

Projet de caractérisation des fonctions écologiques des milieux en France

n° 20

Mai

2010

BIODIVERSITE

ÉCONOMIE ET ÉVALUATION



Ressources, territoires, habitats et logement
Énergie et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

Présent
pour
l'avenir



**Collection « Études et documents » du Service de l'Économie, de l'Évaluation et de
l'Intégration du Développement Durable (SEEIDD)
du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD)**

- Titre du document : Projet de caractérisation des fonctions écologiques des milieux en France
- Directeur de la publication : Françoise Maurel
- Auteurs : Plusieurs auteurs se sont succédés pour conduire cette étude, du fait des évolutions de poste : au Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), Mathilde Bouvron et Pauline Teillac-Deschamps (sous la direction de Denis Couvet) ; au MEEDDM, Audrey Coreau, Sarah Hernandez, Pierre Meignien, Delphine Morandea et Vanessa Nuzzo.
- Date de publication : Mai 2010
- Remerciements : Le MEEDDM souhaite remercier l'ensemble des experts consultés par le MNHN pour conduire cette étude, ainsi que Geneviève Barnaud (MNHN) pour sa contribution à la finalisation de ce document.

Ce document n'engage que son ses auteurs et non les institutions auxquelles ils appartiennent.
L'objet de cette diffusion est de stimuler le débat et d'appeler des commentaires et des critiques.

SOMMAIRE

I- INTRODUCTION page 3

1. Place de la biodiversité dans le projet
2. Écosystèmes, fonctions écologiques, services écosystémiques et bénéfiques

//- OBJECTIFS DU PROJET page 7

1. Etapes du projet
2. Démarche globale

III- ÉLABORATION DE LA TYPOLOGIE DES MILIEUX page 9

1. Démarche d'élaboration de la typologie
2. Nécessité d'affiner la typologie via d'autres bases de données

IV- DETERMINATION DES FONCTIONS ECOLOGIQUES page 11

1. Bilan du travail bibliographique et de la concertation avec les experts
2. L'identification des fonctions écologiques à partir des services écosystémiques
3. Des relations non bijectives entre milieu, fonctions et services
4. La place des espèces dans la caractérisation des fonctions écologiques

V- VERS DES INDICATEURS DES FONCTIONS ECOLOGIQUES page 15

1. Description des processus biologiques en jeu dans les fonctions écologiques et mise en évidence des facteurs déterminants
2. Etapes suivantes
3. Aperçu des données disponibles

VI- CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES page 21

1. La typologie des milieux : une base cohérente à affiner
2. Vers un système de caractérisation qualitative et quantitative des fonctions écologiques
3. Surfaces, dimensions spatiales et paysagères : à prendre en compte dans le système de caractérisation
4. Des fonctions écologiques aux services écosystémiques
5. Quelles valeurs seuil des fonctions pour la production des services ?

REFERENCES page 23

ANNEXES page 27

- [annexe 1](#) : calendrier et principales étapes de la première phase du projet
- [annexe 2](#) : groupe d'experts (personnes contactées)
- [annexe 3](#) : questions et remarques des experts
- [annexe 4](#) : correspondances entre les nomenclatures Corine Land Cover, EUNIS et Corine Biotope
- [annexe 5](#) : typologie des habitats, correspondances Corine Land Cover (CLC), EUNIS, Corine Biotope (CB) et milieux Natura 2000 présents dans ces habitats
- [annexe 6](#) : détermination des fonctions écologiques
- [annexe 7](#) : description des fonctions écologiques et identification des facteurs déterminants
- [annexe 8](#) : pistes pour la détermination des indicateurs et des indices de mesure de ces indicateurs

RÉSUMÉ

Le maintien durable des écosystèmes et leur bon fonctionnement représente un enjeu majeur des stratégies pour la conservation de la biodiversité.

Afin d'assurer le maintien des services fournis par les écosystèmes à la société, il apparaît nécessaire d'évaluer les fonctions à l'origine de leur production. En effet, les fonctions écologiques sont au cœur de la relation entre la biodiversité des écosystèmes et la production de services dont bénéficie la société. La production de ces services est aussi étroitement reliée à la résilience des écosystèmes, qui traduit la capacité des écosystèmes à maintenir le fonctionnement des écosystèmes face aux perturbations qui les affectent.

Dans ce contexte, le projet de caractérisation (qualitative et quantitative) des fonctions écologiques vise à mieux connaître les fonctions et à identifier les modalités de leur quantification. Les éléments résultant de ce projet pourront servir à la mise en place de systèmes d'évaluation des milieux tenant compte des fonctions écologiques, par exemple dans le cadre de programmes de conservation, d'aménagement, ou encore dans l'élaboration de systèmes de comptabilité.

In fine, cette étape de caractérisation des fonctions permettra de procéder à une évaluation économique des services rendus par le biais de ces fonctions.

Le présent document constitue la première phase du projet de caractérisation des fonctions écologiques, sur les trois phases actuellement envisagées pour atteindre l'objectif précité.

Cette *première phase* a permis de progresser sur trois axes importants :

- L'identification et la description de fonctions écologiques en lien avec les services de régulation et de support ;
- L'élaboration d'une typologie des milieux en France, permettant d'appréhender les fonctions écologiques ;
- L'élaboration de pistes pour des indicateurs de fonctions écologiques.

Le projet reste à développer. Dans une *seconde phase*, il s'agira d'aboutir à une proposition validée d'indicateurs mesurables des fonctions. Dans une *troisième phase*, afin d'évaluer sa pertinence et sa faisabilité, le système de quantification des fonctions basé sur les indicateurs pourra être testé sur des cas pilotes, selon différents milieux et échelles d'intervention, tout en affinant la typologie des milieux pour ces projets.



ABSTRACT: ASSESSMENT PROJECT OF ECOLOGICAL FUNCTIONS

Ecosystem sustainability and performance represent a major issue for biodiversity conservation strategies.

In order to maintain the services provided by ecosystems to society, we need to identify the processes (ecological functions) underlying these services. Ecological functions are indeed the key processes linking biodiversity and the production of ecosystem services. The production of ecosystem services is also linked to the resilience of ecosystems, which conveys the capacity of ecosystems to maintain their ecological functions under perturbation.

In this context, the assessment project of ecological functions aims at identifying the criteria and means to quantify ecological functions, at a national or regional scale. The outcomes of this project could be used for setting up assessment systems of habitats taking into account ecological functions, for conservation purposes, development programmes, as well as accounting systems.

This assessment project will eventually be used for assessing the economic value of services associated with ecological functions.

The present document constitutes the first phase of the project out of the three phases that are currently foreseen to reach the abovementioned objectives.

This *first phase* has made progress at three levels:

- The designation and description of ecological functions that are related to regulation and supporting services, and the identification of their key biological features;
- The development of a typology of habitats in France (based on Corine Land Cover, EUNIS and Corine Biotope), which can be used to put ecological functions into perspective;
- The development of first steps to build up some indicators of ecological functions.

This project needs to be further developed. In a *second phase*, we aim at producing and validating measurable indicators of ecological functions. In a *third phase*, in order to evaluate its relevance and feasibility, the assessment system of ecological functions, based on agreed indicators, will be tested on pilot projects. Those will be carried on according to different habitats and scales, integrating a more precise habitat typology for each case study by crossing the one resulting from the first phase with other databases.

I – Introduction

Actuellement, les scientifiques des sciences de la vie et des sciences humaines cherchent à comprendre et d'écrire le fonctionnement des écosystèmes, à identifier les principaux processus (fonctions écologiques) impliqués dans ce fonctionnement (évaluation physique, écologique), et à connaître les liens entre ces fonctions et la production de services écosystémiques (évaluation sociale, économique). Les bilans de connaissance réalisés ont permis de qualifier mais rarement de quantifier la réalisation des fonctions. Les méthodes de quantification existantes de la qualité des écosystèmes sont quant à elles souvent basées sur des indicateurs construits à partir de la présence des espèces, généralement d'intérêt patrimonial¹, et non de la fonctionnalité des milieux.

Or, les orientations stratégiques au niveau national, européen et international intègrent désormais les notions de compensation², dans certains cas à fonctionnalité équivalente, et de paiement pour services environnementaux³, qui nécessitent des méthodes de quantification de l'état des écosystèmes.

Dans ce contexte, le présent projet vise à intégrer la caractérisation (qualitative et quantitative) des fonctions écologiques dans les programmes de conservation ou d'aménagement, ainsi que dans les systèmes de comptabilité. La qualité des écosystèmes ne serait alors plus évaluée uniquement selon la présence des espèces rares ou patrimoniales, mais également selon la fonctionnalité des écosystèmes.

En ciblant l'ensemble des fonctions d'un écosystème donné, cette approche permet d'associer à la préservation d'espèces rares, la prise en compte des espèces communes essentielles au fonctionnement d'un écosystème, ainsi que les phénomènes physico-chimiques souvent très réactifs vis-à-vis des perturbations.

Pour identifier les fonctions écologiques, le projet prend pour base les services écosystémiques définis par l'Évaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire (ou MEA pour *Millennium Ecosystem Assessment*⁴), en particulier les services de régulation et de support, pour aboutir à une liste de fonctions écologiques. Réalisé entre 2001 et 2005, le MEA identifie 31 services écosystémiques et les classe en quatre catégories (services d'approvisionnement, services de support, services de régulation, services culturels). Sur cette base, il met en évidence le rôle important de la biodiversité dans la production de la plupart des biens et services fournis à la société.

L'hypothèse de cette approche est que tout changement dans l'état de la biodiversité entraîne un changement dans la capacité des écosystèmes à assurer le bien-être social. Ainsi, les écosystèmes dont la biodiversité est affectée par les activités humaines ne sont plus en mesure de fournir les services écosystémiques indispensables au maintien des activités humaines. En d'autres termes, la biodiversité joue un rôle dans le maintien des fonctions écologiques, et ce sont les caractéristiques fonctionnelles de la biodiversité qui sont à l'origine des services écosystémiques.

En termes de politiques publiques, il est ainsi nécessaire de porter une attention accrue aux fonctions écologiques, car elles sont au cœur de la relation entre la biodiversité (état) et les services rendus par les écosystèmes (flux). La prise en compte des fonctions écologiques peut ouvrir de nouvelles possibilités en matière de choix de politiques et d'outils associés, pour une meilleure approche de la conservation et de l'utilisation durable de la biodiversité.

Cela suppose de pouvoir identifier des mesures visant le maintien des fonctions écologiques, ainsi que l'échelle d'intervention la plus pertinente.

Dans ce cadre, le projet de caractérisation des fonctions écologiques des milieux en France doit permettre d'identifier les critères et les modalités pour quantifier les fonctions écologiques.

Cette première phase s'attachera à expliquer la démarche du projet ainsi que les hypothèses retenues. Les principaux résultats de cette phase sont l'élaboration d'une typologie des milieux en France permettant d'appréhender les fonctions écologiques, la description des fonctions écologiques associées aux services écosystémiques de régulation et de support, et la proposition d'indicateurs des fonctions écologiques. Ces travaux seront à approfondir lors de phases ultérieures, afin d'aboutir à un système de quantification des fonctions écologiques basé sur des indicateurs pertinents et mesurables.

1. Place de la biodiversité dans le projet

Le concept de « biodiversité » bénéficie d'une grande notoriété depuis 1992, date de la Conférence de Rio et de la ratification de la Convention sur la Diversité Biologique (CDB). La biodiversité est traditionnellement considérée dans

1 Par exemple : indicateurs spécifiques composites de Shannon ou Simpson.

2 Une mesure compensatoire des atteintes à la biodiversité est toute action visant à offrir une contrepartie positive à un impact dommageable non réductible provoqué par un projet ou programme, de façon à maintenir la biodiversité dans un état équivalent ou meilleur de celui observé avant la réalisation du projet. Elle n'intervient que lorsque la séquence éviter/réduire/compenser a été respectée et ne s'applique donc que sur le dommage résiduel.

3 Les paiements pour services environnementaux sont des systèmes contractuels incluant des transferts financiers entre bénéficiaires (par ex. usagers d'un service d'eau potable) et fournisseurs (par ex. agriculteurs en amont d'un bassin versant) d'un service écosystémique. Ils peuvent être définis et mis en œuvre à différentes échelles et concerner différents services (par ex. épuration de l'eau, séquestration du carbone, etc.).

4 Millennium Ecosystem Assessment, (2005), *Ecosystem and Human Well-Being: Synthesis*, Island Press, 137 p.

son sens littéral : la diversité du vivant. Elle est alors envisagée de l'échelle moléculaire à l'échelle de la biosphère, bien que les écologues s'intéressent plus particulièrement aux populations, communautés et écosystèmes (Krebs, 2001, p.10).

La biodiversité est en effet l'un des objets d'étude majeurs de l'écologie. Cette discipline mesure la diversité du vivant au sein des trois niveaux fonctionnels que sont la variabilité génétique, la diversité spécifique et la complexité des réseaux trophiques au sein des écosystèmes. Cependant, comme le soulignent Robert Barbault et Bernard Chevassus-au-Louis (2004), le concept de biodiversité va plus loin que la simple description de la diversité du vivant, fut-elle exhaustive. En effet, la biodiversité est une affaire d'interactions⁵ au sein de chaque niveau fonctionnel, entre les échelles fonctionnelles mais aussi avec les sociétés humaines.

Dans ce projet, dont l'objectif est la caractérisation des fonctions écologiques, la biodiversité tient une place importante. Bien que la relation entre la biodiversité et les fonctions écologiques ne soit pas toujours clairement établie (Schwarz et al., 2000 ; Loreau et al., 2001 ; Srivastava and Vellend, 2005), la biodiversité est étroitement associée aux fonctions écologiques.

Biodiversité et fonctions écologiques

- La diversité du vivant et les interactions qui la régissent (la biodiversité) font partie des protagonistes permettant le fonctionnement des écosystèmes. La biodiversité intervient, entre autres, dans l'augmentation des performances liées à la réalisation des fonctions ainsi que dans les cas de redondance fonctionnelle.

D'une part, plusieurs études montrent le rôle de la biodiversité dans le fonctionnement des écosystèmes, par l'augmentation des performances telles que la productivité, le recyclage des nutriments, ou la biomasse totale⁶.

D'autre part, au sein d'un groupe fonctionnel, plus la diversité spécifique est importante, plus la perte d'espèces caractéristiques peut être compensée par la présence d'autres espèces aux fonctions similaires : on parle de redondance fonctionnelle. Cette notion traduit le fait que la perte d'espèces (diminution de la diversité spécifique) n'a pas forcément d'effet immédiat sur la réalisation des fonctions écologiques, car certaines espèces peuvent se substituer entre elles.

Cependant, sur le long terme, la perte d'espèces tend à fragiliser le fonctionnement des écosystèmes tant dans leur capacité à fournir des services écosystémiques que dans leur capacité à faire face aux perturbations. Si le nombre d'espèces diminue de façon trop importante, la compensation de la perte des espèces est compromise, et la capacité à produire des fonctions écologiques peut être perdue⁷.

La biodiversité est donc un aspect essentiel de ce projet. Elle est indissociable d'une caractérisation des fonctions écologiques, car elle constitue l'un des éléments qui conditionnent la réalisation des fonctions écologiques.

2. Ecosystèmes, fonctions écologiques, services écosystémiques et bénéfiques

1. De l'écosystème aux bénéfiques

L'évaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire (ou MEA pour *Millennium Ecosystem Assessment*), conduite entre 2001 et 2005, avait pour objectif d'évaluer les conséquences de l'évolution des écosystèmes sur le bien-être de l'Homme ainsi que d'établir la base scientifique des actions requises pour renforcer la conservation des écosystèmes, leur exploitation durable et leur contribution au bien-être humain. L'accent a été mis sur les liens existant entre les écosystèmes et le bien-être humain et plus particulièrement sur les « services d'origine écosystémique ». Le cadre conceptuel du MEA, appelé *Impact Pathway*, postule en effet que les hommes sont partie intégrante des écosystèmes et qu'il existe une interaction dynamique entre les hommes et d'autres éléments de ces écosystèmes.

Un écosystème y est défini comme un complexe dynamique composé de plantes, d'animaux, de micro-organismes et de la nature morte environnante agissant en interaction en tant qu'unité fonctionnelle.

Les services que procurent les écosystèmes correspondent aux bénéfiques que peuvent en retirer les hommes. Ils comprennent des services de prélèvement (nourriture, eau, bois, fibre, etc.), des services de régulation (climat, inondations, maladies, déchets, etc.), des services culturels (bénéfiques récréatifs, esthétiques, spirituels), et des services d'auto-entretien (formation des sols, photosynthèse, cycle des nitrates, etc.).

Les questions soulevées par le MEA sont liées aux tendances évolutives des services écosystémiques et à leur impact sur le bien-être, aux méthodes à employer pour assurer la conservation des écosystèmes ainsi qu'aux incertitudes majeures minant les prises de décisions pour une gestion efficace des écosystèmes. L'une des questions essentielles concerne les outils méthodologiques à mettre en œuvre pour renforcer la capacité d'évaluation des écosystèmes, celle

⁵ Le concept d'interaction désigne en biologie le processus par lequel deux ou plusieurs éléments se déterminent mutuellement par une relation réciproque. Les interactions engendrent des co-évolutions qui peuvent être de nature directe ou indirecte.

⁶ Hooper and Vitousek, 1997 ; Tilman et al., 1997 ; Tilman et al., 1997a ; Loreau, 2000 ; Hopper et al, 2004 ; Coleman and Whiteman, 2005 ; Costanza et al., 2007 ; Danovaro and Pusceddu, 2007.

⁷ Loreau, 2000 ; Muradian, 2001 ; Hooper et al., 2004 ; Walker and Pearson, 2007.

des services qu'ils procurent et de leur impact sur le bien-être humain. En d'autres termes, comment pouvons-nous évaluer correctement les services écosystémiques de manière à les intégrer aux processus décisionnels ? Afin d'élaborer de tels outils, il est indispensable de connaître les processus à l'origine de la production de ces services. Ce sont ces processus – les fonctions écologiques – qui sont l'objet d'étude de ce projet.

Le projet se base sur le schéma ci-dessous (Figure 1) qui distingue l'écosystème, les fonctions écologiques, les services écosystémiques et les bénéfices.

L'écosystème se caractérise par la flore et la faune qui le composent ainsi que par son environnement physique, et leurs interactions. Ce sont ces caractéristiques biotiques et abiotiques qui assurent la réalisation des fonctions écologiques.

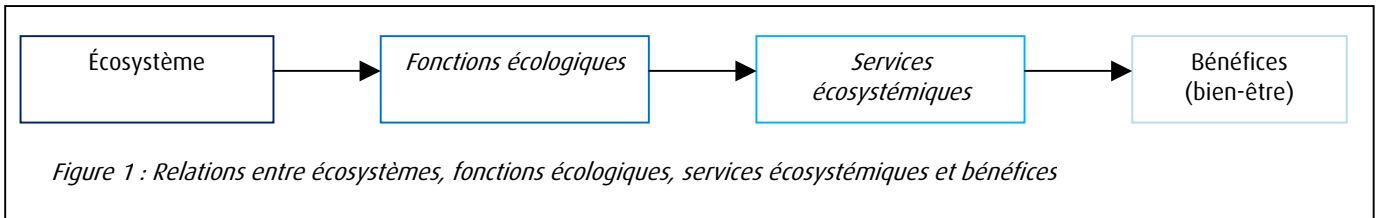
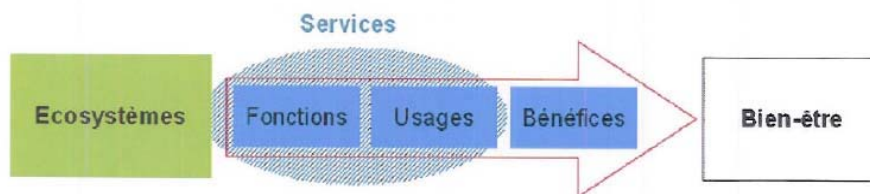


Figure 1 : Relations entre écosystèmes, fonctions écologiques, services écosystémiques et bénéfices

Les fonctions écologiques sont à l'origine des services écosystémiques, dont l'homme peut tirer des bénéfices directs ou indirects, des biens produits, utilisés et consommés par l'homme, et ayant une valeur économique et/ou sociale pour les sociétés humaines⁸.

A noter que la démarche d'évaluation des écosystèmes en France (projet « MEA France »), postérieure au projet de caractérisation des fonctions écologiques en France, se base sur un schéma similaire, tout en représentant les services comme étant les usages potentiels des fonctions :



Source : CREDOC 2009

2. Fonctions et services : deux notions distinctes

Les concepts de fonctions écologiques et de services écosystémiques sont parfois flous et font l'objet d'interprétations contradictoires. Dans la bibliographie, les termes de services et fonctions peuvent être utilisés avec diverses significations et leur champ sémantique est souvent débattu.

Le projet retiendra que les fonctions écologiques se définissent comme les processus biologiques de fonctionnement et de maintien de l'écosystème, et les services écosystémiques comme les bénéfices retirés par l'homme des processus biologiques⁹.

Ainsi, les fonctions écologiques répondent à une vision écosystémique, alors que les services écosystémiques renvoient à une vision anthropocentrée (directe ou indirecte) des écosystèmes et de leur fonctionnement.

Fonctions et services

- Fonctions écologiques : processus biologiques de fonctionnement et de maintien des écosystèmes.
- ≠
- Services écosystémiques : bénéfices retirés par l'homme de processus biologiques.

Il est important de noter que les notions de fonctions écologiques et de services écosystémiques ne sont pas cloisonnées. En effet, si le MEA répartit les services écosystémiques en quatre catégories, le MEA France qui lui a succédé au niveau national ne considère plus que trois catégories de services, associant tous les services de support à des fonctions écologiques. De plus, au sein des services de régulation cohabitent des services considérés par ce projet comme des fonctions (auto-épuration de l'eau par exemple). Cette ambiguïté entre la notion de service et de fonction résulte d'un gradient d'anthropocentrisme dans la description des services écosystémiques. La notion de fonction est ici associée aux processus fonctionnels des écosystèmes qui se réalisent sans intervention humaine, et ce indépendamment de leur utilisation plus ou moins directe par l'homme.

⁸ Costanza et al., 1997 ; Benzhaf and Boyd, 2005 ; Wallace, 2007.

⁹ Costanza et al., 1997.

3. Pourquoi une caractérisation des fonctions écologiques ?

Plusieurs initiatives nationales et européennes ont d'ores et déjà été mises en place pour évaluer les services écosystémiques. Il existe cependant un réel manque de connaissances en amont, sur les processus qui déterminent la production ou non de ces services.

Dans le cadre de ce projet, la notion de résilience est associée à la caractérisation qualitative et quantitative de chaque fonction. Elle permet d'appréhender les écosystèmes selon leur capacité à :

- faire face à des perturbations et à se réorganiser en gardant la même structure et les mêmes fonctions¹⁰ ;
- se maintenir dans un état favorable à la production de services écosystémiques.

La définition de cette notion de résilience est controversée. Cependant, ce projet n'a pas pour vocation d'en aborder tous les aspects et propose de se baser sur la définition suivante :

« La résilience de l'écosystème est sa capacité à supporter une perturbation, et à se réorganiser en gardant les mêmes fonctions, la même structure, la même identité, et les mêmes processus de régulation.¹¹ »

Résilience des écosystèmes

- Capacité à faire face à une perturbation et à se réorganiser en gardant la même structure et les mêmes fonctions.
- Capacité à se maintenir dans un état favorable à la production de services écosystémiques.

L'approche par la notion de résilience explique le choix de caractérisation des fonctions écologiques, puisque ce sont les fonctions qui assurent la résilience de l'écosystème et le maintien des services écosystémiques¹².

