

Collection « Études et synthèses »

# Projet d'évaluation des fonctions écologiques des milieux en France





## SOMMAIRE

### I- INTRODUCTION

- . Biodiversité : quelle place dans ce projet ?
- . Écosystèmes, fonctions écologiques, services écologiques et bénéfiques

### OBJECTIFS DU PROJET

- . Objectifs pour une quantification des fonctions écologiques
- . Démarche globale

### II- ÉLABORATION DE LA TYPOLOGIE DES MILIEUX

- . Contraintes et détails de la démarche
- . Pertinence de la typologie des milieux pour le projet

### III- DÉTERMINATION DES FONCTIONS

#### ÉCOLOGIQUES POUR L'ÉVALUATION

- . Bilan du travail bibliographique et de concertation avec les experts
- . L'identification des fonctions écologiques à partir des services
- . Des relations non bijectives entre milieux, fonctions et services écologiques
- . La place des espèces dans le recensement des fonctions écologiques

#### - INDICATEURS DES FONCTIONS ÉCOLOGIQUES

- . Description des processus biologiques en jeu dans les fonctions écologiques
- . Limites de la proposition des indicateurs
- . Aperçu des données disponibles

### IV- CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES POUR UNE APPLICATION

- . La typologie des milieux : une base cohérente à affiner
- . Vers un système d'évaluation des fonctions écologiques
- . Surfaces, dimension spatiale et paysagère : à prendre en compte dans le système d'évaluation
- . L'intégration des fonctions écologiques dans les programmes de conservation
- . Des fonctions écologiques aux services écologiques
- . Des valeurs seuil des fonctions écologiques pour la production des services ?

### REFERENCES

### ANNEXES

## RÉSUMÉ

*Le maintien durable des écosystèmes et des services écologiques est un enjeu actuel au cœur des stratégies pour la conservation de la biodiversité. Afin d'assurer le maintien des services écologiques pour les sociétés humaines, il apparaît nécessaire d'évaluer les processus à l'origine de leur production.*

*L'étude des fonctions écologiques est particulièrement appropriée car elles sont au cœur de la relation entre la biodiversité des écosystèmes et la production de services pour les humains. Elles sont aussi étroitement liées à la résilience des écosystèmes, qui traduit un état favorable à la production des services.*

*Le projet d'évaluation des fonctions écologiques permet de répondre à des besoins spécifiques, en identifiant les critères et les modalités pour une quantification des fonctions écologiques, à l'échelle nationale ou régionale. Il apporte des éléments concrets pour la mise en place de système d'évaluation et d'équivalence des milieux en tenant compte des fonctions écologiques, pour une compensation des dommages causés à la biodiversité*

*La première phase de ce projet a permis de progresser sur trois axes importants :*

- *L'identification et le recensement des fonctions et services écologiques à prendre en compte dans le cadre d'une évaluation*
- *L'élaboration d'une typologie des milieux français, permettant d'appréhender les fonctions écologiques*
- *La recherche d'indicateurs pertinents pour une quantification des fonctions écologiques*

*Le projet reste à développer pour aboutir à une proposition d'indicateurs pertinents et fonctionnels pour un système d'évaluation des fonctions écologiques. Ce système d'évaluation permettra de disposer d'un bilan de l'état des fonctions écologiques, et d'observer l'évolution et les modifications des capacités des milieux à assurer les fonctions et les services écologiques.*

## I – INTRODUCTION

L'Évaluation des Écosystèmes pour le Millénaire (MEA) réalisée entre 2001 et 2005, met en évidence le rôle important de la diversité biologique dans la production de la plupart des biens et services environnementaux perçus par les sociétés humaines. Le MEA évalue environ 31 services issus de la diversité biologique, qui ont été classés en quatre catégories (services d'approvisionnement, services de support, services de régulation, services liés à la culture ou relevant des valeurs spirituelles, sociales et esthétiques).

L'hypothèse implicite de cette approche est que tout changement dans l'état de la biodiversité entraîne un changement dans l'aptitude des écosystèmes à assurer le bien-être social. Notamment, le MEA démontre que les activités humaines affectent la diversité biologique des écosystèmes, qui face à ces perturbations sont alors dans l'incapacité de fournir des services écologiques profitables à l'homme. En d'autres termes, ce sont les caractéristiques fonctionnelles de la biodiversité qui sont responsables en partie de l'approvisionnement des services écologiques fournis aux sociétés humaines. Plus précisément, la diversité biologique joue un rôle dans le maintien des fonctions écologiques, essentielles pour la production des services écologiques.

Ainsi, pour maintenir les services écologiques, il est nécessaire soit de réduire les facteurs qui sont à l'origine des changements dans les écosystèmes soit de maintenir leur niveau de résilience, cette dernière étant étroitement liée aux fonctions écologiques.

En termes de politiques publiques, on voit donc bien l'intérêt de porter une attention accrue aux fonctions écologiques des écosystèmes car elles sont au cœur de la relation entre la biodiversité et les services écologiques. Elles constituent un élément essentiel du système englobant la diversité biologique (état) et les services écologiques (flux) fournis à la société humaine pour son bien-être social. La prise en compte des fonctions écologiques peut ouvrir le champ des possibilités en matière de choix de politiques et des outils associés visant une meilleure approche de la conservation et de l'utilisation durable de la diversité biologique.

Peut-on identifier des mesures de politique visant le maintien des fonctions écologiques responsables de la production des services essentiels aux sociétés humaines ? Peut-on identifier l'échelle d'intervention la plus pertinente pour s'assurer de l'approvisionnement des services écologiques ?

Face à des arbitrages entre développement et conservation, une valorisation et une comptabilisation des fonctions écologiques permettraient de préserver ce capital naturel essentiel pour assurer le flux des services écologiques tout en répondant aux besoins des sociétés humaines.

De cette manière le projet sur « l'évaluation de fonctions écologiques des milieux français » permettra de répondre à des besoins spécifiques :

- Quels sont les critères et les modalités pour une comptabilité nationale ou régionale de la diversité biologique et les fonctions écologiques associées ?
- Quels sont les critères les plus pertinents pour valoriser ces fonctions écologiques ?

- Quels sont les critères essentiels qui caractérisent les fonctions écologiques, permettant de construire une grille d'évaluation de l'état des écosystèmes intégrant les fonctions écologiques (évaluation de l'aspect fonctionnel des écosystèmes), notamment en vue des évaluations d'impact des projets d'infrastructure et d'aménagement ?

Cette proposition nécessite de clarifier plusieurs points:

- Comment la biodiversité s'intègre-t-elle à cette évaluation?
- Quelles sont les bases de la démarche du projet?
- Pourquoi orienter le choix vers l'évaluation des fonctions écologiques?

## 1. Biodiversité : quelle place dans ce projet ?

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

En effet, la perte d'un groupe fonctionnel d'espèces modifie les performances de l'écosystème, la réalisation des fonctions écologiques et des services écologiques.

Plus précisément, 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 totale

(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 ).

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 les espèces se substituent entre elles, mais sur le long terme, elle est fondamentale car elle assure une stabilité à l'écosystème.

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 ainsi perdue (Loreau, 2000 ; Muradian, 2001 ; Hooper et al., 2004 ; Walker and Pearson, 2007).

La biodiversité est donc un aspect essentiel de ce projet, qui doit nécessairement apparaître dans l'évaluation des fonctions écologiques, car

### **Biodiversité et fonctions écologiques**

- o La biodiversité augmente la capacité des écosystèmes à réaliser différentes fonctions écologiques
- o En cas de perte d'espèces, la biodiversité assure la compensation entre espèces ayant les mêmes fonctions

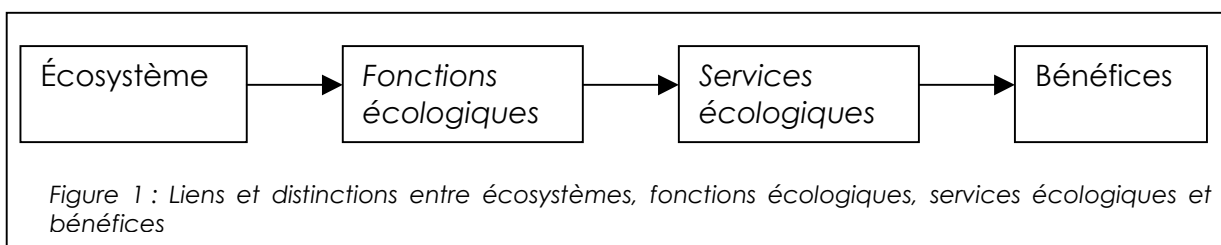
elle constitue un des éléments qui caractérisent et conditionnent la réalisation des fonctions écologiques.

Soulignons que dans le cadre de la mise en place d'outil de gestion ou de politique pour le maintien et la valorisation des fonctions écologiques, les facteurs biotiques sont de plus des facteurs sur lesquels l'homme peut agir, et avoir un effet.

## 2. Ecosystèmes, fonctions écologiques, services écologiques et bénéfiques

### 1. De l'écosystème aux bénéfiques

Le projet se base sur un schéma (figure 1) qui distingue l'écosystème, les fonctions écologiques, les services écologiques, et les bénéfiques. L'écosystème, se caractérise par la flore et la faune qui la composent, ainsi que leur environnement physique. Ce sont ces caractéristiques biotiques et abiotiques qui assurent la réalisation des fonctions écologiques.



Ces fonctions écologiques sont à l'origine des services écologiques, dont l'homme peut tirer des bénéfiques directs ou indirects, des biens produits, utilisés et consommés par l'homme, et ayant une valeur économique et/ou sociale pour les sociétés humaines (Costanza et al., 1997 ; Benzhaf and Boyd, 2005 ; Wallace, 2007).

### 2. Fonctions et services écologiques : deux notions distinctes

Les concepts de fonctions écologiques et de services écologiques sont parfois flous et font l'objet d'interprétations contradictoires: précisons donc pour ce projet la distinction faite.

#### **Fonctions et services écologiques :**

- o *Fonctions écologiques : processus biologiques de fonctionnement et de maintien des écosystèmes*

**≠**

- o *Les services écologiques : processus biologiques dont l'homme peut tirer profit, favorables au maintien des activités humaines*

Dans la bibliographie, les services écologiques sont définis comme "les bénéfiques que les humains peuvent tirer des écosystèmes" (Millenium Ecosystem assessment, 2005), comme les "composants de la nature, directement appréciés, consommés ou utilisés pour assurer le bien être humain" (Boyd and Banzhaf, 2007) ou encore comme, "les conditions et les processus selon lesquels les écosystèmes et les espèces qui les composent maintiennent et assurent la vie humaine" (Tallis and Kareiva, 2006 ).

Les fonctions écologiques font quant à elles plutôt référence aux caractéristiques internes de fonctionnement des écosystèmes (De Groot et al., 2002).

Ainsi, les fonctions écologiques se définissent comme les processus biologiques de fonctionnement et de maintien de l'écosystème, et les services écologiques comme les processus biologiques dont l'homme peut tirer profit (Costanza et al., 1997)

De façon générale, nous retiendrons que les fonctions écologiques diffèrent des services écologiques par le fait qu'elles ne sont pas directement liées à l'homme. Les fonctions écologiques traduisent l'ensemble des processus essentiels au fonctionnement et au maintien de l'écosystème. Dès que l'on est dans une vision plus anthropocentrée, on fait référence aux services écologiques, essentiels au maintien des activités humaines.

### 3. Pourquoi une évaluation des fonctions écologiques ?

Plusieurs initiatives nationales et européennes ont d'ores et déjà été mises en place pour l'évaluation des services écosystémiques. Cependant, si de nombreuses études se sont penchées sur les services écologiques proprement dits, il existe un réel manque de connaissances en amont, sur ce qui détermine la production ou non de ces services écologiques.

Dans le cadre de ce projet, une approche selon la notion de résilience permet d'appréhender les écosystèmes selon leur capacité à :

- se maintenir dans un état favorable à la production de services écologiques
- faire face à des perturbations, et limiter ainsi les risques de changement d'état vers un état "défavorable", assurant une production moins forte de services écologiques. (Walker et al., 2004; Walker, 2005).

La définition de cette notion de résilience est controversée. Cependant, ce projet n'a pas pour vocation d'en aborder tous les aspects, mais de se baser sur une définition (qui n'est pas la seule proposée et retenue), qui est la suivante:

#### **Résilience des écosystèmes :**

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

« 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 »  
(Walker et al., 2004; Walker and Pearson, 2007).

Selon ces considérations, l'approche par la notion de résilience explique le choix de l'évaluation des fonctions écologiques, car ce sont les éléments clé qui assurent la résilience de l'écosystème et le maintien de ses services écologiques  
(Peterson et al., 1998 ; Carpenter et al., 2001; De Groot et al., 2002).

**Le choix des fonctions écologiques :**

- o Une amélioration des connaissances en amont des services écologiques : une évaluation des processus à l'origine de la production de services écologiques
- o Intégration des données de biodiversité
- o Les éléments clef assurant la résilience de l'écosystème, et donc le maintien de ses services écologiques
- o Vers une action ciblée sur les facteurs qui conditionnent la production des services écologiques

Dans ce projet, nous nous intéressons aux fonctions écologiques, essentielles dans le maintien de la résilience des écosystèmes et donc le maintien de leurs services écologiques.

