Quels types d'acteurs de la société sont associés aux travaux de recherche ? Comment et sous quelles formes ?
- ▶ Un corpus bibliographique de 111 articles, identifié après un tri de la littérature.

L'état des lieux des scénarios de la biodiversité développés par la recherche française a également vocation à favoriser le dialogue avec les acteurs de la société afin de mieux connaître leurs pratiques et leurs attentes en termes de scénarios et de projections liés à la biodiversité. Ainsi, un atelier « Scénarios de la biodiversité : quelles pratiques, quelles attentes des acteurs du COS ? » a réuni, le 3 juillet 2012, huit membres du COS (gestionnaires d'espaces naturels, organisations du secteur agricole, entreprises, associations) ainsi que trois chercheurs membres du Comité de programme « modélisation et scénarios de la biodiversité ». Ce dialogue a vocation à apporter un éclairage complémentaire au présent état des lieux des publications scientifiques françaises sur les scénarios de la biodiversité.



**LES SCÉNARIOS DE LA BIODIVERSITÉ  
DANS LES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES**

# B ] LES SCÉNARIOS DE LA BIODIVERSITÉ DANS LES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

## CROISSANCE DU THÈME À L'INTERNATIONAL ET PLACE DE LA RECHERCHE FRANÇAISE SUR LA BASE DES MOTS CLÉS

La définition de « scénarios de la biodiversité » retenue dans le cadre de cet état des lieux est la suivante : « descriptions quantitatives ou qualitatives des futurs possibles de la biodiversité et/ou des services écosystémiques associés ». Cette définition correspond à celle utilisée dans le cadre du programme phare « Modélisation et scénarios de la biodiversité ». Une première recherche bibliométrique a été effectuée sur la base de données internationale *Web of Science* à partir d'un ensemble de mots-clés correspondant au mieux à la définition ci-dessus (cf. **Annexe 1**).

Une analyse comparant les publications d'auteurs toutes adresses confondues (Monde), celles-ci comprenant au moins un auteur avec une adresse en Europe<sup>1</sup> et les publications impliquant au moins un auteur avec une adresse en France a été réalisée. Les résultats sont présentés ci-dessous<sup>2</sup>.

### B.1 UN THÈME DE RECHERCHE EN PLEIN ESSOR AUX PLANS INTERNATIONAL ET EUROPÉEN

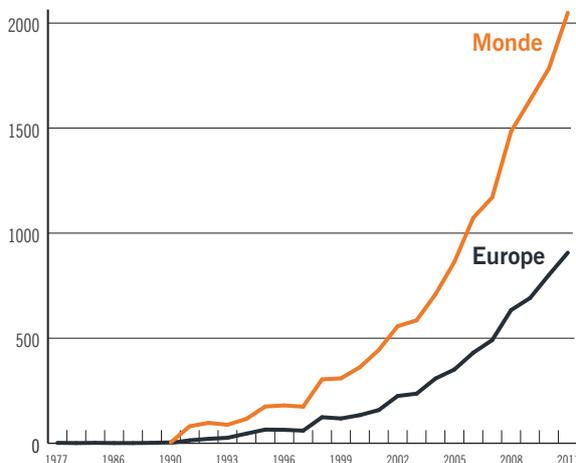
La **Figure 1** présente l'évolution dans le temps du nombre de publications toutes adresses confondues d'une part, et avec une adresse en Europe<sup>1</sup>, d'autre part, sur le thème des scénarios de la biodiversité. Les premières publications émergent dans les années 1990 seulement, démontrant le caractère récent de ce thème de recherche. On note une forte croissance du

thème depuis 2000 au niveau international comme au niveau européen.

La **Figure 2** présente l'évolution dans le temps de la part du thème « scénarios de la biodiversité » dans l'ensemble des publications concernant la biodiversité toutes nationalités confondues d'une part, et européennes, d'autre part, concernant la biodiversité. Celle-ci décolle au début des années 1990 et connaît ensuite une forte croissance tant au niveau mondial qu'euro-péen. Elle dépasse 6 % en 2011 au niveau mondial et atteint près de 7 % en Europe.

FIGURE 1

ÉVOLUTION TEMPORELLE DU NOMBRE DE PUBLICATIONS SUR LE THÈME DES SCÉNARIOS DE LA BIODIVERSITÉ (COMPARAISON MONDE/EUROPE<sup>1</sup>)



1 Sont ici considérés les 27 pays membres de l'Union européenne.

2 Les conclusions présentées ici sont à prendre avec précaution. Comme nous le verrons plus loin, les résultats de la recherche bibliographique sur lesquels elles sont basées comportent une forte proportion de publications ne correspondant pas à la définition de scénarios de la biodiversité adoptée dans le cadre de l'étude. En raison du trop grand nombre de résultats, il n'a pas été possible de réaliser la comparaison France/Monde/Europe après tri bibliographique.

## B.2. UN THÈME PORTEUR POUR LA RECHERCHE FRANÇAISE

La **Figure 3** présente l'évolution de la part des publications impliquant au moins un chercheur français dans l'ensemble des publications toutes nationalités confondues ou européennes sur le thème des « scénarios de la biodiversité ». Celle-ci augmente légèrement depuis 1991 au niveau mondial avec des variations interannuelles. Au niveau européen, on note une légère baisse de 1990 à 1995 puis une stabilisation depuis 1995. En 2011, les publications impliquant des auteurs français constituent 7 % des publications mondiales et 16 % des publications européennes. Pour comparaison, la part de la France dans les publications internationales concernant la biodiversité est également de près de 7 % en 2011. Ces pourcentages sont nettement supérieurs à la participation moyenne de la France aux publications scientifiques internationales (tous sujets confondus) qui est de 4,2 %<sup>3</sup>.

### Au niveau mondial

Les **Figures 4 (a)** et **(b)** comparent le nombre d'articles publiés sur le thème « scénarios de la biodiversité » d'une part, et sur le thème « biodiversité » d'autre part, pour les dix pays leaders<sup>4</sup> au niveau mondial ces cinq dernières années (2007-2011). Pour les deux thèmes, les États-Unis arrivent largement en tête, suivis du Royaume-Uni. Notons que la Suisse et les Pays-Bas figurent parmi les dix leaders en termes de nombre de publications sur les scénarios de la biodiversité alors qu'ils ne figurent pas dans les dix pays leaders publiant sur la biodiversité en général. La France est en bonne position sur les deux thèmes : elle est au sixième rang pour les « scénarios de la biodiversité » et au cinquième pour la « biodiversité ». Pour comparaison, la France est au sixième rang mondial pour les publications scientifiques tous sujets confondus<sup>5</sup>.

FIGURE 2

ÉVOLUTION TEMPORELLE DE LA PART DU THÈME « SCÉNARIOS DE LA BIODIVERSITÉ » DANS L'ENSEMBLE DES PUBLICATIONS CONCERNANT LA BIODIVERSITÉ (comparaison Monde/Europe<sup>1</sup>)

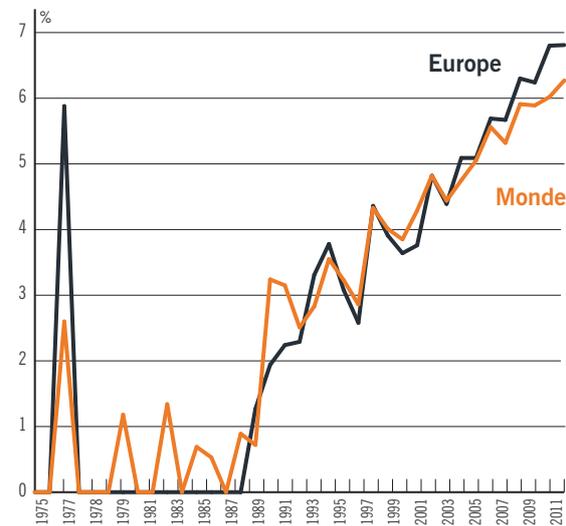
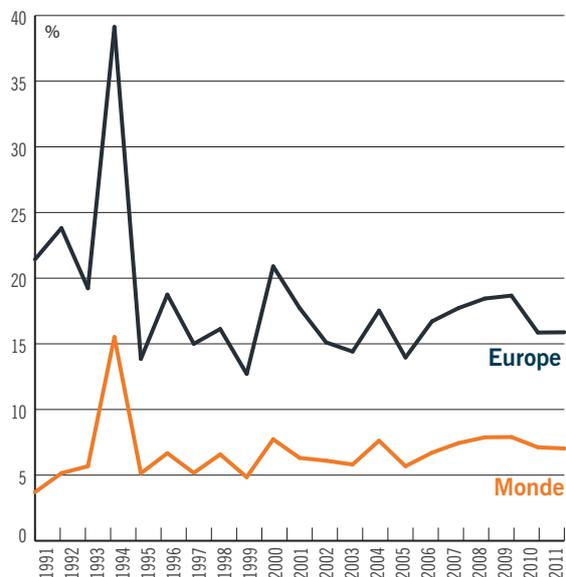


FIGURE 3

ÉVOLUTION TEMPORELLE DE LA PART DES PUBLICATIONS IMPLIQUANT DES CHERCHEURS FRANÇAIS DANS L'ENSEMBLE DES PUBLICATIONS SUR LE THÈME DES SCÉNARIOS DE LA BIODIVERSITÉ (comparaison Monde/Europe<sup>1</sup>)



3 Source : Observatoire des Sciences et des Techniques (OST), 2008, [http://www.obs-ost.fr/en/chiffre/news-singe.html?no\\_cache=1&tx\\_ttnews\[tt\\_news\]=93&tx\\_ttnews\[backPid\]=242](http://www.obs-ost.fr/en/chiffre/news-singe.html?no_cache=1&tx_ttnews[tt_news]=93&tx_ttnews[backPid]=242)

4 Les pays « leaders » s'entendent ici en termes de nombre de publications comprenant des auteurs ayant une adresse dans le pays au moment de la publication.

5 Source : Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/pid25351/chiffres-cles-de-la-recherche.html>

## Au niveau européen

Les **Figures 5 (a)** et **(b)** comparent le nombre d'articles publiés sur le thème « scénarios de la biodiversité » et sur le thème « biodiversité », pour les dix pays leaders au niveau européen ces cinq dernières années (2007-2011). Pour les deux thèmes, le Royaume-Uni arrive en tête et on retrouve les mêmes pays dans les dix pays leaders. La France est en troisième position, derrière l'Allemagne, pour les deux thèmes. Concernant les scénarios de la biodiversité, on constate que le Royaume-Uni se détache nettement et que les écarts sont très faibles entre les pays suivants, notamment entre la France, l'Allemagne et l'Espagne.

Sur le thème « biodiversité » comme sur celui des « scénarios de la biodiversité », la recherche française apparaît comme un acteur majeur tant au niveau mondial qu'europpéen.

Une analyse complémentaire montre également que parmi les 25 premiers auteurs mondiaux les plus productifs en termes de nombre de publications, trois sont français.

La **Figure 6** compare le pourcentage des publications consacrées aux scénarios de la biodiversité concernant quelques grands types de milieux pour les dix pays leaders<sup>6</sup> au niveau mondial, sur les cinq dernières années (2007-2011). On peut noter que la Suisse, le Canada, les États-Unis et l'Australie consacrent autour de 20 % de leurs publications sur les scénarios de la biodiversité aux milieux forestiers. Les écosystèmes forestiers concentrent d'ailleurs la grande majorité des publications pour quasiment tous les pays concernés sauf les Pays-Bas. Les milieux agricoles sont également bien représentés, avec une spécialisation assez forte des Pays-Bas (17 % des publications néerlandaises sur ce thème) et dans une moindre mesure de la Suisse, de la France et de l'Allemagne. Les milieux marins concernent également une part importante des publications des dix pays : le Canada et l'Australie mais aussi la France sont particulièrement tournés vers ces écosystèmes avec respectivement 13 %, 12 % et 9 % des publications. Les milieux d'eaux douces, en revanche, concernent une part plus faible des publications.

La France présente donc un profil relativement équilibré : les publications françaises sur les scénarios de la biodiversité apparaissent comme assez diversifiées avec néanmoins une légère surreprésentation des milieux forestiers (14 % des publications). Les milieux agricoles et marins sont étudiés dans une part équivalente des publications (9 %). Les milieux d'eaux douces sont en revanche peu représentés (1 %).

FIGURE 4 (a)

NOMBRE DE PUBLICATIONS SUR LE THÈME « SCÉNARIOS DE LA BIODIVERSITÉ » POUR LES 10 PAYS LEADERS AU NIVEAU MONDIAL (2007-2011)

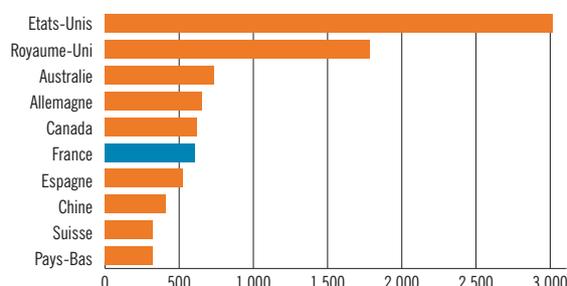


FIGURE 4 (b)

NOMBRE DE PUBLICATIONS SUR LE THÈME « BIODIVERSITÉ » POUR LES 10 PAYS LEADERS AU NIVEAU MONDIAL (2007-2011)

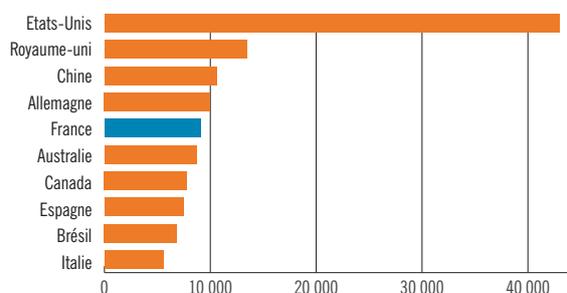


FIGURE 5 (a)

NOMBRE DE PUBLICATIONS SUR LE THÈME « SCÉNARIOS DE LA BIODIVERSITÉ » POUR LES 10 PAYS LEADERS AU NIVEAU EUROPÉEN (2007-2011)

Parmi les 27 pays membres de l'Union européenne.

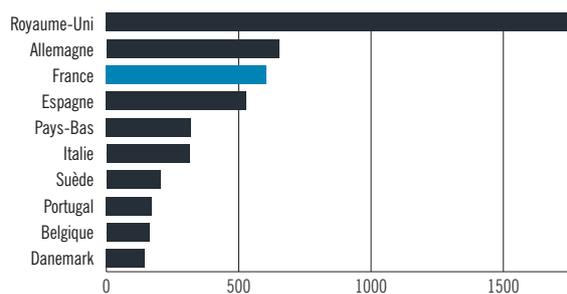


FIGURE 5 (b)

NOMBRE DE PUBLICATIONS SUR LE THÈME « BIODIVERSITÉ » POUR LES 10 PAYS LEADERS AU NIVEAU EUROPÉEN<sup>6</sup> (2007-2011)

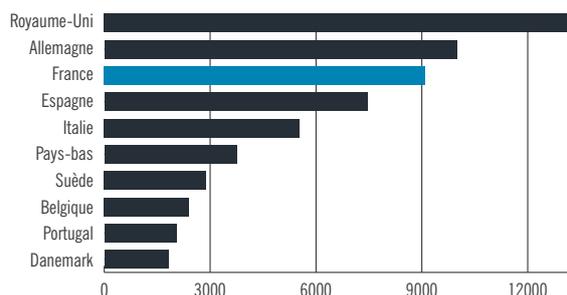
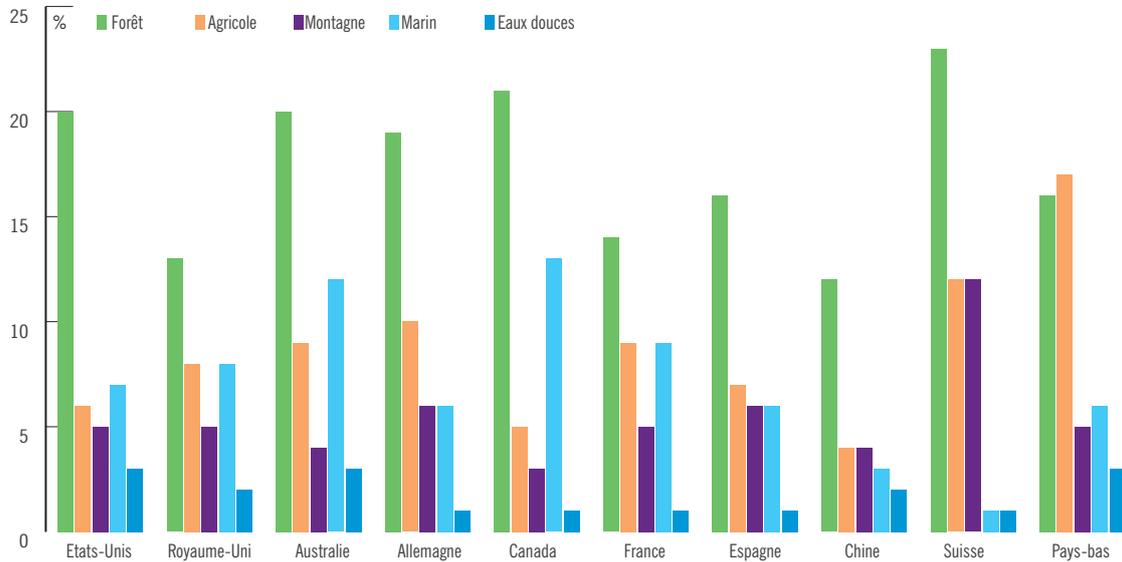


FIGURE 6

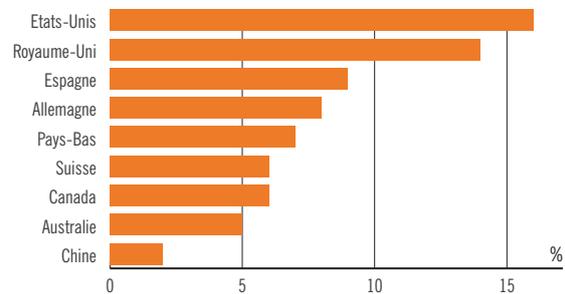
PART DES PUBLICATIONS DES 10 PAYS LEADERS AU NIVEAU MONDIAL CONSACRÉES AUX SCÉNARIOS DE LA BIODIVERSITÉ PAR GRAND TYPE DE MILIEU (2007-2011)



La **Figure 7** compare la part des publications françaises consacrées aux scénarios de la biodiversité élaborées avec des chercheurs des neuf autres pays leaders au niveau mondial sur ce thème sur les cinq dernières années (2007-2011). Les chercheurs français publient majoritairement avec les États-Unis (16 % des publications) et le Royaume-Uni (14 %), puis avec l'Espagne et l'Allemagne. Les coopérations avec d'autres pays non européens comme le Canada, l'Australie et la Chine sont plus rares.