Progresser dans la connaissance et la quantification des fonctions écologiques signifie une meilleure compréhension des processus à l'origine de la production des services écosystémiques, et contribue donc à la conservation des fonctions.

Le choix des fonctions écologiques

- Amélioration des connaissances en amont des services rendus par les écosystèmes : évaluation des processus à l'origine de la production de services écosystémiques.
- Éléments clefs assurant la résilience de l'écosystème, et donc le maintien de la production de services écosystémiques.
- Vers une action ciblée sur les facteurs qui conditionnent la production des services écosystémiques.

¹⁰ Walker et al., 2004; Walker, 2005.

¹¹ Walker et al., 2004; Walker and Pearson, 2007.

¹²Peterson et al., 1998 ; Carpenter et al., 2001; De Groot et al., 2002.

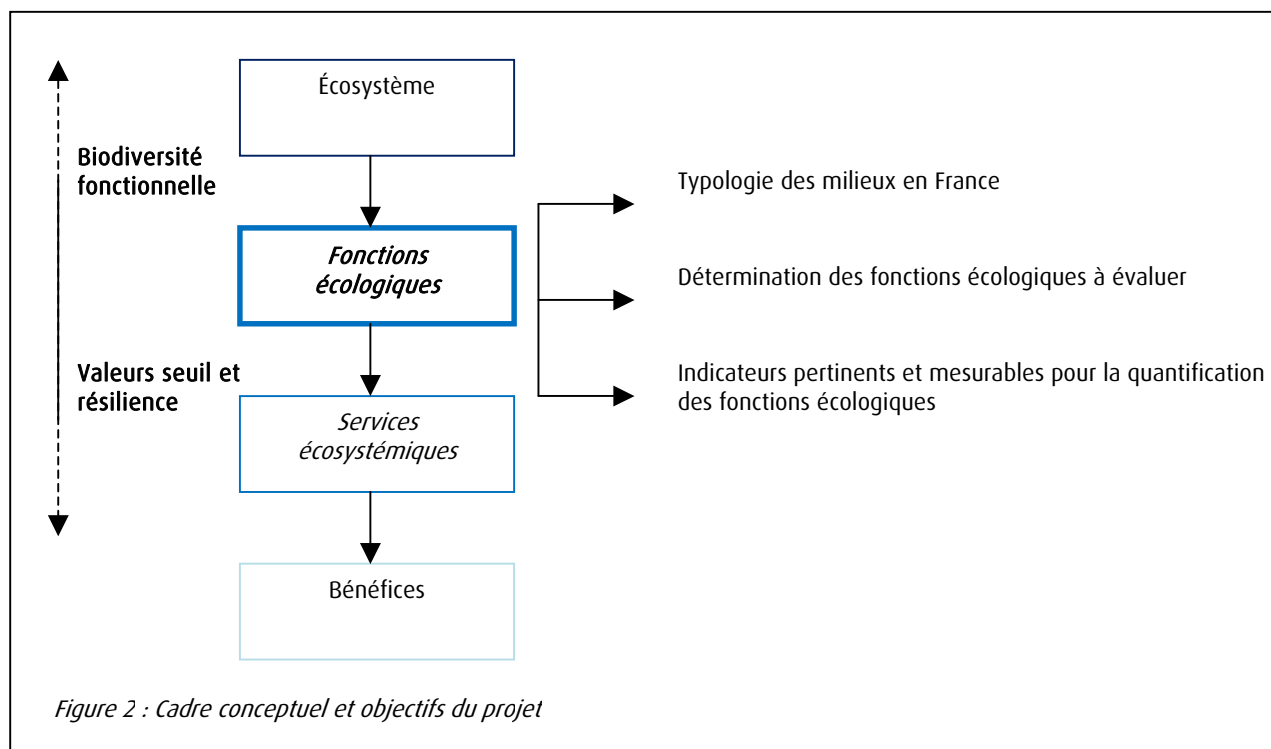
II – Objectifs du projet

1. Etapes du projet

Le projet a pour but d'apporter des éléments tangibles pour la quantification des fonctions écologiques, au moyen d'indicateurs. Cette quantification doit permettre de déterminer la capacité des milieux à réaliser les fonctions écologiques, et plus largement leur capacité à fournir les services écosystémiques associés.

Les objectifs concrets du projet, à décliner selon les trois phases actuellement prévues, sont les suivants (Figure 2) :

- Identification et description des fonctions écologiques, en lien avec les services de régulation et de support (*première phase*) ;
- Élaboration d'une typologie des milieux en France, permettant d'appréhender et de mettre en valeur les fonctions écologiques (*première phase, à compléter lors de la troisième phase dans le cadre de projets pilotes*) ;
- Identification d'indicateurs pertinents et mesurables pour la quantification des fonctions écologiques (*pistes établies lors de la première phase, à compléter et valider lors de la deuxième phase*) ;
- Identification, lorsque cela est possible, de valeurs seuils de résilience et/ou de valeurs de référence (fonctionnement optimal) de chacune des fonctions (*deuxième phase*) ;
- Identification d'indicateurs directs de services écosystémiques, en complément ou en substitution des indicateurs de fonctions (*deuxième phase*) ;
- Elaboration d'un système d'indicateurs permettant la quantification de services donnés dans un milieu donné, impliquant plusieurs fonctions antagonistes ou complémentaires (*troisième phase*) ;
- Utilisation des indicateurs dans le cadre de projets pilotes pour tester leur pertinence et leur faisabilité (*troisième phase du projet*).



2. Démarche globale du projet

Pour atteindre les objectifs de la première phase du projet, la démarche a consisté à combiner une approche bibliographique et des consultations d'experts (*calendrier en annexe 1*), permettant un réajustement des propositions issues des recherches bibliographiques et une validation des résultats par les experts.

Les experts contactés l'ont été pour leurs compétences et leurs travaux de recherche relatifs aux milieux en France et aux indicateurs (*liste des personnes contactées en annexe 2*). Les échanges ont été réalisés par courrier électronique et



par téléphone, et en groupe lors des trois réunions de travail (*détail des remarques ayant fait évoluer le projet en annexe 3*).

Les discussions avec les experts ont permis de préciser la démarche à suivre pour atteindre les objectifs du projet. Dans un premier temps, la démarche prévoyait d'élaborer une typologie précise des milieux, et de déterminer ensuite pour chaque milieu une liste de fonctions écologiques associées. Cependant, après discussion, cette démarche a été remise en cause : il a été jugé plus rigoureux de commencer par établir la liste des fonctions écologiques, pour s'intéresser ensuite aux milieux et à la typologie, dont le degré de précision serait déterminé selon les fonctions écologiques préalablement identifiées.

Cette démarche a été retenue face à la complexité de l'approche par les milieux, mais aussi parce qu'elle présente l'avantage de ne pas faire de postulat sur les milieux et de ne pas assigner de façon fixe une liste de fonctions à chaque milieu. L'ensemble des fonctions écologiques choisies pour l'ensemble des milieux ont ainsi pu être qualifiées sans a priori sur ces milieux. Enfin, cette démarche présentait également l'avantage de pouvoir être étendue à d'autres territoires.

III – Élaboration de la typologie des milieux

La démarche initiale du projet, qui consistait à déterminer des fonctions écologiques par type de milieux, impliquait la mise en place d'une typologie des milieux. Bien que la démarche initiale n'ait pas été retenue (*cf. supra*), le travail réalisé permet d'obtenir une typologie de base pour ce projet.

1. Démarche d'élaboration de la typologie

Deux aspects sont essentiels pour comprendre la démarche d'élaboration de la typologie :

- Pour une utilisation pratique de la typologie, il faut avoir des données de surface pour chaque milieu (l'ambition, à long terme, est d'avoir une caractérisation des fonctions écologiques pour chaque unité de surface dans un milieu donné).
- La typologie doit aboutir à une classification des milieux permettant d'appréhender et de mettre en évidence les fonctions écologiques répertoriées pour la caractérisation.

Selon la première contrainte, la typologie doit faire référence à des bases de données existantes, car chaque milieu doit pouvoir être renseigné en termes de surface.

C'est pourquoi la base de données Corine Land Cover (CLC), produite dans le cadre du programme européen de coordination de l'information sur l'environnement CORINE, a été retenue comme base de référence pour la typologie.

Selon la deuxième contrainte, la nomenclature Corine Land Cover a été croisée avec des nomenclatures plus centrées sur les biotopes et leurs caractéristiques biologiques (EUNIS : European Union Nature Information System, et Corine Biotope) (www.eea.europa.eu ; Bissardon and Guibal, 1997), dont les classifications des habitats permettent de mieux appréhender les fonctions écologiques.

Corine Land Cover

- Base de données géographiques, construite à partir d'images satellitaires
- Fournissant des données d'occupation des sols
- Echelle : 1/100 000

Cette relecture par croisement permet de conserver toute l'information de Corine Land Cover, tout en ayant une catégorisation des milieux plus centrée sur les fonctions écologiques. Cette démarche n'apporte pas d'information complémentaire, mais permet de présenter les milieux de façon à mieux mettre en évidence leurs fonctions écologiques.

Les correspondances entre les différentes nomenclatures ont été réalisées en se basant sur différents travaux, dont ceux réalisés par l'Agence Européenne de l'Environnement (Moss, 1999 ; Sloomweg et al., 2003) et sur les clés d'interprétation des milieux des différentes nomenclatures. L'harmonisation des échelles a été réalisée au plus petit dénominateur commun.

L'*annexe 4* présente les intitulés des milieux issus des nomenclatures mises en correspondance (CLC, Eunis, Corine Biotope). La typologie des milieux ainsi obtenue (9 classes de milieu, regroupant au total 29 milieux différents) est présentée dans l'*annexe 5*, dont l'échelle de référence est celle de Corine Land Cover. Pour chaque milieu, les habitats Natura 2000 d'intérêt écologique correspondant au milieu considéré sont également référencés.

2. Nécessité d'affiner la typologie des milieux via d'autres bases de données

Lors des concertations scientifiques, il a été admis que si la typologie construite sur Corine Land Cover est cohérente et constitue une bonne base, elle n'est pas suffisante et son échelle n'est pas toujours pertinente. La représentation des différents milieux qui ont une importance pour la réalisation des fonctions écologiques, et notamment pour les cours d'eau, les eaux souterraines, les forêts, et les milieux marins, n'est pas satisfaisante.

Il est donc nécessaire de faire appel à d'autres bases de données existantes pour compléter cette première typologie : par exemple, la base bd Carthage de données sur les réseaux hydrographiques pour les cours d'eau, la base de données BRGM pour les nappes souterraines, et la base de données de l'Inventaire Forestier National pour les forêts. Pour les milieux marins, les données sont plus difficiles à obtenir : on notera que des données de cartographie seront développées dans le cadre de l'OSPAR (Commission Oslo Paris pour la protection des milieux marins de l'Atlantique Nord-Est), ou de la Convention de Barcelone (pour les milieux marins méditerranéens).

Des données sont produites également avec les cartographies Natura 2000 ou des cartographies de projets locaux, mais ces données ne constituent qu'un échantillon non représentatif de l'ensemble des milieux. Elles pourront cependant être utiles à une échelle locale.

Les apports d'autres bases de données permettront donc d'affiner la typologie, pour une meilleure représentation des milieux français (*troisième phase du projet*). Cependant, il est important de rappeler que le degré de précision dans la différenciation des milieux sera déterminé à partir des fonctions écologiques. En effet, l'objectif de cette typologie n'est



pas de décrire de façon très précise tous les types de milieux présents en France, mais d'aboutir à une représentativité de la diversité des milieux permettant d'appréhender les fonctions écologiques identifiées.

IV – Détermination des fonctions écologiques pour la caractérisation

1. Bilan du travail bibliographique et de la concertation avec les experts

Le travail bibliographique a permis de faire des propositions quant aux fonctions écologiques majeures à l'origine des services écosystémiques¹³.

Ces propositions ont été soumises à l'avis des experts (environ 80 scientifiques et 10 experts de l'industrie consultés), qui se sont accordés sur la liste des fonctions écologiques à prendre en compte pour la caractérisation lors de deux réunions.

Le détail des différentes propositions est présenté dans les quatre annexes 6 :

- *annexe 6a* : première proposition, basée sur la démarche initialement choisie (entrée par les milieux pour identifier les fonctions et services associés) ;
- *annexe 6b* : deuxième proposition, basée sur la démarche finalement retenue (entrée par les fonctions) ;
- *annexe 6c* : liste des fonctions écologiques issue de la première réunion (détermination précise de l'ensemble des fonctions écologiques à l'origine des services écosystémiques) ;
- *annexe 6d* : liste des fonctions écologiques à l'issue de la deuxième réunion (simplification de la liste par regroupement de fonctions écologiques).

Treize fonctions écologiques ont ainsi été recensées, correspondant à dix-huit services écosystémiques.

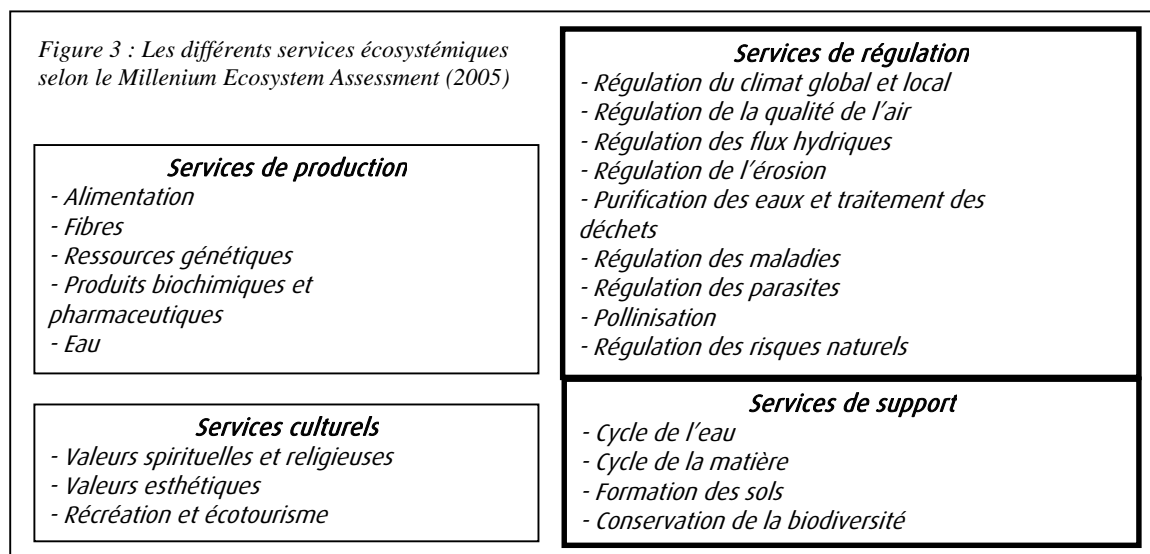
2. L'identification des fonctions écologiques à partir des services écosystémiques

Un premier aspect important de ce travail d'identification des fonctions écologiques est le choix de recenser les fonctions écologiques en relation avec les services écosystémiques. En effet, l'enjeu n'est pas de lister l'ensemble des fonctions écologiques, qui seraient infinies, mais d'identifier les fonctions écologiques à l'origine de la production des services écosystémiques.

Pour cela, le projet se limite aux fonctions écologiques associées aux services écosystémiques de régulation et de support, tels que décrits dans le *Millennium Ecosystem Assessment* (Figure 3). Ce choix s'explique par le fait que les processus impliqués dans la réalisation de ces services existent sans intervention humaine. Au contraire, la réalisation des services d'approvisionnement et culturels nécessitent majoritairement une intervention humaine en plus des processus naturels de fonctionnement des écosystèmes.

Pour les fonctions associées aux services d'approvisionnement, la production d'indicateurs implique les pratiques agricoles, piscicoles et toute autre forme d'exploitation ou d'extraction des ressources. Quant aux services culturels, la production d'indicateurs ne peut être indépendante d'une prise en compte de l'identité sociale et humaine qui concourent à ces services.

Le degré d'anthropocentrisme de ces deux types de services étant maximal, une étude purement écologique ne peut en aucun cas les appréhender, d'où leur exclusion du champ de ce projet.

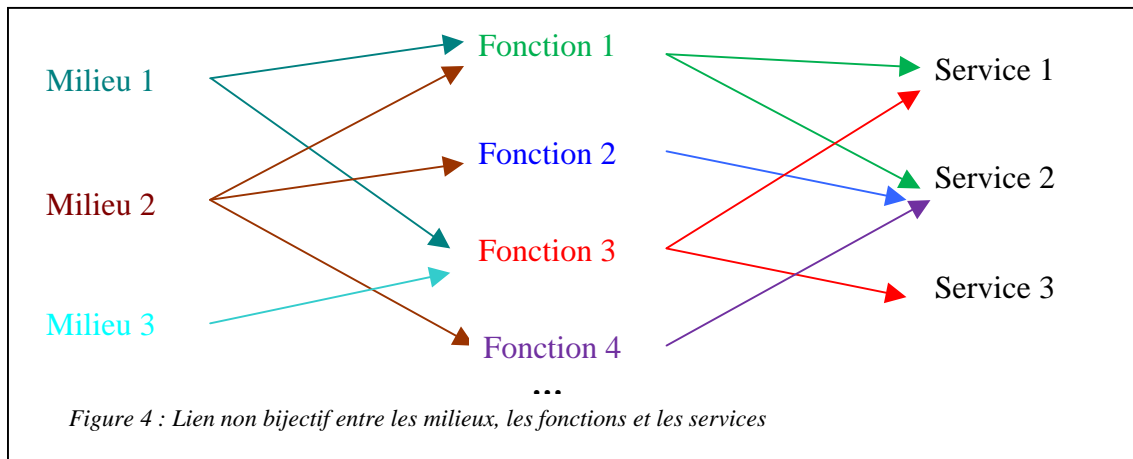


¹³ Costanza et al., 1997 ; Postel and Carpenter, 1997 ; Wilcox and Maynard, 1997 ; Bjorklund et al., 1999 ; Bolund and Hunhammar, 1999 ; Chauvin et al., 2000 ; Duarte, 2000 ; Pilot Global Analysis of Ecosystems, 2000 ; convention zones humides Ramsar, 2001 ; Gitay et al., 2001 ; Guo et al., 2001 ; Krieger, 2001 ; SDAGE, 2001 ; Ministerial Conference on the protection of forests in Europe, 2002 ; Robert and Saugier, 2003 ; Boyer and Polaski, 2004 ; Swift et al., 2004 ; Millennium Ecosystem Assessment, 2005 ; Zedler and Kercher, 2005 ; De Groot et al., 2006 ; Georgi and Zafiriadis, 2006 ; Morandin and Winston, 2006 ; Costanza et al., 2007 ; Nuñez et al., 2006 ; Beaumont et al., 2007 ; Brussaard et al., 2007 ; Escobedo et al., 2007 ; Havstad, 2007 ; Rönnback et al., 2007.

3. Des relations non bijectives entre milieux, fonctions et services

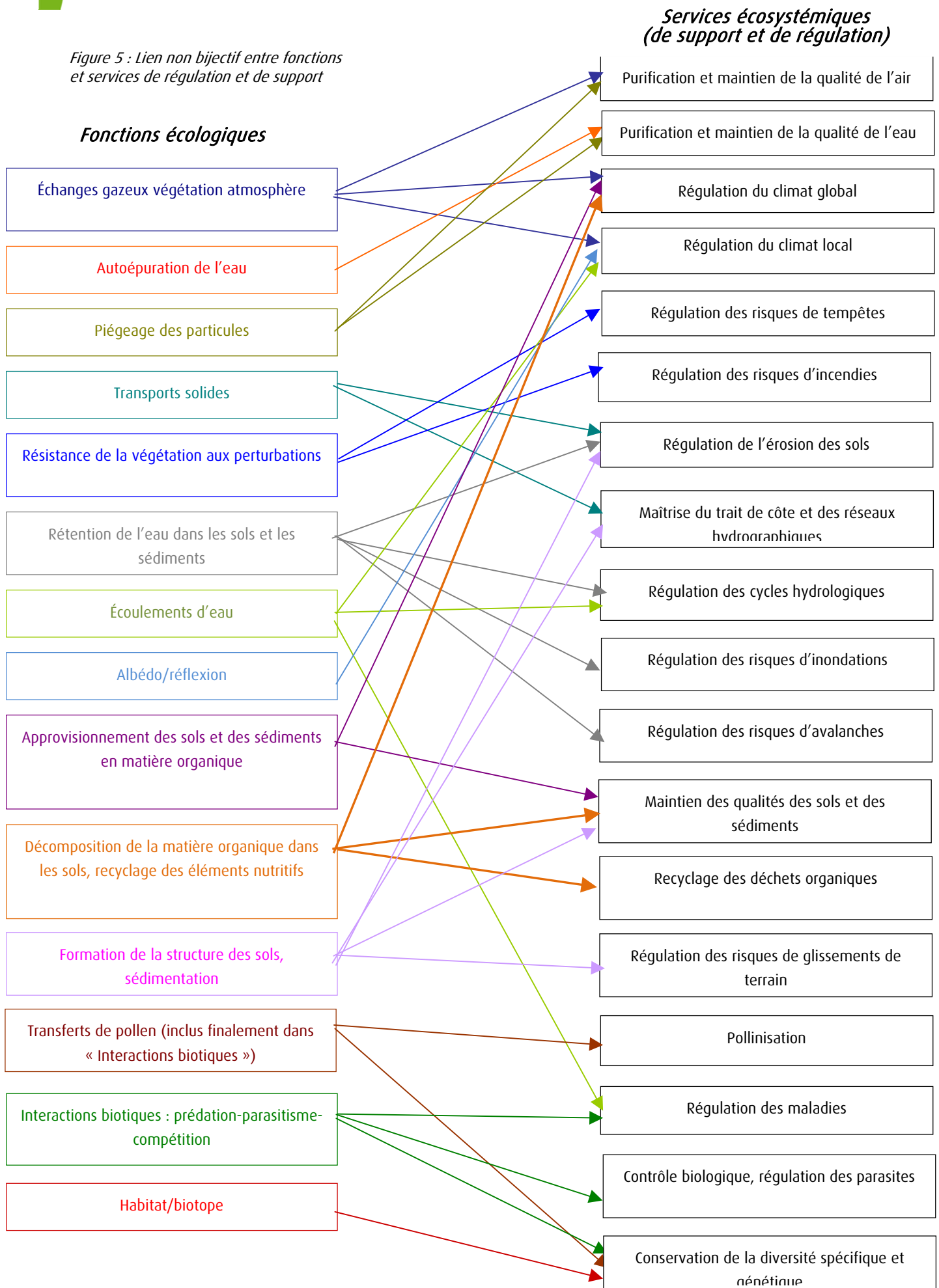
Le deuxième aspect important mis en évidence dans l'établissement de la liste des fonctions écologiques est le constat de la relation non-bijective entre les milieux, les fonctions et les services. En effet, un service peut être assuré par plusieurs fonctions écologiques et inversement, une fonction écologique peut contribuer à la réalisation de plusieurs services écosystémiques. De la même façon, un milieu peut être à l'origine de plusieurs fonctions, et une fonction écologique peut être assurée par différents milieux (Figure 4).

Ce constat est important dans le cadre de la mise en place d'outils et de politiques de gestion, et de la valorisation des services écosystémiques.



Le détail des liens entre fonctions écologiques et services écosystémiques (de régulation et de support) est présenté dans la Figure 5 ci-dessous.