Progresser dans la connaissance, la détermination et la quantification des fonctions écologiques des écosystèmes permet une meilleure compréhension des processus à l'origine de la production des services écologiques, et d'aider ainsi à leur évaluation et à leur conservation.

## II – OBJECTIFS DU PROJET

### 1. Objectifs pour une quantification des fonctions écologiques

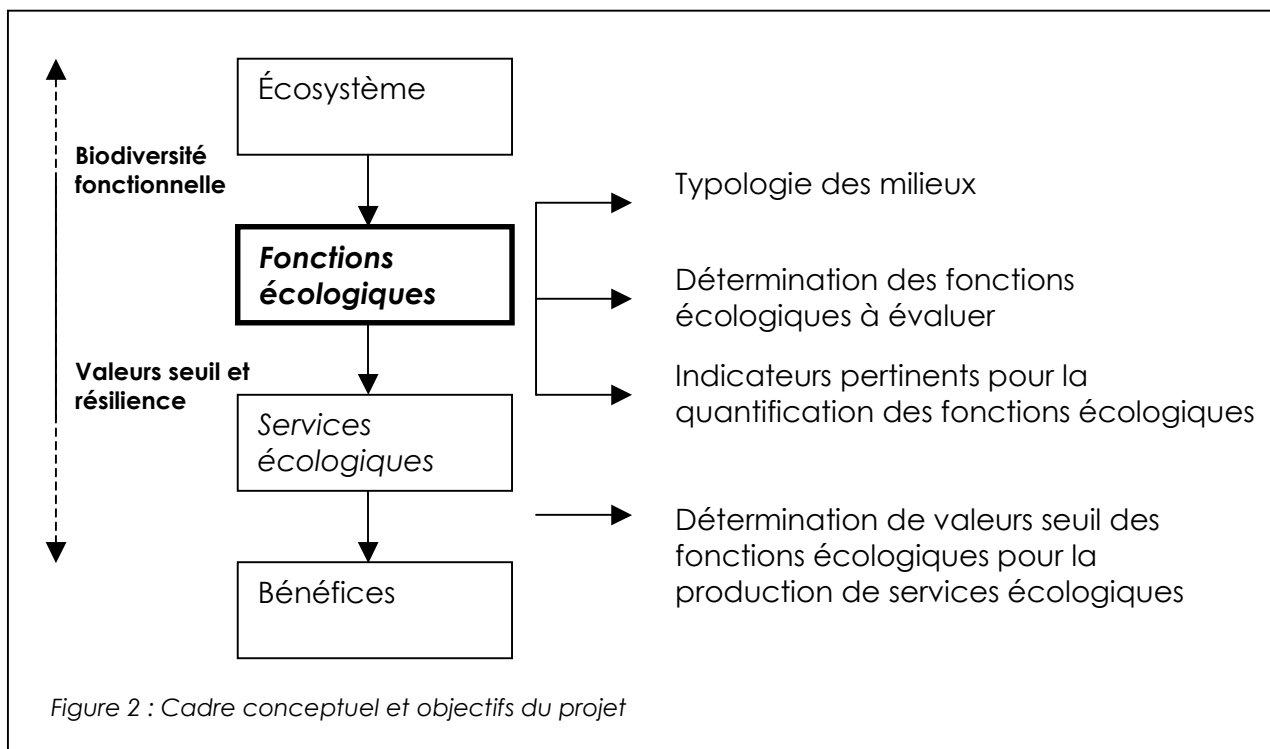
Le projet a pour but d'apporter des éléments tangibles pour l'évaluation des fonctions écologiques à l'origine des services écologiques.

L'objectif est d'aboutir à une quantification des fonctions écologiques des milieux en France 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 écologiques

Les objectifs concrets du projet sont les suivants (Figure 2):

- Identification et recensement des fonctions et des services écologiques à prendre en compte dans l'évaluation
- Élaboration d'une typologie des milieux en France, permettant d'appréhender et de mettre en valeur les fonctions écologiques
- Identification d'un ou plusieurs indicateurs pertinents pour la quantification des fonctions écologiques
- Identification des facteurs qui conditionnent la production des services écologiques, et des valeurs seuils au-delà desquelles ces services ne seront plus assurés, permettant d'appréhender la notion de résilience des écosystèmes





## 2. Démarche globale

Pour atteindre ces objectifs, la démarche choisie est de combiner une approche bibliographique et des consultations d'experts. Cette démarche permet un réajustement et des modifications des propositions issues des recherches bibliographiques, pour une validation des résultats.

Les étapes du projet sont présentées dans l'Annexe 1.

Les experts contactés l'ont été pour leurs travaux de recherche et compétences particulières vis-à-vis d'un ou plusieurs types de milieu, de leur travail sur des indicateurs, ou sur les typologies françaises.

Leurs commentaires, réactions et propositions ont été échangés par courrier électronique et par téléphone, et en groupe lors des deux réunions de travail.

La liste des personnes contactées et le détail des remarques faisant évoluer le projet sont contenus dans l'Annexe 2.

Les discussions ont également permis de déterminer de façon plus précise la démarche à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs :

La démarche initiale consistait dans un premier temps à élaborer une typologie des milieux la plus précise possible, et de déterminer pour chaque milieu une liste de fonctions écologiques.

Après discussions, cette démarche a été remise en cause : il a été choisi de commencer par établir la liste des fonctions écologiques pour l'évaluation puis de s'intéresser ensuite aux milieux, et à la typologie, dont le degré de précision sera déterminé à partir des fonctions écologiques.

Cette démarche a été choisie dans un premier temps 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. Cette démarche permettra ainsi d'avoir une quantification de l'ensemble des fonctions écologiques choisies

pour l'ensemble des milieux sans a priori sur ces milieux. Enfin, cette démarche présente également l'avantage de pouvoir être étendue à d'autres territoires.

### III – ÉLABORATION DE LA TYPOLOGIE DES MILIEUX

Selon la démarche initiale de détermination des fonctions écologiques par types de milieux, il était nécessaire de mettre en place la typologie des milieux. Bien que la démarche initiale ait changé, le travail réalisé permet d'obtenir une typologie de base pour ce projet

#### 1. Contraintes et détails de l'élaboration

Deux aspects sont essentiels à prendre en compte pour comprendre la démarche pour l'élaboration de la typologie:

- Pour une utilisation pratique de la typologie, il faut avoir des données de surface pour chaque milieu (on cherche notamment à avoir une évaluation des fonctions écologiques pour chaque surface en 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 l'évaluation

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 j'ai choisi comme base de référence Corine Land Cover, qui a d'ores et déjà été utilisée et va être utilisée dans le cadre d'évaluation des écosystèmes, et notamment pour le programme d'évaluation de l'utilisation des territoires et des écosystèmes de l'Agence Européenne de l'Environnement (Weber, 2007).

#### **Corine Land Cover :**

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

Selon la deuxième contrainte, la démarche a été de réaliser une relecture de la nomenclature Corine Land Cover par un croisement 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](http://www.eea.europa.eu); Bissardon and Guibal, 1997), et dont les classifications des habitats correspondent mieux pour appréhender les fonctions écologiques.

Cette relecture permet de garder toute l'information de Corine Land Cover, tout en ayant une catégorisation des milieux plus centrée sur les fonctions écologiques. Cela n'apporte pas réellement d'information, mais constitue une présentation différente des milieux, afin de 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'Annexe 3 présente les noms des milieux des nomenclatures mises en correspondance.

La typologie ainsi obtenue est présentée dans l'annexe 4 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. Pertinence de la typologie des milieux pour le projet**

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 alors pas bonne.

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, 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 bonne représentation des milieux français. 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'avoir une bonne représentativité de la diversité des milieux pour appréhender les fonctions écologiques identifiées.

## **IV – DETERMINATION DES FONCTIONS ECOLOGIQUES POUR L'EVALUATION**

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

Le travail bibliographique a permis de faire des propositions quant aux fonctions écologiques majeures pour la réalisation des services écologiques (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; Millenium 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).

Ces propositions ont été soumises à l'avis des experts, qui se sont accordés sur la liste des fonctions écologiques à prendre en compte pour l'évaluation.

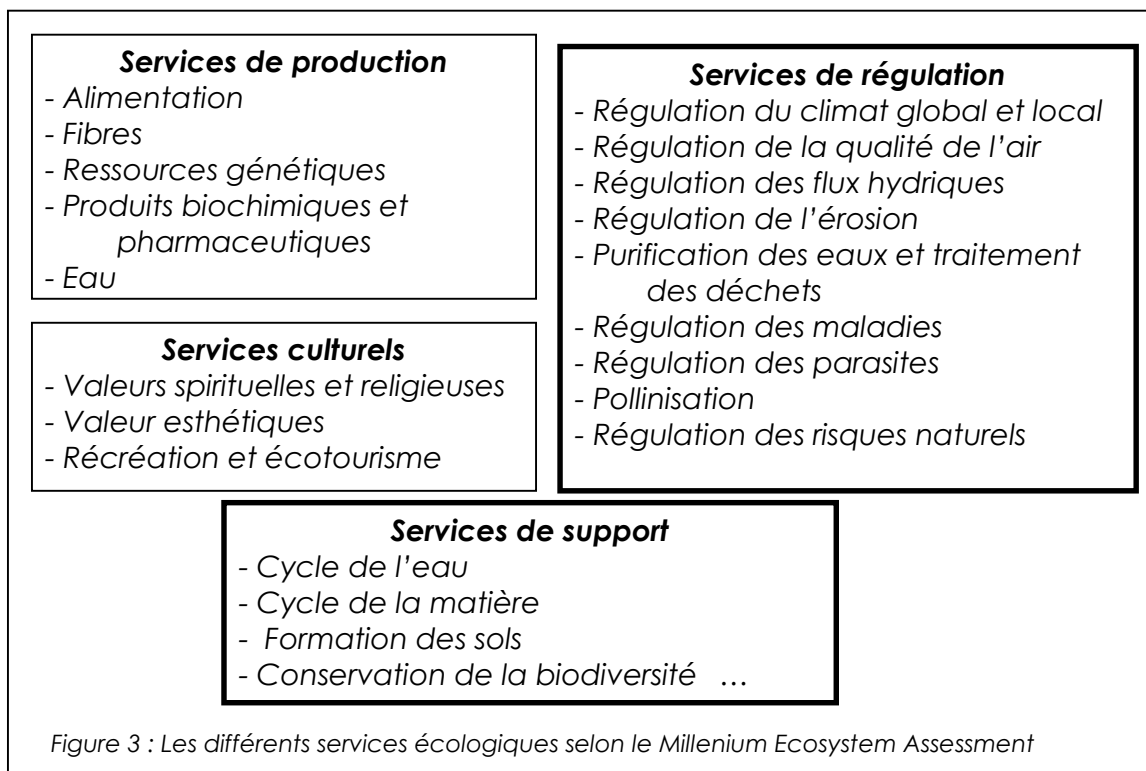
Le détail des différentes propositions est présenté dans les annexe 5 :

- Annexe 5a : première proposition, basée sur une recherche des fonctions et services écologiques par type de milieux
- Annexe 5b : proposition basée sur la démarche finale choisie : une entrée par les fonctions, à partir des services de régulation et de support
- Annexe 5c : Liste des fonctions écologiques à l'issue de la première réunion : détermination précise de l'ensemble des fonctions écologiques à l'origine des services écologiques
- Annexe 5d : Dernière liste à l'issue de la deuxième réunion : simplification par regroupement de fonctions écologiques

14 fonctions écologiques ont ainsi été recensées, correspondant à 18 services écologiques .

### **2. L'identification des fonctions écologiques à partir des services**

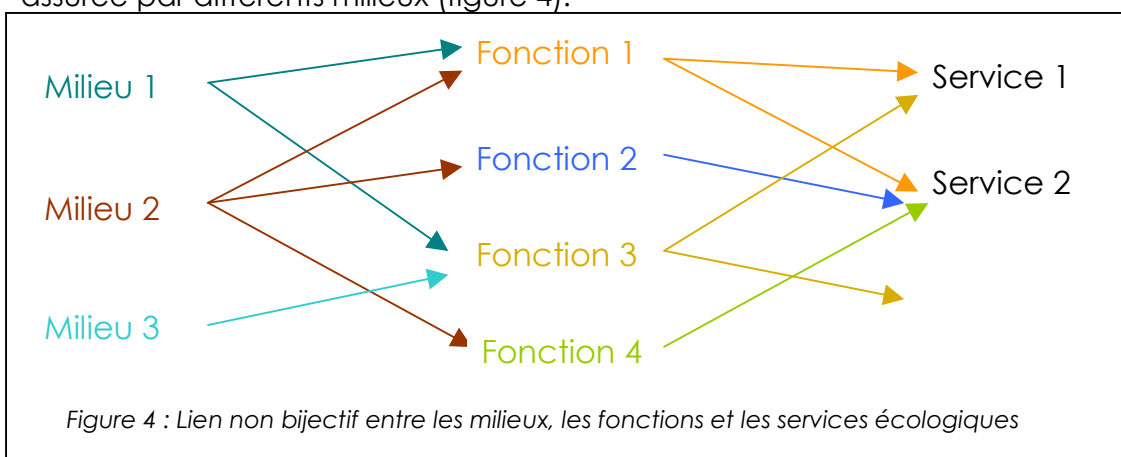
Un premier aspect important de ce travail d'identification des fonctions écologiques est le choix de recenser les fonctions écologiques à partir des services écologiques. En effet, on ne cherche pas à lister l'ensemble des fonctions écologiques des écosystèmes, qui seraient infinies, mais l'enjeu est de trouver quelles sont les fonctions écologiques à l'origine de la production des services écologiques. Les services écologiques pris en compte dans ce projet sont plus précisément les services de régulation et de support du Millenium Ecosystem Assessment (2005) (figure 3).