FIGURE 7

PART DES PUBLICATIONS FRANÇAISES SUR LE THÈME DES SCÉNARIOS DE LA BIODIVERSITÉ PAR PAYS COLLABORATEURS





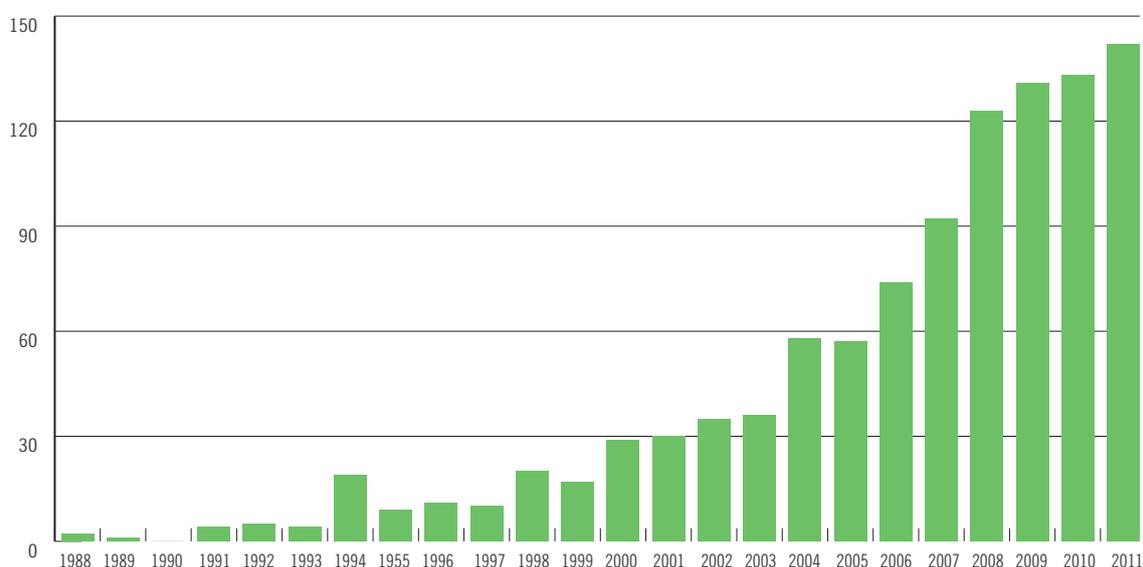
## ANALYSE DE LA PRODUCTION SCIENTIFIQUE FRANÇAISE DE « SCÉNARIOS DE LA BIODIVERSITÉ »

### C.1 RECHERCHE ET IDENTIFICATION DES SCÉNARIOS DE LA BIODIVERSITÉ PRODUITS PAR LA RECHERCHE FRANÇAISE

Sur la base de la définition adoptée (voir page 9) et de la série de mots-clés présentée en **Annexe 1**, la recherche bibliographique a été étendue à une base de données plus large et de référence, *Web of Knowledge*. L'étude visant à cartographier la production scientifique française proposant des scénarios de la biodiversité, les publications ciblées comportent *a minima* un auteur français (pays du laboratoire de rattachement de l'auteur au moment de la publication).

FIGURE 8

ÉVOLUTION TEMPORELLE DU NOMBRE DE PUBLICATIONS CONCERNANT LES SCÉNARIOS DE LA BIODIVERSITÉ IMPLIQUANT *A MINIMA* UN AUTEUR FRANÇAIS



La **Figure 8** présente la répartition par année des 1071 résultats obtenus sur *Web of Knowledge*. On note que les premières publications sur le thème apparaissent à la fin des années 1980, la croissance s'accroissant particulièrement à partir de 2004.

Afin de s'assurer de ne pas passer à côté de publications dans le domaine des sciences humaines et sociales (notamment dans des revues de langue française), une recherche parallèle a été menée sur la base de données FRANCIS<sup>6</sup> à partir du même profil de recherche (cf. **Annexe 1**).

Au final, un corpus bibliographique de 1195 références a été obtenu à partir des recherches effectuées sur *Web of Knowledge* et sur FRANCIS.

<sup>6</sup> Créé en 1972, la base de données INIST-CNRS FRANCIS signale près de 2,5 millions de références en sciences humaines et sociales. 60 000 nouvelles références issues de l'analyse de plus de 2000 revues scientifiques internationales y sont ajoutées chaque année (chiffres 2009).

Ces publications ont été analysées et triées, en fonction des objectifs de l'étude et de la définition de « scénarios de la biodiversité » retenue (voir page 9), sur la base du titre, du résumé et si nécessaire du corps de l'article : 111 publications présentent de nouveaux scénarios de la biodiversité produits par la recherche et ont donc été retenus pour l'analyse, soit environ 10 % du corpus initial (voir liste bibliographique en **Annexe 2**).

Les principaux motifs pour écarter les publications de l'étude ont été les suivants (par ordre décroissant de fréquence) :

- ▶ les termes « scénarios » ou « prédictions » ou « prévisions » ou « projections » sont entendus au sens d'hypothèses soit pour expliquer une évolution passée (« rétrodictions »), soit pour analyser la corrélation entre deux phénomènes, soit pour évaluer l'importance de l'impact de tel ou tel facteur dans l'évolution de la biodiversité mais sans projection vers l'avenir ; il peut également s'agir de « prédictions » d'un modèle visant à décrire un état présent (par exemple, la distribution actuelle d'une espèce) ou la dynamique d'un écosystème, là aussi sans projection vers l'avenir<sup>7</sup> ;
- ▶ il est uniquement question de méthodologies, d'outils ou de réflexions sur le champ de la recherche sur les scénarios de la biodiversité : aucun scénario n'est proposé, aucune projection du devenir de la biodiversité n'est proposé ;
- ▶ il n'est question ni de biodiversité, ni de services écosystémiques associés ;
- ▶ il s'agit d'une revue de littérature scientifique, ne proposant pas de scénarios originaux.

Il a été choisi de conserver dans la bibliographie les publications :

- ▶ proposant des projections vers l'avenir de la biodiversité sans horizon temporel précisément défini (ex : à l'horizon 2050) ;
- ▶ n'étudiant qu'une seule espèce, même sans dimension « diversité génétique » ;
- ▶ se basant uniquement sur des dires d'experts ou des expériences (sans modèle à l'appui) ;
- ▶ proposant des projections vers l'avenir uniquement qualitatives.

7 Bien que n'étant pas pris en compte dans l'étude, ces travaux constituent des bases très utiles à la recherche sur les scénarios de la biodiversité : comprendre le fonctionnement présent et l'évolution passée de la biodiversité est une nécessité pour pouvoir projeter les futurs possibles de la biodiversité.

La bibliographie ainsi délimitée, sans prétendre à l'exhaustivité, permet cependant d'avoir un bon aperçu de la production de la recherche française sur le thème des scénarios de la biodiversité et des services écosystémiques associés depuis ces quinze dernières années.

Si les publications scientifiques faisant référence à travers leurs mots clés à une notion de scénarios de la biodiversité ont considérablement augmenté en nombre au niveau international, européen et national, on constate toutefois à partir de ce travail que seule une minorité d'entre elles présente des scénarios au sens strict de « descriptions quantitatives ou qualitatives des futurs possibles de la biodiversité et/ou des services écosystémiques associés ».

La démarche de recherche et de tri des publications ayant au moins un auteur implanté en France aboutit ainsi, avec la démarche décrite ci-dessus, à un corpus de 111 publications qui a ensuite été analysé de façon plus fine.



## C.2 ANALYSE GLOBALE DES PUBLICATIONS SÉLECTIONNÉES

Une analyse globale a été réalisée sur le corpus bibliographique sélectionné (111 publications).

La **Figure 9** présente la répartition temporelle des publications retenues, s'étalant de 1995 à 2011. On constate une forte croissance du nombre de publications dans les années 2000, la majorité des articles ayant été publiés entre 2009 et 2011, avec en moyenne 19 publications par an sur cette période. Un tassement est néanmoins observable depuis 2009.

La **Figure 10** présente la répartition des articles retenus par revue. *Global Change Biology* sert de support à 14 % des publications. Parmi les principaux autres journaux, on peut citer : *Biological Conservation*, *Diversity and Distributions*, *Ecography*, *Journal of Applied Ecology*, *Biology Letters*, *Ecological Economics*, *Ecological Modelling*, *Ecology Letters* et *Global Ecology and Biogeography*. Les revues de biologie, d'écologie et de biogéographie dominent donc largement. Même si les revues de sciences sociales sont relativement peu représentées, on relèvera néanmoins que des périodiques consacrés à la gestion environnementale et aux socio-écosystèmes tels que *Journal of Applied Ecology* et *Ecological Economics* représentent 3 % des articles chacun. On peut également souligner que parmi les 57 revues recensées, 3 sont françaises.

FIGURE 9

RÉPARTITION TEMPORELLE DES PUBLICATIONS RETENUES (nombre de publications par année)

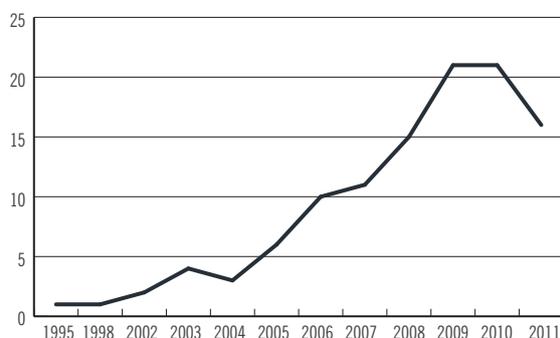
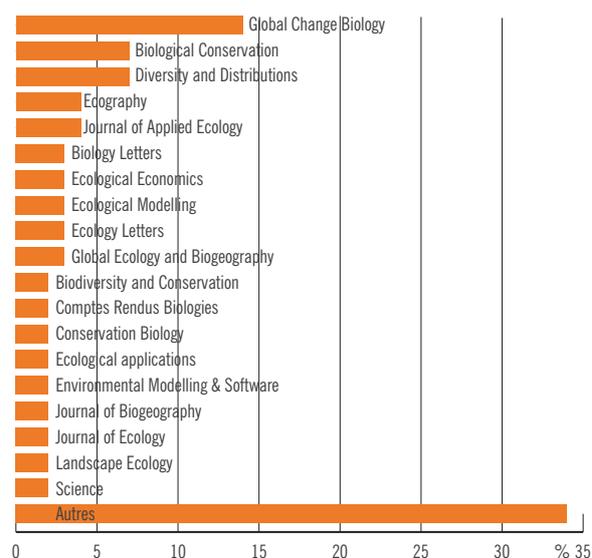


FIGURE 10

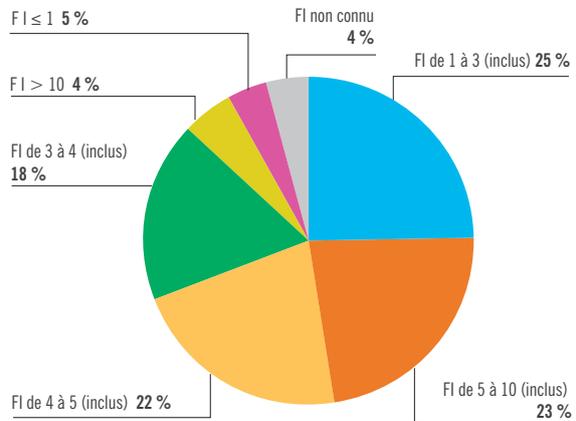
RÉPARTITION PAR REVUE DES PUBLICATIONS RETENUES



La **Figure 11** présente la répartition des articles par facteur d'impact (FI) des revues concernées. Pour une année donnée, le FI d'un journal est le nombre moyen annuel de citations de chaque article publié dans ce journal par les autres journaux durant les deux années précédentes. Il permet d'estimer la visibilité d'une revue. Si l'on se base sur ce seul critère, d'une manière générale, les articles produits sur le thème des scénarios de la biodiversité par la communauté française sont publiés dans de très bons, voire d'excellents journaux. Ainsi, la moitié des articles sont publiés dans des journaux ayant un facteur d'impact supérieur à 4, ce qui correspond à de très bonnes revues pour ce domaine ; et près de 30 % dans des journaux de facteur d'impact supérieur à 5, considérées comme d'excellentes revues.

FIGURE 11

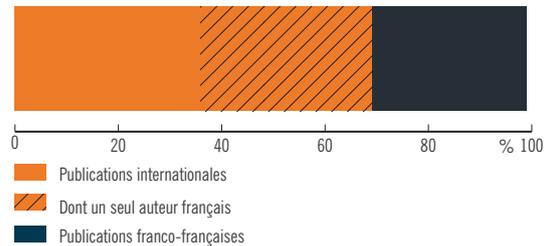
**RÉPARTITION DES ARTICLES PAR FACTEUR D'IMPACT (FI) DE LA REVUE DANS LAQUELLE ILS SONT PUBLIÉS**  
(Source : Journal Citation Reports)



La **Figure 12** présente le niveau de collaboration internationale des auteurs dans la bibliographie sélectionnée. 30 % des publications retenues sont franco-françaises. Plus de deux tiers des articles sont donc le fruit de collaborations avec des scientifiques étrangers. Parmi les publications internationales (impliquant *a minima* un chercheur étranger), près de la moitié impliquent seulement un auteur français.

FIGURE 12

**NIVEAU DE COLLABORATION INTERNATIONALE DES AUTEURS DANS LES PUBLICATIONS CONCERNÉES**



**C.3 ANALYSE DÉTAILLÉE DES PUBLICATIONS SÉLECTIONNÉES**

La grille d'analyse figurant en **Annexe 3** a été appliquée aux 111 publications sélectionnées. Les principaux résultats de ces analyses sont présentés ci-dessous.

**1) Types de scénarios**

Selon la définition du GIEC<sup>8</sup>, un scénario est une « description cohérente et plausible d'un possible futur état du monde », chaque scénario ne devant pas être entendu comme une prévision mais comme une « image alternative » du futur<sup>9</sup>.

Dans le cas des scénarios de la biodiversité – qui visent à décrire des futurs possibles de l'état de la biodiversité - il s'agit de scénariser d'abord l'évolution des facteurs du changement global auxquels est soumise la biodiversité (ou d'intégrer des scénarios existants concernant ces facteurs), puis d'envisager les effets futurs de ces changements sur la biodiversité. Dans certains cas, les scénarios iront jusqu'à décrire les conséquences des changements qui affecteront la biodiversité et les services écosystémiques sur les sociétés et les activités humaines.

On distinguera ici les scénarios dits « output » (sortie) des scénarios « input » (entrée). Les scénarios « outputs »

8. Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du climat

9. [http://www.ipcc-data.org/ddc\\_definitions.html](http://www.ipcc-data.org/ddc_definitions.html)

correspondent au produit final des recherches menées, c'est-à-dire aux descriptions des devenir possibles de la biodiversité. Les scénarios intervenant en « input » mettent en scène l'évolution des différents facteurs de changements considérés (ex : scénarios climatiques, de changements d'utilisation des terres, d'exploitation des ressources, de gestion, de conservation,...).

Pour les scénarios utilisés en « input », on distingue :

- ▶ des scénarios exogènes c'est-à-dire importés de sources externes ;
- ▶ des scénarios endogènes c'est-à-dire construits spécifiquement pour l'étude.

La **Figure 13** présente la part des publications utilisant des scénarios endogènes et/ou exogènes en « input ». Plus de la moitié des publications utilisent uniquement des scénarios exogènes pour projeter l'évolution des facteurs de changements étudiés. Il s'agit pour l'essentiel de scénarios de changement climatique provenant du GIEC. Des scénarios endogènes uniquement sont utilisés dans 35 % des publications (scénarios de gestion notamment). Un faible pourcentage d'articles fait appel à la fois à des scénarios exogènes et endogènes.

Pour les scénarios « output », on différencie deux grandes catégories de scénarios (en fonction de la méthodologie adoptée) (cf. **Figure 14**) :

- ▶ Les scénarios exploratoires (*forecasting*) qui consistent à « partir du présent, pour envisager des projections de cette dernière en fonction d'hypothèses sur les variables d'évolution en jeu. (...) Dans ces scénarios exploratoires, les cheminements sont conçus avant les images qui apparaissent comme des résultantes cohérentes des cheminements » (Mermet, 2005) ;
- ▶ Les scénarios anticipatoires ou normatifs (*backcasting*) : qui consistent à « partir des images du futur pour remonter jusqu'au présent, en concevant des cheminements plausibles qui permettent de relier ces images projetées à la situation présente » (Mermet, 2005). Les images de l'avenir ainsi projetées peuvent être désirées (Lévêque et Van Der Leeuw, 2004) ou redoutées. Ce type de scénarios peut être construit à partir de décisions ou volontés politiques, d'avis d'experts ou d'hypothèses formulées par des acteurs de la société (Mahmoud et al., 2009).