Figure 5 : Lien non bijectif entre fonctions et services de régulation et de support





4. La place des espèces dans la caractérisation des fonctions écologiques

Dans le cadre du projet de caractérisation des fonctions écologiques, il est important de préciser la façon dont les espèces sont considérées. La démarche choisie est celle d'une caractérisation des écosystèmes selon leur état de fonctionnement, tenant ainsi compte des espèces selon leur aspect fonctionnel. Celles-ci ne sont pas forcément les espèces emblématiques ou patrimoniales, mais un ensemble d'espèces constituant des groupes fonctionnels ayant un rôle particulier dans l'écosystème et pour la réalisation des fonctions écologiques.

Cette démarche permet de tenir compte des espèces communes, qui entrent en jeu dans la réalisation des fonctions écologiques, et non pas uniquement des espèces rares, menacées, ou protégées. Cependant, la présence de certaines espèces peut être importante à considérer en tant que telles. C'est le cas des espèces « clé de voûte », qui sont indispensables au maintien de l'ensemble des espèces appartenant à la même communauté, du fait de leurs exigences écologiques et des habitats qu'elles occupent.

V – Vers des indicateurs des fonctions écologiques

Une fois établie la liste des fonctions écologiques à prendre en compte dans la caractérisation, un deuxième enjeu est de déterminer un système d'évaluation global de l'écosystème étudié et des services rendus en quantifiant les fonctions et en identifiant leur caractère antagoniste ou complémentaire.

Pour conduire ces évaluations physiques, des indicateurs des fonctions sont nécessaires. Disposer d'indicateurs des fonctions écologiques reconnus au niveau national, adaptables aux circonstances et objectifs, répond à de nombreux besoins et constitue un préalable aux approches « services écosystémiques ».

Dans ce cadre, l'objectif est de proposer un panel d'indicateurs fonctionnels pour la quantification des fonctions écologiques, construits à partir de données écologiques (biodiversité et fonctionnement des écosystèmes). Il s'agit d'identifier un ou plusieurs indicateurs pertinents pour la caractérisation de chaque fonction écologique, c'est-à-dire des indicateurs de mesure de la capacité des milieux à réaliser les fonctions écologiques.

Les indicateurs développés dans ce projet doivent :

- refléter les mécanismes écologiques et l'état de dégradation ou de conservation des paramètres (biotiques ou abiotiques) impliqués dans ces mécanismes de manière robuste ;
- être pertinents, mesurables, compréhensibles, et utilisables par différents acteurs, notamment grâce à des protocoles simples ;
- permettre d'aboutir à un système de quantification des fonctions.

1. Description des processus biologiques (fonctions) et mise en évidence des facteurs de l'écosystème déterminants pour la production de services

Identifier des indicateurs pertinents nécessite de bien définir chacune des fonctions écologiques, c'est-à-dire de préciser quels sont les facteurs biotiques et/ou abiotiques impliqués dans la réalisation de cette fonction et les interactions qu'il peut exister entre ces facteurs.

Le travail bibliographique mené¹⁴ a permis de dégager un ensemble de facteurs biologiques apparaissant comme déterminants pour la réalisation des fonctions écologiques. La définition des processus biologiques et l'identification des facteurs impliqués ont été validés par les experts (*annexe 7*).

Ci-dessous figure la description synthétique et simplifiée des processus majeurs en jeu pour chacune des fonctions écologiques, l'identification des facteurs biotiques et/ou abiotiques impliqués, ainsi que le lien avec les services écosystémiques. C'est sur cette base que pourront être déterminés les indicateurs les plus pertinents pour quantifier les fonctions écologiques.

Échanges gazeux

Les échanges gazeux à la surface de la planète se font à l'interface de plusieurs milieux.

Ces échanges gazeux sont dominés par les échanges entre la végétation et l'atmosphère. Les principaux gaz impliqués dans ces échanges sont le dioxygène (O₂) et le dioxyde de carbone (CO₂). Ceux-ci se réalisent au niveau des stomates, interface d'échange au niveau des feuilles. Ces échanges gazeux font partie des processus de photosynthèse et de respiration qui nécessitent l'absorption et la libération de dioxyde de carbone et de dioxygène.

Par la transpiration, les végétaux puisent l'eau du sol et en rejettent une partie sous forme de vapeur d'eau. L'évapotranspiration fait partie des cycles hydrologiques : c'est un transfert d'eau entre deux compartiments : le sol et l'atmosphère. L'évapotranspiration joue sur les conditions climatiques locales, avec une action sur l'humidité, les précipitations et les températures.

Les échanges gazeux participent également à la régulation du climat global, par la régulation du dioxyde de carbone, gaz à effet de serre (absorption pour la photosynthèse, libération par la respiration).

Au cours de ces processus, une partie des polluants atmosphériques est absorbée, participant ainsi à la purification et au maintien de la qualité de l'air.

Des échanges de gaz ont également lieu entre les surfaces aquatiques océaniques et continentales, entre l'atmosphère et la surface des sols nus (du fait de la faune et de la micro-faune du sol) et entre l'atmosphère et toute la faune. Si le dioxygène et le dioxyde de carbone sont les gaz les plus considérés, d'autres gaz tels que le méthane ou l'hydrogène sulfuré sont impliqués dans ces échanges.

14 Robach et al., 1993 ; Freer-smith, 1997 ; Perttu and Kowalik, 1997 ; Gower et al., 1999 ; Kimmins et al., 1999 ; Birot et al., 2000 ; McEwen et al., 2000 ; Martins-Fernandes, 2001 ; SDAGE, 2001 ; Agee et al., 2002 ; Baeza et al., 2002 ; Le Bissonnais et al., 2002 ; Ministerial Conference on the protection of forests in Europe, 2002 ; Reynolds et al., 2002 ; Wang, 2002 ; Schloter et al., 2003 ; European Environmental Agency, 2004 ; Rosenberg et al., 2004 ; Jones et al., 2005 ; Rogers and Grennaway, 2005 ; Beckett et al., 2006 ; De Groot et al., 2006 ; Hougner et al., 2006 ; Morandin and Winston, 2006 ; Van Wesemael, 2006 ; Brussaard et al., 2007 ; Costanza et al., 2007 ; Elliott and Quintino, 2007 ; Ghoualem and Kouider, 2007 ; Hajek et al., 2007 ; Khan and Kim, 2007 ; Klein et al., 2007 ; Pinedo, 2007 ; Regina et al., 2007 ; Richmond et al., 2007 ; Saggard et al., 2007 ; Wang and Davidson, 2007 ; Weber and P., 2007 ; Wilkinson et al., 2007.

Il est donc important de prendre en compte les bilans gazeux des zones à forte végétation (forêts, prairies, etc.) mais également les bilans gazeux des autres zones de la planète. Si les bilans gazeux impliquant le dioxygène et le dioxyde de carbone sont indispensables, il convient également de leur adjoindre les bilans gazeux d'autres gaz impliqués dans la réalisation de services.

Autoépuration de l'eau

Le terme d'autoépuration de l'eau traduit un ensemble de processus biologiques et chimiques, qui permettent l'élimination de substances (polluantes ou non) présentes dans l'eau.

Les microorganismes de l'eau et du sol réalisent la dégradation métabolique des substances présentes dans l'eau jusqu'à leur minéralisation. La dégradation est d'autant plus efficace en présence d'une grande diversité en microorganismes. En effet, cette diversité assure la présence d'espèces qui sont chacune spécialisées dans des étapes spécifiques de dégradation.

Les plantes ont un rôle important dans les processus d'autoépuration de l'eau car elles absorbent les nutriments, et en particulier le phosphore et les nitrates. Elles favorisent également l'activité des microorganismes.

Ce processus naturel d'autoépuration permet l'élimination des substances polluantes présentes dans l'eau, et contribue ainsi à la purification et au maintien de la qualité de l'eau.

Piégeage des particules

Les plantes, et surtout le feuillage, constituent un filtre naturel qui piège les particules de l'eau ou de l'air, ou favorise leur dépôt en diminuant les vitesses des vents et des courants.

La texture des sols joue également un rôle sur le piégeage des particules dans l'eau. Alors que les sols à texture grossière retiennent peu l'eau et les particules transportées, les sols à texture variée et plus fine les retiennent mieux.

Le piégeage des particules favorise l'élimination des polluants dans l'eau et dans l'air (pluies acides sèches, particules polluantes), et permet ainsi la purification et le maintien de la qualité de l'eau et de l'air.

Transports solides

Dans les rivières et les cours d'eau, les transports solides de sédiments interviennent quand la vitesse du courant est supérieure à la vitesse de sédimentation. Les sédiments peuvent être transportés par charriage ou en suspension.

En milieux non aquatiques, les matières solides sont transportées par l'eau de ruissellement ou le vent (érosion hydrique ou éolienne).

Les transports solides sont fortement limités par la présence d'un couvert végétal. La végétation, les racines et les débris végétaux qui couvrent le sol interceptent l'eau et facilitent l'infiltration, constituent un coupe-vent naturel, limitant ainsi la perte de matière, et assurant une stabilisation du sol.

La sensibilité et la résistance des sols à l'érosion hydrique sont fortement liées à la texture, la teneur en matière organique, et la pente, qui jouent un rôle sur la rétention de l'eau et la stabilité structurale des sols. Les sols à surface rugueuse offrent une bonne résistance au vent.

Les transports solides entrent directement en jeu dans la régulation de l'érosion des sols : arrachage, perte et transport de matières issues des sols. Les transports et dépôts de matières solides conditionnent la morphologie et l'évolution du tracé des cours d'eau, façonnés par la dynamique de dépôt et d'enlèvement des sédiments solides.

Structure des sols, structure et diversité des couverts végétaux pour une atténuation des conséquences des événements climatiques exceptionnels (tempêtes, feux, avalanches)

Tempêtes

La structure et le complexe sol-racines des peuplements végétaux jouent un rôle sur la réponse de la végétation aux forces des vents. Les peuplements composés d'arbres petits et trapus, au centre de gravité bas, proche du sol, et présentant une surface réduite aux vents, ont de bonnes propriétés de résistance.

La qualité de l'ancrage de la végétation au sol est conditionnée par le système racinaire ainsi que par la structure du sol. La saturation des sols en eau, un plancher à forte teneur en argile proche de la surface, sont des caractéristiques qui favorisent les risques de déracinement. A contrario, un sol sec, profond et à structure équilibrée assure un bon maintien.

Feux

La composition et la structure des peuplements végétaux conditionnent leur résistance aux feux. Les éléments les plus gros, trapus, nécessitent plus d'énergie pour s'allumer et brûler. Ces éléments les plus gros sont également les plus

humides, ce qui limite l'allumage et la propagation du feu. A contrario, les arbres morts, contenant peu d'humidité, sont de très bons combustibles.

La propagation du feu nécessite la présence d'une végétation constituant les matériaux combustibles, et couvrant la surface du sol. Ces matériaux peuvent être des résidus végétaux, une couche herbacée, des arbustes, des mousses ou des lichens.

Avalanches

Les avalanches sont des détachements de masses neigeuses lorsque l'équilibre de la couche de neige est rompu, sous l'action d'une force liée à un impact ou une surcharge. Le détachement provoque une chute de neige qui descend le long de la pente.

La présence de la végétation constitue une barrière naturelle qui limite la progression de l'avalanche, et stabilise la couche neigeuse. Les facteurs d'altitude, de relief et les types de sol conditionnent les caractéristiques de la couche de neige et ainsi sa stabilité.

Rétention de l'eau dans les sols et les sédiments (protection des inondations)

Les caractéristiques des sols et des sédiments, et notamment la porosité, la texture, la teneur en matière organique, conditionnent l'infiltration de l'eau provenant des précipitations, et la recharge des nappes souterraines.

La présence d'une couverture végétale, ainsi que la structure et le développement racinaires, favorisent un écoulement lent de l'eau et ainsi l'infiltration de l'eau dans les sols. Une partie de l'eau est également absorbée par les racines.

Le feuillage de la végétation constitue une surface de réception importante pour l'interception des précipitations. L'interception est d'autant plus forte si la végétation est dense (surface de réception maximale).

L'interception des précipitations par la végétation favorise un écoulement lent de l'eau jusqu'au sol, et l'infiltration dans les sols. L'interception des précipitations par la végétation limite le ruissellement et donc l'érosion hydrique.

La rétention de l'eau dans les sols et les sédiments constitue une étape dans les cycles hydrologiques, les sols étant un compartiment réservoir d'eau. La capacité de rétention de l'eau conditionne la progression et l'avancée des crues et a donc son rôle dans la limitation des risques d'inondations. Enfin, la quantité d'eau absorbée au niveau des sols est autant d'eau qui ne s'écoulera pas par ruissellement. Le ruissellement étant un facteur d'érosion hydrique des sols, la rétention de l'eau limite l'érosion des sols.

Écoulements d'eau

Les écoulements d'eau représentent la circulation gravitaire de l'eau, à différents niveaux de profondeur.

En surface, dans le réseau hydrographique, ce sont les écoulements dans les cours d'eau. En dehors du réseau hydrographique, sur les versants, on parle de ruissellement.

Dans la zone non saturée en eau du sol, au dessus du niveau de la nappe phréatique, l'eau peut circuler en écoulement latéral ou de sub-surface. Ce type d'écoulement se produit lorsque l'eau pénètre plus rapidement dans les horizons les plus superficiels qu'elle ne sort des horizons les plus profonds. Il y a alors formation d'une couche saturée en eau, dans laquelle l'eau s'écoule latéralement. Un sol fortement stratifié, avec une roche mère peu profonde favorise ce type d'écoulement.

Enfin, les écoulements de profondeur, ou écoulement de nappe, traduisent l'écoulement gravitaire au niveau de la nappe phréatique.

Ces écoulements participent aux cycles hydrologiques.

La présence d'eau de surface ou dans le sol a une influence sur le climat local, en jouant sur l'humidité et les températures.

Les écoulements d'eau contribuent à une oxygénation de l'eau qui favorise les processus microbiens d'élimination des polluants dans l'eau, participant ainsi à la purification et au maintien de la qualité de l'eau.

Les écoulements d'eau participent au transport et à la dissémination des facteurs de maladies humaines et animales.

Effet albédo

L'albédo correspond à la portion d'énergie solaire réfléchi par rapport à l'énergie solaire incidente, arrivant sur une surface. L'effet albédo est donc lié à la capacité des surfaces à absorber ou réfléchir la lumière. Le plus souvent, les surfaces solides ont un albédo fixe, mais certaines matières peuvent avoir un albédo variable.

L'albédo peut être évalué selon une échelle qui va de 0 à 1, le 0 correspondant à une surface qui absorbe totalement (surface noire), le 1 à une surface qui réfléchit totalement le rayonnement (surface blanche).

L'albédo moyen de la surface terrestre est de 0,3, bilan de l'albédo des différentes surfaces que constituent les milieux naturels (surface en eau : autour de 0.03, forêts et mer : autour de 0.1, cultures, sols sombres : autour de 0.2, sable : autour de 0.35, glace : autour de 0.4, neige : autour de 0.7).

L'effet albédo de réflexion des rayonnements solaires est une composante influant sur le climat local.

Production primaire de matière organique

La matière organique se compose des résidus de plantes et racines en voie de décomposition (matière organique particulaire), des microorganismes du sol, et de l'humus (composante stable de la matière organique). L'approvisionnement en matière organique des sols dépend donc de la restitution de la biomasse au sol, et de sa nature (forêt feuillue ou résineuse, prairie, etc.).

Décomposition de la matière organique et recyclage des éléments nutritifs

Les microorganismes saprophytes et la microfaune du sol (bactéries, champignons, invertébrés, etc.) assurent la décomposition de la matière organique par dégradation métabolique aérobie. La macrofaune joue également un rôle dans la dégradation de la matière organique.

En milieu humide ou aquatique, les microorganismes assurent la décomposition de la matière organique par fermentation anaérobie (bactéries méthanogènes).

Les microorganismes et la macrofaune participent au renouvellement et à la dispersion des nutriments issus de la dégradation et de la minéralisation de la matière organique. Les plantes absorbent les nutriments grâce au système racinaire, pour leur nutrition.

L'approvisionnement et la décomposition de la matière organique, et le recyclage des éléments nutritifs des sols et des sédiments participent à la fourniture d'éléments nutritifs et minéraux assimilables par les plantes, donc au maintien de la qualité et de la fertilité des sols.

Ces processus confèrent également aux sols la qualité de source ou de puits de gaz à effet de serre : sols puits de carbone par la dégradation et la fixation de la matière organique dans les sols, sols source d'oxyde nitreux, produit au cours des processus microbiens de nitrification et de dénitrification, sols secs puits de méthane par l'oxydation du méthane, sols humides à l'origine de l'émission de méthane par fermentation de la matière organique.

Ces processus contribuent à la régulation du climat global, car ils entrent en jeu dans les processus de séquestration et d'émission de gaz à effet de serre.

Formation de la structure des sols

Les processus de formation des sols et de sédimentation dépendent des caractéristiques physiques et chimiques des sols, et des microorganismes et de la faune du sol.

La texture des sols, la capacité d'échange cationique, la quantité de matière organique, le pH, l'aération sont autant de paramètres essentiels qui caractérisent les sols.

Les microorganismes et la faune du sol, ainsi que la végétation, déterminent les concentrations en éléments dans les sols et les sédiments, et ont une action mécanique de modification de la structure des sols.

L'ensemble des processus de formation des sols sont nécessaires à la structuration et la composition des sols, qui traduisent l'état de qualité des sols. Les caractéristiques des sols conditionnent les risques de glissements de terrain.

Interactions biotiques : prédation-parasitisme-compétition

Interactions trophiques

Les réseaux trophiques sont le résultat de l'ensemble des relations dans le cadre des processus de production et de consommation alimentaires, entre les espèces de niveau trophique différents, formant les chaînes alimentaires au long desquelles il y a transfert d'énergie et de matière.

L'ensemble de ces relations trophiques assure une régulation entre les différentes espèces de l'écosystème. Ces processus contribuent au contrôle biologique, en limitant les parasites, les maladies et la prolifération d'espèces.

Autres interactions

- mutualisme : exemple de la pollinisation

Les transferts de pollen sont réalisés par différents moyens (animaux, eau, vent, etc.). Pour de nombreux végétaux, le transfert est assuré par les insectes qui récoltent et transportent le pollen d'une fleur à l'autre lorsqu'ils les visitent pour leur alimentation.

- parasitisme, facilitation

Le parasitisme et la facilitation sont des processus opposés. Dans le parasitisme, l'interaction a un coût (en termes de survie) pour l'espèce parasitée alors qu'elle permet un gain de survie pour le parasite. La facilitation, au contraire, permet une augmentation de la survie de toutes les espèces en interaction. Ces interactions, tout comme les relations trophiques, participent à la régulation des effectifs des populations en interaction et indirectement, à la réalisation d'autres fonctions écologiques. Certaines formes de parasitisme sont par ailleurs impliquées dans les services d'approvisionnement via l'utilisation d'auxiliaires de culture.

- complémentarité fonctionnelle des espèces d'une communauté

Selon le concept de niche proposée par Hutchinson (en 1957), espèces et environnement sont indissociables. Les espèces sont en constante compétition pour les ressources et se différencient par des traits, leur permettant une utilisation propre de ces ressources. La niche écologique d'une espèce désigne l'espace fictif délimité par l'utilisation des différentes ressources par l'espèce. Les perturbations spatiales et temporelles des ressources permettent une succession et une coexistence d'espèces dans les mêmes lieux mais toujours dans des niches écologiques différentes. Les espèces ne se distribuent donc pas aléatoirement dans l'espace (que celui-ci soit l'espace réel ou étendu à l'« espace » des ressources) mais bien en fonction de leur utilisation de l'environnement et de leurs interactions avec les autres espèces.

Pour expliquer le bon fonctionnement des écosystèmes et prétendre préserver les services écosystémiques, la diversité ne suffit plus. Il ne s'agit pas de savoir seulement *combien* d'espèces nous sommes en train de perdre mais également *lesquelles*.

Habitat/biotope : orientation commune aux différentes fonctions

Chacune des fonctions identifiées ci-dessus ne peut être remplie qu'en présence de certaines conditions biotiques et abiotiques. La préservation de ces conditions est donc le principe sous-jacent à la préservation de toutes ces fonctions.

Ainsi les indicateurs de bonne réalisation de chacune de ces fonctions devront intégrer le paramètre de diversité biologique pour une quantification durable. Afin de préserver également les conditions abiotiques, une attention particulière doit être portée aux habitats et biotopes en plus de celle portée à la préservation de la diversité biologique. Par exemple, certaines espèces ont besoin d'un habitat spécifique pour leur reproduction. Si cet habitat est dégradé ou non accessible, l'espèce ne peut se reproduire et ne se maintient pas, il est donc nécessaire de documenter la superficie des habitats, leur état de fragmentation, de dégradation et la connexion avec d'autres habitats.

Le maintien de ces habitats refuge contribue ainsi à la conservation de la diversité spécifique et génétique. La présence et l'abondance de ces habitats est un critère indispensable à prendre en compte, ainsi que la répartition de ces habitats, leur fragmentation et leur connectivité sur le territoire.

2. Etapes suivantes

En combinant le travail bibliographique et les résultats des concertations scientifiques, une première série d'indicateurs permettant la caractérisation des fonctions écologiques est proposée en *annexe 8*, en lien avec les processus écologiques précédemment identifiés.

Un travail important reste à fournir pour compléter, affiner et valider cette première liste d'indicateurs (*deuxième phase du projet*).

Les modalités de mesure et d'utilisation des indicateurs devront également être étudiées. Pour cela, il sera nécessaire de mettre en place des protocoles simples et adaptés, qui tiennent compte de l'échelle d'application. Un protocole développé à l'échelle nationale doit être suffisamment simple et reproductible pour que la méthode puisse être appliquée à une échelle plus locale.

Les protocoles mis en place devront ainsi permettre une quantification des fonctions écologiques à une échelle pertinente.

La proposition d'indicateurs pourra être ajustée au vu des données disponibles pour les renseigner. Cependant, pour arriver à une proposition d'indicateurs mesurables, le développement de nouvelles collectes de données devra être envisagé.

De plus, étant donnée la diversité des milieux considérés dans ce projet, les protocoles de mesure des indicateurs devront être adaptés selon les milieux : les indicateurs ne seront pas forcément mesurés de la même manière d'un milieu à l'autre¹⁵.

3. Aperçu des données disponibles

La disponibilité des données est un aspect important à prendre en compte dans le choix des indicateurs. Les données disponibles sont celles des bases de données suivantes¹⁶:

- Qualité de l'air, climat local

ADEME (Banque de Données Qualité Air), Météo France, Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat.

- Eau

¹⁵ A noter que des travaux sur le fonctionnement des zones humides, tout en précisant et quantifiant certaines fonctions, ont mis en évidence la variabilité de l'intensité, de la durée et de la périodicité de ces fonctions selon les types de zones humides et le contexte où elles se trouvent.

¹⁶ Levrel, 2007.

Agences de l'eau, données de la Directive Cadre sur l'Eau, BRGM (Banques Accès aux Données des Eaux Souterraines), CSP-IMAGE (Réseau d'Observation des Milieux, Réseau d'Observation de la Crise des Assecs, Réseau d'Évaluation des Habitats), EEA (waterbase).

- Sols, érosion

GIS-SOL (INDIQUASOL : base de données des indicateurs de la qualité des sols, Base de Données Analyse de Terre, Réseau de Mesure de la Qualité des Sols, Donesol), CORINE coastline.

- Habitat, biodiversité

Base de données Natura 2000, Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN), listes rouges de l'UICN, Système d'Information sur la Nature et les Paysages (SINP) dont les ZNIEFF, systèmes de suivi spécifique de certaines espèces (directives Natura 2000, espèces faisant l'objet d'un plan national d'action, STOC, réseau Vigie Nature, Vigie plante).