Les autres types de services (services d'approvisionnement et services culturels) ne sont pas pris en compte dans ce projet, ils font l'objet d'autres initiatives. Ces services sont en effet le sujet d'autres études menées en parallèle et complémentaires (Etude de faisabilité d'un Millenium Ecosystem Assessment en France, compte de la forêt).

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

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 écologiques. En effet, un service peut être assuré grâce à plusieurs fonctions écologiques, et inversement, une fonction écologique peut contribuer à la réalisation de plusieurs services écologiques. De la même façon, un milieu peut être à l'origine de la réalisation de plusieurs fonctions, et une fonction écologique peut être assurée par différents milieux (figure 4).



Le détail des liens entre les fonctions et les services écologiques est présenté dans l'annexe 6.

Cette constatation a son importance dans le cadre de la mise en place d'outils et de politiques de gestion, de valorisation des services écologiques. Par exemple, ces relations devraient permettre d'orienter les choix vers certains milieux pour le maintien d'un service écologique donné.

#### **4. La place des espèces dans le recensement des fonctions écologiques**

Dans le cadre de notre projet d'évaluation des fonctions écologiques, il est important de préciser comment les espèces sont considérées. La démarche choisie est celle d'une évaluation des écosystèmes selon leur état de fonctionnement, en tenant compte ainsi des espèces selon leur aspect fonctionnel. Les espèces prises en compte dans les études ne seront ainsi 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 alors également de tenir compte des espèces communes, qui entrent en jeu dans la réalisation des fonctions écologiques, et pas uniquement des espèces rares, menacées, ou protégées. Cependant, la présence de certaines espèces peuvent être importantes à considérer en tant que telles. Par exemple, le maintien des espèces « parapluie » assure le maintien de l'ensemble des espèces appartenant à la même communauté, du fait de ses exigences écologiques et des habitats qu'elles occupent.

### **V – INDICATEURS DES FONCTIONS ECOLOGIQUES**

Une fois établie la liste des fonctions écologiques à prendre en compte pour l'évaluation, l'enjeu est de déterminer un système d'évaluation, qui permette une quantification des fonctions écologiques, et donne ainsi une idée de la capacité des milieux à réaliser les fonctions écologiques.

L'objectif et l'originalité du projet sont ainsi de proposer un panel d'indicateurs fonctionnels pour la quantification des fonctions écologiques, qui intègrent des données écologiques et de biodiversité.

Les indicateurs doivent assurer des rôles précis :

- refléter les mécanismes écologiques et les variations des écosystèmes en étant robuste et précis
- être mesurables, compréhensibles, fonctionnels et utilisables par différents acteurs, notamment grâce à des protocoles simples, faciles à développer
- permettre une évaluation des impacts des activités humaines, pour la mise en place de dispositifs de compensation, ou de politiques de conservation

Dans le cadre de ce projet, il s'agit d'identifier un ou plusieurs indicateurs pertinents pour l'évaluation de chaque fonction écologique, c'est à dire des indicateurs de mesure de la capacité à réaliser les fonctions écologiques. Les indicateurs à déterminer doivent refléter la réalisation des fonctions écologiques de l'écosystème. Ces indicateurs se différencient ainsi des indicateurs de biodiversité déjà développés, qui ne tiennent pas compte de cette dimension fonctionnelle.

Les modalités de mesure et d'utilisation des indicateurs doivent être étudiées: il est nécessaire d'avoir ou de mettre en place des protocoles simples et adaptés, et qui tiennent compte de l'échelle d'application. Par exemple, un protocole développé à l'échelle nationale doit être suffisamment simple et reproductible pour que la méthode puisse être appliquée éventuellement à une échelle plus locale, mieux adaptée aux projets de constructions d'infrastructures et pour la mise en place de mécanismes de compensation. Étant donnée la diversité des milieux considérés dans ce projet, les méthodes de mesure des indicateurs devront être étudiées selon les milieux: les indicateurs ne seront pas forcément mesurés de la même façon dans les différents milieux considérés.

La mise en place des protocoles de données est un enjeu important, qui doit s'appuyer sur la présence des données existantes, en déterminant quelles données peuvent être utilisées dans le cadre d'une quantification des fonctions écologiques. La nécessité de développer de nouvelles collectes de données doit être envisagée.

## **1. Description des processus biologiques en jeu dans les fonctions écologiques, mise en évidence des facteurs déterminants**

Pour l'identification des indicateurs pertinents, il apparaît nécessaire de bien définir chacune des fonctions écologiques, c'est-à-dire de préciser quels sont les processus biologiques et les facteurs biologiques qui entrent en jeu (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 at 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 an 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 ; Saggar et al., 2007 ; Wang and Davidson, 2007 ; Weber and P, 2007, Wilkinson et al., 2007).

Ce travail bibliographique permet également de dégager un ensemble de facteurs biologiques apparaissant comme déterminants pour la réalisation des fonctions écologiques. Ces définitions des processus biologiques et les facteurs déterminants des fonctions écologiques ont été validés par les experts (Annexe 7)

Voici la description synthétique et simplifiée des processus majeurs en jeu pour chacune des fonctions écologiques, l'identification des facteurs déterminants, et le lien avec les services écologiques.

Ces précisions constituent alors une bonne base de réflexion pour la détermination des indicateurs les plus pertinents pour quantifier les fonctions écologiques.

### **Échanges gazeux végétation-atmosphère**

Les échanges gazeux entre la végétation et l'atmosphère 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, les températures

Les échanges gazeux participent 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

### **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 micro-organismes 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 micro-organismes. En effet, une forte diversité assure la présence d'espèces spécialisées chacune dans des étapes spécifiques différentes 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 micro-organismes.

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 de 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. Les sols à texture grossière retiennent peu l'eau et les particules transportées, les sols à texture variée, 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 milieu non aquatique, 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 enlèvement des sédiments solides

### **Résistance de la végétation perturbations**

#### **- 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.

Le système racinaire conditionne la qualité de l'ancrage de la végétation au sol. La qualité de l'ancrage est fortement conditionnée également 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 déracinements. 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 ou des arbustes, des mousses, des lichens.

### **Rétention de l'eau dans les sols et les sédiments**

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

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, les types de sol conditionnent les caractéristiques de la couche de neige et ainsi sa stabilité.

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/réflexion**

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 : 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.

### **Approvisionnement des sols et des sédiments en 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 du sol, recyclage des éléments nutritifs**

Les microorganismes saprophytes et la microfaune du sol (bactéries, champignons, invertébrés,...) 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 micro-organismes 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 ainsi en jeu dans les processus de séquestration et d'émission de gaz à effet de serre.

### **Formation de la structure des sols et processus de sédimentation**

Les processus de formation des sols et de sédimentation dépendent des caractéristiques physiques et chimiques des sols, et des micro-organismes 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 micro-organismes et la faune du sol, ainsi que la végétation déterminent les concentrations en éléments dans les sols et les sédiments, et ils 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.

### **Transfert de pollen**

Les transferts de pollen sont réalisés par différents moyens: par les animaux, l'eau, le vent,... 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.

La pollinisation est ainsi assurée

### **Interactions biotiques : prédation-parasitisme-compétition**

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 assurent une régulation entre les différentes espèces de l'écosystème. Ces processus contribuent au contrôle biologique, en limitant les parasites, les maladies, la prolifération d'espèces.

### **Habitat/biotope**

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.

Le maintien de ces habitats refuge contribue ainsi à la conservation de la diversité spécifique et génétique.

## **2. Limites de la proposition des indicateurs**

En combinant les concertations scientifiques et le travail bibliographique, une première série d'indicateurs est ainsi proposée, en lien avec les processus écologiques identifiés. Ces indicateurs ont été choisis pour chaque fonction écologique comme des indicateurs qu'il serait nécessaire de mesurer pour une évaluation des fonctions écologiques. Ils sont présentés dans le tableau de l'annexe 8, résultat combiné du travail bibliographique et des discussions

Un travail important reste à fournir pour modifier et affiner cette première liste d'indicateurs et pour déterminer quels sont les méthodes pour les mesurer, les protocoles à mettre en place, ainsi que les enjeux de l'échelle d'application. Les protocoles mis en place devront permettre une quantification des fonctions écologiques à une échelle pertinente du point de vue de ces fonctions, mais aussi dans le cadre d'évaluation d'impact. Ces échelles pertinentes restent à discuter et à identifier.

Cette proposition d'indicateurs devra également être révisée en fonction d'une autre contrainte majeure : les données disponibles, ou à venir, les données qu'il sera nécessaire et possible de développer, pour arriver à une proposition d'indicateurs fonctionnels, dont l'utilisation est possible et réalisable. La proposition doit s'appuyer sur les données déjà existantes, qui peuvent contribuer en partie à cette évaluation des fonctions écologiques. En d'autres termes, il s'agit d'étudier comment les données existantes peuvent être des données de mesure des indicateurs des fonctions écologiques.

## **3. Aperçu des données disponibles**

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

(Levrel, 2007)

- Qualité de l'air, climat local:

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

- Eaux:

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 patrimoine national, suivis des espèces, liste rouge,...

## VI – CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES POUR UNE APPLICATION

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

La typologie constitue une bonne base, cohérente du point de vue des milieux, mais elle n'est pas suffisante pour appréhender les fonctions écologiques, et principalement pour certaines classes de milieux. D'autres bases de données ont ainsi été proposées pour compléter la typologie.

Un travail important de croisement de base de données reste à réaliser pour finaliser la typologie des milieux. Le degré de précision doit être défini selon la pertinence vis-à-vis des fonctions écologiques, des données disponibles ou à venir, mais aussi selon les enjeux liés à l'échelle d'application

### 2. Vers un système d'évaluation des fonctions écologiques

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

Ces indicateurs constitueront alors un système d'évaluation des fonctions écologiques : un système d'indicateurs performants, qui différencient les milieux selon leur capacité à réaliser les fonctions écologiques.

Une autre possibilité pourra être envisagée pour une évaluation des fonctions écologiques, qui propose une évaluation à partir d'une valeur moyenne de chaque fonction définie pour chaque milieu. Il est alors nécessaire que la typologie des milieux soit établie et pertinente. En effet, la démarche consisterait, pour chaque milieu, à répertorier les fonctions écologiques majeures, et à proposer une valeur moyenne de chaque fonction écologique. La définition de cette valeur moyenne par milieu émergerait des propositions des groupes d'experts, combinées avec une analyse bibliographique.

Cette deuxième proposition présente l'avantage d'être plus simple que la première car il n'est alors pas nécessaire de mettre en place des protocoles

de mesure pour chaque indicateur de chaque fonction écologique. Elle apporterait cependant une quantité importante d'informations en proposant les valeurs des quatorze 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 au maximum de la fonction écologique permettrait d'avoir une vision claire sur la valeur des fonctions écologiques, quantifiée par une valeur moyenne ou grâce aux indicateurs.

### **3. Surfaces, dimension spatiale et paysagère : à prendre en compte dans le système d'évaluation**

Pour une évaluation des fonctions écologiques, nous devons tenir compte de la dimension spatiale, paysagère. 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 au travers de l'évaluation des fonctions écologiques ne peut se faire sans tenir compte de la dimension spatiale et les interactions entre les processus biologiques et l'organisation et les structures spatiales.

Par exemple, la valeur de la fonction écologique dépend de la surface du milieu réalisant cette fonction, ainsi que 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 d'évaluation des fonctions écologiques des milieux.

Ces informations peuvent être particulièrement intéressantes pour l'étude de scénario ou de stratégies de conservation, notamment pour la mise en place de mécanismes de compensation, pour lesquels la notion de surface et la dimension paysagère est très importante.

### **4. L'intégration des fonctions écologiques dans les programmes de conservation ?**

Les programmes de conservation et la mise en œuvre des mesures compensatoires nécessitent des méthodes de quantification de l'état des écosystèmes et des dommages causés à la biodiversité. Ces méthodes de quantification sont aujourd'hui basées sur des indicateurs de biodiversité ou de qualité des milieux, construits sur la présence des espèces d'intérêt patrimonial, espèces rares, menacées ou protégées.

Un intérêt majeur de ce projet serait ainsi de pouvoir intégrer l'évaluation des fonctions écologiques dans les programmes de conservation ou d'aménagement. La qualité des écosystèmes ne serait plus alors évaluée uniquement selon la présence des espèces rares, mais aussi selon la

fonctionnalité des écosystèmes, en établissant un bilan de l'état des fonctions écologiques et des effets des aménagements sur ces fonctions. Cette proposition présente plusieurs avantages : elle permet de conserver les milieux dans un bon état de fonctionnement, et suppose donc le maintien de l'ensemble des espèces qui les composent, Elle permet également d'élargir les programmes de conservation en tenant compte des espèces communes, essentielles au maintien des services écologiques pour l'homme. Les préconisations pour une conservation des écosystèmes tiendraient donc compte du fonctionnement global des écosystèmes, assurant dans le même temps le maintien des espèces communes présentes dans ces écosystèmes

Il sera donc particulièrement intéressant de pouvoir tester la méthodologie d'évaluation des fonctions écologiques grâce à une étude de cas. Une étude à une échelle plus locale permettrait de dresser un bilan sur des sites et des aménagements spécifiques, et d'examiner les résultats avec les différents acteurs locaux.