FIGURE 13

## PART DES PUBLICATIONS UTILISANT DES SCÉNARIOS ENDOGÈNES ET/OU EXOGENES EN « INPUT »

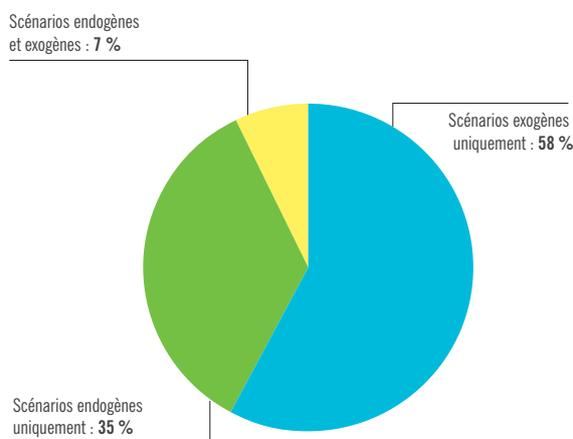
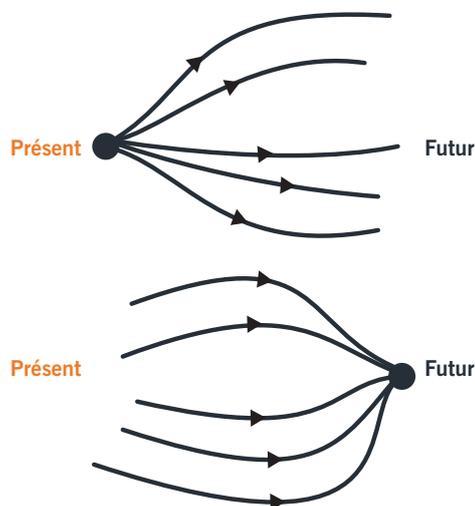


FIGURE 14

## DEUX GRANDES CATÉGORIES DE SCÉNARIOS



**ALLER PLUS LOIN N°1**

Pour une définition des différents types de scénarios, voir Mahmoud et al., 2009.

Pour consulter cet article :

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

Toutes les publications retenues proposent des scénarios exploratoires sauf une qui développe des scénarios anticipatoires/normatifs et deux autres des scénarios anticipatoires/normatifs en plus de scénarios exploratoires.

On distingue également deux types de scénarios « input » et « output » :

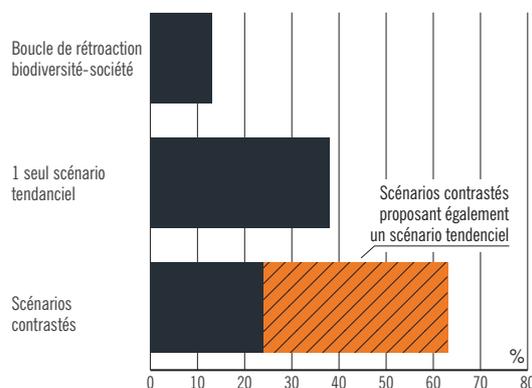
- ▶ Les scénarios tendanciels sont dits « sans surprise » et correspondent à une poursuite des tendances actuelles, intégrant des facteurs de changements déjà connus, sans rupture majeure. Ces scénarios sont également appelés « scénarios de projection ». Le scénario A2<sup>10</sup> du GIEC et les scénarios qualifiés de « business as usual » sont ici classés comme tendanciels. Dans le cas de certains scénarios qualitatifs, socio-économiques ou politiques notamment, il existe évidemment une dimension subjective dans ce qui va être considéré comme « tendanciel » ;
- ▶ Les scénarios contrastés sont destinés à explorer des hypothèses de rupture, ayant ou non un degré de probabilité faible mais dont l'impact est potentiellement important (Houet et al., 2008). Ces scénarios peuvent également être qualifiés de « prospectifs » (Mahmoud et al., 2009). Parmi ces scénarios peuvent être envisagées des hypothèses « extrêmes » aboutissant à des scénarios catastrophiques ou « du pire »<sup>11</sup>. Dans cette étude, nous avons comptabilisé dans les scénarios contrastés les publications qui développaient – en parallèle de scénarios prospectifs - un scénario tendanciel.

La **Figure 15** présente la part des publications développant des scénarios contrastés, tendanciels et intégrant la boucle de rétroaction biodiversité-société en « output ». Plus de 60 % des publications développent des scénarios contrastés. Près de 70 % de ces scénarios contrastés comptent un scénario tendanciel. 38 % des articles proposent un seul scénario considéré comme tendanciel. Notons que parmi les publications projetant les effets du changement climatique sur la biodiversité et ne considérant qu'un seul scénario tendanciel, la majorité se base sur les scénarios « business as usual » du GIEC : elles ont recours en majorité au scénario A2<sup>9</sup> décrit plus haut ou encore au scénario A1F1<sup>12</sup> (ou à une moyenne de ces scénarios).

13 % des articles représentent des scénarios qui intègrent une boucle de rétroaction biodiversité-société ; c'est-à-dire non seulement les impacts des sociétés humaines sur la biodiversité mais aussi les impacts des changements de la biodiversité sur les activités et les sociétés humaines. Il s'agit essentiellement de scénarios liés à la pêche, à la foresterie ou à l'agriculture. Quelques-uns développent des scénarios plus originaux (**voir zoom n°1**).

**FIGURE 15**

**PART DES PUBLICATIONS DÉVELOPPANT DES SCÉNARIOS CONTRASTÉS, TENDANCIELS ET INTÉGRANT LA BOUCLE DE RÉTROACTION BIODIVERSITÉ-SOCIÉTÉ EN « OUTPUT »**



10 Le scénario A2 du GIEC décrit un monde très hétérogène, avec une démographie qui continue d'augmenter et un développement économique à orientation régionale.

11 Par exemple, l'abandon d'un type d'agriculture ou l'apparition d'un événement climatique majeur créant un changement drastique (ex : arrêt du Gulf Stream).

12 Le scénario A1F1 du GIEC décrit un monde à croissance très rapide recourant fortement aux énergies fossiles.

## 2) Types de biodiversité

### Niveau de biodiversité

La **Figure 16** présente la part des publications par niveau de biodiversité ciblé. L'espèce est largement privilégiée avec près de 90 % des publications. Si 10 % des articles sont consacrés à des espèces envahissantes, la plupart projette la distribution future de l'espèce sans proposer de scénarios sur les conséquences possibles de sa propagation sur d'autres espèces ou sur certains écosystèmes (**voir zoom n°5**). Viennent ensuite les groupes fonctionnels/communautés (14 %) puis la diversité des écosystèmes (10 %), la diversité des paysages (9 %) et des biomes (3 %). Le faible nombre d'articles s'intéressant à la diversité génétique (5 %) est à noter. De rares scénarios qualitatifs envisagent les impacts de tel ou tel facteur de changement sur la biodiversité de manière générale, sans préciser de niveau d'étude (2 % des articles).

### Grands groupes taxonomiques

La **Figure 17** présente la répartition des publications par grand groupe taxonomique étudié. Les scénarios développés concernent en très grande majorité la faune puis la flore, en proportions assez proches. Les micro-organismes ne sont étudiés que dans 3 % des articles.

La **Figure 18** présente la part des publications étudiant différentes catégories de vertébrés et d'invertébrés. 43 % des articles concernent des vertébrés, ciblant préférentiellement les oiseaux (23 % des articles) puis les poissons (11 %), les mammifères (10 %), les reptiles (7 %) et les amphibiens (5 %). Les invertébrés sont étudiés dans 14 % des publications : les scénarios développés concernent en premier lieu les insectes (environ 6 % des articles).

FIGURE 16

**PART DES PUBLICATIONS PAR NIVEAU DE BIODIVERSITÉ ÉTUDIÉ**  
(Une même publication peut étudier plusieurs niveaux de biodiversité)

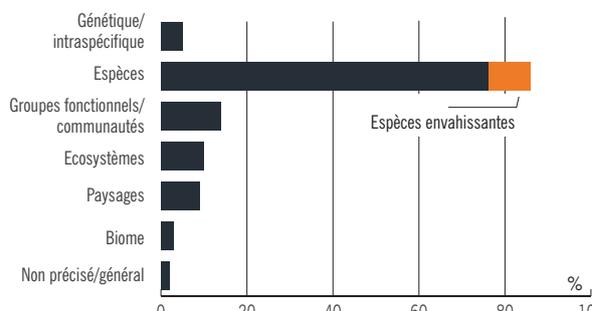


FIGURE 17

**RÉPARTITION DES PUBLICATIONS PAR GRAND GROUPE TAXONOMIQUE ÉTUDIÉ**  
(Une même publication peut étudier plusieurs grands groupes taxonomiques)

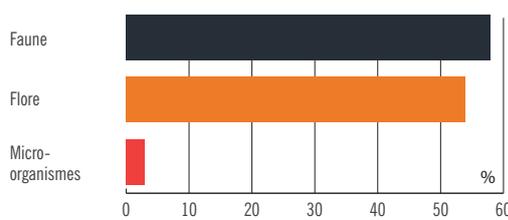
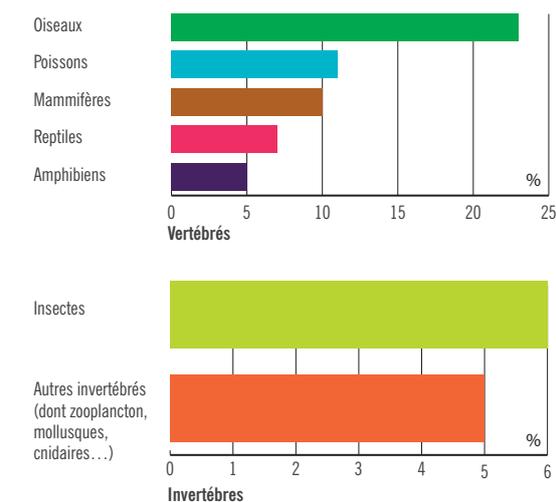


FIGURE 18

**PART DES PUBLICATIONS ÉTUDIANT DES VERTÉBRÉS ET DES INVERTÉBRÉS**  
(Une même publication peut étudier différents types de vertébrés et d'invertébrés)



### Milieux/écosystèmes étudiés

La **Figure 19** présente la répartition des publications par type de milieu/écosystème étudié. Les milieux terrestres sont les plus ciblés (55 % des publications) avec une prédominance des systèmes forestiers (23 %), agricoles (18 %) et montagnards (13 %), essentiellement des régions tempérées. Viennent ensuite les savanes, les maquis et les déserts (d'Afrique australe notamment) ainsi que les zones humides.

16 % des articles seulement s'intéressent aux milieux aquatiques : les systèmes marins sont étudiés dans 9 % des articles et les écosystèmes d'eaux douces dans 7 %<sup>13</sup>. De rares publications ciblent les milieux insulaires et côtiers (estuaires notamment).

Il est intéressant de noter qu'aucun article ne développe de scénarios en milieu urbain ou péri-urbain.

Enfin, un peu plus du quart des publications ne ciblent pas de milieu spécifique (ex : scénarios à large échelle géographique ou concernant un grand nombre d'espèces).

### 3) Types de services écosystémiques

Sur les 111 publications constituant la bibliographie ciblée, seules 19 % développent des scénarios concernant des services écosystémiques/écologiques associés à la biodiversité<sup>14</sup> (**voir zoom n°2**).

La **Figure 20** présente la répartition des publications par type de service écosystémique étudié. Les services d'approvisionnement (nourriture, eau bois...) sont les plus étudiés (16 % des publications). Viennent ensuite les services culturels (bénéfices spirituels, esthétiques...) (6 %), puis les services de support et de régulation (régulation du climat, maladies, épurations des eaux...) (5 % chacun).

FIGURE 19

**RÉPARTITION DES PUBLICATIONS PAR TYPE DE MILIEU/ÉCOSYSTÈME ÉTUDIÉ**  
(Les publications ciblant des milieux de montagne qui étudient spécifiquement des systèmes forestiers et/ou agricoles ont été comptabilisées dans les deux ou trois catégories (montagne, forêt et/ou agricole))

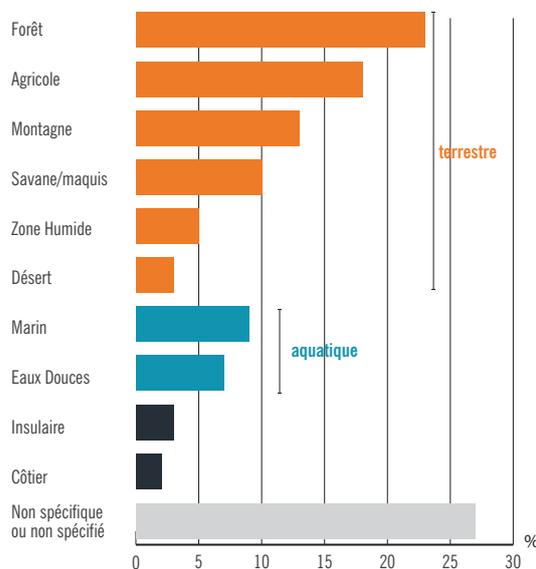
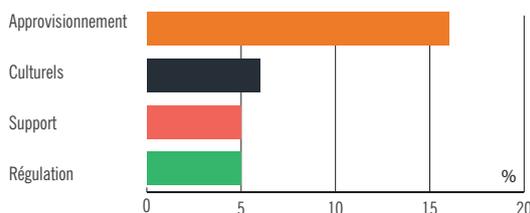


FIGURE 20

**RÉPARTITION DES PUBLICATIONS PAR TYPE DE SERVICE ÉCOSYSTÉMIQUE ÉTUDIÉ**  
(Une même publication peut concerner plusieurs services écosystémiques)



13 Le pourcentage relativement faible des scénarios concernant les systèmes marins peut étonner et suggère qu'une synthèse spécifique sur les milieux devrait faire appel à des recherches bibliographiques supplémentaires

14 Sont considérées ici uniquement les publications ciblant explicitement des services écosystémiques/écologiques.

## ZOOM N°1

**EXEMPLE DE PUBLICATION INCLUANT LA BOUCLE DE RÉTROACTION BIODIVERSITÉ-SOCIÉTÉ**

De Chazal et al. (2008) développent des scénarios de vulnérabilité des socio-écosystèmes en France (Lautaret) et au Portugal (Mertola) à l'horizon 2030. Pour chacun des sites (Le Lautaret en France et Mertola au Portugal), l'étude fait évaluer par un panel d'acteurs de la société composé d'agriculteurs et de représentants du parc national concerné (auxquels s'ajoutent des randonneurs pour le Lautaret et des chasseurs pour Mertola), l'importance de différents services écosystémiques tels que « la beauté sauvage du paysage », « le foin pour le fourrage hivernal », « l'abondance de gibier » ou bien encore « la production de miel ». Deux scénarios projetant l'impact de changements d'utilisation des terres sur les services écosystémiques (via les traits fonctionnels des plantes) sont ensuite soumis à l'évaluation des acteurs : un scénario « Rester apprivoisé » visant à renforcer le

soutien à l'intensification de l'élevage dans les prairies les plus accessibles, et un scénario « Rendre sauvage » consistant en une continuation des tendances actuelles allant vers l'extensification et la déprise agricole. La vulnérabilité des acteurs - entendue comme la comparaison du caractère « acceptable » pour les acteurs des changements affectant les services écologiques selon les deux scénarios - diffèrent selon les types d'acteurs. Dans le cas du Lautaret par exemple, les autorités du parc national apparaissent plus vulnérables aux changements affectant les écosystèmes que les agriculteurs ; une importance plus grande est en effet accordée par les autorités du parc à certains services comme la « beauté sauvage du paysage ».

De Chazal, J., Quétier, F., Lavorel, S., Van Doorn, A. (2008). *Including multiple differing stakeholder values into vulnerability assessments of socio-ecological systems*. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions*, 18(3): p. 508-520.

Pour consulter cet article : [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

## ZOOM N°2

**EXEMPLE DE SCÉNARIOS DU DEVENIR DE SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES**

Cordier et al. (2011) intègrent des stratégies de restauration écologique pour développer des scénarios du devenir des services de support et d'approvisionnement (stock de soles) dans l'estuaire de la Seine à l'horizon 2015. Cet article démontre qu'un scénario de restauration de la moitié des nurseries de poissons de l'estuaire de la Seine - détruites avec l'expansion des activités portuaires et des aménagements maritimes - aboutirait en 2015 à une biomasse totale de soles supérieure d'environ 44 % à un scénario sans restauration. Ce résultat serait

obtenu en ne provoquant qu'une très légère baisse des indicateurs économiques (PIB, emploi,...). En considérant l'ensemble des services écosystémiques fournis par les nurseries – et non les deux seuls services de support et d'approvisionnement ciblés ici – les auteurs estiment même que les effets macro-économiques d'une telle mesure seraient positifs.

Cordier, M., Pérez Agúndez, J.A., Connor, M., Rochette, S., Hecq, W. (2011). *Quantification of interdependencies between economic systems and ecosystem services: An input-output model applied to the Seine estuary*. *Ecological Economics*, 70(9): p. 1660-1671.

Pour consulter cet article : <http://archimer.ifremer.fr>

#### 4) Facteurs de changement

La **Figure 21** présente la répartition des publications par facteur de changement pris en compte. Les changements climatiques sont les plus étudiés (**voir « aller plus loin » n°2**) : leurs conséquences sur la biodiversité sont envisagées dans 60 % des articles. Le second facteur est le changement d'utilisation des terres (28 %). A noter également la place importante des stratégies de conservation ou de gestion (23 %) et des politiques sectorielles (10 % des articles, essentiellement des scénarios d'évolution des politiques agricoles comme la PAC<sup>15</sup>, **voir zoom n°3**). Il peut être étonnant de constater que l'exploitation des ressources n'est directement scénarisée que dans 12 % des articles. Cependant, ce facteur est parfois pris en compte de façon indirecte à travers les effets attendus des stratégies de conservation ou de gestion (ex : mise en place d'aires protégées).

De manière générale, les facteurs de changement d'origine anthropique présentés ici font souvent partie d'une même chaîne causale et sont donc très liés.

##### ALLER PLUS LOIN N°2

Pour une revue de la modélisation des impacts du changement climatique sur la biodiversité, voir Bellard et al., 2012.

Pour consulter cet article : <http://onlinelibrary.wiley.com>

Pour une analyse des sources d'incertitudes dans les projections de distribution d'espèces sous l'impact du changement climatique, voir Buisson et al., 2010.