VI – Conclusions et perspectives

1. La typologie des milieux : une base cohérente à affiner

La typologie des milieux retenue dans cette première phase constitue une base cohérente du point de vue des milieux, mais n'est pas suffisamment précise pour appréhender toutes les fonctions écologiques, en particulier pour certains types de milieux (notamment milieux marins, cours d'eau et forêts).

Un travail important de croisement de différentes bases de données reste donc à réaliser pour finaliser cette typologie. Le degré de précision devra être défini en fonction de sa pertinence vis-à-vis des fonctions écologiques, des données actuellement ou potentiellement disponibles, et des enjeux liés à l'échelle d'application (*troisième phase*).

2. Vers un système de caractérisation des fonctions écologiques

Le travail sur les indicateurs de fonctions écologiques doit être poursuivi pour aboutir à la détermination d'indicateurs pertinents et fonctionnels, et de protocoles de mesure associés. Le groupe d'experts devra notamment être renforcé pour répondre à des questions spécifiques aux indicateurs et à leur mesure (*deuxième phase*).

Ces indicateurs constitueront un système de caractérisation des fonctions écologiques, qui permettra de différencier les milieux selon leur capacité à réaliser les fonctions écologiques, et seront testés sur des cas pilotes (*troisième phase*).

Une autre approche, basée sur la définition d'une valeur optimale de chaque fonction pour chaque milieu, pourra être envisagée pour évaluer les fonctions écologiques. Ceci nécessiterait d'affiner la typologie des milieux. En effet, la démarche consisterait, pour chaque milieu, à répertorier les fonctions écologiques majeures, et à proposer une gamme de variation des indicateurs pour chacune de ces fonctions écologiques. La définition de cette gamme par milieu émergerait des propositions des groupes d'experts combinées avec une analyse bibliographique, et rendrait compte de la réalisation optimale, sub-optimale, ou minimale des fonctions.

Cette deuxième proposition ne nécessiterait pas la mise en place de protocoles de mesure pour chaque indicateur de chaque fonction écologique. De plus, via la consultation d'experts nationaux et internationaux, elle apporterait une quantité importante d'informations pour déterminer, à dire d'expert, les valeurs des treize fonctions écologiques pour chaque habitat.

Dans les deux cas, pour être utilisé, le système de quantification doit être compréhensible et fonctionnel. Par exemple, une échelle de quantification correspondant à un pourcentage par rapport à la valeur optimale que peut prendre la fonction écologique permettrait d'avoir une vision claire sur l'état des fonctions écologiques, que celui-ci soit mesuré par une valeur moyenne ou grâce aux indicateurs.

3. Surfaces, dimensions spatiale et paysagère : à prendre en compte dans le système de caractérisation

Les dimensions spatiale et paysagère doivent être prises en compte dans la caractérisation des fonctions écologiques. En effet, le fonctionnement des milieux s'intègre dans la dynamique et la structure du paysage auquel ces milieux appartiennent. Une approche fonctionnelle des milieux à travers la caractérisation des fonctions écologiques ne peut se faire sans tenir compte de la dimension spatiale des interactions entre les processus biologiques, leur organisation et leurs structures spatiales.

Par exemple, la valeur de la fonction écologique dépend de la surface du milieu réalisant cette fonction, et de la présence d'autres milieux aux alentours. Les notions de fragmentation et de connectivité interviennent également dans la réalisation des fonctions écologiques.

Ces considérations sont essentielles pour l'utilisation pratique des indicateurs et la réalisation d'une cartographie des milieux et de leurs fonctions écologiques. La dimension spatiale doit pouvoir être combinée avec la valeur des indicateurs pour un milieu donné, et ainsi être intégrée dans le système de caractérisation des fonctions écologiques des milieux (*deuxième phase*).

4. Des fonctions écologiques aux services écosystémiques

Le système de caractérisation des fonctions écologiques développé dans ce projet devra permettre de connaître l'état des fonctions écologiques dans les milieux français. Cet état des fonctions écologiques traduit la capacité des milieux à produire des services écosystémiques, les fonctions écologiques choisies étant à l'origine de la production de ces services.

Cependant, pour une caractérisation précise des services écosystémiques, il est nécessaire de procéder à une étape supplémentaire, permettant de tenir compte de l'importance des fonctions écologiques dans le contexte socio-économique considéré. En effet, pour un milieu donné dans un contexte qui lui est propre, une fonction écologique peut avoir une valeur forte, mais en termes de services rendus à l'homme, avoir une importance mineure.

Pour passer à la caractérisation des services écosystémiques, l'importance des fonctions écologiques pourrait donc être pondérée en tenant compte du contexte social et économique, par exemple en se basant sur des analyses multicritères (qui combinent des paramètres écologiques, sociaux et financiers). Cette démarche permettrait de passer d'une

évaluation de la capacité des écosystèmes à assurer les fonctions écologiques à une évaluation de leur capacité à produire des services écosystémiques dont l'homme retire un bénéfice.

5. Des valeurs seuils des fonctions écologiques pour la production des services écosystémiques ?

La notion de résilience souligne l'importance d'une caractérisation des fonctions écologiques, en tant que facteurs qui déterminent la résilience de l'écosystème et le maintien de la production de services écosystémiques. La notion de résilience appelle celle de valeur seuil. Les valeurs seuil sont les limites associées aux indicateurs en-deçà desquelles le bon fonctionnement de l'écosystème considéré n'est plus assuré. Les fonctions y sont dégradées et les services rendus de plus en plus faibles. La résilience de l'écosystème est donc maintenue tant que ces valeurs seuil ne sont pas atteintes (Muradian, 2001; Huggett, 2005).

L'enjeu est alors de savoir si l'on peut déterminer les valeurs seuil des indicateurs pour chaque fonction écologique, en deçà desquelles la résilience des milieux n'est pas maintenue et les services écologiques ne sont plus assurés. Ceci devra passer par une étape préliminaire d'identification des liens dynamiques entre chaque fonction et son, ou ses, indicateurs. L'identification de ces liens et des valeurs seuil associées semble complexe, et difficile dans l'état actuel des connaissances. Sa faisabilité devra être étudiée de façon plus approfondie (*deuxième et troisième phases*). Pour les fonctions (et services) que l'on n'a pas pris en compte, en particulier parce que l'état actuel des connaissances ne le permet pas, il faudra définir initialement des substituts, ou proxis, qui devront être progressivement améliorés.

RÉFÉRENCES

- AGEE J. K. et al., 2002, Foliar moisture content of Pacific Northwest vegetation and its relation to wildland fire behavior, *Forest Ecology and Management*, 157, 57-66
- BAEZA M. J. et al., 2002, Factor influence behaviour in shrublands of different stand ages and the implication for using prescribed burning to reduce wildfire risk, *Journal of Environmental Management*, 65, 199-200
- BEAUMONT N. J. et al., 2007, Identification, definition and quantification of goods and services provided by marine diversity: Implications for the ecosystem approach, *Marine Pollution Bulletin*, 54, 253-265
- BECKETT K. P. et al., 2006, Particulate pollution capture by urban trees: effect of species and windspeed, *Global Change Biology*, 6, 995-1003
- BENZHAF S. and BOYD J., 2005, The architecture and measurement of an ecosystem services index, *Resources for the future*, Washington, 54p
- BIROT Y. et al., 2000, Expertise Collective sur les tempêtes, la sensibilité des forêts, et sur leur reconstitution, ECOFOR, INRA, CEMAGREF, 22p
- BISSARDON M. and GUIBAL L., sous la direction de RAMEAU J.-C., 1997, Corine Biotope, version originale, types d'habitats français, ENGREF-ATEN, 175p
- BJÖRKLUND J. et al., 1999, Impact of the production intensity on the ability of the agricultural landscape to generate ecosystem services: an example from Sweden, *Ecological Economics*, 29, 269-291
- BOLUND P. and HUNHAMMAR S., 1999, Ecosystem service in urban areas, *Ecological Economics*, 29, 293-301
- BOYD J. and BANZHAF S., 2007, What are Ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units, *Ecological Economics*, Article in Press
- BOYER T. and POLASKI S., 2004, Valuing urban wetlands: a review of non-market valuation studies, *Wetlands*, Vol 24, 4, 744-755
- BRUSSAARD L. et al., 2007, Soil biodiversity for agricultural sustainability, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Article in Press
- BURKE L. et al., 2000, Pilot Global Analysis of Ecosystems: Coastal Ecosystems, World Resources Institute, Washington D.C.
- CARPENTER S. et al., 2001, From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What?, *Ecosystems*, 4, 765-781
- CHAUVIN C. et al., 2000, Indicateurs quantitatifs pour la France pour une gestion durable des forêts, CEMAGREF
- COLEMAN D. C. and WHITMAN W. B., 2005, Linking species richness, biodiversity and ecosystem functions in soil systems, *Pedobiologia*, 59, 479-497
- Convention sur les zones Humides de Ramsar, 2001, Zones Humides, Valeurs et fonctions
- COSTANZA R. et al., 2007, Biodiversity and ecosystem services: A multi-scale empirical study of the relationship between species richness and net primary production
- COSTANZA R. et al., 1997, The value of world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, Vol 387, 6230, 253-260
- DANOVARO R. and PESCEDDU A., 2007, Biodiversity and ecosystem functioning in coastal lagoons: Does microbial diversity plays any role?, *Estuarine, coastal and shelf science*, 75, 4-12
- DE GROOT R. S. et al., 2002, A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services, *Ecological Economics*, 41, 393-408
- DE GROOT R. et al, 2006, Valuing Wetlands: guidance for valuing the benefits derived from wetland ecosystem services, Ramsar Technical Report n°3, CBD Technical series n°27, Ramsar Convention Secretariat, Gland, 46p
- DUARTE C. M., 2000, Marine Biodiversity and ecosystem services: an elusive link, *Journal of experimental marine biology and ecology*, 250, 117-131

- ELLIOTT M., and QUINTINO V., 2007, The Estuarine Quality Paradox, Environmental Homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed area, *Marine Pollution Bulletin*, Article in Press
- ESCOBEDO F. J. et al., 2007, Analysing the cost effectiveness of Santiago, Chile's policy of using urban forest to improve air quality, *Journal of Environmental Management*, Article in Press
- European Environmental Agency, 2004, An inventory of biodiversity indicators in Europe, Technical report n°92, Luxembourg: Office for Official Publication for the European Communities, 42p
- FREER-SMITH P. H. et al., 1997, The uptake of particulates by an urban woodland: site description and particulate composition, *Environmental pollution*, Vol 95, 1, 27-35
- GEORGI N. J. and ZAFIRIADIS K., 2006, The impact of park trees on microclimate in urban areas, *Urban Ecosystem*, 9, 195-209
- GITAY H. et al., 2001, Ecosystems and their goods and services, IN: McCARTHY J. J., et al., *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Cambridge University Press, 735-800
- GHOUALEM H. and KHOUIDER A., 2007, Biological treatment of an urban sewage and analysis of sediments, *Desalination*, 206, 507-512
- GOWER S. T. et al., 1999, Direct and indirect estimation of Leaf Area Index, fAPAR, and net primary production of Terrestrial Ecosystems, *Remote Sens. Environ.*, 70, 29-51
- GUO Z. et al., 2001, Ecosystem functions, services and their values – a case study in Xingshan county of China, *Ecological Economics*, 38, 141-154
- HAJEK A. E. et al., 2007, A review of introductions of pathogens and nematodes for classical biological control of insects and mites, *Biological control*, 41, 1-13
- HAVSTAD K. M. et al., 2007, Ecological services to and from rangelands of the United States, *Ecological Economics*, Article in Press
- HOOPER D. U. et al., 2005, Effect of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge, *Ecological monographs*, 75, 1, 3-35
- HOOPER D. U. and VITOUSEK P. M., 1997, The effects of plant composition and diversity on ecosystem processes, *Science*, 277, 1302-1307
- HOUGNER C. et al, 2006, Economic valuation of a seed dispersal service in the Stockholm National Urban Park, Sweden, *Ecological Economics*, 59, 364-374
- HUGGETT A. J., 2005, The concept and utility of 'ecological thresholds' in biodiversity conservation, *Biological Conservation*, 124, 301-310
- JONES G. A. et al., 2005, parasitized and non-parasitized prey selectivity by an insectivorous bird, *Crop protection*, 24, 185-189
- KHAN Z. and KIM Y. H., 2007, A review on the role of predatory soil nematodes in the biological control of plant parasitic nematodes, *Applied soil ecology*, 35, 370-379
- KIMMINS J. P. et al., 1999, Modelling forest Ecosystem net primary production: the hybrid simulation approach used in FORECAST, *Ecological Modelling*, 122, 195-224
- KLEIN A-M. et al., 2007, Importance of pollinators in changing landscapes for world crops, *Proceedings of the royal society*, 274, 303-313
- KRIEGER D. J., 2001, The Economic Value of Forest Ecosystem Services, A review, an analysis prepared for the Wilderness Society, The Wilderness Society, Washington D.C.
- LE BISSONNAIS Y. et al, 2002, L'érosion hydrique des sols en France, INRA, IFEN, 106p
- LEVREL H., 2007, Etude de faisabilité d'un Millenium Ecosystem Assessment Français, Fiche N°5 : Quelles données pour la France ? MEDAD
- LOREAU M., 2000, Biodiversity and Ecosystem functioning: recent theoretical advances, *oikos*, 91, 3-17

- MATTHEWS E. et al., 2000, Pilot Global Analysis of Ecosystems: Forest Ecosystems, World Resources Institute, Washington D.C.
- MARTINS-FERNANDES P. A., 2001, Fire spread prediction in shrubs fuel in Portugal, *Forest Ecology and Management*, 144, 67-74
- McEWEN L. C. et al., 2000, Birds and wildlife as grasshopper predators, IN: CUNINGHAM G. L., and SAMPSON M. W., Grasshopper integrated pest management user handbook, Technical Bulletin No. 1809, Section I, biological Control, Washington DC
- Millenium Ecosystem Assessment, 2005, Ecosystems and human well-being, synthesis, Island Press, Washington, DC.
- Ministerial Conference on the protection of forests in Europe, 2002, Improved pan-European Indicators for sustainable forest management
- MORANDIN L. A. and WINSTON M. L., 2006, Pollinators provide economic incitive to preserve natural land in agroecosystems, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 116, 289-292
- MOSS D., 1999, EUNIS habitats classification – Final report to the European Environment Agency, European Environment Agency
- MURADIAN R., 2001, Ecological thresholds: a survey, *Ecological Economics*, 38, 7-24
- NAEEM S., 1998, species redundancy and ecosystem reliability, *biological Conservation*, 12, 1, 39-45
- NÚÑEZ D. et al., 2006, Forest and water: the value of native of temperate forests in supplying water for human consumption, *Ecological Economics*, 58, 606-616
- PERTU K. L. and KOWALIK P. J., 1997, Salix vegetation filters for purification of waters and soils, *Biomass and Bioenergy*, Vol 12, 1, 9-19
- PERTERSON G. et al., 1998, Ecological resilience, Biodiversity and Scale, *Ecosystems*, 1, 6-18
- PINEDO S. et al., 2007, Rocky-shore community as indicator of water quality: a case study in the Northwestern Mediterranean, *Marine Pollution Bulletin*, 55, 126-135
- POSTEL S. and CARPENTER S., 1997, Freshwater Ecosystem services, IN: DAILY G. C., 1997, Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems, Washington: Island Press, ch. 11
- REGINA K. et al., 2007, Methane flux on boreal arable soils, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 119, 346-352
- REVENGA C. et al., 2000, Pilot Global Analysis of Ecosystems: Freshwater Systems, World Resources Institute, Washington D.C.
- REYNOLDS W. D. et al., 2002, Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters, *Agriculture, Geoderma*, 110, 131-146
- RICHMOND A. et al., 2007, Valuing ecosystem services: a shadow price for net primary production, *Ecological Economics*, Article in Press
- ROBACH F. et al., 1993, Efficacités comparées des processus naturels d'épuration des eaux de surface : unités fonctionnelles lotiques, connectées au Rhin, (système île de Rhinau, France)
- ROBERT M. and SAUGIER B., 2003, Géophysique externe climat et environnement (climat), Contribution des écosystèmes continentaux à la séquestration du carbone, *C. R. Geoscience*, 335, 577-595
- ROGERS S. I. and GREENAWAY B., 2005, A UK perspective on the development of marine ecosystem indicators, *Marine Pollution Bulletin*, 50, 9-19
- RÖNNBACK P. et al., 2007, Ecosystem goods and services from Swedish coastal habitats: Identification, valuation and implications of ecosystem shifts, *Ambio*, 36, 7, 534-544
- ROSENBERG R. et al., 2004, Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distribution: a new proposal protocol within the European Union Water Framework Directive, *Marine Pollution Bulletin*, 49, 728-739

- SAGGAR S. et al., 2007, Measured and modelled estimates of nitrous oxide emissions and methane consumption from a sheep-grazed pasture, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 122, 357-365
- SCHLOTTER M. et al., 2003, Indicators for evaluating soil quality, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 98, 255-262
- SCHWARZ M. W. et al., 2000, Linking biodiversity to ecosystem function: Implications for conservation biology, *Oecologia*, 122, 297-305
- SDAGE, Guide Technique n°5, Bassin Rhône Méditerranée Corse, 2001, Agir pour les zones humides en RMC, Fonctionnement des zones humides, première synthèse des indicateurs pertinents
- SLOOTWEG J. et al., 2003, Harmonizing European land cover maps, Netherlands Environmental Assessment Agency, 47-58
- SRIVASTAVA D. S. and VELLEND M., 2005, Biodiversity-Ecosystem function research: is it relevant to conservation?, *Ann. Rev. Ecol. Evol.*, 36, 267-294
- SWIFT M. J. et al., 2004, Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes: are we asking the right questions?, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 104, 113-134
- TALLIS H. and KAREIVA P., 2006, Ecosystem services, *Current Biology*, 15: 18, 46-48
- TILMAN D. et al., 1997, The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes, *Science*, 277, 1300-1302
- TILMAN D. et al., 1997a, Plant diversity and ecosystem productivity: Theoretical considerations, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 94, 1857-1861
- VON WESEMAEL B. and BRAHY V., 2006, Sols 2, la matière organique dans les sols
- WALKER B. H., 2005, A Resilience Approach to integrated assessment, *Journal of integrated assessment, bridging science and policy*, 5, 1, 77-97
- WALKER B. H. et al., 2004, Resilience, Adaptability and Transformability in Social-Ecological Systems, *Ecology and Society*, 9 (2): 5
- WALKER B. H. and PEARSON L., 2007, A resilience Perspective of the SEEA, *Ecological Economics* 61, 708-715
- WALLACE K. J., 2007, Classification of ecosystem services: Problems and solutions, *Biological Conservation*, 139, 235-246
- WANG G. G., 2002, Fire severity in relation to canopy composition within burned boreal mixedwood stands, *Forest Ecology and Management*, 163, 85-92
- WANG S. and DAVIDSON A., 2007, Impact of climate variations on surface albedo of a temperate grassland, *Agricultural and forest meteorology*, 142, 133-142
- WEBER J-L., 2007, Implementation of land and ecosystem accounts at the European Environment Agency, *Ecological Economics* 61, 695-707
- WEBER J-L. and P S. S., 2007, Headline indicators of Biodiversity & Ecosystems: reflections from SEBI2010, Natura 2000 assessment, PEEN/CoE, TEN-T and LAEC and some proposals, DRAFT for comments
- WHITE R. et al., 2000, Pilot Global Analysis of Ecosystems: Grassland Ecosystems, World Resources Institute, Washington D.C.
- WILCOX D. and MAYNARD L., 1997, Coastal wetlands, State of the lake ecosystems conference 1996
- WILKINSON M. et al., 2007, Using attached macroalgae to assess ecological status of British estuaries for the European Water Framework Directive, *Marine Pollution Bulletin*, 55, 136-150
- WOOD S. et al., 2000, Pilot Global Analysis of Ecosystems: Agro-ecosystems, a joint study by Food Policy Research Institute and World Resources Institute, International Food Policy Research Institute and World Resources Institute, Washington D.C.
- ZEDLER J. B. and KERCHER S., 2005, Wetland Resources: Status, Trends, Ecosystem services and Restorability, *Annual Reviews Environment Resources*, 30, 39-74

ANNEXES

Annexe 1 : Calendrier et principales étapes de la première phase du projet**- Avril-mai 2007**

- Élaboration de la typologie des milieux : croisement des nomenclatures et bases de données ;
- Travail bibliographique : définitions (services écosystémiques, fonctions écologiques, résilience), recherche des fonctions et services par milieu

• Juin-septembre 2007

- Constitution du groupe d'experts, contacts et soumission des documents ;
- Recueil des remarques sur les documents ;
- Modifications, précisions sur les définitions et les fonctions et services par milieu ;
- Première proposition de définitions, base de la typologie, et liste de fonctions et services.

• 05/09/2007 : Première réunion du groupe d'experts

- Accord sur la démarche et les définitions utilisées ;
- Discussion sur la pertinence de la typologie ;
- Détermination de la liste des fonctions écologiques à prendre en compte pour une évaluation.

• Septembre-Novembre 2007

- Recueil des remarques sur la liste des fonctions écologiques établie lors de la première réunion : modifications et précisions ;
- Travail bibliographique : détermination des processus biologiques en jeu dans les fonctions écologiques, détermination des facteurs biologiques déterminants pour la réalisation de ces fonctions, et des indicateurs potentiels pour ces fonctions ;
- Soumission des documents, modifications et précisions ;
- Proposition de définitions des processus biologiques en jeu dans les fonctions écologiques, des facteurs déterminants et des indicateurs potentiels.

• 26/11/2007 : Deuxième réunion du groupe d'experts

- Modifications et validation de la description des processus biologiques, et des facteurs déterminants ;
- Discussion sur les indicateurs pertinents à prendre en compte pour chaque fonction écologique ;
- Pistes de recherche pour les indices de mesure de ces indicateurs.

• Décembre 2007

- Recueil des remarques, modifications et précisions sur les indicateurs potentiels ;
- Recherche d'experts pour la détermination des indicateurs et indices.

• 2008-2009

- Consultation d'experts pour finaliser les travaux (échanges par mail et réunion le 8 janvier 2009 au MNHN) ;
- Travail bibliographique de « mise à jour » ;
- Rédaction et finalisation du document de travail.