## **5. Des fonctions écologiques aux services écologiques**

Le système de quantification 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 écologiques, les fonctions écologiques choisies étant à l'origine de la production de ces services.

Mais pour une évaluation précise des services écologiques, 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 service pour l'homme, avoir une importance mineure (par exemple, un milieu riche en pollinisateurs, mais sans parcelles agricoles).

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. Cette démarche permettrait de passer d'une évaluation de la capacité des écosystèmes à assurer les fonctions écologiques à une évaluation de la capacité à produire des services écologiques ayant un bénéfice pour l'homme.

## **6. Des valeurs seuils des fonctions écologiques pour la production des services écologiques ?**

La notion de résilience souligne l'importance de l'évaluation des fonctions écologiques, comme les facteurs qui déterminent la résilience de l'écosystème et le maintien de ses services écologiques. La notion de résilience appelle celle de valeur seuil. Les valeurs seuil sont les limites de certains facteurs clé de l'écosystème au-delà desquelles l'écosystème passe d'un état stable à un autre état et se dégrade. La résilience de l'écosystème est donc assurée si 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 fonctions écologiques, au-delà desquelles la résilience des milieux n'est pas maintenue, et les services écologiques ne sont plus assurés. La détermination de ces valeurs seuil semble complexe, et difficile dans l'état actuel des connaissances. La faisabilité de cette détermination doit être étudiée de façon plus approfondie.

## REFERENCES

- 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 asses 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



## **Annexe 1 : Calendrier - Principales étapes du projet :**

### Avril-mai:

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

### Juin-septembre :

- Constitution des groupes 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 écologiques

### 05/09/2007 : Première réunion :

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

### Septembre-Novembre :

- Recueil des remarques sur la liste des fonctions écologiques établie lors de la réunion : modifications, 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 indicateurs potentiels

### 26/11/2007 : Deuxième réunion :

- Modifications et validation de la description des processus biologiques, et des facteurs déterminants
- Discussion sur les indicateurs pertinents, qu'il serait nécessaire de prendre en compte pour chaque fonction écologique
- Pistes de recherche pour les indices de mesure de ces indicateurs

### Décembre :

- Recueil des remarques, modification et précisions sur les indicateurs potentiels
- Recherche d'experts pour la détermination des indicateurs et indices
- Rédaction du document de travail

## **Annexe 2 : Groupe d'experts**

### **Liste des personnes contactées**

Prénom	Nom	organisme	Laboratoire, unité, département	ville	mail	participation		
						projet	réunion 05/09	réunion 26/11
Luc	ABBADIE	CNRS	Biogéochimie et écologie des milieux continentaux	Paris	luc.abbadie@ens.fr	?		
Claude	AMOROS	Université de Lyon		Lyon	amoros@cismsun.univ-lyon1.fr	-		
Brice	ANSELME	Université Paris I	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 qualité 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	La Rochelle	gerard.blanchard@univ-lr.fr	-		

			anthropisés					
Jacques	BLONDEL	CEFE CNRS			jacques.blondel@cefe.cnrs.fr	-		
Anik	BRINDAMOUR	IFREMER			anik.brindamour@ifremer.fr	Non-autres contacts		
Jean-jacques	BRUN	CEMAGREF	Ecosystèmes montagnards	Grenoble	jean-jacques.brun@cemagref.fr	-		
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	GOSELIN	CEMAGREF	Gestion durable	Nogent sur	frederic.gosselin@cemagref.fr	oui	non	non

			et biodiversité des écosystèmes forestiers	Vernisson				
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 ecophysiologie forestière	Nancy	andre.granier@nancy.inra.fr	-		
Patrick	GRILLAS	Tour du Valat	Camargue		grillas@tourduvalat.org	oui	non	non
Philippe	GROS	IFREMER	Ressources halieutiques, exploitation durable et valorisation	Brest	philippe.gros@ifremer.fr	-		
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	Pôle relais zones humides		snpn@wanadoo.fr	Non-autres		

		Protection de la Nature				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 montagnards	Grenoble	gregory.loucougaray@cemagref.fr	oui	non	non
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	Ecosystème,	Rennes	pierre.marmonier@univ-rennes1.fr	oui	oui	non

		Rennes	biodiversité, évolution					
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-Claude	NAVAS	INRA			navas@ensam.inra.fr	oui	non	non
Thierry	OBERDORFF	MNHN	Ichtyologie	Paris	oberdorf@mnhn.fr	oui	non	oui
Dominique	OMBREDANE	INRA	Ecobiologie et qualité 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



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

BILAN :

### Projet, démarche:

- La distinction entre fonctions et services écologiques doit être nette. Fonctions et services écologiques doivent avoir une définition précise.
- 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, c'est-à-dire de déterminer une liste de fonctions écologiques à évaluer pour l'ensemble des milieux.
- La notion de résilience: approche jugée intéressante, mais difficile à appréhender. Ne semble pas assez mise en évidence, ou pas de façon claire 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 bien 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 : jugé plutôt difficile, surtout à courts termes.
- Selon les objectifs de ce projet, les espèces doivent uniquement être considérées selon leur aspect fonctionnel.
- Nécessité de préciser les questionnements autour de la représentation spatiale SIG : Une simple cartographie des habitats n'est pas suffisante pour appréhender les fonctions écologiques.
- Nécessité de préciser la démarche envisagée pour passer des fonctions aux services écologiques
- Il faut insister sur un intérêt majeur de ce projet : comment intégrer cette dimension fonctionnelle de l'évaluation des fonctions écologiques dans les programmes de conservation ?

### Typologie:

- Corine Land Cover n'est pas suffisante, notamment pour certains milieux.
- Nécessité de l'utilisation d'autres bases de données pour compléter la typologie: différentes propositions pour affiner la typologie
- Questionnement sur la difficulté de rassembler les différentes bases de données à différentes échelles: croisement des bases de données possible avec SIG
- La connectivité des habitats doit-elle être prise en compte?

### Fonctions écologiques/Indicateurs:

- Discussions/ propositions d'indicateurs pour les fonctions écologiques
- Propositions/ modifications de la liste des fonctions écologiques à prendre en compte dans l'évaluation
- Les facteurs de pression sur les fonctions écologiques doivent-ils être pris en compte, notamment pour une évaluation de la dégradation des fonctions ?

Les facteurs de pressions peuvent être évalués à partir de Corine Land Cover: à quelle échelle, quels facteurs?

- Remarque: Il n'y aura pas de données pour tous les indicateurs proposés. Le choix des indicateurs doit être orienté par la disponibilité des données ou la faisabilité d'obtention des données.
- Faut-il tenir compte des facteurs d'évolution climatiques qui n'apparaissent pas dans le projet?
- Comment rassembler les informations des différents indicateurs pour élaborer un plan d'évaluation, de suivi: à quelle échelle, quelle périodicité?

DETAIL DES REMARQUES :

**Brice Anselme (Institut de Géographie)**

*Avant la première réunion du 05/09/2007*

- Démarche cohérente et typologie globalement correcte

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

*Avant la première réunion du 05/09/2007*

- Pour les habitats: nécessité de prendre en compte la connectivité des habitats: un habitat doit de définir qu'en fonction des habitats alentour

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

*Avant la première réunion du 05/09/2007*

- Réel manque dans la typologie pour les milieux marins

**Philippe Cury (IFREMER, milieux marins et côtiers)**

*Avant la première réunion du 05/09/2007*

- Suggestion: utiliser les indicateurs de l'état de santé des écosystèmes exploités pour la pêche (indicateurs d'état, de dynamique, de biodiversité)
- Les habitats selon la typologie sont très larges, peu de précision localement
- Proposition: utilisation des cartes de répartition des espèces, qui donneraient plus des habitats "écologiques"
- Nécessité d'une uniformisation des cartes et des échelles

**Françoise Debaine (Université de Nantes, Géolittomer)**

*Avant la première réunion du 05/09/2007*

- Comment articuler les informations pour définir l'échelle d'observation, sources d'information, 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 CLC n'est pas forcément pertinente: notamment pour l'évaluation des facteurs de pression

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

Après la première réunion du 05/09/2007

- Précisions sur 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

### **Laurent Duhautois (IFEN, SIG, typologie)**

Avant la première réunion du 05/09/2007

- Problème de l'échelle de Corine Land Cover: La localisation des habitats serait trop floue

### **Gérard Dumé (Inventaire Forestier National)**

Après la première réunion du 05/09/2007

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

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

Avant la première réunion du 05/09/2007 :

- Habitats décrits de façon assez simple, mais cela est suffisant étant données les contraintes et les objectifs du travail
- 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...) de ce service couplés à des modèles (statistiques ou mécanistiques) couplant biodiversité ou habitat à ces services"
- La définition de l'habitat n'est pas claire: parle-t-on d'habitat 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..."
- 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
- Problème des changements climatiques non évoqués, pourtant facteur très important dans la notion de résilience
- Confusion entre résilience de l'habitat et résilience des services
- Les définitions de services et fonctions écologiques ne sont pas assez poussées: services de régulation et de support ne devraient pas exister, et fonction de cultures non plus
- Confusion 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
- Proposition d'indicateurs de qualité des forêts

*Après la première réunion du 05/09/2007 :*

- Propositions d'amélioration de la liste des fonctions écologiques établie lors de la première réunion. 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

**Françoise Gourmelon (responsable Geomer, Institut universitaire européen de la mer)**

*Avant la première réunion du 05/09/2007*

- L'échelle de Corine Land Cover est-elle pertinente pour la typologie?

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

*Avant la première réunion du 05/09/2007*

- Démarche pour l'élaboration de la typologie trop floue. Pas vraiment une nouvelle typologie, juste un remaniement des postes Corine Land Cover.
- Correspondances avec Natura 2000 pas toujours correctes

**Sandra Lavorel (CNRS, Laboratoire d'écologie alpine)**

*Avant la première réunion du 05/09/2007*

- Il est nécessaire de bien définir les fonctions écologiques
- Remise en question de la démarche : pourquoi faire 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 de déterminer pour chaque milieu une ou plusieurs fonctions écologiques, car : la typologie n'est pas assez précise pour appréhender les fonctions écologiques, et un même habitat, selon le contexte, peut faire appel à différentes fonctions.
- 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
- Selon l'intérêt de ce projet, les espèces doivent être considérées selon leur aspect fonctionnel
- La détermination de 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 courts termes, de pouvoir déterminer une surface minimum des habitats pour le maintien de leur résilience

*Après la première réunion du 05/09/2007*

- Modification de la liste des fonctions écologiques établie lors de la première réunion
- Précisions sur les processus biologiques liés au carbone, au cycle de la matière

*Avant la deuxième réunion du 26/11/2007*

- Précisions sur les processus biologiques liés aux fonctions écologiques, 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

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

*Avant la première réunion du 05/09/2007*

- Question sur la prise en compte des petits cours d'eau dans la typologie.
- Remarque sur l'importance de ces petits cours d'eau (de 1 à 5 m de large), qui 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 actuellement en place une base de données regroupant tous les cours d'eau français, dont les petits cours d'eau
- Littérature très nombreuse sur les indicateurs. Les indicateurs de leur intégrité/perturbation sont en pleine mutation

### **Thierry Oberdorff (Laboratoire d'ichtyologie générale et appliquée):**

*Avant la première réunion du 05/09/2007*

- Indicateur de la qualité des rivières en France: sensible à un large spectre de perturbations (qualité de l'eau et qualité de l'habitat). Indicateur basé sur la composition en espèces, les assemblages d'espèces de poissons.

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

*Après la première réunion du 05/09/2007*

- Proposition de modifications 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)**

*Après la première réunion du 05/09/2007*

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

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

*Avant la première réunion du 05/09/2007*

- Très 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
- Suggestion: mieux relier les services et les fonctions écologiques à la résilience, c'est à dire "évaluer les variations possibles ou tolérables de la biodiversité"
- Questionnement sur "la référence en matière de surface" et l'existence de "seuils fonctionnels": semble impossible
- Comment est prise en compte de la haie dans la typologie?
- Proposition: appliquer la méthode de travail utilisée pour recenser les fonctions et les services rendus par les haies.

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

*Avant la première réunion du 05/09/2007*

- Les habitats proposés dans la typologie sont très contrastés et doivent être bien identifiés. 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. Participe à une revalorisation des prairies face à l'émission de méthane par l'exploitation agricole.
- Réflexion sur les indicateurs disponibles pour les forêts: 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,...
- Travaux de recherche sur les microorganismes, les plantes nitrophiles,... mais ne paraît pas être encore utilisable en tant qu'indicateurs. A Nancy, travail sur une base de données sur la flore des prairies, qui a pour but de réaliser une typologie des prairies selon les critères de phytosociologie, la végétation fonctionnelle

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

*Après la première réunion du 05/09/2007*

- Il est nécessaire de bien détailler les connaissances sur les fonctions écologiques
- Insister sur le lien entre la biodiversité et les fonctions écologiques
- Il est nécessaire de développer le passage de la fonction au service écologique : « ceci nécessite de connaître des usagers, où ils sont, comment les fonctions sont utilisées, combien ça vaut économiquement, ... »
- Il est important de développer comment intégrer l'évaluation des fonctions écologiques dans les programmes de conservation, les stratégies d'aménagement, la mise en place d'outils pour les gestionnaires, pour 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)**

*Avant la première réunion du 05/09/2007*

- Il existe une typologie des cours d'eau, lacs, eaux de transition, 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 sont ceux qui doivent être utilisés pour évaluer la qualité des cours d'eau: mise en place d'un réseau de surveillance en 2007. Indicateurs biologiques
- Indicateurs physiques, de structure: travaux en cours de réalisation dans le cadre de la DCE, seront disponibles
- Identification des facteurs de pression à partir de CLC: occupation des sols, caractérisation de la pression physique
- La vraie question à se poser comment utiliser la Directive Cadre sur l'Eau dans le cadre de notre projet sur l'évaluation des fonctions écologiques?