Pour consulter cet article : <http://onlinelibrary.wiley.com>

La **Figure 22** présente la répartition des publications par nombre et type de facteurs de changement étudiés ou combinés. 62 % des publications n'étudient qu'un seul facteur de changement : 45 % des articles se concentrent uniquement sur le climat, 5 % uniquement sur l'utilisation des terres et sur les stratégies de conservation ou gestion. 26 % des publications combinent deux facteurs de changements (**voir zoom n°4**) : les combinaisons les plus fréquentes associent les changements climatiques à d'autres types de facteurs comme l'utilisation des terres, les stratégies de conservation ou gestion ou bien encore l'augmentation du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique. Quelques articles scénarisent les liens entre utilisation des terres et politiques sectorielles (cf. chaîne causale évoquée ci-dessus). De rares articles étudient l'impact de trois (8 % des publications) à quatre facteurs différents (4 % des publications).

FIGURE 21

RÉPARTITION DES PUBLICATIONS PAR FACTEUR DE CHANGEMENT PRIS EN COMPTE DANS LES SCÉNARIOS DÉVELOPPÉS (Une même publication peut intégrer plusieurs facteurs de changement)

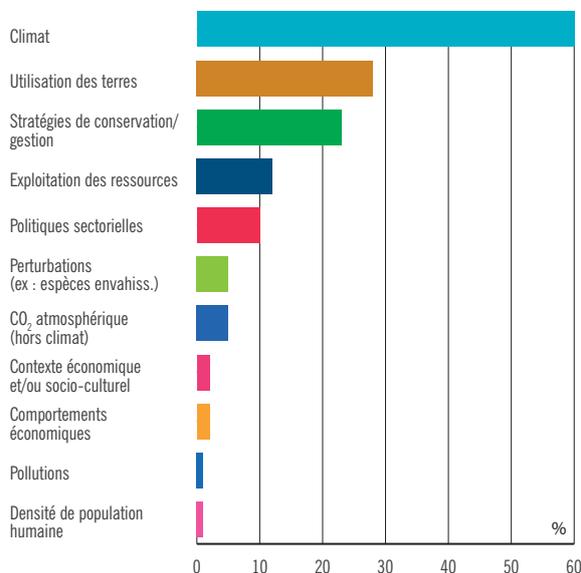
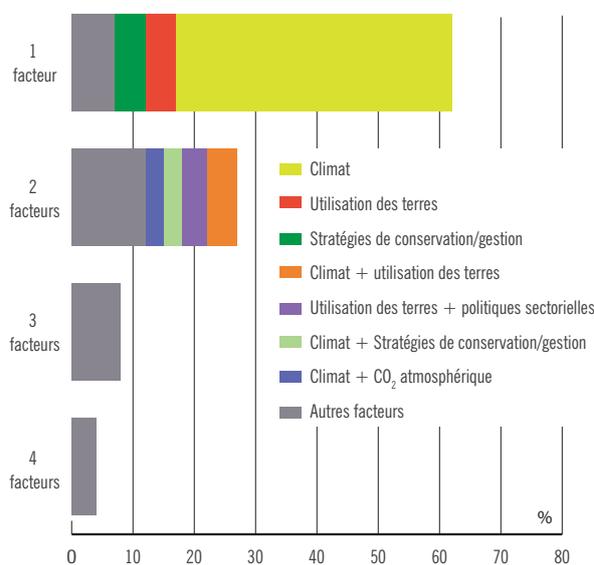


FIGURE 22

RÉPARTITION DES PUBLICATIONS PAR NOMBRE ET TYPES DE FACTEURS DE CHANGEMENTS ÉTUDIÉS/COMBINÉS (Les publications classées dans « 2 facteurs » incluent exactement 2 facteurs (et non 1 ou 2 facteurs), idem pour 3 et 4 facteurs)



15 Politique Agricole Commune

## ZOOM N°3

### EXEMPLE DE PUBLICATION INTÉGRANT TROIS FACTEURS DE CHANGEMENT (POLITIQUE SECTORIELLE, STRATÉGIES DE CONSERVATION OU DE GESTION ET CHANGEMENTS D'UTILISATION DES TERRES)

Fonderflick et al. (2010) étudient les effets possibles de différents scénarios d'évolution de la Politique Agricole Commune (PAC) sur la biodiversité du Causse-Méjean à l'horizon 2030. Cet article propose quatre scénarios d'évolution de la PAC : « Business as usual », « Libéralisation » avec suppression des subventions et incitations, « Changement géré pour la Biodiversité – patrimoine naturel » et « Changement géré pour la biodiversité – processus naturel ». Le scénario « Changement géré pour la biodiversité – patrimoine naturel », dans lequel l'Union européenne subventionne les agriculteurs et les ONG environnementales dont les activités génèrent des services environnementaux (pâturage dans des espaces semi-naturels ouverts,

coupe d'arbres etc.), apparaît comme le scénario le plus favorable à la biodiversité du Causse-Méjean. En valorisant le maintien et la création de paysages ouverts, il favorise les habitats des espèces considérées comme prioritaires selon le critère du « patrimoine naturel » du plateau mais également des espèces rares ou vulnérables (15 espèces d'oiseaux et 45 espèces de plantes). Ce scénario est également le mieux perçu par les acteurs locaux : au-delà des effets négatifs sur la biodiversité, la diminution des habitats ouverts entraîne également, pour les habitants et les touristes, une érosion du patrimoine culturel lié à ce type de paysage, et pour les agriculteurs, la disparition d'une source de revenus.

Fonderflick J., Leparat J., Caplat P., Debussche M., Marty P. (2010). *Managing agricultural change for biodiversity conservation in a Mediterranean upland. Biological Conservation*, 143(3): p. 737-746.

Pour consulter cet article :  
<http://www.sciencedirect.com>

## ZOOM N°4

### EXEMPLE DE PUBLICATION INTÉGRANT DEUX FACTEURS DE CHANGEMENTS (CLIMAT ET PERTURBATIONS)

Rivalan et al. (2010) étudie l'évolution de l'unique population d'Albatros d'Amsterdam située sur l'île du même nom, dans les Terres Australes et Antarctiques Françaises, sous l'impact des prises accessoires liées à la pêche à la palangre de thons et des perspectives d'évolution du climat. Selon les auteurs, les effets du changement climatique pourraient compenser les impacts des perturbations liées aux pêches dans les 50 prochaines années. Cependant, il est estimé que ces effets compensatoires seront négligeables si la mortalité additionnelle (prises accessoires) dépasse six individus par an. Les auteurs recommandent la mise en

place de mesures d'atténuation des perturbations liées à la pêche à la palangre telles que le lestage des lignes (afin que les hameçons coulent plus rapidement) ou bien encore l'installation de ces lignes la nuit ou en dehors des saisons de reproduction de l'Albatros. L'article encourage également la Commission des Thons de l'océan Indien à mettre en œuvre les résolutions adoptées concernant la collecte et le suivi des données liées aux prises accessoires.

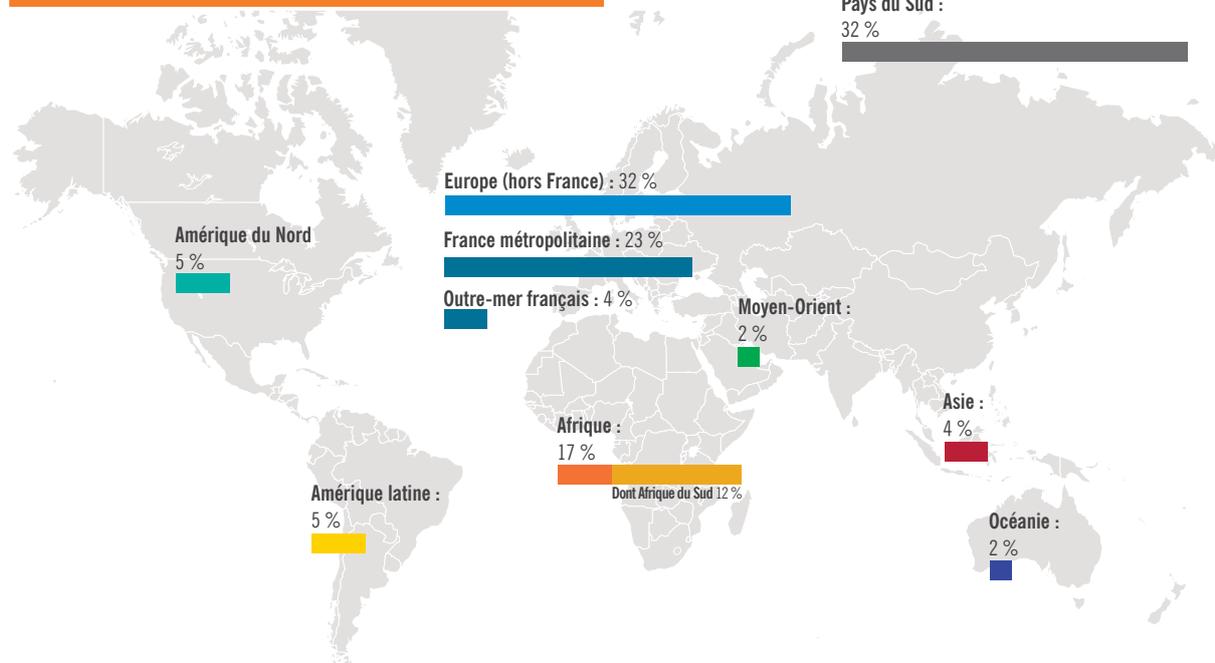
Rivalan, P., Barbraud, C., Inchausti, P., Weimerskirch, H. (2010). *Combined impacts of longline fisheries and climate on the persistence of the Amsterdam Albatross *Diomedea amsterdamensis**. IBIS, 152(1): p. 6-18.

Pour consulter cet article :  
<http://www.cebc.cnrs.fr>

FIGURE 23

**RÉPARTITION DES PUBLICATIONS PAR TERRAIN D'ÉTUDE (HORS MILIEU MARIN)**

Une même publication peut concerner plusieurs terrains d'étude.



**5) Terrains d'étude / Aires géographiques**

La **Figure 23** présente la répartition des publications par terrain d'étude (hors milieu marin). Les scénarios développés concernent principalement l'Europe<sup>16</sup> (32 %) puis la France (27 % des publications : 23 % pour la métropole et seulement 4 % pour l'Outre-mer). Les publications concernant la France métropolitaine comptent 6 articles qui se situent à l'échelle nationale et 19 articles qui se placent à des échelles locales ou régionales (Alpes, Pyrénées, Jura, Massif central, Cévennes, Causse-Méjean, Provence, Bretagne, Camargue, Corse, estuaires de la Seine et de Scheldt en Mer du Nord). On peut souligner la forte représentation des régions de montagne dans les territoires français étudiés (voir également p. 20). Les territoires ultramarins, peu étudiés, concernent la Guyane, la Réunion et les Terres Australes et Antarctiques Françaises.

L'Afrique est également un terrain d'étude fréquent (17 % des publications), cette importance étant toutefois à

relativiser étant donné que l'Afrique du Sud concentre à elle seule 12 % du total des articles. Une seule publication s'intéresse ainsi à l'Afrique occidentale et centrale, malgré les forts enjeux de biodiversité dans cette zone historiquement très liée à la France.

Viennent ensuite par ordre d'importance l'Amérique du Nord et l'Amérique latine (5 % chacune), l'Asie (4 %), le Moyen-Orient et l'Océanie (2 % chacun).

Par ailleurs, les pays du Sud<sup>17</sup> sont étudiés dans 32 % des publications et 5 % des articles proposent des scénarios à l'échelle planétaire.

16 Les scénarios concernant l'Europe recouvrent des projections à l'échelle continentale ou concernant plusieurs régions d'Europe. Les scénarios concernant uniquement des territoires de France ne sont pas comptabilisés dans « Europe ».

17 Pays éligibles à l'aide publique au développement au sens de l'OCDE, liste de référence : <http://www.oecd.org/dac/aidstatistics/49483614.pdf>

La **Figure 24** présente la répartition des publications développant des scénarios marins. Les aires marines ciblées concernent en premier lieu l’océan Atlantique (Nord : 4 %, Sud : 1 %), la Méditerranée (2 %) puis la Manche et la Mer du Nord (1 %). Les océans Pacifique, Indien, Arctique et Antarctique sont singulièrement absents des scénarios développés. Quelques publications se situent à l’échelle planétaire (3 %).

### 6) Echelles spatiales

La **Figure 25** présente la répartition des publications par échelle spatiale des scénarios développés. Une grande part des scénarios développés concerne l’échelle régionale ou locale (40 % des articles). On trouve ensuite l’échelle nationale (27 %) puis les échelles sous-continentale et continentale (respectivement 14 % et 16 %). Des scénarios globaux (échelle planétaire) ne sont développés que dans 7 % des articles.

Il est donc intéressant de souligner que la majorité des scénarios développés par la communauté scientifique française privilégie les échelles régionales et nationales (67 % des articles au total).

### 7) Horizons temporels

La **Figure 26** présente la répartition des publications par horizon temporel des scénarios développés. Les horizons de projection les plus courants se situent dans les tranches « 50 à 99 ans » (45 % des publications) et « 20 à 49 ans » (41 %). Cette surreprésentation s’explique en grande partie par les horizons de sortie des scénarios climatiques du GIEC. 14 % des publications font quant à elles des projections à relativement court terme, « 5 à 19 ans » (**voir zoom n°5**). Les projections à très court terme (moins de 5 ans) et à très long terme (plus de 100 ans) sont plus marginales. Enfin, 14 % des articles font des projections vers l’avenir sans définir d’horizon précis.

FIGURE 24

#### RÉPARTITION DES PUBLICATIONS PAR TERRAIN D’ÉTUDE (MILIEU MARIN)

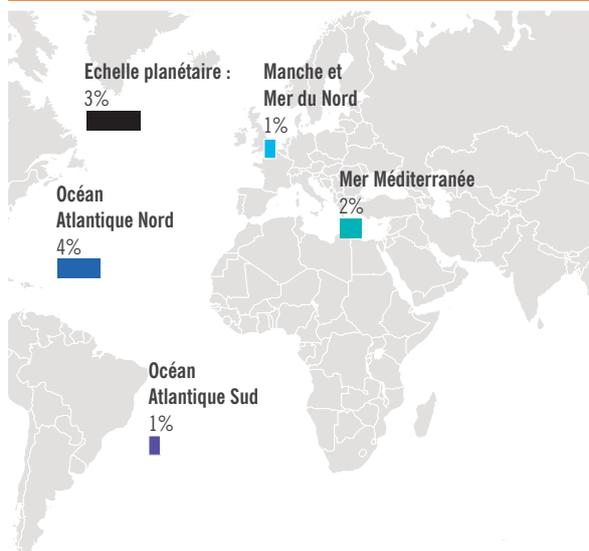


FIGURE 25

#### RÉPARTITION DES PUBLICATIONS PAR ÉCHELLE SPATIALE DES SCÉNARIOS DÉVELOPPÉS

(Une même publication peut concerner plusieurs échelles spatiales. Pour des raisons de simplification de l’analyse, l’échelle sous-continentale recouvre plusieurs pays d’un même continent ou plusieurs pays de continents différents)

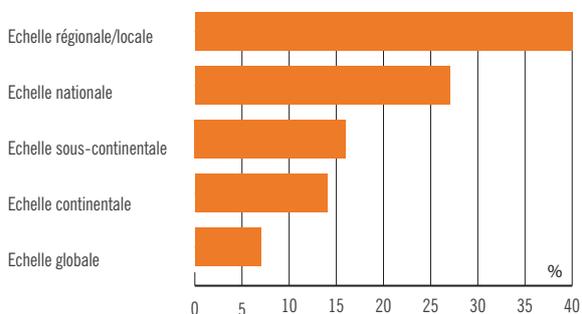
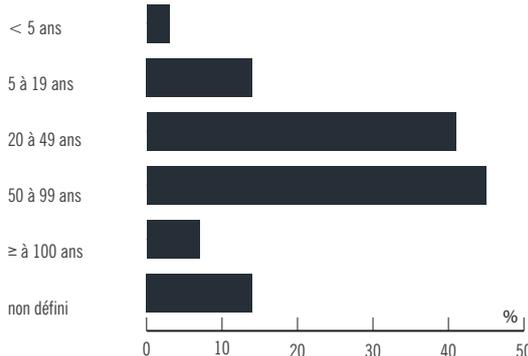


FIGURE 26

#### RÉPARTITION DES PUBLICATIONS PAR HORIZON TEMPOREL DES SCÉNARIOS DÉVELOPPÉS

(Un même scénario est souvent développé à plusieurs horizons temporels (ex : en 2030 et en 2050). Dans ce cas, les deux horizons sont comptabilisés. Les horizons ont ici été calculés, pour les publications définissant un horizon en terme d’année (ex : 2050), en tenant compte de la date de publication de l’article (= année d’horizon du scénario – année de publication))



## 8) Types de méthodologies/modèles utilisés

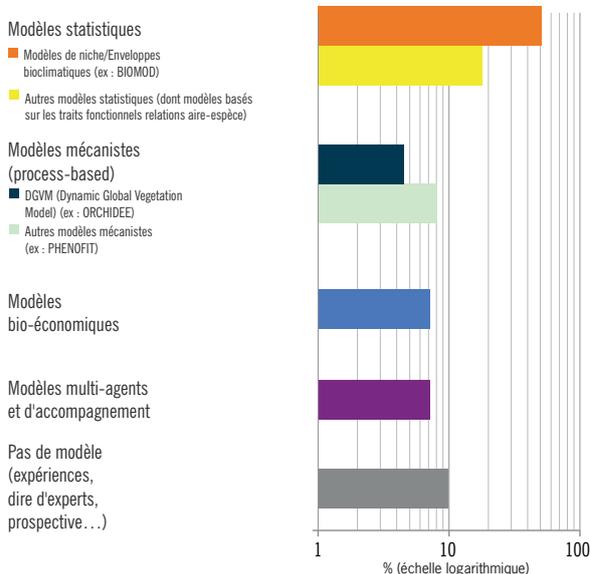
La **Figure 27** présente la répartition des publications par type de méthodologie ou de modèle utilisé. Les modèles statistiques sont majoritairement employés pour développer des scénarios, avec en tête, les modèles de niche (50 % des publications, voir **zoom n°6** et « **aller plus loin** » n°3), et notamment la plate-forme multi-modèles BIOMOD (Thuiller, 2003). Les seconds types de modèles les plus utilisés sont les modèles mécanistes (process-based). On y trouve les *Dynamic Global Vegetation Model* (DGVM) et les autres modèles basés sur les processus (ex : PHENOFIT, voir Morin et al., 2008), représentant respectivement 5 % et 8 % des publications. Les modèles multi-agents et d'accompagnement (ex : ComMod<sup>18</sup>, voir « **aller plus loin** » n°4) de même que les modèles bio-économiques (ex : Macher et al., 2008 ou Mouysset et al., 2011) sont utilisés dans 7 % des articles, reflétant la place des évolutions des socio-écosystèmes et des facteurs de changement directement liés aux activités humaines dans les scénarios développés. Enfin, un modèle génétique est utilisé dans un seul article (non représenté sur le graphique).