Annexe 2 : Groupe d'experts (liste des personnes contactées)

Prénom	Nom	Organisme	Laboratoire, unité, département	Ville	Email	Participation		
						Projet	Réunion 05/09/07	Réunion 26/11/07
Luc	ABBADIE	CNRS	Biogéochimie et des écosystèmes continentaux	Paris	luc.abbadie@ens.fr	?		
Claude	AMOROS	Université de Lyon		Lyon	amoros@cismsun.univ-lyon1.fr	-		
Brice	ANSELME	Université Paris1	ProdiG	Paris	brice.anselme@univ-paris1.fr	oui	non	non
Guillaume	ARAMA	VEOLIA	eau	Paris	guillaume.arama@veolia.com	oui	non	non
Michel	BACCHI	SARL RIVE		Chinon	rive.chinon@wanadoo.fr	?		
Jean-luc	BAGLINIERE	INRA	Ecobiologie et des hydrosystèmes continentaux	Rennes	jean-luc.bagliniere@rennes.inra.fr	oui	non	non / Dominique Ombredane
Enrique	BARRIUSO BENITO	INRA	Environnement et grandes cultures	Grignon	umr_egc@grignon.inra.fr	-		
Denise	BELLAN-SANTINI	Station marine Endoume	Centre d'océanologie	Marseille	denise.bellan@univmed.fr	oui	non	non
Marc	BENOIT	INRA	Science pour l'action et le développement	Mirecourt	benoit@mirecourt.inra.fr	-		
Christian	BERANGER	GSM béton granulat		Paris	christian.beranger@cemex.com	oui	oui	oui
Frédéric	BIORET	Université de Brest		Brest	frederic.bioret@univ-brest.fr	-		
Gérard	BLANCHARD	Université de la Rochelle	Centre de recherche sur les écosystèmes littoraux anthropisés	La Rochelle	gerard.blanchard@univ-lr.fr	-		
Jacques	BLONDEL	CEFE CNRS			jacques.blondel@cefe.cnrs.fr	-		
Anik	BRINDAMOUR	IFREMER			anik.brindamour@ifremer.fr	non - autres contacts		
Jean-jacques	BRUN	CEMAGREF	Ecosystèmes	Grenoble	jean-jacques.brun@cemagref.fr	-		

			montagnards					
Eric	CHAUVET	CICT	Laboratoire d'écologie fonctionnelle	Toulouse	echauvet@cict.fr	-		
Matthieu	CLAIR	MNHN	Service du patrimoine naturel	Paris	clair@mnhn.fr	-		
Philippe	CURY	IFREMER	Centre de Recherche Halieutique Méditerranéenne et Tropicale	Sète	philippe.cury@ifremer.fr	oui	non	non
Françoise	DEBAINE	Université de Nantes	Geolittomer	Nantes	francoise.debaine@univ-nantes.fr	oui	oui	non
Thibaud	DECAENS	Université de Rouen	Etude et compréhension de la biodiversité	Rouen	Thibaud.Decaens@univ-rouen.fr	oui	oui	oui
Louis	DEHARVENG	MNHN	Origine, structure et évolution de la Biodiversité	Paris	deharven@mnhn.fr	non - autres contacts		
Jean-jacques	DELANNOY	Université de Savoie	Environnements, dynamiques et territoire de la montagne	Le Bourget du Lac	jean-jacques.delannoy@univ-savoie.fr	-		
Michel	DESHAYES	Maison de la télédétection		Paris	deshayes@teledetection.fr	oui	oui	non
Jean-françois	DHOTE	ENGREF/INRA	Laboratoire d'étude des ressources Forêt-bois	Nancy	dhote@nancy.inra.fr	non - autres contacts		
Isabelle	DUBIEN	Bureau d'étude ACSA			isabelle.dubien@edf.fr	non - autres contacts		
Florence	DUBS	IRD	Laboratoire d'Ecologie des Sols tropicaux	Bondy	florence.dubs@bondy.ird.fr	oui	oui	oui
Laurent	DUHAUTOIS	IFEN		Paris	laurent.duhautois@ifen.ecologie.gouv.fr	oui	non	non
Gérard	DUME	IFN		Nogent sur Vernisson	gdume@ifn.fr	oui	oui	non
Michel	ECHAUBARD	Société Nationale de Protection de la Nature	Pôle relais zones humides		echaubard.michel2@wanadoo.fr	oui	oui	oui

Jean	FAVENNEC	ONF		Paris	jean.favennec@onf.fr	-		
Christophe	GALLEMANT	ONF	Biodiversité	Paris	christophe.gallemant@onf.fr	-		
Eric	GARNIER	CEFE CNRS			eric.garnier@cefe.cnrs.fr	-		
Sandra	GASSER	EDF			sandra.gasser@edf.fr	non		
Christian	GAUBERVILLE	Centre National Professionnel de la Propriété Forestière		Paris	christian.gauberville@cnppf.fr	-		
Philippe	GAUDIN	INRA	Ecologie comportementale et biologie des populations de poissons	Saint Pée sur Nivelle	gaudin@st-pee.inra.fr	oui	oui	non
Grégoire	GAUTIER	ONF	Direction de l'environnement et du développement durable	Paris	gregoire.gautier@onf.fr	oui	oui	non
Jean-Claude	GEGOUT	ENGREF/INRA	Laboratoire d'étude des ressources Forêt-bois	Nancy	jean-claude.gegout@agroparistech.fr	-		
Carole	GENTY	IFEN	Observatoire National Zones Humides	Paris	carole.genty@ifen.ecologie.gouv.fr	-		
Frédéric	GOSSELIN	CEMAGREF	Gestion durable et biodiversité des écosystèmes forestiers	Nogent sur Vernisson	frederic.gosselin@cemagref.fr	oui	non	non
Sylvie	GOURLET-FLEURY	CIRAD	Dynamique des forêts naturelles	Montpellier	sylvie.gourlet-fleury@cirad.fr	non - autres contacts		
Françoise	GOURMELON	Université de Brest	Géomer	Brest	francoise.gourmelon@univ-brest.fr	oui	non	non
Jacques	GRALL	Université de Brest	Laboratoire des sciences de l'environnement marin	Brest	jacques.grall@univ-brest.fr	oui	non	oui
André	GRANIER	INRA	Ecologie et écophysologie forestière	Nancy	andre.granier@nancy.inra.fr	-		
Patrick	GRILLAS	Tour du Valat	Camargue		grillas@tourduvalat.org	oui	non	non
Philippe	GROS	IFREMER	Ressources	Brest	philippe.gros@ifremer.fr	-		

			halieutiques, exploitation durable et valorisation					
Marion	HARDEGEN	CNB Brest		Brest	m.hardegen@cbnbrest.com	-		
Jacques	HAURY	Université de Rennes		Rennes	jacques.haury@agrocampus-rennes.fr	-		
Frédéric	HUYNH	IRD	Expertise et spatialisation des connaissances en Environnement		huynh@ird.fr	-		
Antoine	KREMER	INRA	Biodiversité, gènes et écosystèmes		antoine.kremer@pierroton.inra.fr	non		
Sophie	LABROUSSE	Centre Technique du bois et de l'ameublement			sophie.labrousse@ctba.fr	-		
Anne	LAURENCE	Société Nationale de Protection de la Nature	Pôle relais zones humides		snpn@wanadoo.fr	non - autres contacts		
Patrick	LAVELLE	IRD	Laboratoire d'Ecologie des Sols tropicaux	Bondy	lavelle@bondy.ird.fr	non - autres contacts		
Sandra	LAVOREL	CNRS	Laboratoire d'écologie alpine	Grenoble	sandra.lavorel@ujf-grenoble.fr	oui	oui	non
Patrick	LE MAO	IFREMER	Laboratoire côtier de Saint Malo	Saint Malo	patrick.le.mao@ifremer.fr	oui	oui	non
Iwan	LEBERRE	Université de Brest	Géomer	Brest	iwan.leberre@univ-brest.fr	oui	non	non
Patrick	LECOMTE	GSM béton granulat			plecomte@gsm-granulats.fr	oui	oui	non
François	LEFEVRE	INRA	Unité de recherches forestières méditerranéennes	Avignon	lefevre@avignon.inra.fr	non - autres contacts		
Robert	LENSI	CEFE CNRS			robert.lensi@cefe.cnrs.fr	-		
Xavier	LEROUX	INRA	Ecologie microbienne	Lyon	leroux@biomserv.univ-lyon1.fr	oui	non	non
Katia	LOGEREAU-HERARD	MNHN	Service du patrimoine naturel	Paris	logereau@mnhn.fr	oui	non	non
Gregory	LOUCOUGARAY	CEMAGREF	Ecosystèmes	Grenoble	gregory.loucougaray@cemagref.fr	oui	non	non

			montagnards					
Denis	LOUSTAU	INRA	Ecologie fonctionnelle et physique de l'environnement			loustau@pierroton.inra.fr	-	
Lucien	MAMAN	Agence de l'eau Loire Bretagne		Orléans		lucien.maman@eau-loire-bretagne.fr	non - autres contacts	
Damien	MARAGE	ENGREF/INRA	Laboratoire d'étude des ressources Forêt-bois	Nancy		damien.marage@wanadoo.fr	oui	non oui
Pierre	MARMONIER	Université de Rennes	Ecosystème, biodiversité, évolution	Rennes		pierre.marmonier@univ-rennes1.fr	oui	oui non
Laurent	MEMERY	Université de Brest	Laboratoire des sciences de l'environnement marin	Brest		laurent.memery@univ-brest.fr	non - autres contacts	
Laurent	MERMET	ENGREF	Gestion Territoire Environnement			mermet@engref.fr	-	
Serge	MORAND	CNRS	Institut des Sciences de l'Evolution, CNRS-UM2	Montpellier		morand@ensam.inra.fr	oui	oui non
Jean-Louis	MOREL	INRA	Sols et environnement	Nancy		jean-louis.morel@ensaia.inpl-nancy.fr	non	
Jacques	MORET	MNHN	Inventaire et Suivi de la Biodiversité	Paris		moret@mnhn.fr	non	
Serge	MULLER	Université Paul Verlaine	Laboratoire Biodiversité & Fonctionnement des Ecosystèmes	Metz		muller@univ-metz.fr	oui	oui non
Marie-Laure	NAVAS	SupAgro				navas@ensam.inra.fr	oui	non non
Thierry	OBERDORFF	MNHN	Ichtyologie	Paris		oberdorf@mnhn.fr	oui	non oui
Dominique	OMBREDANE	INRA	Ecobiologie et des hydrosystèmes continentaux	Rennes		dominique.ombredane@agrocampus-rennes.fr	oui	oui non
Michel	PASCAL	INRA	Gestion des populations invasives	Rennes		michel.pascal@rennes.inra.fr	-	

Sylvain	PLANTUREUX	INRA	Agronomie et environnement	Nancy	sylvain.plantureux@ensaia.inpl-nancy.fr	oui	non	non
Didier	PONT	CEMAGREF	Hydrobiologie	Aix-en-provence	didier.pont@aix.cemagref.fr	-		
Isabelle	RAUSS	Conservatoire du littoral		Caen	i.rauss@conservatoire-du-littoral.fr	-		
Guy	RICHARD	INRA	Science du sol	Orléans	sciencesol@orleans.inra.fr	oui	non	non/
Marie-Joëlle	ROCHET	IFREMER		Nantes	marie.joelle.rochet@ifremer.fr	non - autres contacts		
Françoise	ROZE	Université de Rennes	Ecosystèmes, biodiversité, évolution	Rennes	francoise.roze@univ-rennes1.fr	oui	oui	non
Jean-françois	SOUSSANA	INRA	Agronomie	Clermont-ferrand	jean-francois.soussana@clermont.inra.fr	oui	non	non
Alain	TABBAGH	CNRS	Structure et fonctionnement des systèmes hydriques	Paris	alain.tabbagh@ccr.jussieu.fr	-		
Pierre	TABERLET	CNRS	Laboratoire d'écologie alpine	Grenoble	pierre.taberlet@ujf-grenoble.fr	non - autres contacts		
John	THOMSON	CEFE CNRS			john.thomson@cefe.cnrs.fr	oui	non	non
Wilfried	THUILLER	CNRS	Laboratoire d'écologie alpine	Grenoble	wilfried.thuiller@ujf-grenoble.fr	Non		
Michel	TROMMETTER	INRA	Laboratoire d'Economie Appliquée	Grenoble	michel.trommetter@grenoble.inra.fr	-		
Sylvia	URGEN	IFEN		Paris	sylvia.urgem@ifen.ecologie.gouv.fr	non		
Nicolas	VUILLER	GSM béton granulat			nvuiller@gsm-granulats.fr	oui	oui	oui
Jean-Gabriel	WASSON	CEMAGREF	Hydroécologie quantitative	Lyon	jean-gabriel.wasson@cemagref.fr	oui	non	non
Pierre	ZAGATTI	IFB		Paris	pierre.zagatti@gis-ifb.org	oui	non	oui



Annexe 3 : Questions et remarques des experts (participation écrite et orale hors réunions)

BILAN

Projet/démarche

- La distinction entre fonctions et services doit être nette, et les fonctions et services doivent être précisément définis.
- La définition des milieux doit être bien précisée.
- Démarche : une entrée par type de milieux semble complexe ; une entrée par les fonctions écologiques semble préférable, i.e. déterminer une liste de fonctions écologiques à évaluer pour l'ensemble des milieux.
- La notion de résilience est une approche jugée intéressante mais difficile à appréhender. Elle ne semble pas assez mise en évidence et justifiée dans le projet. Notamment, la résilience doit être mieux reliée aux fonctions écologiques, et à la démarche du projet. Cette approche semble risquée car la résilience est un concept qui n'est pas bien défini. De plus, il sera difficile de faire le lien entre des indicateurs de fonctions écologiques et des indicateurs de résilience.
- Il est nécessaire de bien situer la place de la biodiversité dans le projet, et d'approfondir le lien entre la biodiversité et les fonctions écologiques.
- La possibilité d'obtenir une donnée de surface minimum nécessaire au maintien des milieux, ainsi que des valeurs seuil, est jugée plutôt difficile, surtout à court terme.
- Selon les objectifs de ce projet, les espèces doivent uniquement être considérées selon leur aspect fonctionnel.
- Il est nécessaire de préciser les questionnements autour de la représentation spatiale (SIG) : une simple cartographie des habitats n'est pas suffisante pour appréhender les fonctions écologiques.
- Il est nécessaire de préciser la démarche envisagée pour passer des fonctions aux services.
- Il faut insister sur un intérêt majeur de ce projet, à savoir comment intégrer cette dimension fonctionnelle de l'évaluation des fonctions écologiques dans les programmes de conservation.

Typologie

- Corine Land Cover n'est pas une base de données suffisante, notamment pour certains milieux. Il est donc nécessaire d'utiliser d'autres bases de données pour compléter la typologie.
- On peut s'interroger sur la difficulté de rassembler les différentes bases de données à différentes échelles (possible croisement des bases de données avec SIG).
- On peut s'interroger sur l'éventuelle prise en compte de la connectivité des habitats.

Indicateurs des fonctions écologiques

- Le choix des indicateurs doit être orienté par la disponibilité des données ou la faisabilité d'obtention des données.
- Les facteurs de pression sur les fonctions écologiques doivent-ils être pris en compte, notamment pour évaluer la dégradation des fonctions ? Les facteurs de pression peuvent-ils être évalués à partir de Corine Land Cover et selon quelle échelle?
- Faut-il tenir compte des facteurs d'évolution climatique qui n'apparaissent pas dans le projet?
- Comment rassembler les informations des différents indicateurs pour élaborer un plan d'évaluation et de suivi : à quelle échelle et selon quelle périodicité?

REMARQUES PAR EXPERT

1. Avant la première réunion du 05/09/2007 :

Brice Anselme (Institut de Géographie)

Démarche cohérente et typologie globalement correcte.

Jean-Luc Baglinière (Université de Rennes, Ecobiologie et qualité des hydrosystèmes continentaux)

Il est nécessaire de prendre en compte la connectivité des habitats (un habitat doit se définir en fonction des habitats alentour).

Denise Bellan-Santini (Station Marine D'Endoume, Centre d'océanologie)

Il existe un réel manque dans la typologie pour les milieux marins.

Philippe Cury (IFREMER, milieux marins et côtiers)

- Il serait utile d'utiliser les indicateurs de l'état de santé des écosystèmes exploités pour la pêche (indicateurs d'état, de dynamique, de biodiversité).
- L'utilisation des cartes de répartition des espèces permettrait d'identifier des habitats « écologiques ».
- Il est nécessaire d'uniformiser les cartes et les échelles.

Françoise Debaine (Université de Nantes, Géolittomer)

- Comment articuler les informations pour définir l'échelle d'observation, les sources d'information et la périodicité des suivis ?
- Comment avoir des données d'indicateurs pour chaque temps de suivi ?
- A quelle prise de décision doit mener cette évaluation ?
- L'échelle Corine Land Cover n'est pas forcément pertinente, notamment pour l'évaluation des facteurs de pression.

Laurent Duhautois (IFEN, SIG, typologie)

La localisation des habitats à l'échelle de Corine Land Cover est trop imprécise.

Frédéric Gosselin (CEMAGREF, Gestion durable et biodiversité des écosystèmes forestiers)

- Les habitats sont décrits de façon assez simple, mais cela est suffisant au vu des contraintes et des objectifs du projet.
- Il serait préférable de faire une entrée « service » plutôt qu'une entrée « habitat » : une approche centrée sur les services (ex : qualité de l'air), avec des indicateurs (d'état, d'amélioration, etc.) de ce service couplés à des modèles (statistiques ou mécanistiques), qui feraient le lien entre biodiversité/habitat et ces services.

La définition de l'habitat n'est pas claire : parle-t-on d'habitats potentiels liés au milieu physico-chimique et au climat, ou d'habitat type Corine ? Des différences importantes existent entre les deux : par exemple, des forêts résineuses là où il y aurait normalement des feuillus ; des pâtures là où il y aurait normalement des forêts, etc.

- L'approche résilience ne semble pas claire au vu des indicateurs proposés : la résilience se mesure par la résistance face à une perturbation, et on ne retrouve pas cela dans les indicateurs proposés (sauf peut-être pour les indicateurs de pressions).
- Il faut redéfinir la biodiversité et sa place dans le projet. Le projet ne peut pas s'inscrire dans une logique de conservation de la biodiversité.
- Le problème des changements climatiques, facteur très important dans la notion de résilience, n'est pas évoqué.
- Il existe une confusion entre la résilience de l'habitat et la résilience des services, de même qu'entre pression sur les habitats et pression sur les services.
- Pourquoi y a-t-il une réflexion sur l'aspect paysager ?
- Le travail sur les indicateurs semble complet, mais tous les indicateurs ne seront pas applicables, et il n'y aura pas de données pour tous les renseigner.

Katia Herard (chargée de mission Natura 2000, laboratoire écologie et gestion de la biodiversité)

- La démarche pour l'élaboration de la typologie est imprécise et ne résulte pas vraiment en une nouvelle typologie (davantage un remaniement des postes Corine Land Cover).
- Les correspondances avec Natura 2000 ne sont pas toujours correctes.

Sandra Lavorel (CNRS, Laboratoire d'écologie alpine)

- Remise en question de la démarche reposant sur une entrée par les habitats : il est préférable de déterminer une liste de fonctions écologiques, puis de faire des recherches sur les habitats par rapport à ces fonctions. Cette démarche semble plus abordable que celle de déterminer une ou plusieurs fonctions écologiques pour chaque milieu. En effet, la typologie n'est pas assez précise pour appréhender les fonctions écologiques, et un même habitat peut faire appel à différentes fonctions selon le contexte envisagé.
- La précision de Corine Land Cover n'est pas suffisante.
- La notion de résilience est intéressante mais difficile à appréhender. Il sera difficile d'évaluer la résilience, car les indicateurs des fonctions écologiques ne seront pas forcément des indicateurs de stabilité ou de résilience.
- Dans ce projet, les espèces doivent être considérées selon leur aspect fonctionnel.
- La détermination d'une valeur seuil des fonctions semble difficile, car les fonctions écologiques sont déterminées par de nombreux facteurs.
- Étant donné l'état des connaissances actuelles et les données disponibles, il semble difficile, du moins à court terme, de pouvoir déterminer une surface minimum des habitats pour le maintien de leur résilience.

Pierre Marmonier (Laboratoire Ecosystème, biodiversité, évolution, cours d'eau)

La typologie pourrait prendre en compte les petits cours d'eau. En effet, ces petits cours d'eau (de 1 à 5 m de large) ont une grande importance écologique (interfaces privilégiées entre les parcelles agricoles et les systèmes aquatiques, processus d'auto-épuration de l'eau car leur faible profondeur optimise les échanges eau-sédiment, zone de reproduction obligatoire pour de nombreuses espèces de poissons à forte valeur patrimoniale). La cellule DCE du CEMAGREF de Lyon met en place une base de données regroupant tous les cours d'eau français (y compris les petits).

Thierry Oberdorff (Laboratoire d'ichtyologie générale et appliquée)

L'indicateur de la qualité des rivières en France est sensible à un large spectre de perturbations (qualité de l'eau et qualité de l'habitat). C'est un indicateur basé sur la composition en espèces et sur les assemblages d'espèces de poissons.



Françoise Rozé (Université de Rennes, milieux côtiers, dunes)

- Il serait intéressant de travailler sur les notions de résistance et de résilience. Une possibilité (selon son expérience) serait de quantifier les réponses des habitats en fonction des perturbations (évaluation des « variations possibles ou tolérables de la biodiversité »).
- La détermination d'une « référence en matière de surface » et de « seuils fonctionnels » semble impossible.
- Question de la prise en compte de la haie dans la typologie.
- Il serait utile de reprendre la méthode de travail utilisée pour recenser les fonctions et les services rendus par les haies.

Jean-François Soussana (INRA, Fonctionnement des écosystèmes prairiaux)

- Les habitats proposés dans la typologie sont très contrastés. Il est important de pouvoir différencier ces différents habitats qui n'ont pas les mêmes valeurs écologiques et de biodiversité.
- Le stockage du carbone dans les prairies est un aspect très important. Nous sommes actuellement dans une phase d'accumulation du carbone organique dans le sol. Cela participe à une revalorisation des prairies face à l'émission de méthane par les exploitations agricoles.
- Les fonctions écologiques ne pourront être dissociées des modes de gestion des prairies. La gestion (intensive, extensive) des prairies est un aspect essentiel qui devra être pris en compte dans la quantification, car il est prouvé que plus la gestion est intensive, moins les fonctions écologiques sont assurées.
- La plupart des indicateurs seront des indicateurs liés à la production (cartes de charge animales, données azote, etc.).
- Il existe des travaux de recherche sur les microorganismes et les plantes nitrophiles, mais ils ne semblent pas encore utilisables en tant qu'indicateurs. A Nancy a été élaboré une base de données sur la flore des prairies, qui a pour but de réaliser une typologie des prairies selon les critères de phytosociologie.

Jean-Gabriel Wasson (Cemagref, Laboratoire d'hydroécologie quantitative)

- Il existe une typologie des cours d'eau, lacs, eaux de transition et eaux côtières, basée sur les hydro-écorégions, qui tient compte de la taille des cours d'eau.
- Les indicateurs utilisés pour la Directive Cadre sur l'Eau pourraient être repris dans ce projet pour évaluer la qualité des cours d'eau. Des travaux sur des indicateurs physiques sont réalisés dans le cadre de la directive.
- Les facteurs de pression peuvent être identifiés à partir de Corine Land Cover (occupation des sols, caractérisation de la pression physique).

2. Après la première réunion du 05/09/2007 :

Thibaud Decaëns (Université de Rouen, Etude et compréhension de la biodiversité)

- Il est nécessaire de préciser les processus liés aux cycles de la matière dans les sols.
- Modification de la liste des fonctions écologiques établie lors de la première réunion.
- Proposition d'indicateurs.

Gérard Dumé (Inventaire Forestier National)

- Précision sur les processus biologiques.
- Propositions d'indicateurs des fonctions écologiques.

Frédéric Gosselin (CEMAGREF, Gestion durable et biodiversité des écosystèmes forestiers)

- Proposition d'indicateurs pour les forêts.
- Pour chaque fonction écologique, il est nécessaire de préciser qu'une partie différente de la biodiversité sera considérée.
- Les données de l'Inventaire Forestier National peuvent être utilisées pour affiner la typologie des habitats, mais il est nécessaire de vérifier que les données sont bien homogènes pour toutes les régions de France.

Sandra Lavorel (CNRS, Laboratoire d'écologie alpine)

- Modification de la liste des fonctions écologiques établie lors de la première réunion.
- Précisions sur les processus biologiques liés aux fonctions écologiques (notamment carbone, cycle de la matière), ainsi que les facteurs biologiques déterminants.
- Mise en évidence de la difficulté à trouver des indicateurs pertinents : les indicateurs proposés sont parfois insuffisants et ne caractérisent pas les fonctions écologiques.