*Après la deuxième réunion du 26/11/2007*

- Les indicateurs de la Directive Cadre sur l'Eau seront disponibles d'ici 2009 : Ce sont plutôt des indicateurs de qualité/état des milieux, il faudra faire un travail sur ces indicateurs pour identifier lesquels 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...) des milieux terrestres vers les cours d'eau. (Cf publication en cours par le CSPNB, à paraître début 2008). Des indicateurs de l'état des corridors rivulaires sont en cours de développement par l'UMR TETIS à Montpellier.

**Annexe 3 : Correspondances entre les nomenclatures Corine Land Cover, EUNIS et Corine Biotope**

<b>TPOLOGIE</b>	<b>CLC</b>	<b>EUNIS</b>	<b>CB</b>
<b>1. Habitats marins</b>			
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
<b>2 Habitats côtiers, surfaces en eaux maritimes, zones soumises aux marées, dunes continentales</b>			
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
<b>3. Surfaces en eau douce continentales</b>			
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



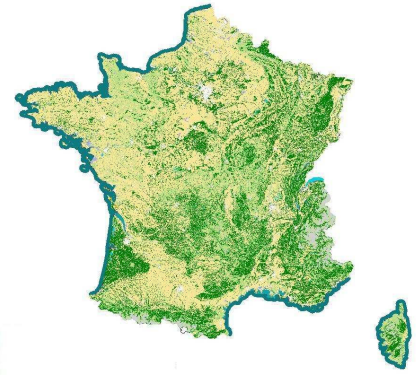
4. Zones humides			
4.1 Marais intérieurs, tourbières de transition	4.1.1 Marais intérieurs	D.2 Bas marais, marais pauvres et marais de transition D.4 marais riches et bourbe de sources minérales D.5 laïches et roselières	5.3 Végétation de ceinture des bords des eaux 5.4 Bas marais, tourbières de transition 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 F.9 broussailles de marécages, associées aux rivières	3.1 (sauf 3.1.7 et 3.1.8) Landes et fruticées sauf landes épineuses et fourrés
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 culturels et	I.1 Terres cultivées et cultures maraîchères	8.2.2 Cultures avec marges de végétation

	parcellaires complexes 2.4.3 Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par de la végétation naturelle 2.4.4 Territoires agro-forestiers	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	spontanée 8.4 Alignements d'arbres, haies, petits bois, bocages, parcs
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 4:**

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



#### **1. Habitats marins**

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

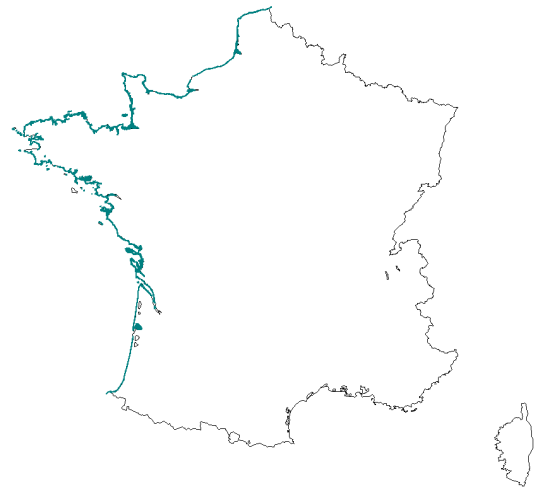
213 000ha, 0.37%

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...), 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

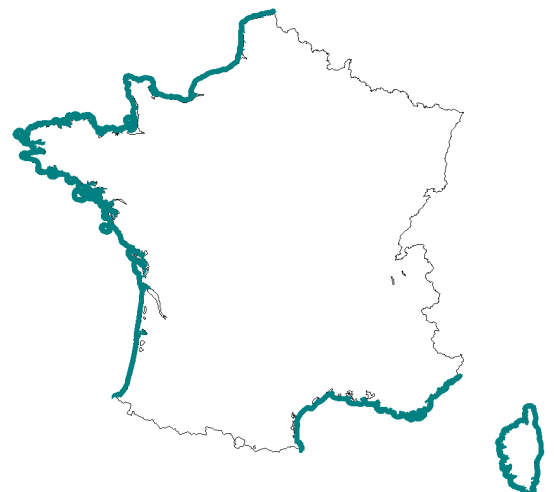
1.1 Mers et océans : zones au delà de la limite des plus basses marées, fonds marins :

3 639 000ha, 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 000ha, 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



### 2.2 Lagunes littorales :

77 000ha, 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



### 2.3 Estuaires :

54 000ha, 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



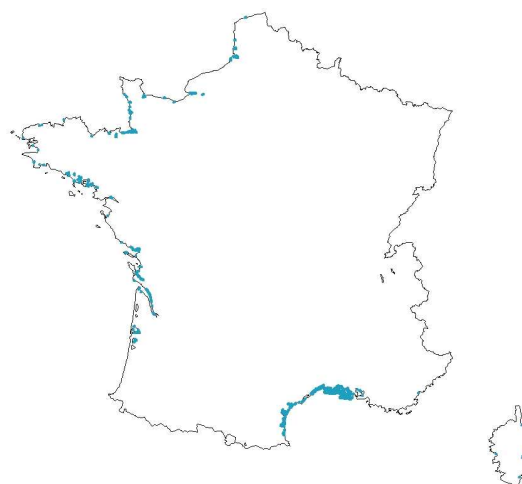
## 2.4 Marais maritimes :

67 000ha, 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

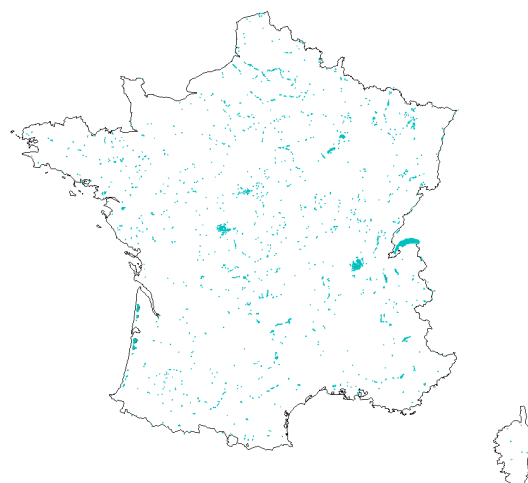
### 3.1 Surfaces d'eau stagnante :

243 000ha, 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



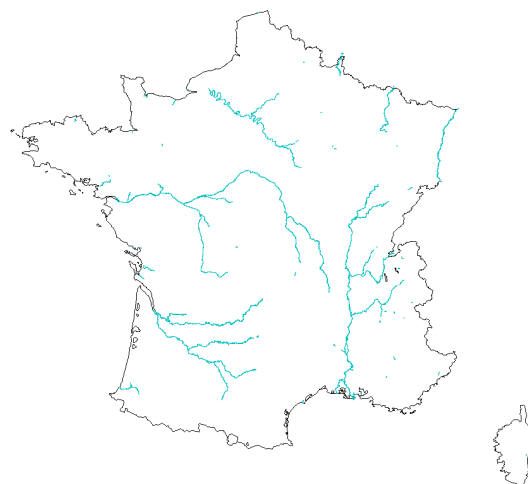
### 3.2 Surfaces en eau courante, rivières, fleuves:

123 000ha, 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**

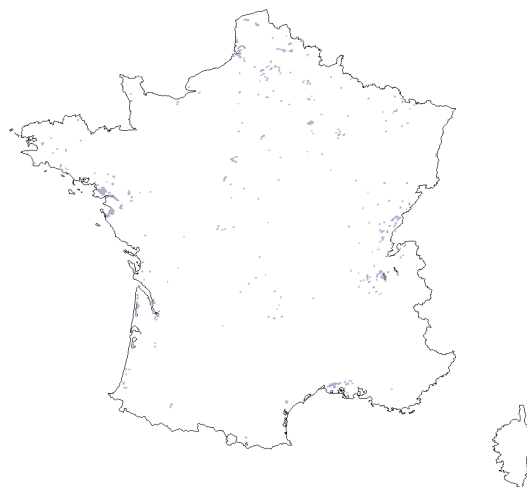
##### 4.1 Marais intérieurs, tourbières de transition :

73 000ha, 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



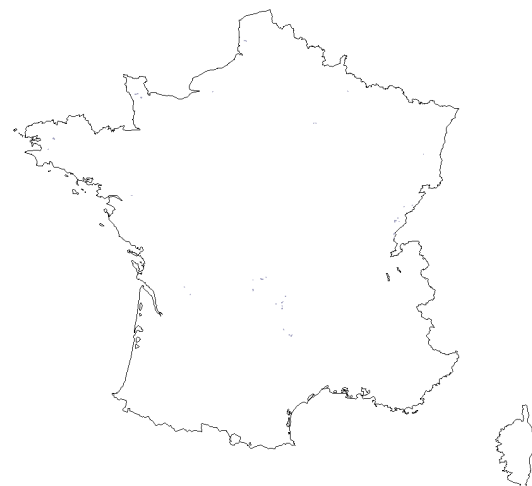
##### 4.2 Tourbières :

5 000ha, 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**

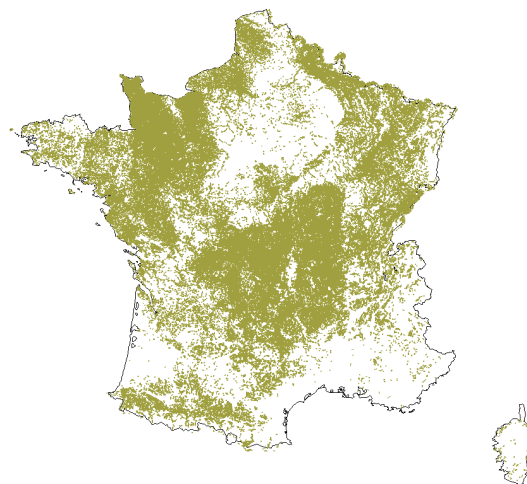
##### 5.1 Prairies, surfaces enherbées denses :

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 000ha, 2.55%

### Description :

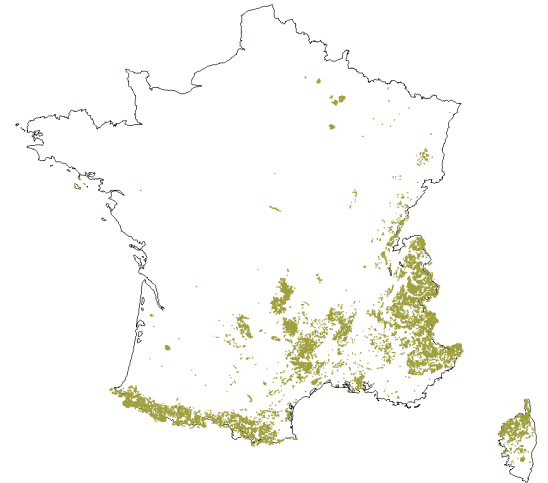
Herbages à faible productivité, sur des sols principalement calcaires, des sables, des surfaces de rochers décomposés, acides. Prairies humides non anthropiques

- 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 000ha, 1.86%

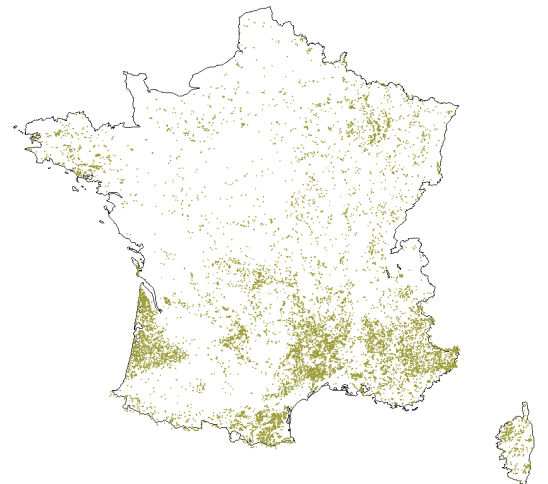
### Description :

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 linéaires, 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 000ha, 0.81%

### Description:

Formations végétales de ligneux, basses et fermées, composées principalement de buissons et d'arbustes et de plantes herbacées (bryère, ronces, genêts, ajoncs, cytises,...).