Seuls 10 % des articles ne font pas appel à la modélisation pour développer leurs scénarios mais se basent sur des dires d'experts, des exercices de prospective impliquant des acteurs de la société ou bien encore des savoirs locaux. Il s'agit généralement dans ce cas d'approches qualitatives. Comme le constatent Coreau et al. (2010) à l'issue de travaux de recherche sur la façon dont les scientifiques abordent l'étude des futurs écologiques, ce type d'approches qualitatives reste largement minoritaire face à la prédominance du recours aux modèles prédictifs.

Enfin, quelques rares publications n'utilisant pas de modèle sont basées sur des expériences et donnent des projections plus quantitatives.

FIGURE 27

### RÉPARTITION DES PUBLICATIONS PAR TYPE DE MÉTHODOLOGIE/MODÈLE UTILISÉ (Une même publication peut utiliser plusieurs types de méthodologies/ modèles)



#### ALLER PLUS LOIN N°3 :

##### Les modèles basés sur les niches (niche-based models - NBM),

##### définition extraite de Leadley et al., 2010 :

« Les NBM se basent sur les relations statistiques entre les distributions dans l'espace des espèces végétales et animales et les principaux facteurs environnementaux qui contrôlent leur distribution, à savoir température, précipitation, etc. Le modèle résultant de la « niche » environnementale d'une espèce peut être utilisé pour simuler des distributions futures en combinaison avec les projections des facteurs environnementaux. Il s'agit d'une approche puissante pour la projection des impacts du changement climatique au niveau des espèces, car il peut être utilisé pour toute espèce pour laquelle il existe des cartes de distribution et les facteurs environnementaux correspondants.

Les limites des NBM sont liées à la faible prise en compte de la migration des espèces<sup>19</sup>, des interactions entre espèces, des facteurs environnementaux fondamentaux qui régissent les distributions (augmentation des concentrations en CO<sub>2</sub> pour les plantes) et des mécanismes adaptatifs.

Les NBM sont souvent appelés modèles « bioclimatiques » ou de « niches climatiques » lorsque seules des variables climatiques sont utilisées pour prédire l'aire de répartition des espèces ».

Pour consulter cet article :

<http://www.fondationbiodiversite.fr>

18 <http://cormas.cirad.fr/ComMod/>

19 Ce processus est néanmoins de plus en plus pris en compte.

## ZOOM N°6

## PUBLICATION COMPARANT DES PROJECTIONS DE DISTRIBUTION D'ESPÈCES SOUS DIFFÉRENTS SCÉNARIOS DE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Morin & Thuiller (2009) comparent les répartitions des arbres en Amérique du Nord prédites avec des modèles de niche et des modèles mécanistes (*process-based*) en fonction de différents scénarios de changement climatique à l'horizon 2100. Les modèles de niche comme les modèles mécanistes prédisent qu'en 2100, la distribution des quinze espèces d'arbres nord-américaines ciblées dans l'étude va se déplacer vers le nord, et ce quel que soit le scénario climatique considéré (A2 et B2). Les risques d'extinction apparaîtront ainsi au sud des aires de distribution. Les deux types de modèles s'accordent sur le fait que les espèces présentant une phénologie précoce, des graines légères et une aire de distribution plus large

seront moins soumises au risque d'extinction que les espèces à la phénologie tardive, aux graines lourdes et à la distribution plus réduite. Dans les deux cas, la question de la migration apparaît comme un facteur crucial.

La publication révèle néanmoins des différences notables entre les projections réalisées avec des modèles de niche d'une part, et avec des modèles mécanistes, d'autre part : les premiers apparaissent globalement plus pessimistes que les seconds concernant la survie des espèces (50 % de proportion d'extinction en plus pour les modèles de niche).

Morin, X., Thuiller W. (2009). *Comparing niche- and process-based models to reduce prediction uncertainty in species range shifts under climate change*. *Ecology*, 90(5): p. 1301-1313.

Pour consulter cet article : <http://www.esajournals.org>

Pour une analyse critique de la modélisation basée sur les niches et des modèles mécanistes, voir Thuiller et al., 2008.

Pour consulter cet article : <http://www.sciencedirect.com>

Pour une revue de la modélisation des impacts du changement climatique sur la biodiversité, voir Bellard et al., 2012.

Pour consulter cet article : <http://onlinelibrary.wiley.com>

Pour une réflexion sur l'intérêt d'associer les méthodes qualitatives aux modèles prédictifs, voir Coreau et al., 2009.

Pour consulter cet article : <http://onlinelibrary.wiley.com>

## ZOOM N°5

## EXEMPLE DE SCÉNARIOS CONCERNANT UNE ESPÈCE ENVAHISSANTE À RELATIVEMENT COURT TERME

Ficetola et al. (2009) projettent des scénarios d'invasion de la Tortue de Floride en Italie sous l'impact du changement climatique à l'horizon 2020. Cet article prédit une nette augmentation des zones méditerranéennes climatiquement adaptées à la reproduction de cette espèce envahissante dans un futur proche (2020), quel que soit le scénario du GIEC considéré (A2, A1, B1 et B2). Il recommande de concentrer les efforts de gestion sur les régions actuellement adaptées à la reproduction de cette espèce envahissante et de retirer rapidement les individus situés dans des zones que le changement climatique tendra à rendre plus vulnérables aux invasions dans les années à venir.

Ficetola, G.F., Thuiller W., Padoa-Schioppa E. (2009). *From introduction to the establishment of alien species: bioclimatic differences between presence and reproduction localities in the slider turtle*. *Diversity and Distributions*, 15(1): p. 108-116.

Pour consulter cet article : <http://onlinelibrary.wiley.com>

## 9) Implication et prise en compte des acteurs de la société

La **Figure 28** présente la part des publications déclarant avoir associé des acteurs de la société à leurs recherches ainsi que le type d'acteurs impliqués. 22 % des articles citent des acteurs de la société en tant que partenaires du projet de recherche, dans les remerciements de l'article (partenariat scientifique, fourniture de données, etc.). Les partenaires cités uniquement en tant que bailleurs de fonds n'ont pas été retenus ici. Les catégories d'acteurs partenaires des projets les plus représentées sont par ordre décroissant : les ONG/associations, les établissements publics et services décentralisés de l'Etat, les gestionnaires d'aires protégées, les collectivités territoriales, les ministères, la Commission européenne et les agences onusiennes.

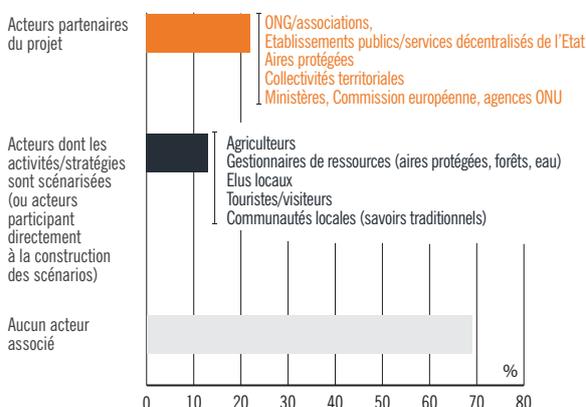
Dans 13 % des publications, les activités, comportements, choix, stratégies et/ou décisions de différentes catégories d'acteurs de la société sont scénarisés par les chercheurs (ex : modèles multi-agents, enquêtes,...) ; les acteurs sont parfois même directement associés à la construction ou à l'évaluation de scénarios dans le cadre de démarches participatives (ex : modélisation d'accompagnement, **voir zoom n°7** et « **aller plus loin** » n°4). Il est important de souligner que ce type de projets de recherche considèrent moins les scénarios sous l'angle prédictif que comme des outils de dialogue - entre différents types d'acteurs aux intérêts parfois divergents - et d'aide à la décision, par rapport à des choix de gestion et d'aménagement. Les catégories d'acteurs les plus représentées dans ce type de publication sont par ordre décroissant : les agriculteurs, les gestionnaires de ressources (aires protégées, forêts, eau), les élus locaux, les touristes/visiteurs d'aires protégées et enfin les communautés locales mobilisées pour leurs savoirs traditionnels (ex : communauté d'Indiens « Cris » au Québec ou praticiens de médecine traditionnelle au Népal).

Enfin, dans près de 70 % des articles, aucun acteur de la société n'a été associé aux recherches. Ce constat est à mettre en regard du type de facteur de changement majoritairement pris en compte (le climat) et du type de modèle majoritairement utilisé (modèles de niche) qui ne se prête pas aisément à la co-construction de scénarios « science-société ».

Cette analyse de l'implication des acteurs de la société dans les projets de recherche ayant donné lieu aux publications étudiées s'est avérée particulièrement délicate. En effet, les informations disponibles dans les articles sont très hétérogènes et souvent parcellaires, le format même de la publication scientifique n'incitant pas les auteurs à expliciter les éventuels liens du projet scientifique avec des acteurs de la société.

FIGURE 28

### PART DES PUBLICATIONS DÉCLARANT AVOIR ASSOCIÉ DES ACTEURS DE LA SOCIÉTÉ À LEURS RECHERCHES ET TYPE D'ACTEURS IMPLIQUÉS



#### ALLER PLUS LOIN N°4 :

Pour une présentation de la modélisation d'accompagnement, voir Etienne, 2011.

Pour consulter cet article : <http://www.quae.com/fr>

Pour un exemple de publication développant des scénarios à partir de modélisation d'accompagnement, voir Anselme et al., 2010.

Pour consulter cet article : <https://www.avignon.inra.fr>

Pour une revue des scénarios développés en support à la prise de décision environnementale, voir Mahmoud et al., 2009.

Pour consulter cet article : <http://www.sciencedirect.com>

## ZOOM N°7

**EXEMPLE DE PUBLICATION IMPLIQUANT DES ACTEURS DE LA SOCIÉTÉ**

Soliva et al. (2008) ont évalué par différents types d'acteurs des scénarios de changements d'utilisation des terres et de leurs impacts sur la biodiversité et les services écosystémiques en Ecosse, France, Norvège, Suisse, Slovaquie et Grèce à l'horizon 2030. Ces travaux de recherche ont directement impliqué un panel d'acteurs de la société composé d'agriculteurs, de propriétaires terriens, de représentants d'ONG de conservation, d'aires protégées, du secteur touristique, d'associations de sports de plein air, de résidents locaux, de propriétaires de résidences secondaires et de représentants de l'administration locale et régionale, et ce dans six régions des pays européens concernés. Il a été proposé à ces différents acteurs d'évaluer les conséquences probables sur la biodiversité et les services écosystémiques de quatre scénarios de développement agricole et de politiques de conservation à l'horizon 2030 : un scénario « Business as usual », un scénario de « Libéralisation agricole », un scénario de « Changement géré pour la biodiversité » et un scénario de « Retour à l'état sauvage ».

L'étude révèle que les acteurs accordent une plus grande importance aux conséquences des scénarios sur les modes de vie et les cultures qu'aux impacts sur les paysages et la biodiversité. Néanmoins, en dépit de leurs origines géographiques et de leurs intérêts différents, les acteurs ont majoritairement rejeté le scénario de « Libéralisation agricole » lui préférant les scénarios « Business as usual » et « Changement géré pour la biodiversité » : la majorité plaide en effet pour une agriculture productive mais multifonctionnelle et respectueuse de l'environnement, en mesure de maintenir les paysages et la biodiversité.

Soliva R., Rønningen K., Bella I., Bezak P., Cooper T., Flø B.E., Marty, P., Potter C. (2008). *Envisioning upland futures: Stakeholder responses to scenarios for Europe's mountain landscapes*. *Journal of Rural Studies*, 24(1): p. 56-71.

Pour consulter cet article :  
<http://www.sciencedirect.com>





## CONCLUSION DE L'ÉTUDE

Sans prétendre à l'exhaustivité, cette étude permet de mieux appréhender les productions en terme de scénarios de la biodiversité de la communauté scientifique française ces quinze dernières années.

Cette analyse bibliographique souligne le fort dynamisme de la recherche française dans ce domaine émergent et pour lequel les attentes sont fortes du côté des décideurs, notamment avec la mise en place de la plateforme scientifique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES), et les besoins potentiels majeurs des différents acteurs de la société.

L'analyse des 111 publications retenues révèle que les chercheurs français travaillant sur ce thème publient majoritairement des articles fréquemment cités, et ce, dans des revues à fort facteur d'impact. Ces publications sont pour la plupart le fruit de collaborations internationales. Une analyse détaillée des articles indique une surreprésentation (1) des scénarios exploratoires, (2) des travaux prenant l'espèce comme niveau d'étude de la biodiversité, (3) du climat comme facteur de changement, (4) des milieux forestiers, agricoles et montagnards européens et français (4), de l'échelle spatiale locale ou régionale, et (5) des approches quantitatives basées sur de la modélisation, avec une prédominance des modèles de niche. Le très faible nombre de scénarios concernant les micro-organismes et le niveau infraspécifique de la biodiversité est à noter. Les services écosystémiques associés à la biodiversité sont également relativement peu étudiés.

Enfin, une très large majorité de publications n'associe aucun acteur de la société. Cependant, l'étude permet d'identifier des formes de collaborations « science-société » pour la co-construction de scénarios à la fois innovantes et pertinentes.

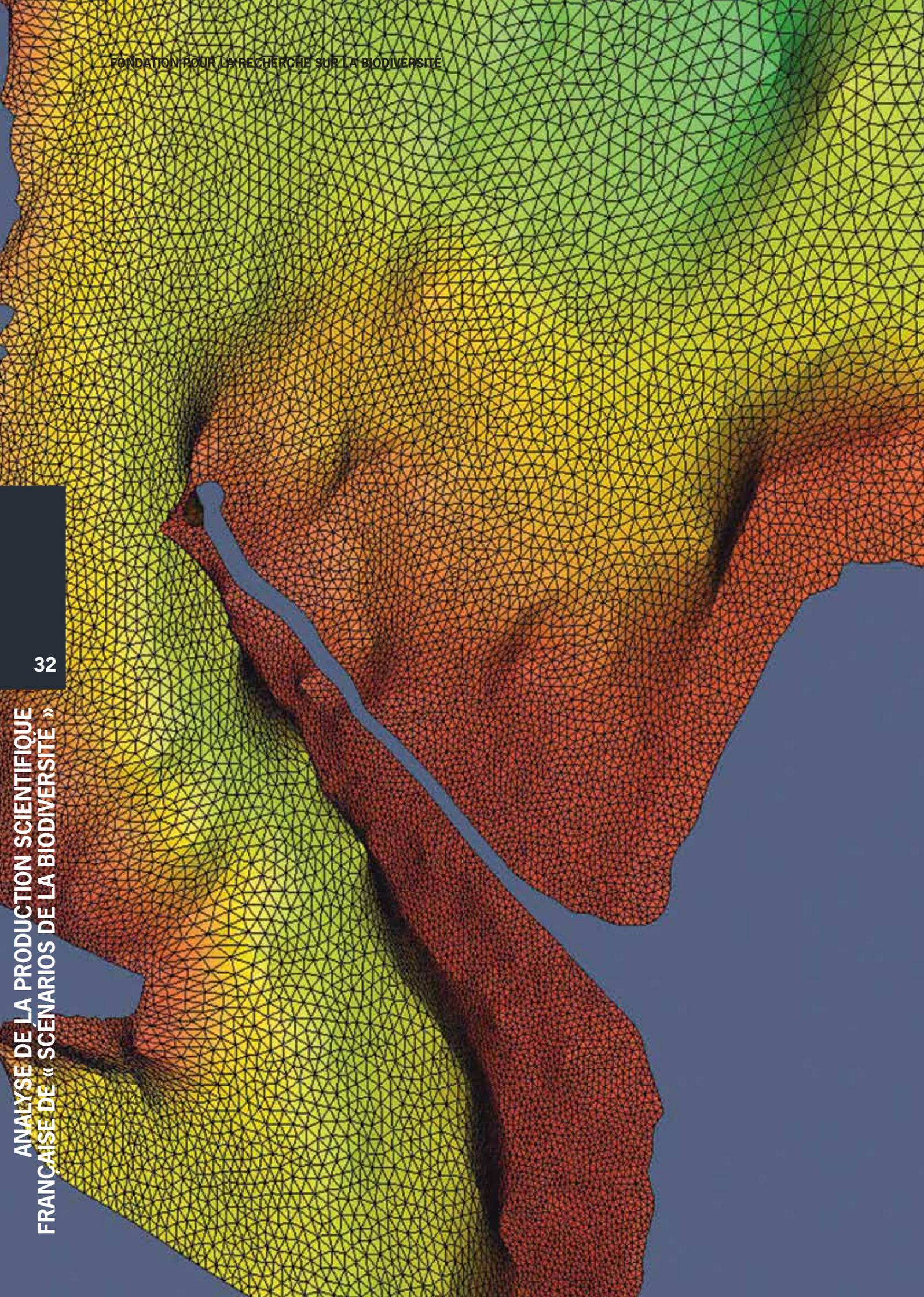
Certains manques identifiés dans le cadre de cet état des lieux font déjà partie des objectifs du programme phare « Modélisation et scénarios de la biodiversité » de la FRB :

- ▶ favoriser l'implication des acteurs de la société dans les projets de recherche,
- ▶ encourager l'interdisciplinarité et le développement de scénarios intégratifs concernant les systèmes couplés « hommes-nature »
- ▶ soutenir l'anticipation des devenir possibles de la biodiversité et des services écosystémiques associés dans les pays du Sud, et notamment en Afrique de l'ouest et centrale.