Dominique Ombredane (Université de Rennes, Ecobiologie et qualité des hydrosystèmes continentaux)

- Modification de la liste des fonctions écologiques établie lors de la première réunion.
- Proposition d'amélioration de la typologie pour les cours d'eau (selon les ordres de drainage) :
 - o Eaux courantes : - tête de bassin (ordre de drainage 1 et 2)
- rivière moyenne (ordre 3, 4 et 5)
- aval de grands fleuves hors estuaires (ordre supérieur ou égal à 6)
 - o Eaux stagnantes : - surfaces stagnantes de petite profondeur
- grands lacs intérieurs
- Cartographie existante des cours d'eau en fonction des ordres de drainage.

Guy Richard (INRA, Sciences du sol)

Il n'existe pas d'indicateur global de la qualité des sols, regroupant à la fois les aspects biologiques, chimiques et physiques.

John Thompson (CNRS, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Evolutive, Département Dynamique des Systèmes Ecologiques)

- Il faut insister sur le lien entre biodiversité et fonctions écologiques.
- Il est nécessaire de développer le passage de la fonction au service : ceci nécessite de connaître les usagers, d'analyser la façon dont les fonctions sont utilisées, et d'évaluer leur valeur économique.
- Il est important de préciser la façon d'intégrer l'évaluation des fonctions écologiques dans les programmes de conservation, les stratégies d'aménagement, la mise en place d'outils pour les gestionnaires et les décideurs. En effet, les sites actuels pour la conservation de la biodiversité ne sont pas forcément adaptés pour la conservation des fonctions écologiques. Intégrer les fonctions écologiques permettrait « d'améliorer la pertinence sociale des programmes de conservation ».
- Il serait peut-être nécessaire de prendre en compte les facteurs de dégradation des fonctions écologiques.

Jean-Gabriel Wasson (Cemagref, Laboratoire d'hydroécologie quantitative)

- Les indicateurs de la Directive Cadre sur l'Eau, qui seront disponibles d'ici 2009, sont plutôt des indicateurs de qualité/état des milieux. Parmi ces indicateurs, il faudra identifier ceux qui permettront d'évaluer les fonctionnalités des milieux.
- Il faut tenir compte des corridors rivulaires qui ont un rôle de tampons et conditionnent beaucoup de processus de transfert (sédiments, nutriments, pesticides, etc.) des milieux terrestres vers les cours d'eau (cf. publication 2008 par le CSPNB). Des indicateurs de l'état des corridors rivulaires sont en cours de développement par l'UMR TETIS à Montpellier.


Annexe 4 : Correspondances entre les nomenclatures Corine Land Cover, EUNIS et Corine Biotope

TYPOLOGIE	CLC	EUNIS	CORINE BIOTOPE
1. Habitats marins			
1.1 Zones intertidales, roches, sédiments, sable, vase, généralement sans végétation	4.2.3 Zones intertidales	A.1 Roches littorales et autres substrats durs A.2 Sédiments littoraux	1.4 Vasières et bancs de sable sans végétation 1.9 Îlots, bancs rocheux et récifs
1.2 Mers et océans, zones au-delà de la limite des plus basses marées, fonds marins	5.2.3 Mers et océans	A3 Roche infra littorale et autres substrats durs A4 Roche circa littorale et autres substrats durs A5 Sédiments sub littoraux A6 Fonds abyssaux A7 Colonne d'eau pélagique	1.1 Mers et océans
2. Habitats côtiers, surfaces en eaux maritimes, zones soumises aux marées, dunes continentales			
2.1 Plages de sable et de galets, dunes littorales et continentales	3.3.1 Plages, dunes et sable	B.1 Dunes côtières et rives sableuses B.2 Galets côtiers	1.6 Dunes côtières et plages de sable 1.7 Plages de galets 6.4 Dunes sableuses continentales
2.2 Lagunes littorales	5.2.1 Lagunes littorales	? Habitats côtiers	1.2 Bras de mer 2.1 Lagunes
2.3 Estuaires	5.2.2 Estuaires	? Habitats côtiers	1.3 Estuaires et rivières tidales (soumises à marées)
2.4 Marais maritimes	4.2.1 Marais maritimes	A.2.5 Marais salés côtiers et roselières D.6 Marais salés et saumâtres intérieurs et roselières E.6 Steppes salées	1.5 Marais salés, prés salés (schorres), steppes salées et fourrés sur gypse 2.3 Eaux stagnantes saumâtres et salées
3. Surfaces en eau douce continentales			
3.1 Surfaces d'eau stagnante	5.1.2 Plans d'eau	C.1 Surfaces d'eau stagnante C.3 Zones littorales de surface en eau intérieures	2.2 Eaux douces stagnantes 8.9 Lagunes et réservoirs industriels, canaux
3.2 Surfaces en eau courante, rivières, fleuves sources, canaux	5.1.1 Cours et voies d'eau	C.2 Surfaces en eaux courantes	2.4 Eaux courantes
4. Zones humides			
4.1 Marais intérieurs, tourbières de transition	4.1.1 Marais intérieurs	D.2 Bas marais, marais pauvres et marais de transition D.4 Marais riches et bourbe de sources minérales D.5 Laïches et roselières	5.3 Végétation de ceinture des bords des eaux 5.4 Bas marais, tourbières de transition et sources
4.2 Tourbières	4.1.2 Tourbières	D.1 Tourbières hautes et tourbières de couverture	5.1 Tourbières hautes 5.2 Tourbières de couverture
5. Prairies et milieux à végétation arbustive ou herbacée			
5.1 Prairies, surfaces enherbées denses	2.3.1 Prairies	E.2 Prairies mésophiles	3.8 Prairies mésophiles 8.1 Prairies améliorées
5.2 Pelouses et pâturages naturels, prairies humides, pelouses alpines et subalpines	3.2.1 Pelouses et pâturages naturels	E.1 Prairies sèches E.3 Prairies humides et temporairement humides E.4 Prairies alpines et subalpines	3.5 Prairies siliceuses sèches 3.6 Pelouses alpines et subalpines 3.7 Prairies humides et mégaphorbiaies
5.3 Forêt et milieux à végétation arbustive en mutation	3.2.4 Forêt et végétation arbustive en mutation	E.5 Lisières de forêts, zones déboisées, à grandes herbes non-graminacées E.7 Prairies partiellement boisées	3.1.8 Fourrés
5.4 Landes et broussailles tempérées, broussailles alpines et subalpines	3.2.2 Landes et broussailles	F.2 Broussailles arctiques, alpines et subalpines F.3 Broussailles tempérées et méditerranéennes F.4 Bruyère tempérées	3.1 (sauf 3.1.7 et 3.1.8) Landes et fruticées sauf landes épineuses et fourrés

		F.9 Broussailles de marécages, associées aux rivières	
5.5 Maquis, garrigue, landes épineuses méditerranéennes, milieux à végétation sclérophylle	3.2.3 Végétation sclérophylle	F.5 Maquis, matorral arborescent et arbustes thermo-méditerranéens F.6 Garrigue F.7 Landes épineuses	3.1.7 Landes épineuses 3.2 Fruticées sclérophylles 3.3 Phryganes
6. Bois et forêts			
6.1 Forêts de feuillus caduques et à feuilles persistantes	3.1.1 Forêts de feuillus	G.1 Forêts d'arbres feuillus à feuilles caduques G.2 Forêts d'arbres feuillus à feuilles persistantes	4.1 Forêts caducifoliées 4.4 Forêts riveraines, forêts et fourrés très humides 4.5 Forêts sempervirentes non résineuses
6.2 Forêts de conifères	3.1.2 Forêts de conifères	G.3 Forêts de conifères	4.2 Forêts de conifères 4.4 Forêts riveraines, forêts et fourrés très humides
6.3 Forêts mixtes	3.1.3 Forêts mixtes	G.4 Forêts mixtes de feuillus et de conifères	4.3 Forêts mixtes 4.4 Forêts riveraines, forêts et fourrés très humides
7. Espaces ouverts sans végétation ou avec peu de végétation			
7.1 Éboulis, rochers, falaises, affleurements, grottes	3.3.2 Roches nues 3.3.4 Zones incendiées	B.3 Falaises, corniches, rives, grèves H.1 Grottes, systèmes de grottes, passages souterrains H.2 Éboulis H.3 Falaises, roches affleurements	1.8 Côtes rocheuses et falaises maritimes 6.1 Éboulis 6.2 Falaises continentales et rochers exposés 6.5 Grottes
7.2 Glaciers et neiges éternelles	3.3.5 Glaciers et neiges éternelles	H.4 Habitats dominés par la neige ou la glace	6.3 Neiges et glaces éternelles
7.3 Milieux à végétation clairsemée	3.3.3 Végétation clairsemée	F.1 Toundras H.5 Habitats divers avec végétation clairsemée ou sans végétation H.6 Structure volcanique récente	3.4 Steppes et prairies calcaires sèches 6.6 Communautés des sites volcaniques
8. Territoires agricoles cultivés			
8.1 Terres arables irriguées et hors périmètre d'irrigation:	2.1.1 Terres arables hors périmètre d'irrigation 2.1.2 Périmètres irrigués en permanence	I.1 Terres cultivées et cultures maraîchères	8.2.1 Champs d'un seul tenant intensément cultivés 8.2.3 Cultures extensives 8.3.3 Plantations
8.2 Rizières	2.1.3 Rizières	I.1 Terres cultivées et cultures maraîchères	8.2.4 Cultures inondées
8.3 Cultures permanentes : vignes, vergers et petits fruits, oliveraies, plantations	2.2.1 Vignobles 2.2.2 Vergers et petits fruits 2.2.3 Oliveraies	I.1 Terres cultivées et cultures maraîchères F.B Plantations de buissons	8.3.1 Vergers de hautes tiges 8.3.2 Vergers à arbustes
8.4 Zones agricoles hétérogènes	2.4.2 Systèmes culturaux et parcellaires complexes 2.4.3 Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par de la végétation naturelle 2.4.4 Territoires agro-	I.1 Terres cultivées et cultures maraîchères G.5 Lignes d'arbres, petits bois anthropogéniques, bois tombés récemment, état très précoce de forêts et bosquets E.7 Prairies partiellement boisées F.A Haies	8.2.2 Cultures avec marges de végétation spontanée 8.4 Alignements d'arbres, haies, petits bois, bocages, parcs

	forestiers		
9. Habitats artificialisés			
9.1 Espaces verts, parcs, jardins	1.4.1 Espaces verts urbains	I.2 Parcs et jardins	8.5 Parcs urbains et grands jardins
9.2 Équipements sportifs et de loisirs	1.4.2 Équipements sportifs et de loisirs	I.2 Parcs et jardins	8.5 Parcs urbains et grands jardins
9.3 Sites d'extraction industrielle, mines, décharges, chantiers	1.3.1 Extraction de matériaux 1.3.2 Décharges 1.3.3 Chantiers	J.3 Sites d'extraction industrielle J.6 Décharges	8.6.4 Sites industriels anciens 8.8 Mines et passages souterrains artificiels
9.4 Marais salants exploités	4.2.2 Marais salants	A.2.5 Marais salés côtiers et roselières D.6 Marais salés et saumâtres intérieurs et roselières	

Annexe 5 : Typologie des habitats, correspondances Corine Land Cover (CLC), EUNIS, Corine Biotope (CB) et milieux Natura 2000 présents dans ces habitats (N2000)

	Habitats marins
	Habitats côtiers
	Eaux douces continentales
	Zones humides
	Prairies, milieux à végétation arbustive ou herbacée
	Forêts
	Zones ouvertes avec peu ou sans végétation
	Territoires agricoles cultivés
	Habitats artificialisés

1. Habitats marins

1.1 Zones intertidales, roches, sédiments, sable, vase, généralement sans végétation

213 000 ha, 0.37% du territoire national (hors outre-mer)

Description :

Îlots, bancs rocheux et récifs, petites îles, vasières et bancs de sable, inondés une partie de la marée, compris entre le niveau des hautes et des basses eaux (= zone de balancement des marées).

Écosystèmes spécifiques maritimes et aériens : anémones de mer, coquillages (moules, berniques, etc.), étoiles de mer, crabes.

Dépourvus de plantes vasculaires, mais habituellement colonisés par les algues bleues et les diatomées, réparties en fonction du mode de vie et du substrat.

- 4.2.3 /CLC
- A.1, A.2 /EUNIS
- 1.9, 1.4 /CB
- 1140 /N2000



1.2 Mers et océans : zones au delà de la limite des plus basses marées, fonds marins

3 639 000 ha, 6.32%

Description :

Eaux marines, fonds marins et leurs communautés associées (animaux et algues)

- 5.2.3 /CLC
- A.3, A.4, A.5, A.6, A.7 /EUNIS
- 1.1 /CB
- 1110, 1120*, 1170, 8330 /N2000



2. Habitats côtiers, surfaces en eaux maritimes, zones soumises aux marées et dunes continentales

2.1 Plages de sable et de galets, dunes littorales et continentales

42 000 ha, 0.07%

Description :

Plages, étendues de sable ou de galets, dunes littorales et continentales façonnées par l'action des vagues et du vent, souvent stabilisées par des communautés de graminées maritimes communes.

- 3.3.1 /CLC
- B.1, B.2 /EUNIS
- 1.6, 1.7, 6.4 /CB
- 1210, 1220, 2110, 2120, 2130*, 2160, 2170, 2190, 2210, 2230, 2260 /N2000



2.1 Lagunes littorales

77 000 ha, 0.13%

Description :

Bras de mer, étendues d'eau salée ou saumâtre, séparées de la mer par des avancées de terre ou autre topographie similaire, en contact avec la mer de façon périodique ou permanente.

- 5.2.1 /CLC
- B EUNIS ?
- 1.2, 2.1 /CB
- 1150*, 1160 /N2000



2.2 Estuaires

54 000 ha, 0.09%

Description :

Lits des rivières jusqu'à la limite d'influence des marées, parties terminales à l'embouchure des fleuves, subissant l'influence des eaux marines.

- 5.2.2 /CLC
- B EUNIS?
- 1.3 /CB
- 1130 /N2000



2.3 Marais maritimes

67 000 ha, 0.12%

Description :

Terres basses avec végétation, situées au dessus du niveau de marée haute, mais pouvant être inondées par les eaux de mer. Colonisées par des plantes halophiles, inondées lors des grandes marées d'équinoxe.

- 4.2.1 /CLC
- A.2.5, D.6, E.6 /EUNIS
- 1.5, 2.3 /CB
- 1310, 1320, 1330, 1410, 1420, 1430, 1510*, 1340* /N2000



3. Surfaces en eau douce continentales

3.1 Surfaces d'eau stagnante

243 000 ha, 0.42%

Description :

Étendues d'eau naturelles ou artificielles, lacs, mares, étangs, réservoirs contenant de l'eau douce.

- 5.1.2 /CLC
- C.1, C.3 /EUNIS
- 2.2, 8.9 /CB
- 3110, 3120, 3130, 3140, 3150, 3160, 3170* /N2000



3.2 Surfaces en eau courante, rivières, fleuves

123 000 ha, 0.21%

Description :

Rivières et cours d'eau, chenaux d'écoulement des eaux

- 5.1.1 /CLC
- C.2 /EUNIS
- 2.4 /CB
- 3220, 3230, 3240, 3250, 3260, 3270, 3280, 3290 /N2000



4. Zones humides

4.1 Marais intérieurs, tourbières de transition

73 000 ha, 0.13%

Description :

Terres basses généralement inondées en hiver et plus ou moins saturées en eau en toutes saisons, communautés des bas-marais à petites laïches (carex) et apparentées, des tourbières de transition et des marais tremblants.

- 4.1.1 /CLC
- D.2, D.4, D.5 /EUNIS
- 5.3, 5.4 /CB
- 7140, 7150, 7210*, 7220*, 7230, 7240* /N2000



4.2 Tourbières

5 000 ha, 0.01%

Description :

Terrains spongieux humides dont le sol est constitué principalement de mousses et de matières végétales décomposées.

- 4.1.2 /CLC
- D.1 /EUNIS
- 5.1, 5.2 /CB
- 7110*, 7120, 7130 /N2000



5. Prairies et milieux à végétation arbustive ou herbacée

5.1 Prairies, surfaces enherbées denses

8 837 000 ha, 15.35%

Description :

Surfaces enherbées denses, pâturées et/ou récoltées pour le fourrage, composées principalement de graminées. Prairies humides améliorées intensives. Bocage compris.

- 2.3.1 /CLC
- E.2 /EUNIS
- 3.8, 8.1 /CB
- 6510, 6520 /N2000





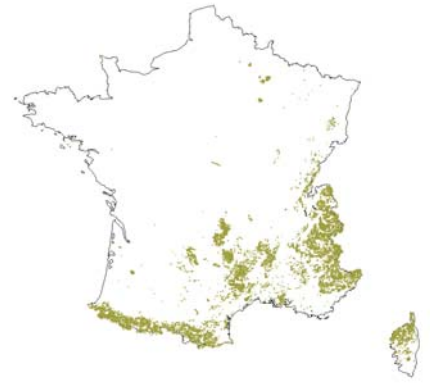
5.2 Pelouses et pâturages naturels, prairies humides, pelouses alpines et subalpines

1 471 000 ha, 2.55%

Description :

Herbages à faible productivité, sur des sols principalement calcaires, des sables, des surfaces de rochers décomposés, acides. Prairies humides non anthropiques.

- 3.2.1 /CLC
- E.1, E.3, E.4 /EUNIS
- 3.5, 3.6, 3.7 /CB
- 6430, 6110*, 6120*, 6130, 6140, 6170, 6210, 6220, 6230*, 6410, 6420, 6440 /N2000



5.3 Forêts et milieux à végétation arbustive en mutation

1 079 000 ha, 1.86%

Description :

Végétation arbustive ou herbacée avec des arbres épars. Formations pouvant résulter de la dégradation de la forêt ou d'une recolonisation par la forêt. Fourrés, habitats boisés de petite taille, disposés de façon linéaire, en réseaux ou en îlots, intimement entremêlés d'habitats herbeux et de cultures.

- 3.2.4 /CLC
- E.5, E.7 /EUNIS
- 3.1.8 /CB



5.4 Landes et broussailles tempérées, broussailles alpines et subalpines

464 000 ha, 0.81%

Description :

Formations végétales de ligneux, basses et fermées, composées principalement de buissons et d'arbustes et de plantes herbacées (bruyère, ronces, genêts, ajoncs, cytises, etc.). Landes atlantiques et alpines, fourrés subalpins et communautés de hautes herbes.

- 3.2.2 /CLC
- F.2, F.3, F.4, F.9 /EUNIS
- 3.1 (sauf 3.1.7 et 3.1.8) /CB
- 4010, 4020*, 4060, 4070*, 4030, 4040*, 5110, 5120, 5130 /N2000



5.5 Maquis, garrigue, landes épineuses méditerranéennes, milieux à végétation sclérophylle

498 000 ha, 0.86%

Description :

Végétation arbustive persistante, aux feuilles petites, coriaces et épaisses, buissons et fruticées xérophylles sempervirents méditerranéens et sub-méditerranéens (maquis, garrigue, matorral, phryganes).

Maquis : associations végétales denses composées de nombreux arbrisseaux qui couvrent les terrains siliceux acides en milieu méditerranéen.

Garrigues : associations buissonnantes discontinues des plateaux calcaires méditerranéens.

- 3.2.3 /CLC
- F.5, F.6, F.7 /EUNIS
- 3.1.7, 3.2, 3.3 /CB
- 5210, 4090, 5310, 5330, 5410 /N2000



6. Bois et forêts

6.1 Forêts de feuillus caduques et à feuilles persistantes

9 082 000 ha, 15.77%

Description :

Forêts et terrains boisés à formations végétales principalement constituées par des arbres, mais aussi par des buissons et arbustes, où dominent les espèces forestières feuillues indigènes, y compris les végétations arborescentes de feuillus des plaines inondables, marais, tourbières.

- 3.1.1 /CLC
- G.1, G.2 /EUNIS
- 4.1, 4.4, 4.5 /CB
- 9110, 9120, 9130, 9140, 9450, 9160, 9170, 9180*, 9190, 91E0* 9230, 9260, 92A0, 92D0, 9320, 9330, 9340, 9380 /N2000



6.2 Forêts de conifères

3 821 000 ha, 6.64%

Description :

Forêts et bois à formations végétales principalement constituées par des arbres, mais aussi par des buissons et des arbustes, où dominent les espèces forestières de conifères indigènes, y compris les végétations arborescentes de conifères des plaines inondables, marais et tourbières.

- 3.1.2 /CLC
- G.3 /EUNIS
- 4.2, 4.4 /CB
- 9410, 9420, 9430, 9530*, 9540, 9560*, 9580*, 2270*, 2250* /N2000



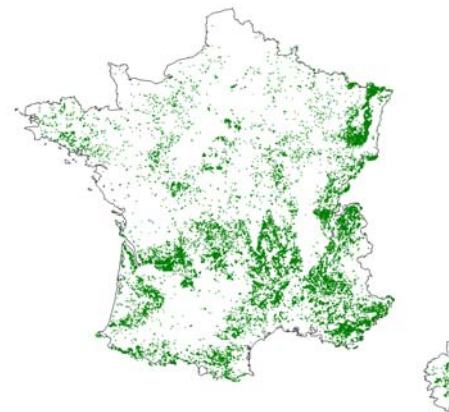
6.3 Forêts mixtes

1 980 000 ha, 3.44%

Description :

Forêts et bois à formations végétales principalement constituées par des arbres, mais aussi par des arbustes et des buissons, en mélange de feuillus et résineux, y compris les végétations arborescentes mixtes de feuillus et de résineux des plaines inondables, marais et tourbières.

- 3.1.3 /CLC
- G.4 /EUNIS
- 4.3, 4.4 /CB
- 91F0, 91D0*, 2180 /N2000



7. Espaces ouverts sans végétation, ou avec peu de végétation

7.1 Éboulis, rochers, falaises, affleurements, grottes

557 000 ha, 0.97%

Description :

Surfaces végétalisées ou non, constituées de pierres, blocs, galets ou débris rocheux dans des pentes escarpées.

Falaises, parois rocheuses, roches nues, grottes naturelles ou systèmes cavernicoles naturels.

Zones affectées par des incendies récents.

- 3.3.2, 3.3.4 /CLC
- B.3, H.1, H.2, H.3 /EUNIS
- 1.8, 6.1, 6.2, 6.5 /CB
- 1230, 1240, 8230, 8110, 8120, 8130, 8150, 8160*, 8210, 8310 /N2000





7.2 Glaciers et neiges éternelles

52 000 ha, 0.09%

Description :

Surfaces de haute montagne couvertes par des glaciers et des neiges éternelles/

- 3.3.5 /CLC
- H.4 /EUNIS
- 6.3 /CB

7.3 Milieus à végétation clairsemée

503 000 ha, 0.87%

Description :

Zones sèches avec peu de végétation et présence de roches nues, végétations éparpillées de haute altitude, sites et produits de l'activité volcanique récente.

- 3.3.3 /CLC
- E.6, F.1, H.5, H.6 /EUNIS
- 6.4, 6.6 /CB
- 2330 /N2000

8. Territoires agricoles cultivés

8.1 Terres arables irriguées et hors périmètre d'irrigation

15 546 000 ha, 27%

Description :

Céréales, légumineuses de plein champ, cultures fourragères, plantes sarclées et jachères, y compris les cultures florales, forestières (pépinières) et légumières (maraîchage) de plein champ, sous serre et sous plastique, ainsi que les plantes médicinales, aromatiques et condimentaires. Cultures irriguées en permanence ou périodiquement, grâce à une infrastructure permanente (canal d'irrigation).