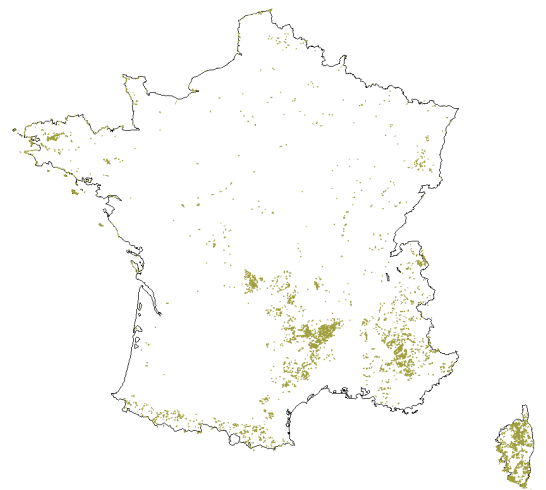
Landes atlantiques et alpines, fourrés subalpins et communautés de hautes herbes

- 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 :

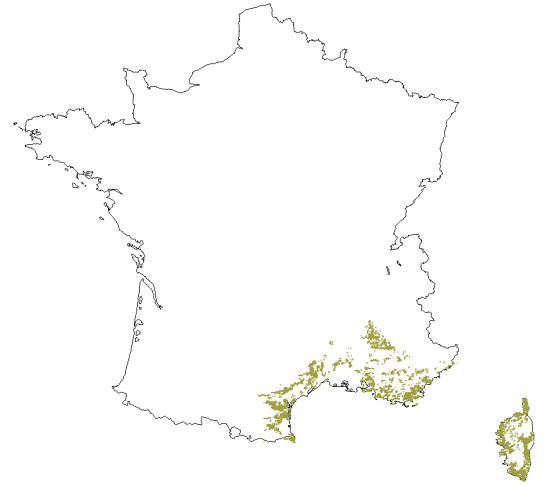
498 000ha, 0.86%

#### Description:

Végétation arbustive persistante, aux feuilles petites, coriaces et épaisses, buissons et fruticées xérophylls 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

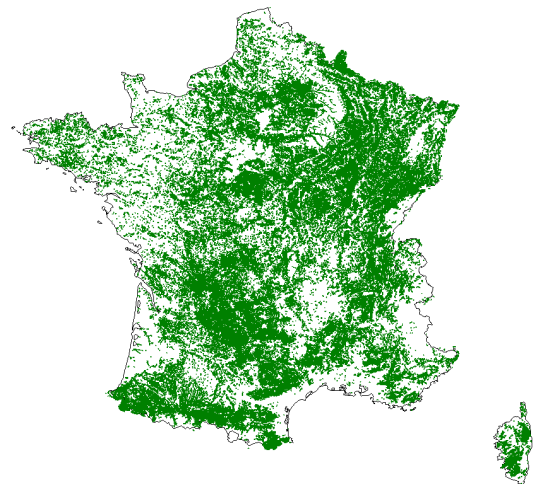
## 6. Bois et forêts

### 6.1 Forêts de feuillus caduques et à feuilles persistantes :

9 082 000ha, 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

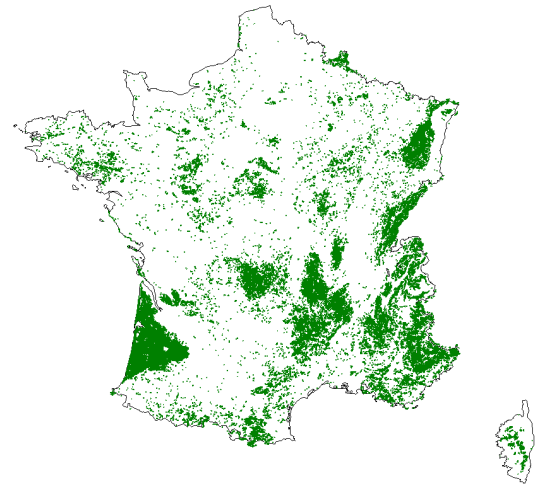
## 6.2 Forêts de conifères :

3 821 000ha, 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



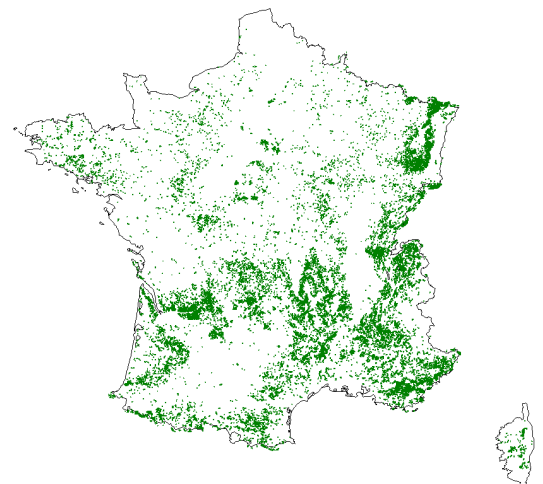
## 6.3 Forêts mixtes :

1 980 000ha, 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 000ha, 0.97%

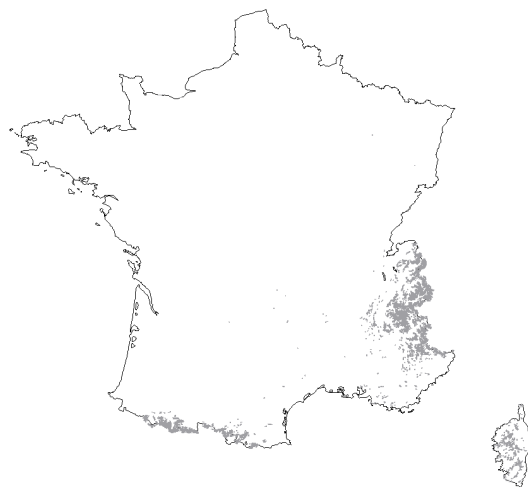
Description:

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



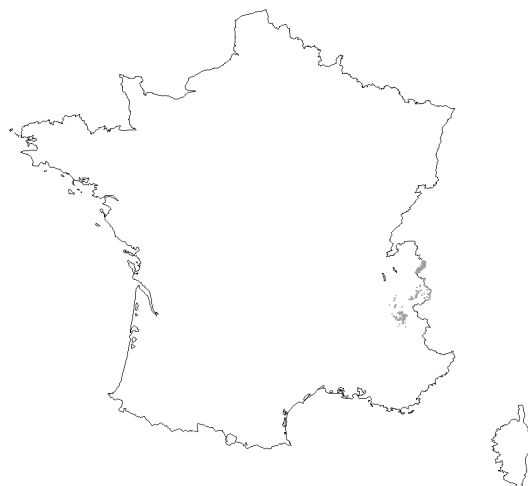
### 7.2 Glaciers et neiges éternelles :

52 000ha, 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



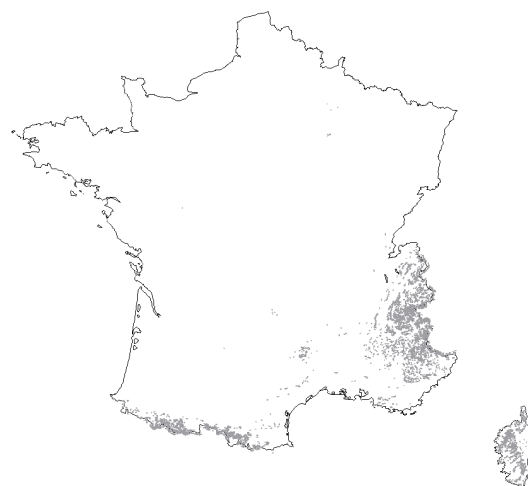
### 7.3 milieux à végétation clairsemée :

503 000ha, 0.87%

Description:

Zones sèches avec peu de végétation et présence de roches nues, végétations éparses 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:

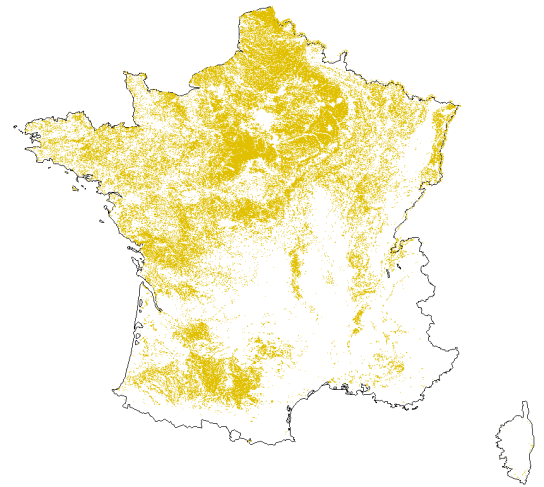
15 546 000ha, 27%

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 000ha, 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



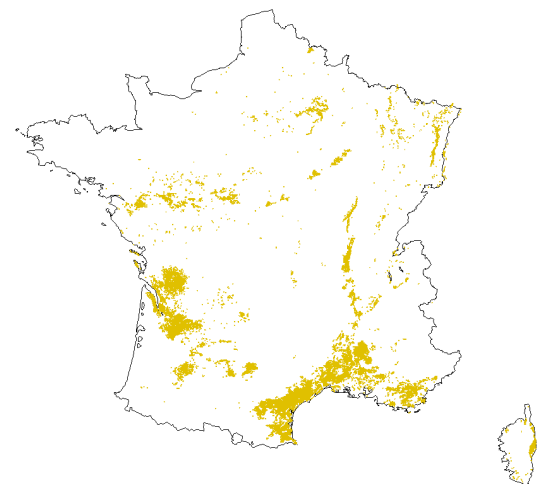
### 8.3 Cultures permanentes : vignes, vergers et petits fruits, oliveraies, plantations:

1 437 000ha, 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



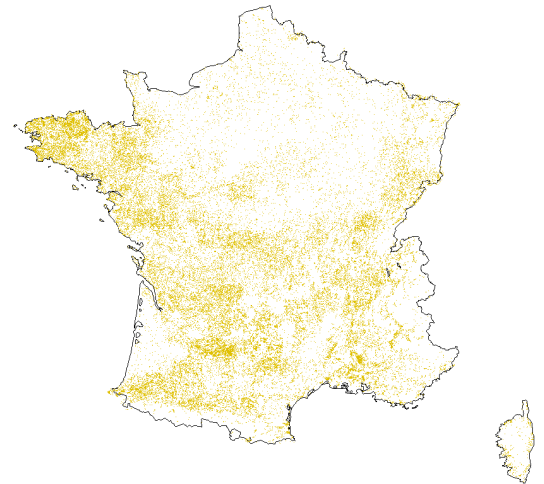
#### 8.4 Zones agricoles hétérogènes:

7 429 000ha, 12.90%

Description:

Systèmes cultureux 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
- I.1, F.A, E.7, G.5 /EUNIS
- 8.2.2, 8.4 /CB



### 9. Habitats artificialisés

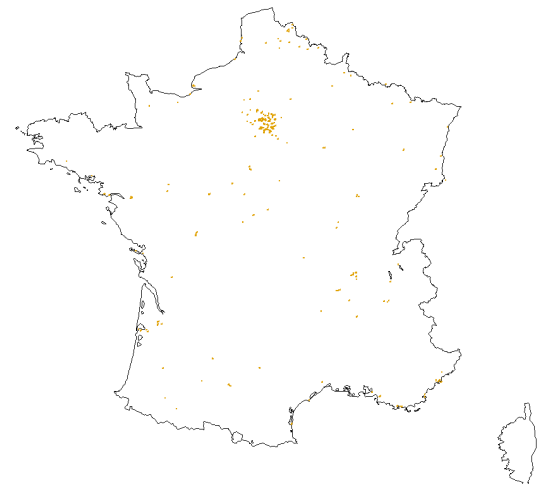
#### 9.1 Espaces verts, parcs, jardins :

20 000ha, 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



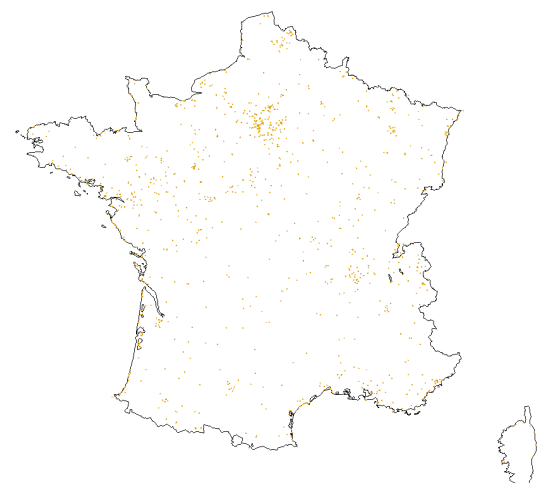
#### 9.2 Équipements sportifs et de loisirs :

104 000ha, 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 000ha, 0.19%

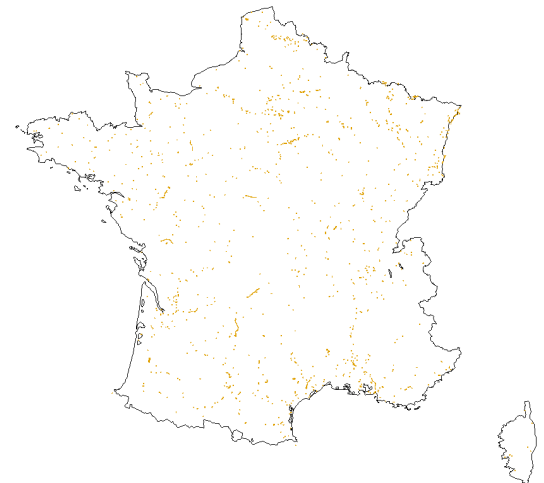
Description:

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 :

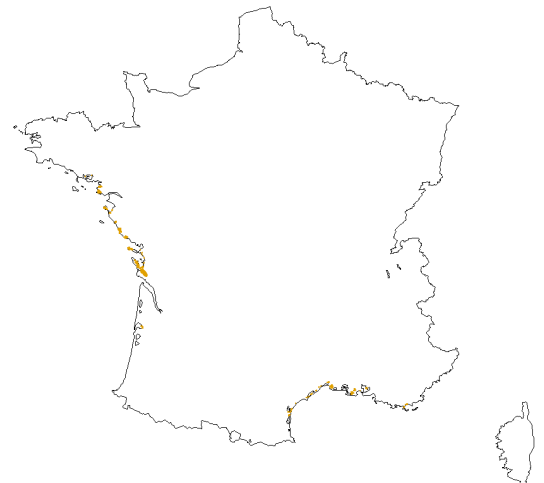
28 000ha, 0.05%

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 5a : Première proposition issue de la recherche bibliographique des fonctions et services par milieux**

<b>HABITATS</b>	<b>FONCTIONS ECOLOGIQUES</b>	<b>SERVICES ECOLOGIQUES</b>
<b>1.1 Zones intertidales, roches sédiments, sable, vase, généralement sans végétation</b>	Autoépuration de l'eau. Stockage des polluants dans les particules sédimentaires, recyclage par les micro-organismes 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
		Récréation et écotourisme
<b>1.2 Mers et océans, zones au-delà de la limite des plus basses marées</b>	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 micro-organismes 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
		Valeurs spirituelles, esthétiques, d'inspiration, et d'éducation
	Récréation et écotourisme	
<b>2.1 Plages de sable et de galets, dunes littorales et continentales</b>	Transports solides	Régulation de l'érosion  Régulation des risques naturels
		Production de nourriture
		Valeurs spirituelle, esthétique et d'inspiration

		Récréation et écotourisme
<b>2.2 Lagunes littorales</b>	Echanges gazeux végétation atmosphère	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 micro-organismes 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
	Valeur esthétique	
<b>2.3 Estuaires</b>	Echanges gazeux végétation atmosphère	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 micro-organismes 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
<b>2.4 Marais maritimes</b>	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 micro-organismes 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
<b>3.1 Surfaces d'eau stagnante</b>	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 micro-organismes 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
<b>3.2 Surfaces en eau courante, rivières, fleuves, canaux</b>	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 micro-organismes 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
<b>4.1 Marais intérieurs</b>	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 micro-organismes 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	
<b>4.2 Tourbières</b>	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 micro-organismes 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
<b>5.1 Prairies, surfaces enherbées denses</b>	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 micro-organismes	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
<b>5.2 Pelouses et pâturages naturels, prairies humides, pelouses</b>	Séquestration de carbone Émission de gaz à effet de serre	Régulation du climat global
	Recharge des nappes souterraines	Disponibilité en eau douce

<b>alpines et subalpines</b>	Capacité d'assimilation des déchets. Stockage des polluants dans les particules sédimentaires, recyclage par la végétation et les micro-organismes	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
<b>5.3 Forêts et milieux à végétation arbustive en mutation</b>	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
<b>5.4 Landes et broussailles tempérées, broussailles alpines et subalpines</b>		Valeurs spirituelles, esthétiques
		Récréation et écotourisme
<b>5.5 Maquis, garrigues, landes épineuses méditerranéennes, milieux à végétation sclérophylle</b>		
<b>6.1 Forêts de feuillus caduques et à feuilles persistantes</b>	Piégeage des particules polluantes	Régulation de la qualité de l'air
	Séquestration de carbone	Régulation du climat global
<b>6.2 Forêts de conifères</b>	Piégeage de l'humidité, refroidissement de la surface des sols	Régulation du climat local
	Compensations des flux saisonniers Recharge des nappes souterraines	Régulation de l'eau
<b>6.3 Forêts mixtes</b>	Micro-organismes 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 micro-organismes	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
<b>7.1 Éboulis, rochers, falaises, affleurements, grottes</b>		Récréation et écotourisme
<b>7.2 Glaciers et neiges éternelles</b>		
<b>7.3 Milieux à végétation clairsemée</b>		
<b>8.1 Terres arables irriguées et hors périmètre d'irrigation</b>	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
		Récréation et écotourisme
<b>8.2 Rizières</b>	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 micro-organismes 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
<b>8.3 Cultures permanentes : vignes, vergers et petits fruits, oliveraies, plantations</b>	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 micro-organismes	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
<b>8.4 Zones agricoles hétérogènes</b>	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
<b>9.1 Espaces verts, parcs, jardins</b>	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
<b>9.2 Équipements sportifs et de loisirs</b>	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
<b>9.3 Sites d'extraction industrielle, mines, décharges, chantiers</b>		Production de biens (construction, matériaux,...)
<b>9.4 Marais salants exploités</b>	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 micro-organismes 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 5b : Première proposition de liste de fonctions écologiques, pour  
réunion du 05/09/2007**

FONCTIONS ECOLOGIQUES	MILIEUX	SERVICES ECOLOGIQUES
<b>Séquestration de carbone</b>	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	
<b>Capacité de purification de l'eau, d'assimilation des déchets, stockage des polluants dans les particules sédimentaires</b>	8. Territoires agricoles cultivés	Purification de l'eau et traitement des déchets
	1. Habitats marins	
	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		
<b>Stabilisation du littoral, atténuation de la force des vents et des vagues</b>	8.4 zones agricoles hétérogènes	- Régulation de l'érosion - Régulation des risques naturels (tempêtes, inondations)
	1.1 zones intertidales	
	2. Habitats côtiers	
<b>Compensation des précipitations et des variations de niveaux, capacité d'absorption des crues</b>	9.4 marais salants	- Régulation de l'eau - Régulation des risques naturels (inondations)
	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	
<b>stockage d'eau douce, recharge des nappes souterraines</b>	6. Bois et forêts	- Régulation de l'eau
	3. Surfaces en eau douce continentales	
	4. zones humides	

	5.1 prairies denses, 5.2 pelouses et pâturages naturels	
	6. Bois et forêts	
<b>Atténuation des variations climatiques</b>	2.4 Marais 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	
<b>Processus de sédimentation, cycle de la matière, nutriments, fertilité des sols</b>	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	
<b>Pollinisation</b>	4. zones humides	-Pollinisation
	6. Bois et forêts	
	5.1 prairies denses, 5.2 pelouses et pâturages naturels	
<b>Limitation de l'érosion par la présence d'une couverture végétale et les caractéristiques des sols</b>	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	
<b>Piégeage des particules polluantes de l'air</b>	6. Bois et forêts	-Régulation de la qualité de l'air
	9.1 espaces verts parcs, 9.2 équipements sports et loisirs	
<b>Contrôle biologique</b>	4. zones humides	-Contrôle biologique
	6. Bois et forêts	
	8. Territoires agricoles cultivés	

**Annexe 5c : liste des fonctions écologiques à l'issue de la réunion du  
05/09/2007**

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

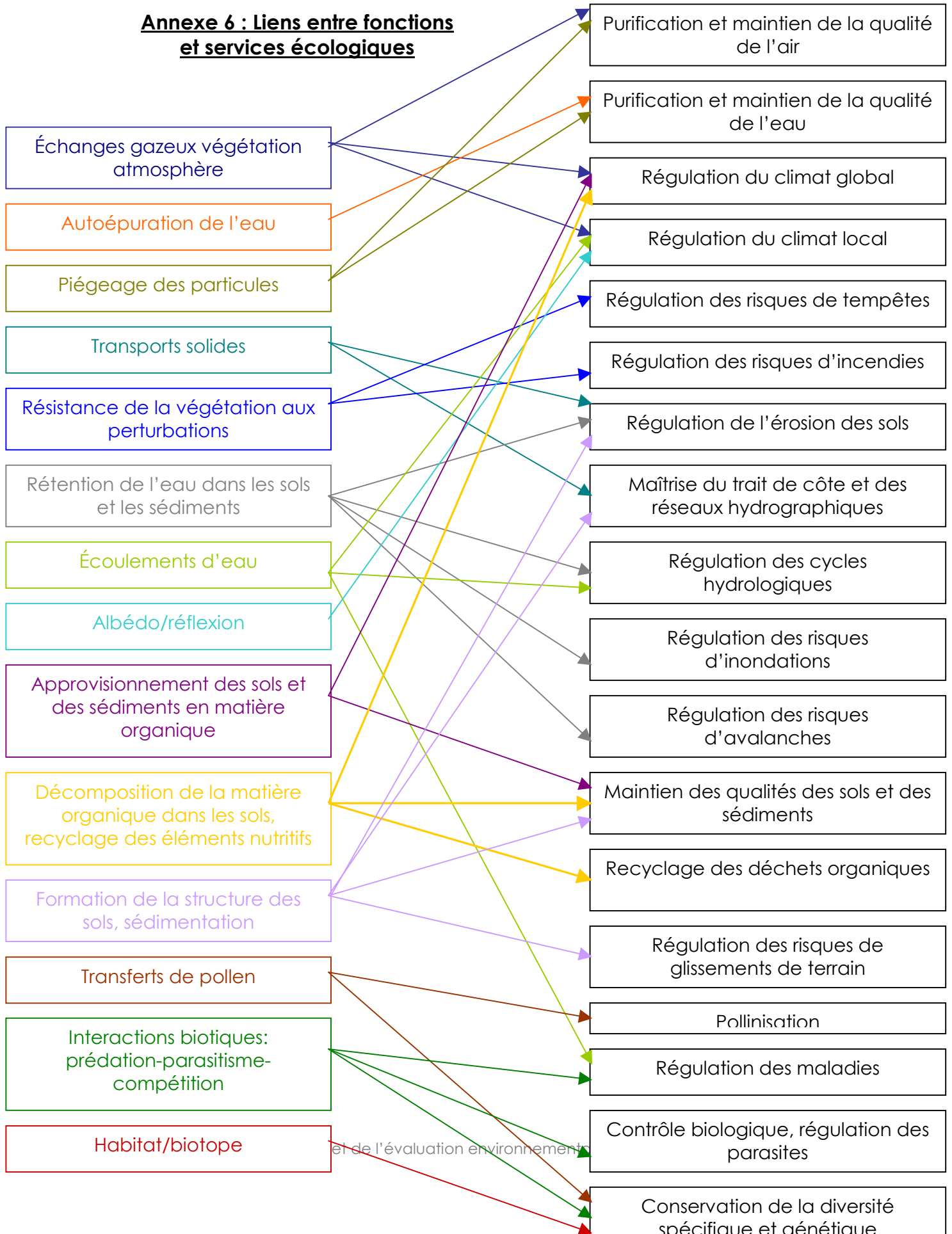
<p><b>Approvisionnement des sols et des sédiments en matière organique</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maintien des qualités des sols et sédiments</li> <li>- Recyclage des déchets organiques</li> <li>- Régulation du climat global</li> </ul>
<p><b>Décomposition de la matière organique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

**Annexe 5d : Liste des fonctions écologique établie après la réunion du 26/11/2007**

<b>FONCTIONS ECOLOGIQUES</b>	<b>SERVICES ECOLOGIQUES</b>	
<b>Echanges gazeux végétation-atmosphère</b>	- Régulation du climat global - Régulation du climat local - Purification et maintien de la qualité de l'air	
<b>Autoépuration de l'eau</b>	- Purification et maintien de la qualité de l'eau	
<b>Piégeage des particules</b>	- Purification et maintien de la qualité de l'eau - Purification et maintien de la qualité de l'air	
<b>Transports solides</b>	- Régulation de l'érosion des sols - Maîtrise du trait de côte et des réseaux hydrographiques	
<b>Résistance de la végétation aux perturbations</b>	Tempêtes	- Régulation des risques de tempêtes
	feux	- Régulation des risques d'incendies
<b>Rétention de l'eau dans les sols et les sédiments</b>	- Régulation des cycles hydrologiques - Régulation des risques d'inondations - Régulation des risques d'avalanches - Régulation de l'érosion des sols	
<b>Ecoulements d'eau: des cours d'eau, de surface et de sub-surface, de profondeur</b>	-Régulation du climat local/mésoclimat - Régulation des cycles hydrologiques - Régulation des maladies - Purification et maintien de la qualité de l'eau	
<b>Effet albédo/reflexion</b>	-Régulation du climat local/mésoclimat	
<b>Approvisionnement des sols et des sédiments en matière organique</b>	- Maintien des qualités des sols et sédiments - Régulation du climat global	
<b>Décomposition de la matière organique dans les sols, recyclage des éléments nutritifs dans les sols</b>	- Maintien des qualités des sols et sédiments - Recyclage des déchets organiques -Régulation du climat global	
<b>Formation de la structure</b>	- Maintien des qualités des sols et sédiments	

<b>des sols, sédimentation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Régulation de l'érosion des sols</li> <li>- Maîtrise du trait de côte et des réseaux hydrographiques</li> <li>- Régulation des risques de glissements de terrain</li> </ul>
<b>Transferts de pollen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conservation de la diversité spécifique et génétique</li> <li>- Pollinisation</li> </ul>
<b>Interactions biotiques: prédation-parasitisme-compétition</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Régulation des maladies</li> <li>- Contrôle biologique, régulation des parasites</li> <li>- Conservation de la diversité génétique et spécifique</li> </ul>
<b>Habitat/biotope</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conservation de la diversité spécifique et génétique</li> </ul>