Les conclusions de cette étude invitent à conforter, compléter, voire préciser les futures orientations des recherches sur le thème des scénarios de la biodiversité.

Ces premiers résultats pourront être complétés par une analyse plus qualitative des évolutions récentes, des projets en cours (n'ayant pas encore donné lieu à publication), des avancées, des verrous scientifiques qui subsistent et des fronts de recherche pour la communauté scientifique française - notamment au regard de la production scientifique mondiale - concernant les scénarios de la biodiversité. Les projets financés par la FRB et ses partenaires depuis 2010 sur ce thème, ainsi que par l'ERA-net BiodivERSA en 2012, seraient à prendre en compte.

Enfin, cet état des lieux pourra être mis en regard des pratiques et attentes des acteurs de la société vis-à-vis des scénarios de la biodiversité pour identifier les pistes d'une meilleure collaboration entre science et société sur cette approche.



# E] ANNEXES

## ANNEXE 1

### Etat des lieux des recherches conduites par la communauté scientifique française sur le thème des « scénarios de la biodiversité »

#### METHODOLOGIE UTILISEE POUR LES RECHERCHES ET ANALYSES BIBLIOGRAPHIQUES

##### ETAPE n°1 :

Une première recherche bibliographique a été effectuée sur la base de données internationale Web of Science (voir B. Les scénarios de la biodiversité dans les publications scientifiques : croissance du thème à l'international et place de la recherche française sur la base des mots clés) à partir du profil suivant :

TOPIC<sup>1</sup> = ((projection\* or prediction\* or forecast\* or scenario\*) AND ((ecosystem and service\*) or (ecological and service\*) or "species loss" or biodiversity or (biological diversity) or (species richness) or (species diversity) or (functional diversity) or (biological conservation) or (species conservation) or (habitat conservation) or (genetic resource\*) or (genetic diversity) or (plant diversity) or (microbial diversity) or (bacterial diversity) or (fung\* diversity) or (weed diversity) or (animal diversity) or (mammal diversity) or (insect\* diversity) or (functional trait\*) or (virus diversity) or (bird diversity) or (invasive species) or (biological invasion\*) or (landscape diversity) or (habitat diversity) or "cultural diversity" or "local knowledge" or "traditional knowledge" or "traditional local knowledge" or "environmental knowledge"))TIMESPAN = From 1975 to 2011<sup>2</sup>

1 Le champ « TOPIC » cherche dans titre, mots-clés et résumé.

2 La dernière mise à jour de la recherche date du 25/07/2012 : on peut donc considérer que l'ensemble des publications de l'année 2011 sont prises en compte. L'année la plus ancienne de recherche est 1975 sur *Web of Science* et 1950 sur *Web of Knowledge*.

Afin de comparer la production ciblant les scénarios de la biodiversité et celle concernant de façon large la biodiversité, une nouvelle recherche complémentaire a été effectuée à partir du profil suivant :

TOPIC<sup>1</sup> = (ecosystem and service\*) or (ecological and service\*) or "species loss" or biodiversity or (biological diversity) or (species richness) or (species diversity) or (functional diversity) or (biological conservation) or (species conservation) or (habitat conservation) or (genetic resource\*) or (genetic diversity) or (plant diversity) or (microbial diversity) or (bacterial diversity) or (fung\* diversity) or (weed diversity) or (animal diversity) or (mammal diversity) or (insect\* diversity) or (functional trait\*) or (virus diversity) or (bird diversity) or (invasive species) or (biological invasion\*) or (landscape diversity) or (habitat diversity) or "cultural diversity" or "local knowledge" or "traditional knowledge" or "traditional local knowledge" or "environmental knowledge"

TIMESPAN = From 1975 to 2011<sup>2</sup>

Afin de comparer la production sur le thème des scénarios de la biodiversité de publications toutes nationalités confondues et celle comportant au moins un auteur ayant une adresse en Europe<sup>3</sup> (adresse du laboratoire de rattachement au moment de la publication), une recherche complémentaire a été effectuée à partir du profil suivant :

TOPIC<sup>1</sup> = ((projection\* or prediction\* or forecast\* or scenario\*) AND ((ecosystem and service\*) or (ecological and service\*) or "species loss" or biodiversity or (biological diversity) or (species richness) or (species diversity) or (functional diversity) or (biological conservation) or (species conservation) or (habitat conservation) or (genetic resource\*) or (genetic diversity) or (plant diversity) or (microbial diversity) or (bacterial diversity) or (fung\* diversity) or (weed diversity) or (animal diversity) or (mammal diversity) or (insect\* diversity) or (functional trait\*) or (virus diversity) or (bird diversity) or (invasive species) or

3 Sont ici considérés les 27 pays membres de l'Union européenne.

(biological invasion\*) or (landscape diversity) or (habitat diversity) or "cultural diversity" or "local knowledge" or "traditional knowledge" or "traditional local knowledge" or "environmental knowledge"))TIMESPAN = From 1975 to 2011<sup>2</sup>

ADDRESS<sup>4</sup> = germany or deutschland or austria or osterreich or belgium or belgie or bulgaria or bulgariya or cyprus or denmark or danmark or spain or espana or estonia or eesti or finland or suomi or finska or france or greece or ellada or hungary or magyarorszag or irland or eire or italy or italia or latvia or latvija or lithuania or lietuva or luxembourg or letzebuerg or malta or netherlands or nederland or poland or polska or portugal or czech republic or ceska republika or romania or united kingdom or UK or great britain or england or scotland or wales or northern ireland or slovakia or slovensko or slovenia or slovenija or sweden or sverige

Afin de comparer la production de publications toutes nationalités confondues et celle comportant au moins un auteur ayant une adresse en France (adresse du laboratoire de rattachement au moment de la publication), une recherche complémentaire a été effectuée à partir du profil suivant :

TOPIC<sup>1</sup> = ((projection\* or prediction\* or forecast\* or scenario\*) AND ((ecosystem and service\*) or (ecological and service\*) or "species loss" or biodiversity or (biological diversity) or (species richness) or (species diversity) or (functional diversity) or (biological conservation) or (species conservation) or (habitat conservation) or (genetic resource\*) or (genetic diversity) or (plant diversity) or (microbial diversity) or (bacterial diversity) or (fung\* diversity) or (weed diversity) or (animal diversity) or (mammal diversity) or (insect\* diversity) or (functional trait\*) or (virus diversity) or (bird diversity) or (invasive species) or (biological invasion\*) or (landscape diversity) or (habitat diversity) or "cultural diversity" or "local knowledge" or "traditional knowledge" or "traditional local knowledge" or "environmental knowledge"))  
TIMESPAN = From 1975 to 2011<sup>2</sup>  
ADDRESS<sup>4</sup> = France

Afin de situer la production « française » sur le thème des scénarios de la biodiversité par rapport aux productions des principaux pays « leaders » mondiaux et européens, une recherche complémentaire a été effectuée à partir du profil de recherche ci-dessus en classant les résultats obtenus par pays (adresse du laboratoire de rattachement des auteurs au moment de la publication) pour les cinq dernières années (entre le 01/01/2007 et le 31/12/2011), et en sélectionnant les dix pays publiant le plus, à l'échelle mondiale, dans un premier temps, et à l'échelle européenne, dans un second temps. Une recherche comparative a été effectuée avec le thème « biodiversité » en général à partir du profil déjà présenté ci-dessus.

4 Le champ « ADDRESS » concerne les adresses des laboratoires des auteurs au moment de la publication ; on peut par conséquent trouver des auteurs étrangers se trouvant dans un laboratoire français au moment de la publication, à l'inverse, toutes les publications d'auteurs français se trouvant à l'étranger au moment de la publication ne sont pas prises en compte.

Afin d'identifier d'éventuelles spécialisations par milieu étudié des dix pays leaders aux niveaux mondial et européen précédemment identifiés, une recherche complémentaire a été effectuée à partir du profil de recherche « scénarios de la biodiversité » déjà cité en croisant avec quelques grands types de milieux ou d'écosystèmes (dans « TOPIC » ont été comparés pour chacun des pays le profil « scénarios de la biodiversité » AND forest\* / agricult\* / mountain\* / marine / « fresh water\* » (recherche effectuée pour les articles publiés entre le 01/01/2007 et le 31/12/2011).

Enfin, afin de comparer les collaborations d'auteurs « français » avec des auteurs des neuf autres pays « leaders » au niveau mondial identifiés précédemment, une dernière recherche a été effectuée à partir du profil « scénarios de la biodiversité » déjà mentionné en indiquant dans le champ « ADDRESS » : « france AND usa », « france and ... » pour l'ensemble des pays concernés (recherche effectuée pour les articles publiés entre le 01/01/2007 et le 31/12/2011).

#### ETAPE n°2 :

Sur la base de la série de mots-clés présentée ci-dessus pour « scénarios de la biodiversité », la recherche bibliographique a été étendue à une base de données plus large et de référence, Web of Knowledge (voir C. Analyse de la production scientifique française de « scénarios de la biodiversité »). L'étude visant à synthétiser la production scientifique française sur le thème des scénarios de la biodiversité, les publications ciblées comportent a minima un auteur français (pays du laboratoire de rattachement de l'auteur au moment de la publication). La recherche a été effectuée à partir du profil suivant :

TOPIC<sup>1</sup> = ((projection\* or prediction\* or forecast\* or scenario\*) AND ((ecosystem and service\*) or (ecological and service\*) or "species loss" or biodiversity or (biological diversity) or (species richness) or (species diversity) or (functional diversity) or (biological conservation) or (species conservation) or (habitat conservation) or (genetic resource\*) or (genetic diversity) or (plant diversity) or (microbial diversity) or (bacterial diversity) or (fung\* diversity) or (weed diversity) or (animal diversity) or (mammal diversity) or (insect\* diversity) or (functional trait\*) or (virus diversity) or (bird diversity) or (invasive species) or (biological invasion\*) or (landscape diversity) or (habitat diversity) or "cultural diversity" or "local knowledge" or "traditional knowledge" or "traditional local knowledge" or "environmental knowledge"))  
ADDRESS<sup>4</sup> = France  
TIMESPAN = From 1950 to 2011<sup>2</sup>

NB : Un test avec le mot-clé supplémentaire "foresight" a donné le même nombre de résultats. Un autre test réalisé avec "future" ayant donné un trop grand nombre de résultats (3883), il n'a pas été possible d'intégrer ce mot-clé, pourtant très pertinent, au profil.

Une recherche sur les adresses « CIRAD » et « IRD » à l'étranger a donné 7 résultats supplémentaires.

Cette première recherche sur Web of Knowledge a donné 1078 résultats au total.

Afin de s'assurer de ne pas passer à côté de publications dans le domaine des sciences humaines et sociales (notamment dans des revues françaises), une recherche parallèle a été menée sur la base de données FRANCIS<sup>5</sup> avec les deux profils de recherche suivants :

- en anglais (recherches effectuées dans « titre original », « titre traduit », « mots-clés en anglais » et « résumé en anglais ») :

((projection\* or prediction\* or forecast\* or scenario\*) AND ((ecosystem and service\*) or (ecological and service\*) or « species loss » or biodiversity or (biological diversity) or (species richness) or (species diversity) or (functional diversity) or (biological conservation) or (species conservation) or (habitat conservation) or (genetic resource\*) or (genetic diversity) or (plant diversity) or (microbial diversity) or (bacterial diversity) or (fung\* diversity) or (weed diversity) or (animal diversity) or (mammal diversity) or (insect\* diversity) or (functional trait\*) or (virus diversity) or (bird diversity) or (invasive species) or (biological invasion\*) or (landscape diversity) or (habitat diversity) or « cultural diversity » or « local knowledge » or « traditional knowledge » or « traditional local knowledge » or « environmental knowledge »))

- en français (recherches effectuées dans « titre original », « titre traduit », « mots-clés en français » et « résumé en français ») :

((projection\* or prediction\* or prevision\* or scenario\*) AND ((ecosystem\* and service\*) or (ecologique\* and service\*) or extinction\* or biodiversite or (diversite biologique) or (richesse specifique) or (diversite specifique) or (diversite fonctionnelle) or (conservation biologique) or (conservation espece\*) or (conservation habitat\*) or (ressource\* genetique\*) or (diversite genetique) or (diversite plante\*) or (diversite microbienne) or (diversite bacterienne) or (diversite fongique) or (diversite herbece\*) or (diversite animale) or (diversite mammifere\*) or (diversite insecte\*) or (trait fonctionnel\*) or (diversite virus) or (diversite oiseau\*) or (espece\* envahissante\*) or (invasion\* biologique\*) or (diversite paysage\*) or (diversite habitat\*) or (diversite culturelle) or (savoirs locaux)))

60 résultats ont été obtenus avec le profil en anglais et 57 résultats avec le profil en français.

Un corpus bibliographique de 1195 références a donc été obtenu suite aux recherches effectuées sur *Web of Knowledge* et sur FRANCIS. Un travail de tri « manuel » a ensuite été effectué pour parvenir à l'ensemble bibliographique finalement retenu.

Toutes les publications, impliquant a minima un auteur français, obtenues sur Web of Knowledge et FRANCIS à partir de l'ensemble de mots-clés déjà présenté, ont été analysées en fonction de la définition de « scénarios de la biodiversité » préalablement exposée, sur la base du titre, du résumé et si nécessaire du corps de l'article : 111 publications ont été retenues au final (voir liste bibliographique en annexe 2).

Les principaux critères de rejet et de sélection des publications sont présentés dans le [chapitre C.1 Recherche et identification des scénarios de la biodiversité produits par la recherche française \(voir page 14\)](#).

5 Depuis 1972, la base de données INIST-CNRS FRANCIS signale près de 2,5 millions de références en sciences humaines et sociales. Ce sont 60 000 nouvelles références ajoutées par an issues de l'analyse de plus de 2000 revues scientifiques internationales (*chiffres 2009*).

## ANNEXE 2

Bibliographie  
retenue pour l'étude

**NB : Les auteurs étant rattachés à un laboratoire français au moment de la publication sont indiqués en gras.**

1. **Albert, C., Thuiller, W., Lavorel, S., Davies, I.D., Garbolino E.** (2008). Land-use change and subalpine tree dynamics: colonization of *Larix decidua* in French subalpine grasslands. *Journal of Applied Ecology*, 45(2): p. 659-669.
2. Anderson, B. J., Akcakaya, H. R., Araujo, M.B, Fordham, D.A., Martinez-Meyer, E., **Thuiller, W.**, Brook, B.W (2009). Dynamics of range margins for metapopulations under climate change. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 276(1661): 1415-1420.
3. **Anselme, B., Bousquet F., Lyet, A., Etienne, M., Fady, B., Le Page, C.**, (2010). Modelling of spatial dynamics and biodiversity conservation on Lure mountain (France). *Environmental Modelling & Software*, 25(11): 1385-1398.
4. Araujo, M.B., Cabeza M., **Thuiller W.**, Hannah, L., Williams, P. H. (2004). Would climate change drive species out of reserves? An assessment of existing reserve-selection methods. *Global Change Biology*, 10(9): p. 1618-1626.
5. Araujo, M.B., **Thuiller W.**, Pearson R.G. (2006). Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography*, 33(10): p. 1712-1728.
6. Araujo, M.B., Alagador, D., Cabeza, M., Nogues-Bravo, D., **Thuiller, W.** (2011). Climate change threatens European conservation areas. *Ecology Letters*, 14(5): p. 484-492.
7. **Aussenac, G.** (2002). Ecology and ecophysiology of circum-Mediterranean firs in the context of climate change. *Annals of Forest Science*, 59(8): p. 823-832.
8. **Barbet-Massin, M.**, Walther B.A., **Thuiller, W.**, Rahbek C., **Jiguet, F.** (2009). Potential impacts of climate change on the winter distribution of Afro-Palaearctic migrant passerines. *Biology Letters*, 5(2): p. 248-251.
9. **Barbet-Massin, M., Thuiller W., Jiguet F.** (2010). How much do we overestimate future local extinction rates when restricting the range of occurrence data in climate suitability models? *Ecography*, 33(5): 878-88.
10. **Barbet-Massin, M. and F. Jiguet** (2011). Back from a Predicted Climatic Extinction of an Island Endemic: A Future for the Corsican Nuthatch. *Plos One*, 6(3).
11. **Beaugrand G.**, Edwards M., Brander K., **Luczak C, Ibanez F.** (2008). Causes and projections of abrupt climate-driven ecosystem shifts in the North Atlantic. *Ecology Letters*, 11(11): p. 1157-1168.
12. **Beaumont, L.J.**, Gallagher R.V., **Thuiller, W.**, Downey, P.O., Leishman M.R., Hughes, L. (2009). Different climatic envelopes among invasive populations may lead to underestimations of current and future biological invasions. *Diversity and Distributions*, 15(3): p. 409-420.
13. **Beaumont, L.J.**, Gallagher R.V., Downey, P.O., **Thuiller W.**, Leishman M.R., Hughes, L. (2009). Modelling the impact of *Hieracium* spp. on protected areas in Australia under future climates. *Ecography*, 32(5): p. 757-764.
14. **Benito Garzon, M.**, Alia, R., Robson, T. M., Zavala, M. A. (2011). Intra-specific variability and plasticity influence potential tree species distributions under climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 20(5): 766-778.
15. **Bloor, J.M.G., Pichon, P., Falcimagne, R., Leadley, P., Soussana, J.F.** (2010). Effects of Warming, Summer Drought, and CO(2) Enrichment on Aboveground Biomass Production, Flowering Phenology, and Community Structure in an Upland Grassland Ecosystem. *Ecosystems*, 13(6): p. 888-900.
16. **Bonada, N., Doledec, S., Stutzner B** (2007). Taxonomic and biological trait differences of stream macroinvertebrate communities between mediterranean and temperate regions: implications for future climatic scenarios. *Global Change Biology*, 13(8): p. 1658-1671.
17. Broennimann, O., **Thuiller, W.**, Hughes, G., Midgley, G.F., Robert Aklemade, J.M., Guisan, A. (2006). Do geographic distribution, niche property and life form explain plants' vulnerability to global change? *Global Change Biology*, 12(6): p. 1079-1093.
18. **Brotans, L.**, Manosa S., Estrada J. (2004). Modelling the effects of irrigation schemes on the distribution of steppe birds in Mediterranean farmland. *Biodiversity and Conservation*, 13(5): p. 1039-1058.
19. **Buisson, L., Thuiller, W., Lek, S., Lim, P., Grenouillet, G.** (2008). Climate change hastens the turnover of stream fish assemblages. *Global Change Biology*, 14(10): p. 2232-2248.
20. **Buisson, L., Grenouillet G.** (2009). Contrasted impacts of climate change on stream fish assemblages along an environmental gradient. *Diversity and Distributions*, 15(4): p. 613-626.
21. **Buisson, L., Thuiller W.**, Casajus, N., **Lek, S., Grenouillet G.** (2010). Uncertainty in ensemble forecasting of species distribution. *Global Change Biology* 16(4): 1145-1157.
22. Buongiorno, J., **Peyron, J.L., Houllier, F., Bruciamacchie, M.** (1995). Growth and management of mixed-species, uneven-aged forests in the French Jura – Implications for economic returns and tree diversity. *Forest Science*, 41(3): 397-429.
23. **Chuine, I.** (2010). Why does phenology drive species distribution? *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 365(1555): p. 3149-3160.
24. Coetsee B. W. T., Robertson M.P., Erasmus, B. F. N., van Rensburg B.J., **Thuiller W.** (2009). Ensemble models

predict Important Bird Areas in southern Africa will become less effective for conserving endemic birds under climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 18(6): p. 701-710.