- 2.1.1, 2.1.2 /CLC
- 1.1 /EUNIS
- 8.2.1, 8.2.3, 8.3.3 /CB

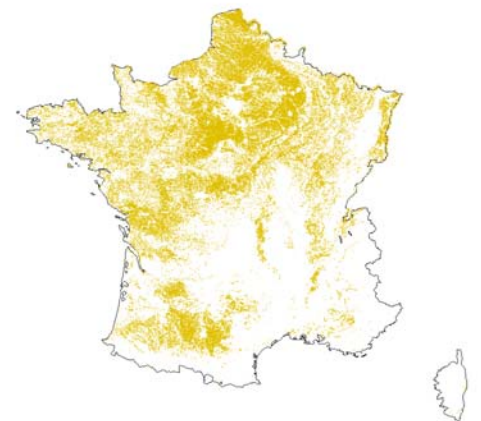
8.2 Rizières

36 000 ha, 0.06%

Description :

Surfaces aménagées pour la culture du riz, terrains plats avec canaux d'irrigation, régulièrement recouverts d'eau.

- 2.1.3 /CLC
- 1.1 /EUNIS
- 8.2.4 /CB



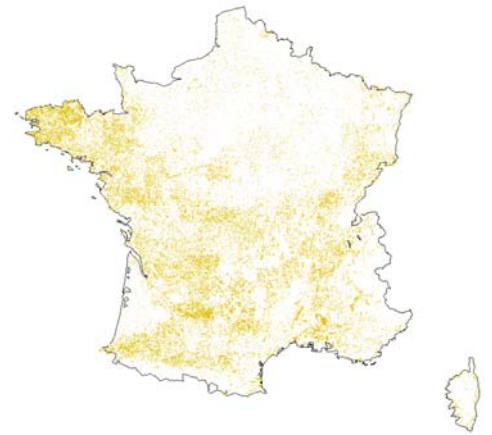
8.3 Cultures permanentes : vignes, vergers et petits fruits, oliveraies, plantations

1 437 000 ha, 2.50%

Description :

Surfaces plantées de vignes, d'arbres ou d'arbustes fruitiers, d'oliviers, arbres fruitiers en association avec surfaces toujours en herbe, châtaigneraies, noiseraies.

- 2.2 /CLC
- 1.1, F.B /EUNIS
- 8.3.1, 8.3.2 /CB



8.4 Zones agricoles hétérogènes

7 429 000 ha, 12.90%

Description :

Systèmes culturaux et parcellaires complexes (juxtaposition de petites parcelles de cultures annuelles diversifiées, de prairies et cultures permanentes), surfaces essentiellement agricoles interrompues par des espaces naturels, territoires agro-forestiers (cultures annuelles ou pâturages sous couvert arboré composé d'espèces forestières).

- 2.4 /CLC
- 1.1, F.A, E.7, G.5 /EUNIS
- 8.2.2, 8.4 /CB



9. Habitats artificialisés

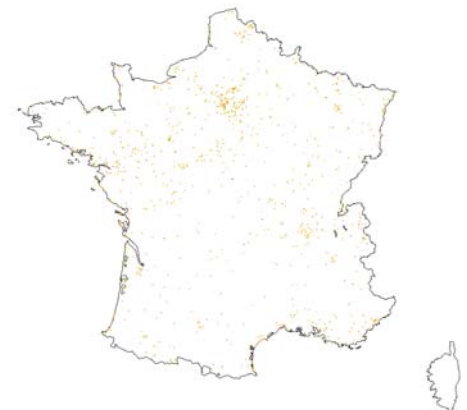
9.1 Espaces verts, parcs, jardins

20 000 ha, 0.03%

Description :

Espaces végétalisés inclus dans le tissu urbain, y compris les parcs urbains et les cimetières avec végétation.

- 1.4.1 /CLC
- 1.2 /EUNIS
- 8.5 /CB



9.2 Équipements sportifs et de loisirs

104 000 ha, 0.18%

Description :

Infrastructures des terrains de camping, des terrains de sport, des parcs de loisirs, des golfs, des hippodromes, y compris les parcs aménagés non inclus dans le tissu urbain.

- 1.4.2 /CLC
- 1.2 /EUNIS
- 8.5 /CB



9.3 Sites d'extraction industrielle, mines, décharges, chantiers

111 000 ha, 0.19%

Description :



Sablères, carrières, mines à ciel ouvert, décharges et dépôts des mines, des industries ou des collectivités publiques, espaces en construction, excavations et sols remaniés.

- 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3 /CLC
- J.3, J.6 /EUNIS
- 8.6.4, 8.8 /CB

9.4 Marais salants exploités

28 000 ha, 0.05%

Description :

Parties des marais maritimes mises en exploitation pour la production de sel par évaporation.

- 4.2.2 /CLC
- A.2.5, D.6 /EUNIS



Annexe 6a : Détermination des fonctions écologiques – première proposition issue de la recherche bibliographique (entrée par milieu)

HABITATS	FONCTIONS ECOLOGIQUES	SERVICES ECOLOGIQUES
1.1 Zones intertidales, roches sédiments, sable, vase, généralement sans végétation	Autoépuration de l'eau. Stockage des polluants dans les particules sédimentaires, recyclage par les microorganismes et les algues en suspension	Purification de l'eau et traitement des déchets
	Transports solides	Régulation de l'érosion Régulation des risques naturels
	Processus de sédimentation, cycle de la matière	Régulation des sols
		Production de nourriture
		Production de produits biochimiques et pharmaceutiques
		Valeur esthétique
1.2 Mers et océans, zones au-delà de la limite des plus basses marées	Echanges gazeux, cycles bio-géochimiques	Régulation du climat global
	Autoépuration de l'eau. Stockage des polluants dans les particules sédimentaires, recyclage par la végétation, les microorganismes et les algues en suspension ou à la surface des plantes	Purification de l'eau et traitement des déchets
	Processus de sédimentation	Régulation des sols
	Recyclage des nutriments	
		Production de nourriture
		Production de produits biochimiques et pharmaceutiques
2.1 Plages de sable et de galets, dunes littorales et continentales	Transports solides	Régulation de l'érosion Régulation des risques naturels
		Production de nourriture
		Valeurs spirituelle, esthétique et d'inspiration
		Régulation des risques naturels
2.2 Lagunes littorales	Echanges gazeux	Régulation du climat global
	Rétention de l'eau dans les sols et les sédiments	Régulation de l'eau Régulation des risques naturels
	Autoépuration de l'eau. Stockage des polluants dans les particules sédimentaires, recyclage par la végétation, les microorganismes et les algues en suspension ou à la surface des plantes	Purification de l'eau et traitement des déchets
	Transports solides	Régulation de l'érosion Régulation des risques naturels
	Processus de sédimentation	Régulation des sols
	Recyclage des nutriments	
		Production de nourriture
		Production de produits biochimiques et pharmaceutiques
2.3 Estuaires	Echanges gazeux	Régulation du climat global
	Compensation des précipitations et des variations de niveau, capacité d'absorption des crues	Régulation de l'eau
		Régulation des risques naturels

	Capacité d'assimilation des déchets. Stockage des polluants dans les particules sédimentaires, recyclage par la végétation, les microorganismes et les algues en suspension ou à la surface des plantes	Purification de l'eau et traitement des déchets
	Zones tampon, d'atténuation de la force des vents et des vagues, diminution de la vitesse des eaux	Régulation de l'érosion Régulation des risques naturels
	Processus de sédimentation, cycle de la matière	Régulation des sols
		Production de nourriture
		Production de produits biochimiques et pharmaceutiques
		Valeur esthétique
2.4 Marais maritimes	Séquestration du carbone	Régulation du climat global
	Atténuation des variations climatiques	Régulation du climat local
	Compensation des précipitations et des variations de niveau, capacité d'absorption des crues	Régulation de l'eau Régulation des risques naturels
	Capacité d'assimilation des déchets. Stockage des polluants dans les particules sédimentaires, recyclage par la végétation, les microorganismes et les algues en suspension ou à la surface des plantes	Purification de l'eau et traitement des déchets
	Zones tampon, d'atténuation de la force des vents et des vagues, diminution de la vitesse des eaux	Régulation de l'érosion Régulation des risques naturels
	Processus de sédimentation, cycle de la matière	Régulation des sols
		Production de nourriture
		Production de produits biochimiques et pharmaceutiques
		Valeur esthétique
3.1 Surfaces d'eau stagnante	Séquestration du carbone	Régulation du climat global
	Diminution de la température	Régulation du climat local
	Compensation des précipitations et variations de niveau	Régulation de l'eau Régulation des risques naturels
	Stockage d'eau douce, recharge des nappes souterraines	Disponibilité en eau douce
	Capacité d'assimilation des déchets. Stockage des polluants dans les particules sédimentaires, recyclage par la végétation, les microorganismes et les algues en suspension ou à la surface des plantes	Purification de l'eau et traitement des déchets
	Processus de sédimentation, cycle de la matière	Régulation des sols: maintien de sols fertiles Régulation de l'érosion
		Production de nourriture
		Valeurs spirituelles, esthétiques, d'inspiration, et d'éducation Récréation et écotourisme
3.2 Surfaces en eau courante, rivières, fleuves, canaux	Compensation des précipitations et variations de niveau	Régulation de l'eau Régulation des risques naturels
	Stockage d'eau douce, recharge des nappes souterraines	Disponibilité en eau douce

	Capacité d'assimilation des déchets. Stockage des polluants dans les particules sédimentaires, recyclage par la végétation, les microorganismes et les algues en suspension ou à la surface des plantes	Purification de l'eau et traitement des déchets
	Processus de sédimentation, cycle de la matière, transport des sédiments et nutriments	Régulation des sols: maintien de sols fertiles Régulation de l'érosion
		Production de nourriture
		Valeur esthétique
		Récréation et écotourisme
4.1 Marais intérieurs	Séquestration de carbone, émission de méthane	Régulation du climat global
	Atténuation des variations climatiques	Régulation du climat local
	Compensation des précipitations et variations de niveau	Régulation de l'eau Régulation des risques naturels
	Stockage d'eau douce, recharge des nappes souterraines	Disponibilité en eau douce
	Capacité d'assimilation des déchets. Stockage des polluants dans les particules sédimentaires, recyclage par la végétation, les microorganismes et les algues en suspension ou à la surface des plantes	Purification de l'eau et traitement des déchets
	Processus de sédimentation, cycle de la matière	Régulation des sols: maintien de sols fertiles Régulation de l'érosion
	Pollinisation	Pollinisation
	Contrôle biologique	Contrôle biologique
		Production de nourriture
		Production de fibre: bois, bois de chauffage
	Production de produits biochimiques et pharmaceutiques	
	Valeurs spirituelles, esthétiques, d'inspiration, d'éducation	
		Récréation et écotourisme
4.2 Tourbières	Séquestration de carbone, émission de méthane	Régulation du climat global
	Atténuation des variations climatiques	Régulation du climat local
	Compensation des précipitations et variations de niveau	Régulation de l'eau Régulation des risques naturels
	Stockage d'eau douce, recharge des nappes souterraines	Disponibilité en eau douce
	Capacité d'assimilation des déchets. Stockage des polluants dans les particules sédimentaires, recyclage par la végétation, les microorganismes et les algues en suspension ou à la surface des plantes	Purification de l'eau et traitement des déchets
	Processus de sédimentation, cycle de la matière	Régulation des sols: maintien de sols fertiles Régulation de l'érosion
	Pollinisation	Pollinisation
	Contrôle biologique	Contrôle biologique
		Production de tourbe (combustible) et terreau

		Valeurs spirituelle, esthétique, d'inspiration, d'éducation
		Récréation et écotourisme
5.1 Prairies, surfaces enherbées denses	Séquestration de carbone	Régulation du climat global
	Recharge des nappes souterraines	Disponibilité en eau douce
	Capacité d'assimilation des déchets. Stockage des polluants dans les particules sédimentaires, recyclage par la végétation et les microorganismes	Purification de l'eau et traitement des déchets
	Limitation de l'érosion par la présence d'une couverture végétale et les caractéristiques des sols	Régulation de l'érosion
	Cycle de la matière, fertilité des sols	Régulation des sols: maintien de sols fertiles
		Production de nourriture
		Valeurs esthétiques, d'éducation
		Récréation et écotourisme
5.2 Pelouses et pâturages naturels, prairies humides, pelouses alpines et subalpines	Séquestration de carbone	Régulation du climat global
	Émission de gaz à effet de serre	
	Recharge des nappes souterraines	Disponibilité en eau douce
	Capacité d'assimilation des déchets. Stockage des polluants dans les particules sédimentaires, recyclage par la végétation et les microorganismes	Purification de l'eau et traitement des déchets
	Limitation de l'érosion par la présence d'une couverture végétale et les caractéristiques des sols	Régulation de l'érosion
	Pollinisation	
		Production de nourriture
		Production de bois de chauffage
	Valeurs spirituelle, esthétique	
	Récréation et écotourisme	
5.3 Forêts et milieux à végétation arbustive en mutation	Séquestration de carbone	Régulation du climat global
	Limitation de l'érosion par la présence d'une couverture végétale et les caractéristiques des sols	Régulation de l'érosion
5.4 Landes et broussailles tempérées, broussailles alpines et subalpines		Valeurs spirituelles, esthétiques
		Récréation et écotourisme
6.1 Forêts de feuillus caduques et à feuilles persistantes	Piégeage des particules polluantes	Régulation de la qualité de l'air
	Séquestration de carbone	Régulation du climat global
	Piégeage de l'humidité, refroidissement de la surface des sols	Régulation du climat local
6.2 Forêts de conifères	Compensations des flux saisonniers	Régulation de l'eau
	Recharge des nappes souterraines	Disponibilité en eau douce
6.3 Forêts mixtes	Microorganismes de la rhizosphère et augmentation de la porosité et des capacités de rétention	Disponibilité en eau douce
	Capacité d'assimilation des déchets. Stockage des polluants dans les particules sédimentaires, recyclage par la végétation et les microorganismes	Purification de l'eau et traitement des déchets
	Présence d'une couverture végétale	Régulation de l'érosion
	Cycle de la matière, fertilité des sols	Régulation des sols: maintien de sols fertiles
	Contrôle biologique	Contrôle biologique: régulation des maladies et des parasites
	Pollinisation	Pollinisation
		Production de nourriture
		Production de bois de construction et bois de chauffage

		Production de produits biochimiques et pharmaceutiques
		Valeurs spirituelle, esthétique, d'inspiration et d'éducation
		Récréation et écotourisme
7.1 Éboulis, rochers, falaises, affleurements, grottes		Récréation et écotourisme
7.2 Glaciers et neiges éternelles		
7.3 Milieux à végétation clairsemée		
8.1 Terres arables irriguées et hors périmètre d'irrigation	Séquestration du carbone	Régulation du climat global
	Recharge des nappes souterraines, gestion par l'irrigation	Régulation de l'eau
	Limitation de l'érosion par la présence d'une couverture végétale et les caractéristiques des sols	Régulation de l'érosion
	Cycle de la matière, fertilité des sols	Régulation des sols: maintien de sols fertiles
	Contrôle biologique	Contrôle biologique: Régulation des maladies et des parasites
		Production de nourriture
		Production de fibre, énergie (biocarburants)
		Production de produits biochimiques et pharmaceutiques
		Valeurs spirituelle, esthétique, d'inspiration et d'éducation
8.2 Rizières		Récréation et écotourisme
	Séquestration de carbone	Régulation du climat global
	Compensation des précipitations et variations de niveau, capacité d'absorption des crues	Régulation de l'eau Régulation des risques naturels
	Capacité d'assimilation des déchets. Stockage des polluants dans les particules sédimentaires, recyclage par la végétation, les microorganismes et les algues en suspension ou à la surface des plantes	Purification de l'eau et traitement des déchets
	Processus de sédimentation, cycle de la matière	Régulation des sols: maintien de sols fertiles Régulation de l'érosion
	Production de nourriture	
8.3 Cultures permanentes : vignes, vergers et petits fruits, oliveraies, plantations	Séquestration du carbone	Régulation du climat global
	Recharge des nappes souterraines, gestion par l'irrigation	Régulation de l'eau
	Limitation de l'érosion par la présence d'une couverture végétale et les caractéristiques des sols	Régulation de l'érosion
	Capacité d'assimilation des déchets. Stockage des polluants dans les particules sédimentaires, recyclage par la végétation et les microorganismes	Purification de l'eau et traitement des déchets
	Contrôle biologique	Contrôle biologique: Régulation des maladies et des parasites
	Cycle de la matière, fertilité des sols	Régulation des sols: maintien de sols fertiles

		Production de nourriture
		Valeurs spirituelle, esthétique, d'inspiration et d'éducation
		Récréation et écotourisme
8.4 Zones agricoles hétérogènes	Séquestration du carbone	Régulation du climat global
	Recharge des nappes souterraines, gestion par l'irrigation	Régulation de l'eau
	Limitation de l'érosion par la présence d'une couverture végétale et les caractéristiques des sols	Régulation de l'érosion
	Cycle de la matière, fertilité des sols	Régulation des sols: maintien de sols fertiles, cycle de la matière
	Contrôle biologique	Contrôle biologique: Régulation des maladies et des parasites
	Pollinisation	Pollinisation
		Production de nourriture
		Production de fibres, biocarburants
		Production de produits biochimiques et pharmaceutiques
		Valeurs spirituelle, esthétique, d'inspiration et d'éducation
	Récréation et écotourisme	
9.1 Espaces verts, parcs, jardins	Filtration des particules polluantes par la végétation	Régulation de la qualité de l'air
	Diminution des températures locales, augmentation de l'humidité	Régulation du climat local
		Valeur esthétique
		Récréation et écotourisme
9.2 Équipements sportifs et de loisirs	Filtration des particules polluantes par la végétation	Régulation de la qualité de l'air
	Diminution des températures locales, augmentation de l'humidité	Régulation du climat local
		Valeur esthétique
		Récréation et écotourisme
9.3 Sites d'extraction industrielle, mines, décharges, chantiers		Production de biens (construction, matériaux,...)
9.4 Marais salants exploités	Compensation des précipitations et des variations de niveau, capacité d'absorption des crues	Régulation de l'eau Régulation des risques naturels
	Capacité d'assimilation des déchets. Stockage des polluants dans les particules sédimentaires, recyclage par la végétation, les microorganismes et les algues en suspension ou à la surface des plantes	Purification de l'eau et traitement des déchets
	Zones tampon, d'atténuation de la force des vents et des vagues, diminution de la vitesse des eaux Processus de sédimentation, cycle de la matière	Régulation de l'érosion Régulation des risques naturels Régulation des sols: maintien de sols fertiles
		Production de sel

Annexe 6b : Détermination des fonctions écologiques – deuxième proposition issue de la concertation avec les experts (entrée par fonction) (en préparation de la réunion du 05/09/2007)

FONCTIONS ECOLOGIQUES	MILIEUX	SERVICES ECOSYSTEMIQUES
Séquestration de carbone	1.2 mers et océans	Régulation du climat global
	2.2 lagunes, 2.3 estuaires, 2.4 marais maritimes	
	3.1 surface d'eau stagnante	
	4. zones humides	
	5. prairies, végétation arbustive ou herbacée	
	6. bois et forêts	
	8. territoires agricoles cultivés	
Capacité de purification de l'eau, d'assimilation des déchets, stockage des polluants dans les particules sédimentaires	1. habitats marins	Purification de l'eau et traitement des déchets
	2.2 lagunes, 2.3 estuaires, 2.4 marais maritimes	
	9.4 marais salants	
	3. surfaces en eau douce continentales	
	4. zones humides	
	8.2 rizières	
	5.1 prairies denses, 5.2 pelouses et pâturages naturels	
	6. bois et forêts	
8.4 zones agricoles hétérogènes		
Stabilisation du littoral, atténuation de la force des vents et des vagues	1.1 zones intertidales	- Régulation de l'érosion - Régulation des risques naturels (tempêtes, inondations)
	2. habitats côtiers	
	9.4 marais salants	
Compensation des précipitations et des variations de niveaux, capacité d'absorption des crues	2.2 lagunes, 2.3 estuaires, 2.4 marais maritimes	-Régulation de l'eau -Régulation des risques naturels (inondations)
	9.4 marais salants	
	3. surfaces en eau douce continentales	
	4. zones humides	
	8.2 rizières	
	6. bois et forêts	
Stockage d'eau douce, recharge des nappes souterraines	3. surfaces en eau douce continentales	Régulation de l'eau
	4. zones humides	
	5.1 prairies denses, 5.2 pelouses et pâturages naturels	
	6. bois et forêts	
Atténuation des variations climatiques	2.4 larais maritimes	Régulation du climat local
	4. zones humides	
	3.1 surface d'eau stagnante	
	6. bois et forêts	
	9.1 espaces verts parcs, 9.2 équipements sports et loisirs	
Processus de sédimentation, cycle de la matière, nutriments, fertilité des sols	1. habitats marins	Régulation des sols
	2.2 lagunes, 2.3 estuaires, 2.4 marais maritimes	

	3. surfaces en eau douce continentales	
	4. zones humides	
	5.1 prairies denses	
	6. bois et forêts	
	8. territoires agricoles cultivés	
Pollinisation	4. zones humides	Pollinisation
	6. bois et forêts	
	5.1 prairies denses, 5.2 pelouses et pâturages naturels	
Limitation de l'érosion par la présence d'une couverture végétale et les caractéristiques des sols	5. prairies, végétation arbustive ou herbacée	Régulation de l'érosion
	6. bois et forêts	
	8.1 terres arables, 8.3 cultures permanentes, 8.4 zones agricoles hétérogènes	
Piégeage des particules polluantes de l'air	6. bois et forêts	Régulation de la qualité de l'air
	9.1 espaces verts parcs, 9.2 équipements sports et loisirs	
Contrôle biologique	4. zones humides	Contrôle biologique
	6. bois et forêts	
	8. territoires agricoles cultivés	

Annexe 6c : Détermination des fonctions écologiques à l'origine des services écosystémiques – proposition à l'issue de la réunion du 05/09/2007

FONCTIONS ECOLOGIQUES	SERVICES ECOSYSTEMIQUES
Echanges gazeux végétation-atmosphère	- Régulation du climat global - Purification et maintien de la qualité de l'air
Autoépuration de l'eau	- Purification de l'eau
Piégeage des particules	- Purification et maintien de la qualité de l'eau - Purification et maintien de la qualité de l'air
Transports solides	- Régulation de l'érosion des sols - Maîtrise du trait de côte et des réseaux hydrographiques
Résistance de la végétation aux tempêtes	- Régulation des risques de tempêtes
Résistance de la végétation aux feux	- Régulation des risques d'incendies
Dynamique des avalanches	- Régulation des risques d'avalanche
Rétention de l'eau dans les sols et les sédiments	- Régulation des cycles hydrologiques - Régulation des risques d'inondations - Régulation de l'érosion des sols
Interception des précipitations par la végétation	- Régulation des cycles hydrologiques - Régulation des risques d'inondations - Régulation de l'érosion des sols
Evapotranspiration	- Régulation des cycles hydrologiques - Régulation du climat local/mésoclimat
Ecoulements d'eau : des cours d'eau, de surface et de sub-surface, de profondeur	-Régulation du climat local/mésoclimat - Régulation des cycles hydrologiques - Régulation des maladies - Purification de l'eau
Effet albédo	- Régulation du climat local/mésoclimat
Approvisionnement des sols et des sédiments en matière organique	- Maintien des qualités des sols et sédiments - Recyclage des déchets organiques - Régulation du climat global