**Annexe 6 : Liens entre fonctions et services écologiques**



**Annexe 7 : Description des processus biologiques en jeu dans la réalisation des fonctions écologiques et identification des facteurs déterminants**

FONCTIONS ECOLOGIQUES	SERVICES ECOLOGIQUES	DESCRIPTION DES PROCESSUS BIOLOGIQUES	ELEMENTS DETERMINANTS DES PROCESSUS BIOLOGIQUES
<b>Echanges gazeux végétation-atmosphère</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Régulation du climat global</li> <li>- Régulation du climat local</li> <li>- Purification et maintien de la qualité de l'air</li> </ul>	- Échanges 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)
<b>Autoépuration de l'eau</b>	- Purification et maintien de la qualité de l'eau	- processus biologiques et chimiques d'élimination des substances présentes dans l'eau	- Micro-organismes: dégradation métabolique jusqu'à la minéralisation
			- Végétation: absorption des nutriments, stimulation de l'activité des micro-organismes
			- sols: filtration de l'eau
<b>Piégeage des particules</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Purification et maintien de la qualité de l'eau</li> <li>- Purification et maintien de la qualité de l'air</li> </ul>	- 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
			- sédiments: adsorption des particules
			- Invertébrés aquatiques



<b>Transports solides</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Régulation de l'érosion des sols</li> <li>- Maîtrise du trait de côte et des réseaux hydrographiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transports de matières solides, sédiments, érosion par l'eau (cours d'eau, courants marins, ruissellement) ou le vent, en suspension ou par charriage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 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</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etat des sols et stabilité structurale des sols: conditionnent les pertes de matière</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organismes bioturbateurs: modification de la structure des sols</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>-énergie cinétique des cours d'eau</li> </ul>
<b>Résistance de la végétation aux perturbations</b>	<b>Tempêtes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Régulation des risques de tempêtes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réponse de la végétation aux forces des vents</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Taille et structure de la végétation: propriétés de résistance</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Système racinaire: qualité de l'ancrage</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Structure des sols, teneur en eau: risques de déracinements</li> </ul>
	<b>feux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Régulation des risques d'incendies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réponse de la végétation aux feux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Horizons organiques des sols et végétation: matériaux combustibles</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Taux d'humidité, taille structure de la végétation: allumage et propagation des feux</li> </ul>

<p><b>Rétention de l'eau dans les sols et les sédiments</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Régulation des cycles hydrologiques</li> <li>- Régulation des risques d'inondations</li> <li>Régulation des risques d'avalanches</li> <li>- Régulation de l'érosion des sols</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maintien, stagnation de l'eau infiltrée dans les différents horizons des sols, et transfert de l'eau dans les nappes souterraines</li> <li>- Dynamique des masses de neige</li> <li>- Interception naturelle des précipitations sur la surface constituée par les végétaux, écoulement des précipitations le long des troncs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caractéristiques des sols, texture: propriétés hydriques et stabilité structurale</li> <li>- Végétation, notamment le système racinaire: contribution à l'infiltration de l'eau dans les sols. le feuillage constitue la surface de récupération des précipitations</li> <li>- Animaux bioturbateurs: modification de la Structure et la porosité des sols</li> </ul>
<p><b>Ecoulements d'eau: des cours d'eau, de surface et de sub-surface, de profondeur</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Régulation du climat local/mésoclimat</li> <li>- Régulation des cycles hydrologiques</li> <li>- Régulation des maladies</li> <li>- Purification de l'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecoulements de surface: cours d'eau et ruissellement</li> <li>- Ecoulement de sub-surface: écoulement latéral dans les couches superficielles des sols</li> <li>- Ecoulements de Profondeur: au niveau des nappes souterraines</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Morphologie des cours d'eau, vitesses des courants, débits</li> <li>- Caractéristiques des sols, structure, texture: conditions favorables à l'infiltration, au ruissellement,...</li> </ul>
<p><b>Effet albédo/reflexion</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Régulation du climat local/mésoclimat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proportion d'énergie solaire réfléchi, par rapport à l'énergie solaire arrivant sur une surface</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caractéristiques des milieux: capacité d'absorption ou de réflexion de la lumière</li> </ul>

<p><b>Approvisionnement des sols et des sédiments en matière organique</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maintien des qualités des sols et sédiments</li> <li>- Régulation du climat global</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Approvisionnement en matière organique: Restitution de la biomasse au sol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résidus végétaux: formation de la litière</li> </ul>
<p><b>Décomposition de la matière organique dans les sols, recyclage des éléments nutritifs dans les sols</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maintien des qualités des sols et sédiments</li> <li>- Recyclage des déchets organiques</li> <li>-Régulation du climat global</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dégradation de la matière organique (résidus végétaux) jusqu'à sa minéralisation</li> <li>- Processus de transformation des produits issus de la minéralisation de la matière organique: nitrification, dénitrification, ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Micro-organismes décomposeurs et faune du sol: processus de dégradation métabolique de la matière organique jusqu'à sa minéralisation</li> </ul>
<p><b>Formation de la structure des sols, sédimentation</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maintien des qualités des sols et sédiments</li> <li>- Régulation de l'érosion des sols</li> <li>- Maîtrise du trait de côte et des réseaux hydrographiques</li> <li>- Régulation des risques de glissements de terrain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Processus de formation et d'agencement des particules minérales et organiques</li> <li>- Processus de sédimentation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Végétation, micro-organismes et faune du sol: contrôle des concentrations en éléments de la solution du sol, modification de la structure des sols</li> <li>- Caractéristiques des sols</li> </ul>
<p><b>Transferts de pollen</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conservation de la diversité spécifique et génétique</li> <li>- Pollinisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transfert de pollen d'une plante à une autre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Insectes pollinisateurs: récolte et transfèrent du pollen d'une plante à l'autre</li> </ul>

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

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

FONCTIONS ECOLOGIQUES	SERVICES ECOLOGIQUES	DESCRIPTION DES PROCESSUS BIOLOGIQUES	ELEMENTS DETERMINANTS DES PROCESSUS BIOLOGIQUES	PROPOSITION: INDICATEURS DES FONCTIONS ECOLOGIQUES	INDICES	COMMENTAIRES, DONNEES
<b>Echanges gazeux végétation-atmosphère</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Régulation du climat global</li> <li>-Régulation du climat local</li> <li>- Purification et maintien de la qualité de l'air</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Echange gazeux liés à la photosynthèse, la transpiration et à la respiration de la végétation, au niveau des stomates foliaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Végétation (plantes continentales, océaniques, algues, phytoplancton)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Densité de la végétation, biomasse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Indice de végétation NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- indice non utilisable pour les milieux aquatiques</li> <li>-Données ponctuelles sur la végétation des milieux aquatiques (Directive Cadre sur l'Eau)</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Production primaire</li> </ul>		
				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abondance en phytoplancton</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Données à large échelle pour le phytoplancton marin</li> </ul>

<b>Autoépuration de l'eau</b>	- Purification et maintien de la qualité de l'eau	- processus biologiques et chimiques d'élimination des substances présentes dans l'eau	- Micro-organismes: dégradation métabolique jusqu'à la minéralisation	- Diversité et abondance en micro-organismes, 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 micro-organismes	- 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)

<b>Piégeage des particules</b>	- 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)
<b>Transports solides</b>	- 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 micro-organismes 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		
<b>Résistance de la végétation aux perturbations</b>	<b>Tempêtes</b>	- Régulation des risques de tempêtes	- Réponse de la végétation aux forces des vents	- Taille et structure de la végétation: propriétés de résistance	- Hauteur des peuplements végétaux	-Rapport Hauteur/diamètre des arbres	
				- Système racinaire: qualité de l'ancrage	- Diversité des systèmes racinaires		- 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	- Stabilité structurale des sols - Teneur en eau des sols - Profondeur des sols	- pourcentage en éléments grossiers	Données GIS-SOL (indiquasol, Donesol)
	<b>feux</b>	- Régulation des risques d'incendies	- Réponse de la végétation aux feux	- Horizons organiques des sols et végétation: matériaux combustibles	- Densité de la végétation, biomasse -Composition floristique des formations végétales - Epaisseur des horizons organiques (litière et humus) - Quantité de bois mort - hauteur des éléments combustibles		- dimension spatiale ?
				- Taux d'humidité, taille structure de la végétation: allumage et propagation des feux	- Taux d'humidité		

<b>Rétention de l'eau dans les sols et les sédiments</b>	- Régulation des cycles hydrologiques	- 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'inondations	- Dynamique des masses de neige	- 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)
	- Régulation des risques d'avalanches  - Régulation de l'érosion des sols	- Interception naturelle des précipitations sur la surface constituée par les végétaux, écoulement des précipitations le long des troncs	- 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?
<b>Ecoulements d'eau: des cours d'eau, de surface et de sub-surface, de profondeur</b>	-Régulation du climat local/mésoclimat  - Régulation des cycles hydrologiques	- Ecoulements de surface: cours d'eau et ruissellement  - Ecoulement de sub-surface: écoulement latéral	- Morphologie des cours d'eau, vitesses des courants, débits	- Débits		- Système d'évaluation de la qualité physique des cours d'eau (Directive Cadre sur l'eau)

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Régulation des maladies</li> <li>- Purification de l'eau</li> </ul>	<p>dans les couches superficielles des sols</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecoulements de Profondeur: au niveau des nappes souterraines</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caractéristiques des sols, structure, texture: conditions favorables à l'infiltration, au ruissellement,...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- stabilité structurale des sols</li> <li>- Structure des sols</li> </ul>		Données GIS-SOL (indiquasol, Donesol)
<b>Effet albédo/ réflexion</b>	-Régulation du climat local/mésoclimat	- Proportion d'énergie solaire réfléchie, par rapport à l'énergie solaire arrivant sur une surface	- Caractéristiques des milieux: capacité d'absorption ou de réflexion de la lumière	- Recouvrement de la couverture végétale		-indice différencié selon les grandes classes d'habitats, à une échelle macro
<b>Approvisionnement des sols et des sédiments en matière organique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maintien des qualités des sols et sédiments</li> <li>- Régulation du climat global</li> </ul>	-Approvisionnement en matière organique: Restitution de la biomasse au sol	- Résidus végétaux: formation de la litière	- Biomasse végétale, densité de la végétation		<ul style="list-style-type: none"> <li>- il faudrait pouvoir tenir compte des quantités de végétation exportée/ prélevées en cas d'exploitation</li> <li>- Tenir compte de la qualité de la végétation ?</li> </ul>
<b>Décomposition de la matière organique dans les sols, recyclage des éléments nutritifs dans les sols</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maintien des qualités des sols et sédiments</li> <li>- Recyclage des déchets</li> </ul>	- Dégradation de la matière organique (résidus végétaux) jusqu'à sa minéralisation	- Micro-organismes décomposeurs et faune du sol: processus de dégradation métabolique de la	- Diversité et abondance en micro-organismes et faune du sol et des sédiments	- Indice Biotique Qualité Sols	-Indice global de qualité: données à extraire de cet indice général?

	organiques -Régulation du climat global	- Processus de transformation des produits issus de la minéralisation de la matière organique: nitrification, dénitrification,...	matière organique jusqu'à sa minéralisation	- Types d'humus - Qualité de la matière organique		-projet de référentiel européen pour les types d'humus
<b>Formation de la structure des sols, sédimentation</b>	- 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	- Processus de formation et d'agencement des particules minérales et organiques  - Processus de sédimentation	- Végétation, micro-organismes et faune du sol: contrôle des concentrations en éléments de la solution du sol, modification de la structure des sols	- Densité et Diversité de la Végétation - Diversité et abondance en micro-organismes et faune du sol et des sédiments	'- Indice Biotique Qualité Sols	'-Indice global de qualité: données à extraire de cet indice général?
			- Caractéristiques des sols	- Taux de sédimentation -Structure des sols		
<b>Transferts de pollen</b>	- 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	- Diversité et abondance en pollinisateurs : hyménoptères, lépidoptères, diptères, coléoptères		-données STERF, OPJ: lépidoptères hyménoptères?

<p><b>Interactions biotiques: prédation-parasitisme-compétition</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Régulation des maladies</li> <li>- Contrôle biologique, régulation des parasites</li> <li>- Conservation de la diversité génétique et spécifique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Flux de matière et d'énergie dans les réseaux trophiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- espèces insectivores: limitation de la prolifération des insectes</li> <li>- prédateurs des parasites et des espèces véhiculant des maladies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diversité et abondance en nématodes, arthropodes prédateurs et insectes parasitoïdes</li> <li>- Diversité et abondance en oiseaux, batraciens, reptiles, petits mammifères insectivores</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-données STOC: oiseaux insectivores</li> <li>- Dimension spatiale?</li> </ul>
<p><b>Habitat/biotope</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conservation de la diversité spécifique et génétique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fourniture des conditions favorables pour le maintien des espèces et des interactions interspécifiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Présence de l'habitat sur une surface suffisante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Surfaces d'habitat favorable</li> <li>- abondances et diversité de groupes fonctionnels, espèces parapluie</li> <li>- Connectivité, fragmentation</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Données Natura 2000, espèces rares, emblématiques mais considérer AUSSI les espèces "communes"</li> </ul>