**25.Cordier, M., Pérez Agúndez, J.A., Connor, M., Rochette, S., Hecq, W.** (2011). Quantification of interdependencies between economic systems and ecosystem services: An input-output model applied to the Seine estuary. *Ecological Economics*, 70(9): p. 1660-1671.

26.Davis, S.C., House J. I., Diaz-Chavez, R.A., Molnar, A., **Valin, H.**, De Lucia, E.H., (2011). How can land-use modelling tools inform bioenergy policies? *Interface Focus*, 1(2): 212-223.

**27.De Chazal, J., Quétier, F., Lavorel, S., Van Doorn, A.** (2008). Including multiple differing stakeholder values into vulnerability assessments of socio-ecological systems. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions*, 18(3): p. 508-520.

28.Degen, B., **Blanc L., Caron, H., Maggia L., Kremer, A., Gourlet-Fleury, S.** (2006). Impact of selective logging on genetic composition and demographic structure of four tropical tree species. *Biological Conservation*, 131(3): 386-401.

**29.Delire, C., Ngomanda, A., Jolly D.** (2008). Possible impacts of 21st century climate on vegetation in Central and West Africa. *Global and Planetary Change*, 64(1-2): p. 3-15.

30.Dormann, C. F., Schweiger, O., Arens, P., Augenstein, I., **Aviron, St., Bailey, D., Baudry, J., Billeter, R., Bugter, R., Bukacek, R., Burel, F., Cerny, M., De Cock, R., De Blust, G., DeFilippi, R., Diekoetter, T., Dirksen, J., Durka, W., Edwards, P. J., Frenzel, M., Hamersky, R., Hendrickx, F., Herzog, F., Klotz, St, Koolstra, B., Lausch, A., **Le Coeur, D., Liira, J., Maelfait, J. P., Opdam, P., Roubalova, M., Schermann-Legionnet, A., Schermann, N., Schmidt, T., Smulders, M. J. M., Speelmans, M., Simova, P., Verboom, J., Van Wingerden, W., Zobel, M.** (2008).**

Prediction uncertainty of environmental change effects on temperate European biodiversity. *Ecology Letters*, 11(3): 235-244.

**31.Drouot, B., Thébaud, O., Ramat, O., Morizur, Y., Boude, J.P.** (2009). Simulating bio-economic management scenarios for the sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fishery in France. 18th World Imacs Congress and Modsim09 International Congress on Modelling and Simulation: Interfacing Modelling and Simulation with Mathematical and Computational Sciences, ed. R.S.B.R.D.N.L.T.H. Anderssen, 2101-2107.

**32.Dupont, H., Mihoub J.B., Becu, N., Sarrazin, F.** (2011). Modelling interactions between scavenger behaviour and farming practices: Impacts on scavenger population and ecosystem service efficiency. *Ecological Modelling*, 222(4): 982-992.

33.Engler, R., Randin, C.F., **Thuiller, W.**, Dullinger, S., Zimmermann, N.E., Araujo, M.B., Pearman, P.B., Le Lay, G., **Piedallu, C., Albert, C.H., Choler, P.**, Coldea, G., De Lamo, X., Dirnbock, T., **Gegout, J.C.**, Gomez-Garcia, D., Grytnes, J.A., Heegaard, E., Hoistad, F., Nogues-Bravo, D., Normand, S., Puscas, M., Sebastia, M.T., Stanisci, A., Theurillat, J.P., Trivedi, M.R., Vittoz, P., Guisan, A. (2011). 21<sup>st</sup> century climate change threatens mountain flora unequally across Europe. *Global Change Biology*, 17(7): p. 2330-2341.

**34.Etienne, M., Rapey H.** (1998). Simulating integration of agroforestry into livestock farmers' projects in France. *Agroforestry Systems*, 43(1-3): p. 257-272.

**35.Ficetola, G. F., Thuiller, W., Miaud, C.**, (2007). Prediction and validation of the potential global distribution of a problematic alien invasive species - the American bullfrog. *Diversity and Distributions*, 13(4): 476-485.

36.Ficetola, G.F., **Thuiller W.**, Padoa-Schioppa E. (2009). From introduction to the establishment of alien species: bioclimatic differences between presence

and reproduction localities in the slider turtle. *Diversity and Distributions*, 15(1): p. 108-116.

**37.Ficetola, G.F.**, Maiorano, L., Falcucci, A., Dendoncker, N., Boitani, L., Padoa-Schioppa E., **Miaud, C., Thuiller, W.** (2010). Knowing the past to predict the future: land-use change and the distribution of invasive bullfrogs. *Global Change Biology*, 16(2): p. 528-537.

38.Foden, W., Midgley, G.F., Hughes, G., Bond, W.J., **Thuiller W.**, Hoffman, M.T., Kaleme P., Underhill L.G., Rebelo, A., Hannah, L. (2007). A changing climate is eroding the geographical range of the Namib Desert tree *Aloe* through population declines and dispersal lags. *Diversity and Distributions*, 13(5): p. 645-653.

**39.Fonderflick J., Lepart J., Caplat P., Debussche M., Marty P.** (2010). Managing agricultural change for biodiversity conservation in a Mediterranean upland. *Biological Conservation*, 143(3): p. 737-746.

**40.Fontalvo-Herazo, M. L., Piou, C., Vogt, J., Saint-Paul, U., Berger, U.** (2011). Simulating harvesting scenarios towards the sustainable use of mangrove forest plantations. *Wetlands Ecology and Management*, 19(5): 397-407.

41.García, K., A. Jara, **Ortiz J.C.**, Victoriano P. (2008). Evaluation of an extinction scenario for the last population of *Hippocamelus bisulcus* (Molina, 1782) in Central Chile. *Interciencia*, 33(2): p. 152-159.

42.Gazeau F., Quiblier C., Jansen J.M., **Gattuso J.P.**, Middelburg J.J., Heip C.H.R. (2007). Impact of elevated CO<sub>2</sub> on shellfish calcification. *Geophysical Research Letters*, 34(7).

**43.Ghimire, S.K., Gimenez O., Pradel, R., McKey D., Aumeeruddy-Thomas, Y.** (2008). Demographic variation and population viability in a threatened Himalayan medicinal and aromatic herb *Nardostachys grandiflora*: matrix modelling of harvesting effects in two contrasting habitats. *Journal of Applied Ecology*, 45(1): 41-51.

44. **Gibon A., Sheeren D., Monteil C., Ladet S., Balent G.** (2010). Modelling and simulating change in reforestation mountain landscapes using a social-ecological framework. *Landscape Ecology*, 25(2): p. 267-285.
45. Gilbert, M., **Guichard, S.**, Freise, J., Grégoire, J.C., Heitland, W., Straw, N., Tilbury, C., **Augustin, S.** (2005). Forecasting *Cameraria ohridella* invasion dynamics in recently invaded countries: from validation to prediction. *Journal of Applied Ecology*, 42(5): p. 805-813.
46. Habel, J.C., Rödder, D., Schmitt, T., **Nève, G.** (2011). Global warming will affect the genetic diversity and uniqueness of *Lycaena helle* populations. *Global Change Biology*, 17(1): p. 194-205.
47. **Hajar L.**, François L., Khater C., Jomaa I., **Déqué M., Cheddadi R.** (2010). *Cedrus libani* (A. Rich) distribution in Lebanon: Past, present and future. *Comptes Rendus Biologies*, 333(8): p. 622-630.
48. Harrington, R. Clark, S.J., Welham, S.J., Verrier, P.J., Denholm, C.H., **Hullé, M., Maurice, D.**, Rounsevell, M.D., Cocu, N. (2007). European Union Examine Consortium, Environmental change and the phenology of European aphids. *Global Change Biology*, 13(8): p. 1550-1564.
49. Helming, K., Diehl, K., Kuhlman, T., Jansson, T., Verburg, P.H., Bakker, M., Perez-Soba, M., Jones, L., Verkerk, P.J., Tabbush, P., Morris, J.B., Drillet, Z., Farrington, J., **LeMouel, P., Zagame, P.**, Stuczynski, T., Siebielec, G., Sieber, S., Wiggering, H. (2011). Ex Ante Impact Assessment of Policies Affecting Land Use, Part B: Application of the Analytical Framework. *Ecology and Society*, 16(1).
50. **Houet T.**, Loveland T.R., **Hubert-Moy L., Gaucherel C.**, Napton D., Barnes C.A., Saylor K. (2010). Exploring subtle land use and land cover changes: a framework for future landscape studies. *Landscape Ecology*, 25(2): p. 249-266.
51. Houniet, D.T., **Thuiller W.**, Tolley K.A. (2009). Potential effects of predicted climate change on the endemic South African Dwarf Chameleons, *Bradypodion*. *African Journal of Herpetology*, 58(1): p. 28-35.
52. Kallio, A.M.I., Hanninen R., Vainikainen N., **Luque, S.** (2008). Biodiversity value and the optimal location of forest conservation sites in Southern Finland. *Ecological Economics*, 67(2): 232-243.
53. Keith D.A., Akçakaya H.R., **Thuiller W.**, Midgley G.F., Pearson R.G., Phillips S.J., Regan H.M., Araújo M.B., Rebelo T.G. (2008). Predicting extinction risks under climate change: coupling stochastic population models with dynamic bioclimatic habitat models. *Biology Letters*, 4(5): p. 560-563.
54. Kujala, H., Araujo, M. B., **Thuiller, W.**, Cabeza, M. (2011). Misleading results from conventional gap analysis - Messages from the warming north. *Biological Conservation*, 144(10): 2450-2458.
55. **Lagabrielle E., Botta A., Daré W., David D.**, Aubert S., Fabricius C. (2010). Modelling with stakeholders to integrate biodiversity into land-use planning Lessons learned in Reunion Island (Western Indian Ocean). *Environmental Modelling & Software*, 25(11): p. 1413-1427.
56. Lasanta, T., Gonzalez-Hidalgo, J.C., **Vicente-Serrano S.M.**, Sferi E. (2006). Using landscape ecology to evaluate an alternative management scenario in abandoned Mediterranean mountain areas. *Landscape and Urban Planning*, 78(1-2): 101-114.
57. **Lasram, F.B.R., Guilhaumon, F., Albouy, C., Somot, S., Thuiller, W., Mouillot, D.** (2010). The Mediterranean Sea as a 'cul-de-sac' for endemic fishes facing climate change. *Global Change Biology*, 16(12): p. 3233-3245.
58. **Lassalle, G.**, Crouzet P., Gessner, J., **Rochard E.** (2010). Global warming impacts and conservation responses for the critically endangered European Atlantic sturgeon. *Biological Conservation*, 143(11): 2441-2452.
59. **Legendre, L.**, Rivkin R.B. (2005). Integrating functional diversity, food web processes, and biogeochemical carbon fluxes into a conceptual approach for modeling the upper ocean in a high-CO(2) world. *Journal of Geophysical Research-Oceans*, 110(C9).
60. Linkie, M., **Chapron G.**, Martyr D.J., Holden J., Leader-Williams N. (2006). Assessing the viability of tiger subpopulations in a fragmented landscape. *Journal of Applied Ecology*, 43(3): 576-586.
61. **Linares, C., Bianchimani, O., Torrents, O., Marschal, C., Drap, P.**, Garrabou, J. (2010). Marine Protected Areas and the conservation of long-lived marine invertebrates: the Mediterranean red coral. *Marine Ecology-Progress Series*, 402: p. 69-79.
62. **Macher, C., Guyader O., Talidec C., Bertignac M.** (2008). A cost-benefit analysis of improving trawl selectivity in the case of discards: The Nephrops norvegicus fishery in the Bay of Biscay. *Fisheries Research*, 92(1): 76-89.
63. Manne, L.L., Williams, P.H., Midgley, G.F., **Thuiller, W.**, Rebelo, T., Hannah, L. (2007). Spatial and temporal variation in species-area relationships in the Fynbos biological hotspot. *Ecography*, 30(6): 852-861.
64. Marini, M.A., **Barbet-Massin, M.**, Lopes, L.E., **Jiguet, F.** (2009). Predicted Climate-Driven Bird Distribution Changes and Forecasted Conservation Conflicts in a Neotropical Savanna. *Conservation Biology*, 23(6): p. 1558-1567.
65. Marini, M.A., **Barbet-Massin, M.**, Lopes, L.E., **Jiguet, F.** (2009). Major current and future gaps of Brazilian reserves to protect Neotropical savanna birds. *Biological Conservation*, 142(12): p. 3039-3050.
66. Marini, M.A., **Barbet-Massin, M.**, Martinez, J., Prestes N.P., **Jiguet, F.** (2010). Applying ecological niche modelling to plan conservation actions for the Red-spectacled Amazon (Amazona pretrei). *Biological Conservation*, 143(1): p. 102-112.

67. **Mathevet, R., Bousquet F., Le Page C., Antona M.** (2003). Agent-based simulations of interactions between duck population, farming decisions and leasing of hunting rights in the Camargue (Southern France). *Ecological Modelling*, 165(2-3): 107-126.
68. Merino, G., Barange M., Rodwell, L., **Mullon C.** (2011). Modelling the sequential geographical exploitation and potential collapse of marine fisheries through economic globalization, climate change and management alternatives. *Scientia Marina*, 75(4): 779-790.
69. Midgley, G.F., Hannah, L., Millr, D., **Thuiller, W.**, Booth, A. (2003). Developing regional and species-level assessments of climate change impacts on biodiversity in the Cape Floristic Region. *Biological Conservation*, 112(1-2): p. 87-97.
70. Midgley, G.F., Hughes, G.O., **Thuiller, W.**, Rebelo, A.G., (2006). Migration rate limitations on climate change-induced range shifts in Cape Proteaceae. *Diversity and Distributions*, 12(5): 555-562.
71. Midgley, G.F., **Thuiller W.** (2007). Potential vulnerability of Namaqualand plant diversity to anthropogenic climate change. *Journal of Arid Environments*, 70(4): 615-628.
72. **Morin, X.**, Viner D., **Chuine I.** (2008). Tree species range shifts at a continental scale: new predictive insights from a process-based model. *Journal of Ecology*, 96(4): p. 784-794.
73. **Morin, X., Thuiller W.** (2009). Comparing niche- and process-based models to reduce prediction uncertainty in species range shifts under climate change. *Ecology*, 90(5): p. 1301-1313.
74. **Mouysset, L., Doyen, L., Jiguet, F., Allaire, G., Léger, F.** (2011). Bio economic modeling for a sustainable management of biodiversity in agricultural lands. *Ecological Economics*, 70(4): p. 617-626.
75. **Nicole, F.**, Dahlgren, J.P., **Vivat, A., Till-Bottraud, I.**, Ehrlen, J., (2011). Interdependent effects of habitat quality and climate on population growth of an endangered plant. *Journal of Ecology*, 99(5): 1211-1218.
76. **Park, Y. S.**, Chang, J.B., **Lek, S.**, Cao, W., **Brosse, S.**, (2003). Conservation strategies for endemic fish species threatened by the Three Gorges Dam. *Conservation Biology*, 17(6): 1748-1758.
77. Parker-Allie, F., Musil C.F., **Thuiller W.** (2009). Effects of climate warming on the distributions of invasive Eurasian annual grasses: a South African perspective. *Climatic Change*, 94(1-2): p. 87-103.
78. Pearson, R. G., **Thuiller, W.**, Araujo, M.G., Martinez-Meyer, E., Brotons, L., McClean, C., Miles, L., Segurado, P., Dawson, T.P., Lees, D.C. (2006). Model-based uncertainty in species range prediction. *Journal of Biogeography* 33(10): 1704-1711.
79. **Peyraud J.L., Le Gall A., Faverdin P., Brunshwig P., Delaby L., Caillaud D.** (2009). What will be to-morrow the forage systems and the types of dairy cow breeds ? *Fourrages*, (197): p. 47-70.
80. Pompe, S., Hanspach J., Badeck F., Klotz S., **Thuiller W.**, Kühn I. (2008). Climate and land use change impacts on plant distributions in Germany. *Biology Letters*, 4(5): p. 564-567.
81. **Quétier, F., Lavorel, S., Thuiller, W.**, Davies, I. (2007). Plant-trait-based modeling assessment of ecosystem-service sensitivity to land-use change. *Ecological applications*, 17(8): p. 2377-2386.
82. Randin, C.F., Engler, R., Normand, S., Massimiliano, Z., Zimmermann, N.E., Pearman, P.B., Vittoz, P., **Thuiller, W.**, Guisan, A. (2009). Climate change and plant distribution: local models predict high-elevation persistence. *Global Change Biology*, 15(6): p. 1557-1569.
83. Richardson, D.M., **Thuiller W.** (2007). Home away from home - objective mapping of high-risk source areas for plant introductions. *Diversity and Distributions*, 13(3): 299-312.
84. Richardson D.M, Iponga D.M., Roura-Pascual N., Krug R.M., Milton S.J., Hughes G.O., **Thuiller W.** (2010). Accommodating scenarios of climate change and management in modelling the distribution of the invasive tree *Schinus molle* in South Africa. *Ecography*, 33(6): p. 1049-1061.
85. **Rivalan, P., Barbraud, C., Inchausti, P., Weimerskirch, H.** (2010). Combined impacts of longline fisheries and climate on the persistence of the Amsterdam Albatross *Diomedea amsterdamensis*. *IBIS*, 152(1): p. 6-18.
86. **Rolland, V., Nevoux M., Barbraud, C., Weimerskirch H.** (2009). Respective impact of climate and fisheries on the growth of an albatross population. *Ecological Applications*, 19(5): 1336-1346.
87. **Roques, L., Auger-Rozenberg, M.-A., Roques, A.**, (2008). Modelling the impact of an invasive insect via reaction-diffusion. *Mathematical Biosciences*, 216(1): 47-55.
88. **Roue, M., Nakashima, D.**, Agrawal, A. (2002). Des savoirs traditionnels pour évaluer les impacts environnementaux du développement moderne et occidental. Les savoirs autochtones. *Revue internationale des sciences sociales*, 173: 316-317.
89. Roura-Pascual, N., Brotons, L., Peterson, A.T., **Thuiller, W.** (2009). Consensual predictions of potential distributional areas for invasive species: a case study of Argentine ants in the Iberian Peninsula. *Biological Invasions*, 11(4): 1017-1031.
90. Schob, C., Kammer, P.M., **Choler, P.**, Veit, H. (2009). Small-scale plant species distribution in snowbeds and its sensitivity to climate change. *Plant Ecology*, 200(1): 91-104.
91. Schröter D., Cramer W., Leemans R., Prentice I.C., Araújo M.B., Arnell N.W., Bondeau A., Bugmann H., Carter T.R., Gracia C.A., de la Vega-Leinert A.-C., Erhard M., Ewert F., Glendinning M., House J.I., Kankaanpää S., Klein R.J.T., **Lavorel, S.**, Lindner M., Metzger M.J., Meyer J.,