Décomposition de la matière organique dans les sols	<ul style="list-style-type: none"> - Maintien des qualités des sols et sédiments - Recyclage des déchets organiques - Régulation du climat global
Recyclage des éléments nutritifs dans les sols	<ul style="list-style-type: none"> - Maintien des qualités des sols et sédiments - Recyclage des déchets organiques - Régulation du climat global
Formation de la structure des sols, sédimentation	<ul style="list-style-type: none"> - Maintien des qualités des sols et sédiments - Régulation de l'érosion des sols - Maîtrise du trait de côte et des réseaux hydrographiques - Régulation des risques de glissements de terrain
Transferts de pollen	<ul style="list-style-type: none"> - Conservation de la diversité spécifique et génétique - Pollinisation - Régulation de la qualité de l'air
Interactions trophiques (intra/inter spécifiques)	<ul style="list-style-type: none"> - Régulation des maladies - Contrôle biologique, régulation des parasites
Habitat pour la reproduction des espèces (exigeantes)	<ul style="list-style-type: none"> - Conservation de la diversité spécifique et génétique

Annexe 6d : Détermination des fonctions écologiques à l'origine des services écosystémiques – proposition à l'issue de la réunion du 26/11/2007 (simplification)

FONCTIONS ECOLOGIQUES	SERVICES ECOSYSTEMIQUES
Echanges gazeux végétation-atmosphère	- Régulation du climat global - Régulation du climat local - Purification et maintien de la qualité de l'air
Autoépuration de l'eau	- Purification et maintien de la qualité de l'eau
Piégeage des particules	- Purification et maintien de la qualité de l'eau - Purification et maintien de la qualité de l'air
Transports solides	- Régulation de l'érosion des sols - Maîtrise du trait de côte et des réseaux hydrographiques
Résistance de la végétation aux	Tempêtes - Régulation des risques de tempêtes
	Feux - Régulation des risques d'incendies
Rétention de l'eau dans les sols et les sédiments	- Régulation des cycles hydrologiques - Régulation des risques d'inondations - Régulation des risques d'avalanches - Régulation de l'érosion des sols
Ecoulements d'eau : des cours d'eau, de surface et de sub-surface, de profondeur	-Régulation du climat local/mésoclimat - Régulation des cycles hydrologiques - Régulation des maladies - Purification et maintien de la qualité de l'eau
Effet albédo/réflexion	- Régulation du climat local/mésoclimat
Approvisionnement des sols et des sédiments en matière organique	- Maintien des qualités des sols et sédiments - Régulation du climat global
Décomposition de la matière organique dans les sols, recyclage des éléments nutritifs dans les sols	- Maintien des qualités des sols et sédiments - Recyclage des déchets organiques - Régulation du climat global
Formation de la structure des sols, sédimentation	- Maintien des qualités des sols et sédiments - Régulation de l'érosion des sols - Maîtrise du trait de côte et des réseaux hydrographiques - Régulation des risques de glissements de terrain
Transferts de pollen	- Conservation de la diversité spécifique et génétique - Pollinisation
Interactions biotiques : prédation-parasitisme-compétition	- Régulation des maladies - Contrôle biologique, régulation des parasites - Conservation de la diversité génétique et spécifique
Habitat/biotope	- Conservation de la diversité spécifique et génétique



Annexe 7 : Description des fonctions écologiques et identification des facteurs déterminants

FONCTIONS ECOLOGIQUES	SERVICES ECOSYSTEMIQUES	DESCRIPTION DES PROCESSUS BIOLOGIQUES	FACTEURS DETERMINANTS DES PROCESSUS BIOLOGIQUES
Echanges gazeux	<ul style="list-style-type: none"> - Régulation du climat global - Régulation du climat local - Purification et maintien de la qualité de l'air 	<ul style="list-style-type: none"> - Échanges gazeux liés à la photosynthèse, la transpiration et à la respiration de la végétation, au niveau des stomates foliaires 	<ul style="list-style-type: none"> - Végétation (plantes continentales, océaniques, algues, phytoplancton)
Autoépuration de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> - Purification et maintien de la qualité de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> - Processus biologiques et chimiques d'élimination des substances présentes dans l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> - Microorganismes : dégradation métabolique jusqu'à la minéralisation
			<ul style="list-style-type: none"> - Végétation : absorption des nutriments, stimulation de l'activité des microorganismes - Sols : filtration de l'eau
Piégeage des particules	<ul style="list-style-type: none"> - Purification et maintien de la qualité de l'eau - Purification et maintien de la qualité de l'air 	<ul style="list-style-type: none"> - Filtration naturelle des particules en suspension dans l'air et dans l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> - Végétation, en particulier le feuillage : surface de récupération des particules, contribution aux dépôts par limitation des vitesses des vents et de l'eau
			<ul style="list-style-type: none"> - Sédiments : adsorption des particules
			<ul style="list-style-type: none"> - Invertébrés aquatiques
Transports solides	<ul style="list-style-type: none"> - Régulation de l'érosion des sols - Maîtrise du trait de côte et des réseaux hydrographiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Transports de matières solides, sédiments, érosion par l'eau (cours d'eau, courants marins, ruissellement) ou le vent, en suspension ou par charriage 	<ul style="list-style-type: none"> - Végétation : limitation des pertes de matière par stabilisation des sols, diminution de la force des vents et de la vitesse d'écoulement des eaux, contribution à l'infiltration de l'eau dans les sols
			<ul style="list-style-type: none"> - Etat des sols et stabilité structurale des sols : conditionnent les pertes de matière

				<ul style="list-style-type: none"> - Organismes bioturbateurs : modification de la structure des sols - Energie cinétique des cours d'eau
Structure des sols, structure et diversité des couverts végétaux pour une atténuation des conséquences des évènements climatiques exceptionnels (tempêtes, feux, avalanches)	Tempêtes	<ul style="list-style-type: none"> - Régulation des risques de tempêtes 	<ul style="list-style-type: none"> - Réponse de la végétation aux forces des vents 	<ul style="list-style-type: none"> - Taille et structure de la végétation : propriétés de résistance - Système racinaire : qualité de l'ancrage - Structure des sols, teneur en eau : risques de déracinements
	Feux	<ul style="list-style-type: none"> - Régulation des risques d'incendies 	<ul style="list-style-type: none"> - Réponse de la végétation aux feux 	<ul style="list-style-type: none"> - Horizons organiques des sols et végétation : matériaux combustibles - Taux d'humidité, taille structure de la végétation : allumage et propagation des feux
	Avalanches	<ul style="list-style-type: none"> - Régulation des risques d'avalanches 	<ul style="list-style-type: none"> - Réponse de la végétation aux avalanches 	<ul style="list-style-type: none"> - Taux d'humidité, température, structure du sol sous le couvert neigeux et structure et âge du couvert neigeux
Rétention de l'eau dans les sols et les sédiments		<ul style="list-style-type: none"> - Régulation des cycles hydrologiques - Régulation des risques d'inondations - Régulation des risques d'avalanches - Régulation de l'érosion des sols 	<ul style="list-style-type: none"> - Maintien, stagnation de l'eau infiltrée dans les différents horizons des sols, et transfert de l'eau dans les nappes souterraines - Dynamique des masses de neige - Interception naturelle des précipitations sur la surface constituée par les végétaux, écoulement des précipitations le long des troncs 	<ul style="list-style-type: none"> - Caractéristiques des sols, texture : propriétés hydriques et stabilité structurale - Végétation, notamment le système racinaire : contribution à l'infiltration de l'eau dans les sols. Le feuillage constitue la surface de récupération des précipitations. - Animaux bioturbateurs : modification de la structure et la porosité des sols.

Ecoulements d'eau: des cours d'eau, de surface et de sous-surface, de profondeur	-Régulation du climat local/mésoclimat	- Ecoulements de surface : cours d'eau et ruissellement	- Morphologie des cours d'eau, vitesses des courants, débits
	- Régulation des cycles hydrologiques - Régulation des maladies - Purification de l'eau	- Ecoulement de sous-surface : écoulement latéral dans les couches superficielles des sols - Ecoulements de profondeur : au niveau des nappes souterraines	- Caractéristiques des sols, structure, texture : conditions favorables à l'infiltration, au ruissellement.
Effet albédo/reflexion	-Régulation du climat local/mésoclimat	- Proportion d'énergie solaire réfléchi, par rapport à l'énergie solaire arrivant sur une surface	- Caractéristiques des milieux : capacité d'absorption ou de réflexion de la lumière
Approvisionnement des sols et des sédiments en matière organique	- Maintien des qualités des sols et sédiments - Régulation du climat global	- Approvisionnement en matière organique : restitution de la biomasse au sol	- Résidus végétaux : formation de la litière
Décomposition de la matière organique dans les sols, recyclage des éléments nutritifs dans les sols	- Maintien des qualités des sols et sédiments - Recyclage des déchets organiques - Régulation du climat global	- Dégradation de la matière organique (résidus végétaux) jusqu'à sa minéralisation - Processus de transformation des produits issus de la minéralisation de la matière organique : nitrification, dénitrification, etc.	- Microorganismes décomposeurs et faune du sol : processus de dégradation métabolique de la matière organique jusqu'à sa minéralisation
Formation de la structure des sols, sédimentation	- Maintien des qualités des sols et sédiments - Régulation de l'érosion des sols - Maîtrise du trait de côte et des réseaux hydrographiques	- Processus de formation et d'agencement des particules minérales et organiques - Processus de sédimentation	- Végétation, microorganismes et faune du sol : contrôle des concentrations en éléments de la solution du sol, modification de la structure des sols
	- Régulation des risques		- Caractéristiques des sols
Transferts de pollen	- Conservation de la diversité spécifique et génétique - Pollinisation	- Transfert de pollen d'une plante à une autre	- Insectes pollinisateurs : récolte et transfèrent du pollen d'une plante à l'autre - Abondance/ proportion des plantes anémochore, zoochore, etc.

<p>Interactions biotiques: prédation-parasitisme-compétition</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Régulation des maladies - Contrôle biologique, régulation des parasites - Conservation de la diversité génétique et spécifique 	<ul style="list-style-type: none"> - Flux de matière et d'énergie dans les réseaux trophiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Espèces insectivores : limitation de la prolifération des insectes - Prédateurs des parasites et des espèces véhiculant des maladies
<p>Habitat/biotope</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Conservation de la diversité spécifique et génétique 	<ul style="list-style-type: none"> - Fourniture des conditions favorables pour le maintien des espèces et des interactions interspécifiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence de l'habitat sur une surface suffisante - Fragmentation de l'habitat considéré - Connectivité de ces habitats

Annexe 8 : Pistes pour la détermination des indicateurs et des indices de mesure de ces indicateurs

FONCTIONS ECOLOGIQUES	SERVICES ECOSYSTEMIQUES	DESCRIPTION DES PROCESSUS BIOLOGIQUES	FACTEURS DETERMINANTS DES PROCESSUS BIOLOGIQUES	PROPOSITION D'INDICATEURS DES FONCTIONS ECOLOGIQUES	INDICES DE MESURE	COMMENTAIRES ET DONNEES
Echanges gazeux	- Régulation du climat global -Régulation du climat local - Purification et maintien de la qualité de l'air	- Echange gazeux liés à la photosynthèse, la transpiration et à la respiration de la végétation, au niveau des stomates foliaires	- Végétation (plantes continentales, océaniques, algues, phytoplancton)	- Densité de la végétation, biomasse	- Indice de végétation NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	- Indice non utilisable pour les milieux aquatiques - Données ponctuelles sur la végétation des milieux aquatiques (Directive Cadre sur l'Eau)
				- Production primaire		
				- Abondance en phytoplancton		- Données à large échelle pour le phytoplancton marin
Autoépuration de l'eau	- Purification et maintien de la qualité de l'eau	- Processus biologiques et chimiques d'élimination des substances présentes dans l'eau	- Microorganismes : dégradation métabolique jusqu'à la minéralisation	- Diversité et abondance en microorganismes, invertébrés (eau et sols)	- Indice biologique général normalisé (IBGN) - Indice biologique diatomées - Indice poisson - Indice biologique de la qualité des sols (IBQS)	- Indice global de qualité : données à extraire de ces indices généraux? - Données ponctuelles (Directive Cadre sur l'Eau)

			- Végétation : absorption des nutriments, stimulation de l'activité des microorganismes	- Densité de la végétation	- Indice biologique macrophyte rivière	- Problème d'interprétation en cas de prolifération due à l'eutrophisation - Données ponctuelles sur la végétation des milieux aquatiques (Directive Cadre sur l'Eau)
				- Diversité végétale		
			- Sols : filtration de l'eau	- Structure du sol		Données GIS-SOL (indiquasol, Donesol)
Piégeage des particules	- Purification et maintien de la qualité de l'eau - Purification et maintien de la qualité de l'air	- Filtration naturelle des particules en suspension dans l'air et dans l'eau	- Végétation, en particulier le feuillage : surface de récupération des particules, contribution aux dépôts par limitation des vitesses des vents et de l'eau	- Densité de la végétation, densité du feuillage	- Indice foliaire, indice de végétation NDVI - Proportion feuillus/résineux	- Inventaire Forestier National
			- Sédiments : adsorption des particules	- Taux de sédimentation		
			- Invertébrés aquatiques	- Diversité et abondance en invertébrés aquatiques	- IBGN	- Indice global de qualité : données à extraire de cet indice général? - Données ponctuelles (Directive Cadre sur l'Eau)

Transports solides		- Régulation de l'érosion des sols - Maîtrise du trait de côte et des réseaux hydrographiques	- Transports de matières solides, sédiments, érosion par l'eau (cours d'eau, courants marins, ruissellement) ou le vent, en suspension ou par charriage	- Végétation : limitation des pertes de matière par stabilisation des sols, diminution de la force des vents et de la vitesse d'écoulement des eaux, contribution à l'infiltration de l'eau dans les sols	- Densité de la Végétation	- Indice de végétation NDVI	- Indice non utilisable pour les milieux aquatiques. Données ponctuelles sur la végétation des milieux aquatiques (Directive Cadre sur l'Eau)
				- Etat des sols et stabilité structurale des sols: conditionnent les pertes de matière	- Etat de surface des sols - Structure et stabilité structurale des sols		- Données GIS-SOL (indiquasol, Donesol)
				- Organismes bioturbateurs : modification de la structure des sols	- Diversité et abondance en microorganismes bioturbateurs	IBQS	- Indice global de qualité : données à extraire de cet indice général?
				-Énergie cinétique des cours d'eau	- Débits solides - Quantité de particules transportées - Vitesse d'écoulement des cours d'eau		
Structure des sols, structure et diversité des couverts végétaux pour une atténuation des conséquences	Tempêtes	- Régulation des risques de tempêtes	- Réponse de la végétation aux forces des vents	- Taille et structure de la végétation : propriétés de résistance			
				- Système racinaire : qualité de l'ancrage			- Il est complexe d'obtenir des données directement sur le système racinaire. Possibilité d'avoir les types racinaires par essence végétale

				- Structure des sols, teneur en eau : risques de déracinements			Données GIS-SOL (indiquasol, Donesol)
	Feux	- Régulation des risques d'incendies	- Réponse de la végétation aux feux	- Horizons organiques des sols et végétation : matériaux combustibles			
	Avalanches	- Régulation des risques d'avalanches	- Réponse de la végétation aux avalanches	- Taux d'humidité, taille et structure de la végétation : allumage et propagation des feux			
Rétention de l'eau dans les sols et les sédiments		- Régulation des cycles hydrologiques - Régulation des risques d'inondations	- Maintien, stagnation de l'eau infiltrée dans les différents horizons des sols, et transfert de l'eau dans les nappes souterraines	- Caractéristiques des sols, texture : propriétés hydriques et stabilité structurale	- Propriétés hydriques des sols et des sédiments - Structure et stabilité structurale des sols		Données GIS-SOL (indiquasol, Donesol)
		- Régulation des risques d'avalanches - Régulation de l'érosion des sols	- Dynamique des masses de neige - Interception naturelle des précipitations sur la surface constituée par les végétaux, écoulement des précipitations le long des troncs	- Végétation, notamment le système racinaire : contribution à l'infiltration de l'eau dans les sols. le feuillage constitue la surface de récupération des précipitations	- Densité de la végétation - Densité du feuillage - Diversité végétale, type de végétation	- Indice foliaire, LAI - indice de végétation NDVI	- Indice non utilisable pour les milieux aquatiques - Données ponctuelles sur la végétation des milieux aquatiques (DCE)
				- Animaux bioturbateurs : modification de la Structure et la porosité des sols	- Abondance et diversité des animaux bioturbateurs	- IBQS	- Indice global de qualité : données à extraire de cet indice général?

Ecoulements d'eau: des cours d'eau, de surface et de sub-surface, de profondeur	<ul style="list-style-type: none"> - Régulation du climat local/mésoclimat - Régulation des cycles hydrologiques - Régulation des maladies - Purification de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> - Ecoulements de surface : cours d'eau et ruissellement - Ecoulement de sub-surface : écoulement latéral dans les couches superficielles des sols - Ecoulements de profondeur : au niveau des nappes souterraines 	<ul style="list-style-type: none"> - Morphologie des cours d'eau, vitesses des courants, débits - Caractéristiques des sols, structure, texture: conditions favorables à l'infiltration, au ruissellement, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Débits - Stabilité structurale des sols - Structure des sols 		<ul style="list-style-type: none"> - Système d'évaluation de la qualité physique des cours d'eau (Directive Cadre sur l'eau) - Données GIS-SOL (indiquasol, Donesol)
Effet albédo/reflexion	<ul style="list-style-type: none"> -Régulation du climat local/mésoclimat 	<ul style="list-style-type: none"> - Proportion d'énergie solaire réfléchi, par rapport à l'énergie solaire arrivant sur une surface 	<ul style="list-style-type: none"> - Caractéristiques des milieux : capacité d'absorption ou de réflexion de la lumière 	<ul style="list-style-type: none"> - Recouvrement de la couverture végétale 		<ul style="list-style-type: none"> - Indice différencié selon les grandes classes d'habitats, à une échelle macro
Approvisionnement des sols et des sédiments en matière organique	<ul style="list-style-type: none"> - Maintien des qualités des sols et sédiments - Régulation du climat global 	<ul style="list-style-type: none"> - Approvisionnement en matière organique : restitution de la biomasse au sol 	<ul style="list-style-type: none"> - Résidus végétaux : formation de la litière 	<ul style="list-style-type: none"> - Biomasse végétale, densité de la végétation 		<ul style="list-style-type: none"> - Il faudrait pouvoir tenir compte des quantités de végétation exportée/ prélevées en cas d'exploitation - Tenir compte de la qualité de la végétation ?
Décomposition de la matière organique dans les sols, recyclage des éléments nutritifs dans les sols	<ul style="list-style-type: none"> - Maintien des qualités des sols et sédiments - Recyclage des déchets organiques -Régulation du climat global 	<ul style="list-style-type: none"> - Dégradation de la matière organique (résidus végétaux) jusqu'à sa minéralisation - Processus de transformation des produits issus de la minéralisation de la matière organique : nitrification 	<ul style="list-style-type: none"> - Microorganismes décomposeurs et faune du sol : processus de dégradation métabolique de la matière organique jusqu'à sa minéralisation 	<ul style="list-style-type: none"> - Diversité et abondance en microorganismes et faune du sol et des sédiments - Types d'humus - Qualité de la matière organique 	<ul style="list-style-type: none"> - Indice Biotique Qualité Sols 	<ul style="list-style-type: none"> - Indice global de qualité : données à extraire de cet indice général? -projet de référentiel européen pour les types d'humus

Formation de la structure des sols, sédimentation	<ul style="list-style-type: none"> - Maintien des qualités des sols et sédiments - Régulation de l'érosion des sols - Maîtrise du trait de côte et des réseaux hydrographiques - Régulation des risques de 	<ul style="list-style-type: none"> - Processus de formation et d'agencement des particules minérales et organiques - Processus de sédimentation 	<ul style="list-style-type: none"> - Végétation, microorganismes et faune du sol : contrôle des concentrations en éléments de la solution du sol, modification de la structure des sols - Caractéristiques des sols 	<ul style="list-style-type: none"> - Densité et Diversité de la Végétation - Diversité et abondance en microorganismes et faune du sol et des sédiments - Taux de sédimentation - Structure des sols 	<ul style="list-style-type: none"> - Indice Biotique Qualité Sols 	<ul style="list-style-type: none"> - Indice global de qualité : données à extraire de cet indice général? - Données GIS-SOL (indiquasol, Donesol)
	Transferts de pollen	<ul style="list-style-type: none"> - Conservation de la diversité spécifique et génétique - Pollinisation 	<ul style="list-style-type: none"> - Transfert de pollen d'une plante à une autre 	<ul style="list-style-type: none"> - Insectes pollinisateurs : récolte et transfèrent du pollen d'une plante à l'autre - Diversité des systèmes de transfert de pollen/ de graine 	<ul style="list-style-type: none"> - Diversité et abondance en pollinisateurs : hyménoptères, lépidoptères, diptères, coléoptères 	
Interactions biotiques : prédation-parasitisme-compétition	<ul style="list-style-type: none"> - Régulation des maladies - Contrôle biologique, régulation des parasites - Conservation de la diversité génétique et spécifique 	<ul style="list-style-type: none"> - Flux de matière et d'énergie dans les réseaux trophiques - Complémentarité fonctionnelle des communautés 	<ul style="list-style-type: none"> - Espèces insectivores : limitation de la prolifération des insectes - Prédateurs des parasites et des espèces véhiculant des maladies - Structure et composition des communautés pour différents taxons 	<ul style="list-style-type: none"> - Diversité et abondance en nématodes, arthropodes prédateurs et insectes parasitoïdes - Diversité et abondance en oiseaux, batraciens, reptiles, petits mammifères insectivores 	<ul style="list-style-type: none"> - CSI (Community specialisation Index) - MTI (Marine Trophique Index) - TTI (Terrestrial trophic Index) 	<ul style="list-style-type: none"> - Données STOC : oiseaux insectivores - Données des observatoires de biodiversité ? - Dimension spatiale?

Habitat/ biotope	- Conservation de la diversité spécifique et génétique	- Fourniture des conditions favorables pour le maintien des espèces et des interactions interspécifiques	- Présence de l'habitat sur une surface suffisante - Fragmentation - Connectivité	- Surfaces d'habitat favorable - Abondances et diversité de groupes fonctionnels, espèces parapluie - Connectivité, fragmentation		- Données Natura 2000, espèces rares, emblématiques mais considérer AUSSI les espèces « communes »
-----------------------------	--------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------

Commissariat général au développement durable

Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable

Tour Voltaire

92055 La Défense cedex

Tél : 01.40.81.21.22

Retrouver cette publication sur le site :

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/developpement-durable/>

Résumé

La présente étude met en évidence la relation entre la biodiversité, les fonctions écologiques et les services rendus par les écosystèmes.

Elle a, pour cela, porté sur trois axes :

- L'identification et la description de fonctions écologiques en lien avec les services de régulation et de support ;
- L'élaboration d'une typologie des milieux en France, permettant d'appréhender les fonctions écologiques ;
- L'élaboration de pistes pour des indicateurs de fonctions écologiques.

Ces éléments pourront servir à la mise en place de systèmes d'évaluation des milieux tenant compte des fonctions écologiques, par exemple dans le cadre de programmes de conservation, d'aménagement, ou encore dans l'élaboration de systèmes de comptabilité.

Cette démarche reste à développer, pour aboutir à un système de quantification basé sur des indicateurs pertinents et mesurables. Ceux-ci pourront être testés sur des cas pilotes, selon différents milieux et échelles d'intervention.



Dépôt légal : Mai 2010
ISSN : 2102 - 4723