- Mitchell T.D., Reginster I., Rounsevell M., Sabaté S., Sitch S., Smith B., Smith J., Smith P., Sykes M.T., Thonicke K., **Thuiller, W.**, Tuck G., Zaehle S., Zierl B. (2005). Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe. *Science*, 310(5752): p. 1333-1337.
92. **Sinervo, B.**, Mendez-de-la-Cruz, F., **Miles, D.B.**, **Heulin, B.**, Bastiaans, E., Villagran-Santa Cruz, M., Lara-Resendiz, R., Martinez-Mendez, N., Lucia Calderon-Espinosa, M., Nelsi Meza-Lazaro, R., Gadsden, H., Javier Avila, L., Morando, M., De la Riva, I.J., Victoriano Sepulveda, P., Duarte Rocha, C.F., Ibarqueengoytia, N., Aguilar Puntriano, **C.**, **Massot, M.**, **Lepetz, V.**, Oksanen, T.A., Chapple, D.G., Bauer, A.M., Branch, W.R., **Clobert, J.**, Sites, J.W., Jr. (2010). Erosion of Lizard Diversity by Climate Change and Altered Thermal Niches. *Science*, 328(5980): 894-899.
93. Soliva R., Rønningen K., Bella I., Bezak P., Cooper T., Flø B.E., **Marty, P.**, Potter C. (2008). Envisioning upland futures: Stakeholder responses to scenarios for Europe's mountain landscapes. *Journal of Rural Studies*, 24(1): p. 56-71.
94. Sulawa, J., **Robert, A.**, Köppen, U., Hauff, P., Krone, O. (2010). Recovery dynamics and viability of the white-tailed eagle (*Haliaeetus albicilla*) in Germany. *Biodiversity and Conservation*, 19(1): p. 97-112.
95. **Teysse, A.**, **Couvet D.** (2007). Expected impact of agriculture expansion on the world avifauna. *Comptes Rendus Biologies*, 330(3): p. 247-254.
96. **Thuiller, W.** (2003). BIOMOD - optimizing predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change. *Global Change Biology*, 9(10): 1353-1362.
97. **Thuiller, W.** (2004). Patterns and uncertainties of species' range shifts under climate change. *Global Change Biology*, 10(12): p. 2020-2027.
98. **Thuiller, W.**, **Lavorel S.**, **Araujo M.B.** (2005). Niche properties and geographical extent as predictors of species sensitivity to climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 14(4): p. 347-357.
99. **Thuiller, W.**, **Lavorel S.**, **Araujo M.B.**, Sykes, M.T., Prentice, C.I. (2005). Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(23): p. 8245-8250.
100. **Thuiller, W.**, Richardson, D.M., Pysek, P., Midgley, G.F., Hughes, G.O., Rouget, M. (2005). Niche-based modelling as a tool for predicting the risk of alien plant invasions at a global scale. *Global Change Biology*, 11(12): 2234-2250.
101. **Thuiller, W.**, Broennimann, O., Hughes, G., Alkemade, J.R.M., Midgley, G.F., Corsi, F. (2006). Vulnerability of African mammals to anthropogenic climate change under conservative land transformation assumptions. *Global Change Biology*, 12(3): p. 424-440.
102. **Thuiller, W.**, **Lavorel, S.**, Sykes, M.T and **M.B. Araujo** (2006). Using niche-based modelling to assess the impact of climate change on tree functional diversity in Europe. *Diversity and Distributions*, 12(1): p. 49-60.
103. **Thuiller, W.**, Midgley, G.F., Hughes, G.O., Bomhard, B., Dreeuw, G., Rutherford, M.C., Woodward, I.F. (2006). Endemic species and ecosystem sensitivity to climate change in Namibia. *Global Change Biology*, 12(5): p. 759-776.
104. **Thuiller, W.**, **Lavergne S.**, **Roquet C.**, **Boulangeat I.**, **Lafourcade B.**, Araujo M.B. (2011). Consequences of climate change on the tree of life in Europe. *Nature*, 470(7335): p. 531-534.
105. **Tichit, M.**, **Doyen L.**, **Lemel, J.Y.**, **Renault, O.**, **Durant D.** (2007). A co-viability model of grazing and bird community management in farmland. *Ecological Modelling*, 206(3-4): 277-293.
106. Tittensor D.P, Baco A.R., Hall-Spencer J.M, **Orr J.C.**, Rogers A.D (2010). Seamounts as refugia from ocean acidification for cold-water stony corals. *Marine Ecology-an Evolutionary Perspective*, 31: p. 212-225.
107. **Turpin, N.**, **Dupraz P.**, **Thenail, C.**, **Joannon A.**, **Baudry, J.**, **Herviou, S.**, Verburg, P. (2009). Shaping the landscape: Agricultural policies and local biodiversity schemes. *Land Use Policy*, 26(2): 273-283.
108. **Vennetier, M.**, **Ripert C.** (2009). Forest flora turnover with climate change in the Mediterranean region: A case study in Southeastern France. *Forest Ecology and Management*, 258: p. S56-S63.
109. **Villemant, C.**, **Barbet-Massin, M.**, **Perrard, A.**, **Muller, F.**, **Gargominy, O.**, **Jiguet, F.**, **Rome, Q.** (2011). Predicting the invasion risk by the alien bee-hawking Yellow-legged hornet *Vespa velutina nigrithorax* across Europe and other continents with niche models. *Biological Conservation*, 144(9): 2142-2150.
110. Yemane, D., **Shin, Y.J.**, Field J.G. (2009). Exploring the effect of Marine Protected Areas on the dynamics of fish communities in the southern Benguela: an individual-based modelling approach. *Ices Journal of Marine Science*, 66(2): 378-387.
111. Yousefpour, R., Hanewinkel M., **Le Moguédec, G.** (2010). Evaluation of biodiversity for multi-purpose forest management using a non-linear optimization approach. *Applied Ecology and Environmental Research*, 8(3): 241-260.

## ANNEXE 3

### Grille d'analyse des publications

Référence de la publication / du projet concerné :

Adresse/affiliation des auteurs / du coordinateur du projet :

#### Quel(s) type(s) de scénarios de la biodiversité sont proposés en « output » ?

- Nombre de scénarios (ex : 2 scénarios de changements climatiques et 2 scénarios de stratégie de conservation/gestion en input = 2 x 2 = 4 scénarios en output) :
- Exploratoires (forecasting) :
- Normatifs (backcasting) :
- Tendanciels :
- Contrastés :
- Extrêmes :
- Intégrant la boucle de rétroaction biodiversité -> sociétés :

#### Quelle biodiversité ?

- Groupes taxonomiques étudiés (préciser groupe(s) taxonomique(s) + espèce(s) si possible) :
- Faune :
- Flore :
- Micro-organismes :
- Niveau(x) de biodiversité :
- Biomes :
- Paysages :
- Ecosystèmes :
- Groupes Fonctionnels/Communautés :
- Espèces :
- Espèces envahissantes :
  - Génétique / intra-spécifique :
  - Savoirs traditionnels / locaux :
- Milieu étudié :
- TERRESTRE
- Forêt :
- Savane/Maquis :
- Désert :
- Montagne :
- Zone humide :
- Agricole (cultures et pâturages) :
- Urbain/péri-urbain :
- Autres (préciser) :
- INSULAIRE :
- COTIER (dont estuaires) :
- AQUATIQUE
- Eaux douces :
- Marin :

#### Quel(s) service(s) écosystémique(s) (seulement si explicitement exprimés en tant que service) ?

- Services d'approvisionnement :
- Services de régulation :
- Services de support :
- Services culturels :

#### Quel(s) facteur(s) de changements sont pris en compte (scénarios utilisés en « input ») ?

POUR LA SCÉNARISATION :

- Préciser pour chaque facteur le type de scénarios utilisés en inputs (tendanciels, contrastés, extrêmes, endogènes, exogènes) ;
- Climat :
- Perturbations (ex : espèces envahissantes, régimes de feux, épidémies) :
- Pollutions :
- CO<sub>2</sub> atmosphérique (hors impacts sur le climat) :
- Utilisation des terres :
- Exploitation des ressources :
- Stratégie de conservation/gestion :
- Politique(s) sectorielle(s) (agriculture, pêche, industrie,...) :
- Gouvernance :
- Contexte économique et/ou socio-culturel
- Comportements économiques :
- Autre, préciser :
- Méthode(s) de scénarisation du (des) facteur(s) et sources éventuelles utilisées (pour les scénarios exogènes) :
- Période passée :
- Projections vers l'avenir :
- HORS SCÉNARISATION (ex : projections de l'impact du changement climatique sur la biodiversité de 2 zones, l'une en aire protégée, l'autre non, le facteur hors scénarisation est « stratégie de conservation/gestion ») :
- Climat :
- Perturbations (ex : espèces envahissantes, régimes de feux, épidémies) :
- Pollutions :
- CO<sub>2</sub> atmosphérique (hors impacts sur le climat) :
- Utilisation des terres :
- Exploitation des ressources :
- Stratégie de conservation/gestion :
- Politique(s) sectorielle(s) (agriculture, pêche, industrie,...) :
- Gouvernance :
- Contexte économique et/ou socio-culturel
- Comportements économiques :
- Autre, préciser :

#### Quel(s) indicateur(s) :

- de biodiversité :
- de services écosystémiques :

#### Possible échelle temporelle ?

- Horizon :
- Pas de temps du modèle (le cas échéant) :

#### Quelle échelle spatiale ?

- Zone(s) géographique(s) concernée(s) :
- Surface prise en compte par le scénario (préciser le nombre de km<sup>2</sup>) :
- Echelle géographique considérée :
- Locale ou régionale :

- Nationale :
- Sous-continentale (plusieurs pays d'un même continent) ou régionale (plusieurs pays - de continents différents) :
- Continentale :
- Globale :
- Grain/pixel utilisé par le modèle :

#### Quel(s) type(s) de méthodologie ou de modèle écologique ?

- **Modèles statistiques :**
- Modèles de niche/Enveloppes bioclimatiques (ex : BIOMOD) :
- Relation aire-espèce :
- Modèles basés sur les traits fonctionnels :
- Autres modèles statistiques :
- **Modèles mécanistes (process-based) :**
- DGVM (Dynamic Global Vegetation Model) :
- Modèles d'évolution (dynamique adaptative, génétique quantitative...) :
- Autres modèles mécanistes (ex : PHENOFIT) :
- **Modèles génétiques (gene flow models) :**
- **Modèles multi-agents :**
- **Modèles d'accompagnement :**
- **Modèles bio-économiques :**
- **Pas de modèle (préciser : dire d'experts, prospective, expérience,...) :**
- Préciser si possible :
- Modèles intégrant les interactions entre espèces :
- Modèles intégrant la plasticité (adaptation) :
- Modèles intégrant les dynamiques évolutives :
- Modèles intégrant une dynamique temporelle :
- Modèles spatialement explicites :

#### Quelle gestion des incertitudes ?

- Calibration et validation du modèle (si idem modèle X, préciser référence) :
- Une méthode est-elle proposée pour gérer les incertitudes (OUI/NON) ? :
- Méthode(s) pour les incertitudes de projection (si idem modèle X, préciser référence) :

#### Quels acteurs de la société ?

- Partenaires du projet (cités dans les remerciements par exemple, avec autre rôle que seul bailleur de fonds, préciser quel rôle joué dans le projet si possible, ex : fourniture de données,...) :
- Acteurs de la société dont les activités/comportements/stratégies/choix/décisions sont scénarisés ou participant directement au développement des scénarios (ex : modèles multi-agents, modèles d'accompagnement, modélisation/scénarisation du comportement d'acteurs/d'activités humaines/économiques) :

## ANNEXE 4

### Bibliographie complémentaire

Bellard C., Bertelsmeier C., Leadley P., Thuiller W., Courchamp, F. (2012). Impacts of climate change on the future of biodiversity, *Ecology Letters*, 15: 365–377.

Coreau, A., Pinay G., Thompson, J.D., Cheptou, P.O., Mermet, L. (2009). The rise of research on futures in ecology: rebalancing scenarios and predictions, *Ecology Letters*, 12:1277-1286.

Coreau, A., Treyer, S., Cheptou, P.-O., Thompson, J. D. and Mermet, L. (2010), Exploring the difficulties of studying futures in ecology: what do ecological scientists think?. *Oikos*, 119: 1364–1376.

Etienne, M. (2011). Companion modelling: A Participatory Approach to Support Sustainable Development, Coll. Update Sciences & technologies, Ed. Quae.

Houet T., Hubert-Moy L., Tissot C. (2008). Modélisation prospective spatialisée à l'échelle locale : approche méthodologique. Application à la gestion de l'eau en Bretagne, *Revue Internationale de Géomatique*, 18/3, pp 345-373.

Leadley, P., Pereira, H.M., Alkemade, R., Fernandez-Manjarrés, J.F., Proença, V., Scharlemann, J.P.W., Walpole, M.J. (2010). Scénarios de biodiversité : Projections des changements de la biodiversité et des services écosystémiques pour le 21<sup>e</sup> siècle. Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, Montréal. Cahier technique n°50, 55 pages (page 40).

Lévêque, C., Van Der Leeuw, S. (2004), *Quelles natures voulons-nous ? Pour une approche socio-écologique du champ de l'environnement*, Elsevier.

Mahmoud, M., Liu, Y., Hartmann, H. et al. (2009). A formal framework for scenario development in support of environmental decision-making, *Environmental Modelling and Software*, vol. 24, pp. 798-808.

Mermet L. (dir.), (2005) *Étudier des écologies futures. Un chantier ouvert pour les recherches prospectives environnementales*. P.I.E.-Peter Lang, EcoPolis. Vol. 5, 2005, 411 p. », *Développement durable et territoires*.

Thuiller, W., C. Albert, M. B. Araújo, P. M. Berry, M. Cabeza, A. Guisan, T. Hickler, G. F. Midgley, J. Paterson, F. M. Schurr, M. T. Sykes, and N. E. Zimmermann (2008). Predicting global change impacts on plant species' distributions: Future challenges. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 9:137-152.







Face aux changements globaux (climat, utilisation des terres, invasions, pollutions, exploitation des ressources, etc.) le devenir de la biodiversité et des services écosystémiques qui en dépendent semble incertain et précaire, avec des conséquences tout aussi incertaines pour les sociétés humaines. L'élaboration de scénarios de la biodiversité et la modélisation des changements affectant les écosystèmes en lien avec les activités humaines peuvent jouer un rôle majeur pour évaluer différentes stratégies de développement des sociétés et guider la prise de décision. En effet, les scénarios sont des outils qui peuvent permettre aux décideurs et aux gestionnaires de mieux anticiper les trajectoires possibles de la biodiversité, au lieu de réagir dans l'urgence aux crises. Dans le contexte de la création de la plate-forme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES), les scénarios représentent une approche innovante pour éclairer les décisions et mobiliser les acteurs en faveur de la conservation et de la gestion durable de la biodiversité, au service des enjeux de société.

Dans le cadre de son programme phare « Modélisation et scénarios de la biodiversité », la FRB propose un état des lieux des scénarios de la biodiversité développés par la recherche française, afin de mieux identifier les forces, les faiblesses et les synergies potentielles au sein de cette communauté scientifique mais également les pistes de collaboration entre scientifiques et acteurs de la société.

Qu'entend-on exactement par « scénarios de la biodiversité » ? Comment se situe la recherche française sur les scénarios de la biodiversité dans le paysage international ? Quels sont les grands types de scénarios développés, les niveaux d'organisation de biodiversité privilégiés, les principaux facteurs de changement pris en compte ? Quels sont les méthodologies et les modèles utilisés pour construire ces scénarios ? Les acteurs de la société sont-ils associés à ces travaux de recherche ? De quels types d'acteurs s'agit-il ? A travers une étude bibliométrique puis une analyse bibliographique plus fine, cet état des lieux dresse un panorama des principales caractéristiques des recherches françaises conduites sur ce thème depuis une quinzaine d'années et propose quelques exemples illustrant les résultats de ces scénarios. Les conclusions de cette étude invitent à conforter, compléter, voire préciser les futures orientations des recherches sur le thème des scénarios de la biodiversité.



LES MEMBRES FONDATEURS DE LA FRB

